

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

ESTUDIO DETALLADO DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIONES

Municipio de El Carmen de Viboral - Antioquia

Diana Alejandra Giraldo Villa

Geóloga

Universidad de Antioquia

Informe Final

Julio de 2014

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN..... | 8 |
| 2. | OBJETIVOS..... | 9 |
| 2. 1. | Objetivos Específicos | 9 |
| 3. | METODOLOGÍA..... | 10 |
| | Proceso Metodológico | 10 |
| | Amenaza por Movimiento en Masa..... | 12 |
| 3.2.1 | Amenaza por Movimiento en Masa para el área urbana | 12 |
| 3.2.2 | Amenaza por Movimiento en Masa para la Zona Rural..... | 18 |
| | Amenaza por Inundación..... | 21 |
| 3.3.1 | Amenaza por Inundación para el área urbana | 21 |
| 3.3.2 | Amenaza por Inundación para el área rural..... | 24 |
| | Amenaza por Avenida Torrencial..... | 27 |
| | Zonificación del Uso y Aptitud Geológica del Suelo..... | 28 |
| | Vulnerabilidad | 29 |
| 3.6.1 | Vulnerabilidad Social | 29 |
| 3.6.2 | Vulnerabilidad Económica | 29 |
| 3.6.3 | Vulnerabilidad Física..... | 30 |
| 3.6.4 | Densidad de Población | 30 |
| 3.6.5 | Vulnerabilidad Total..... | 30 |
| 3.7 | Riesgo | 30 |
| 3.7.1 | Riesgo para el área urbana..... | 31 |
| 3.7.2 | Riesgo para el área rural | 32 |
| 4. | COMPONENTES DE LA AMENAZA..... | 34 |
| 4.1 | Hipsometría | 34 |
| 4.2 | Pendientes..... | 35 |
| 4.3 | Precipitación | 36 |

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

| | |
|---|----|
| 4.4 Coberturas..... | 37 |
| 4.5 Geología | 40 |
| 4.5.1 Geología Regional | 40 |
| 4.5.2 Geología Estructural | 41 |
| 4.5.3 Material Superficial | 42 |
| 4.6 Geomorfología..... | 44 |
| 4.6.1 Geomorfología Regional | 44 |
| 4.6.2 Geomorfología Local..... | 45 |
| 5. DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA | 46 |
| 5.1 Estudios Anteriores | 46 |
| 5.2 Diagnóstico..... | 47 |
| 6. ZONAS DE ALTO RIESGO | 52 |
| 6.1 Zonas de Alto Riesgo definidas por CORNARE | 52 |
| 6.2 Zonas de Alto Riesgo Identificados por el Municipio..... | 52 |
| 6.3 Riesgos por Incendios Forestales | 52 |
| 6.4 Riesgos Sismológicos..... | 54 |
| 6.5 Riesgos de Origen Tecnológico, Químico e Industrial..... | 54 |
| 6.6 Coberturas de Bosque Natural..... | 56 |
| 6.7 Las Rondas Hídricas de las Corrientes de Agua y Nacimientos | 56 |
| 6.8 Áreas con pendientes superiores al 75% | 57 |
| 7. ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA | 57 |
| 7.1 Amenaza por Movimiento en Masa..... | 58 |
| 7.2 Amenaza por Inundación..... | 60 |
| 7.3 Amenaza Sísmica | 62 |
| 8. COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD | 63 |
| 8.1 Vulnerabilidad Social | 63 |
| 8.2 Vulnerabilidad Económica | 64 |
| 8.3 Vulnerabilidad Física..... | 65 |
| 8.4 Densidad de Población | 66 |
| 9. ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD | 67 |
| 9.1 Vulnerabilidad Total..... | 67 |
| 10. ZONIFICACIÓN DEL RIESGO | 70 |
| 10.1 RIESGO POR MOVIMIENTO EN MASA..... | 70 |

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

| | |
|--|-----|
| 10.1.2 Riesgo por movimiento en masa para el área urbana | 70 |
| 10.1.3 Riesgo por movimiento en masa para el área rural | 74 |
| 10.2 RIESGO POR INUNDACIÓN | 87 |
| 10.2.1 Riesgo por inundación para el área urbana..... | 87 |
| 10.2.2 Riesgo por inundación en el área rural | 90 |
| 11. ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA | 91 |
| 11.1 Aptitud geológica para uso y ocupación del suelo | 92 |
| 11.2 Establecimiento de retiros y ronda hídrica | 93 |
| 11.2.1 Ronda hídrica Quebrada La Cimarronas | 93 |
| 11.2.2 Ronda hídrica quebradas urbanas | 94 |
| 11.2.3 Retiro a nacimientos | 94 |
| 12. FORMULACION DE PLAN DE GESTION DEL RIESGO | 95 |
| 12.1 Políticas | 97 |
| 12.2 Estrategias..... | 98 |
| 12.3 Fases de conocimiento del riesgo | 100 |
| 12.4 Fase De Reducción Del Riesgo | 101 |
| 12.5 Fase Del Manejo Del Desastre | 105 |
| 13. RECOMENDACIONES | 106 |
| 13.1 Corto Plazo (Menos de un año) | 106 |
| 13.2 Mediano Plazo (De uno a tres años)..... | 108 |
| 13.3 Largo Plazo (Más de tres años) | 109 |

LISTA DE FIGURAS

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

| | |
|---|----|
| Figura 1. Esquema de Movimiento en Masa | 12 |
| Figura 2. Modelo de elevación del municipio | 34 |
| Figura 3. Perfil de elevación del municipio de El Carmen de Viboral..... | 35 |
| Figura 4. Mapa de pendientes de El Carmen de Viboral..... | 35 |
| Figura 5. Mapa de precipitación para El Carmen de Viboral | 37 |
| Figura 6. Mapa de coberturas para el municipio de El Carmen de Viboral | 38 |
| Figura 7. Pastos en altas pendientes | 38 |
| Figura 8. Cultivos transitorios en El Carmen de Viboral | 39 |
| Figura 9. Área construida en El Carmen de Viboral | 39 |
| Figura 10. Falla encontrada en afloramiento de Esquisto Micáceo..... | 41 |
| Figura 11. Mapa de material superficial de El Carmen de Viboral..... | 42 |
| Figura 12. Sapolito de roca ígnea situado en la vereda Guarinó..... | 43 |
| Figura 13. . A la derecha, Vía El Carmen – San Lorenzo. A la izquierda, Alto la Florida (Vereda La Florida) | 43 |
| Figura 14. Imagen derecha, Quebrada La Madera y depósitos aluviales a lo largo de esta (Barrio el Progreso). A la izquierda, Depósitos aluviales de la Quebrada Cimarronas (Barrio San José)..... | 44 |
| Figura 15. Mapa geomorfológico de El Carmen de Viboral | 46 |
| Figura 16. Proporción de procesos para el municipio | 48 |
| Figura 17. Puntos diagnosticados por movimientos en masa..... | 50 |
| Figura 18. Puntos diagnosticados por inundación | 51 |
| Figura 19. Mapa de Riesgos por incendios forestales para el Oriente de Antioquia (Tomado de CORNARE, 2000)..... | 54 |
| Figura 20. Mapa de amenaza por movimiento en masa para el municipio de El Carmen de Viboral | 58 |
| Figura 21. Amenaza alta por movimiento en masa | 59 |
| Figura 22. Amenaza alta en la vereda La Esperanza..... | 60 |
| Figura 23. Mapa de amenaza por inundación para El Carmen de Viboral..... | 61 |
| Figura 24. Mapa de intensidad sísmica para El Carmen de Viboral | 62 |
| Figura 25. Vulnerabilidad social en el municipio..... | 64 |
| Figura 26. Vulnerabilidad económica para El Carmen de Viboral | 65 |
| Figura 27. Vulnerabilidad física en el municipio | 66 |
| Figura 28. Densidad de población para El Carmen de Viboral | 67 |
| Figura 29. Vulnerabilidad total para El Carmen de Viboral..... | 68 |
| Figura 30. Mapa de riesgos para el casco urbano del municipio..... | 71 |
| Figura 31. Barrio Jardines | 72 |
| Figura 32. Barrio Buenos Aires..... | 73 |
| Figura 33. Barrio Los Ángeles | 73 |
| Figura 34. Viviendas ubicadas en el barrio Zacatín | 74 |
| Figura 35. Vereda Guarinó..... | 77 |
| Figura 36. Vereda Viboral..... | 77 |
| Figura 37. Vereda Viboral - Sector El Quemado | 78 |
| Figura 38. Vereda La Esperanza..... | 78 |
| Figura 39. Vereda San Vicente..... | 79 |

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

| | |
|--|----|
| Figura 40. Vereda La Aldana | 80 |
| Figura 41. Vereda San Lorenzo | 80 |
| Figura 42. Sector Boquerón..... | 81 |
| Figura 43. Vereda La Chapa – Sector Rancho de Lata | 82 |
| Figura 44. Vereda La Madera - Sector Chorreadero | 82 |
| Figura 45. Vereda La Florida – Sector Alto de la Florida..... | 83 |
| Figura 46. Vereda Alto Grande | 84 |
| Figura 47. Vereda La Sonadora - Parte alta..... | 84 |
| Figura 48. Vereda La Sonadora – Vía al Canadá | 85 |
| Figura 49. Vereda Cristo Rey..... | 85 |
| Figura 50. Vereda Las Garzonas | 86 |
| Figura 51. Vereda Las Garzonas – Sector quebrada La Puerta | 86 |
| Figura 52. Mapa de riesgo por inundación en el área urbana..... | 87 |
| Figura 53. Barrio Altos del Edén..... | 88 |
| Figura 54. Barrio San José..... | 89 |
| Figura 55. Barrio El Progreso..... | 89 |
| Figura 56. Extracción de material en la quebrada La Madera..... | 90 |
| Figura 57. Riesgo por inundación en el área urbana del municipio | 90 |
| Figura 58. Vereda La Chapa – Barrio Triste | 91 |
| Figura 59. Mapa de actitud geológica para el Carmen de Viboral | 92 |
| Figura 60. Componentes de la gestión del riesgo..... | 97 |

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Clasificación de las unidades geomorfológicas en la zona urbana del Carmen | 14 |
| Tabla 2. Clasificación de las Pendientes | 14 |
| Tabla 3. Clasificación de Material Geológico Superficial | 16 |
| Tabla 4. Clasificación y tipo de procesos morfodinámicos encontrados en el municipio.... | 16 |
| Tabla 5. Ponderación de factores de amenaza a movimientos en masa | 17 |
| Tabla 6. Asignación de índice de amenaza por movimiento en masa | 17 |
| Tabla 7. Listado de mapas temáticos..... | 18 |
| Tabla 8. Reclasificación de Materiales Superficiales | 19 |
| Tabla 9. Reclasificación de Coberturas | 19 |
| Tabla 10. Reclasificación de Pendientes | 20 |
| Tabla 11. Reclasificación Precipitación | 20 |
| Tabla 12. Ponderación de factores a Susceptibilidad por Movimiento en Masa..... | 20 |
| Tabla 13. Ponderación de Factores de Amenaza por Movimiento en Masa | 21 |
| Tabla 14. Asignación de Índice de Amenaza por Movimiento en Masa..... | 21 |
| Tabla 15. Reclasificación de pendientes para el cálculo de amenaza por inundación | 23 |
| Tabla 16. Reclasificación de curvaturas para el cálculo de amenaza | 23 |
| Tabla 17. Asignación de índices de control..... | 25 |
| Tabla 18. Relación orden de la red de drenaje y el tamaño del buffer asociado | 26 |
| Tabla 19. Reclasificación de pendientes para el cálculo de amenaza por inundación | 26 |
| Tabla 20. Reclasificación de curvaturas para el cálculo de amenaza por inundación | 27 |
| Tabla 21. Ponderación de curvaturas y pendientes..... | 27 |
| Tabla 22. Reclasificación de la aptitud geológica con base a la amenaza..... | 28 |
| Tabla 23. Factores que componen la vulnerabilidad social..... | 29 |
| Tabla 24. Ponderación para el cálculo de la vulnerabilidad total..... | 30 |
| Tabla 25. Cálculos y rangos del riesgo a partir de la amenaza y la vulnerabilidad dada | 31 |
| Tabla 26. Calculo del riesgo por fenómenos geológicos..... | 32 |
| Tabla 27. Procesos de remoción en masa por barrio o sector en El Carmen de Viboral..... | 49 |
| Tabla 28. Valores de aceleración y de Amenaza Sísmica en el municipio de El Carmen de Viboral (CORNARE, Gobernación de Antioquia, 2012)..... | 63 |
| Tabla 29. Retiro a nacimientos | 95 |

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

1. INTRODUCCIÓN

El municipio de El Carmen de Viboral se encuentra localizado en el Valle de San Nicolás, sobre la Cordillera Central de los Andes Colombianos, al Oriente del departamento de Antioquia.

El Carmen era un cruce de caminos que de la Ceja conducía al Santuario y de La Unión a Rionegro. El establecimiento poblacional se situó sobre la margen izquierda de la Quebrada La Cimarronas, haciendo crecer el municipio longitudinalmente de norte a sur. Este asentamiento ocasionó que el municipio se expandiera desde la llanura de inundación de la Quebrada hacia las partes más colinadas (Occidente y Sur) del Municipio. Debido a esto algunos lugares se encuentran en estado de amenaza por su ubicación, ya que se encuentran en laderas de alta y muy alta pendiente y otros bordeando las quebradas que cruzan a lo largo y ancho del municipio, colocando en peligro la vida y bienes de las personas que allí se encuentren.

Es por esto, que la revisión excepcional del Plan Básico de Ordenamiento Territorial, tendrá como base la identificación y evaluación detallada de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo. El estudio para el área urbana comprende el análisis detallado a cartografía escala 1:2000 y 1:10000, y el área rural comprende el análisis detallado a cartografía escala 1:25000, de los diferentes factores que comprenden amenazas por movimientos en masa e inundaciones, así como una evaluación y zonificación de la vulnerabilidad que en conjunto hicieron posible la delimitación de las zonas de riesgo, de áreas destinadas a la protección y conservación, así como zonas destinadas a la expansión del municipio. También se realizó un análisis de Amenaza Sísmica donde se involucra la Vulnerabilidad Física en el municipio.

Con este estudio, se pretende dar una visión acerca de los riesgos que están latentes en el municipio, y así dar un mejor enfoque a su ordenamiento territorial evitando desastres que pueden ser prevenidos con la debida atención.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

2. OBJETIVOS

Analizar, evaluar y cartografiar los componentes para la identificación de riesgo por diferentes fenómenos geológicos de movimiento en masa e inundación en el municipio de El Carmen de Viboral.

2. 1. Objetivos Específicos

- Recolectar información geológica, geomorfológica y estructural para actualizar la información con la que se revisará excepcionalmente el Plan Básico de Ordenamiento Territorial de El Carmen de Viboral.
- Vincular diferentes entes del municipio (Gestión del Riesgo, Gestión Ambiental y Ordenamiento Territorial) como parte importante para el desarrollo sostenible de El Carmen de Viboral.
- Realizar el diagnóstico de los diferentes procesos erosivos donde se evalúen y propongan soluciones pertinentes a los sitios críticos.

3. METODOLOGÍA

El estudio detallado de amenaza, vulnerabilidad y riesgo para la zona urbana se desarrollará de acuerdo a las condiciones técnicas para la elaboración de un estudio detallado utilizadas en el Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para el área urbana de los 26 municipios de la Jurisdicción de CORNARE. Para este mismo estudio en la zona rural, se tendrá como base la metodología utilizada en el estudio de Zonificación De Riesgo Por Movimientos En Masa Inundación Y Avenidas Torrenciales. Atención De Áreas Afectadas Por Eventos Desastrosos en el Municipio de El Carmen de Viboral (2012).

Para zonificar la amenaza en el área urbana, se utilizará una metodología que une un análisis heurístico de mapas temáticos y una evaluación estadística y detallada de la morfodinámica y los procesos tomados en campo. La metodología aplicada para la zonificación en el área rural será a partir del método indirecto que consiste en analizar la interrelación entre las características y condiciones que presenta el terreno y las condiciones sociales, para identificar la probabilidad de ocurrencia de un evento, se obtiene entonces, un análisis cualitativo del riesgo en el municipio.

Proceso Metodológico

Este trabajo tuvo como base el Estudio de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para el área urbana de los 26 municipios de la Jurisdicción de CORNARE, realizado entre los años 2013 y 2014. También se tomó como base el estudio de zonificación de las cabeceras urbanas municipales elaborado por el Servicio Geológico Nacional y FOPREVE de la Gobernación de Antioquia en el año 1994. Adicionalmente, se tuvo en cuenta el estudio de zonificación de amenaza, vulnerabilidad y riesgo y la magnitud de los procesos erosivos a escala 1:25000 de los municipios del Oriente Antioqueño hecho por convenio entre CORNARE y la Gobernación de Antioquia en el año 2012.

Junto con los estudios realizados en años anteriores y las visitas a campo en acompañamiento de la Administración del municipio, se reconocieron diferentes unidades morfodinámicas, junto con los lugares críticos y altamente potenciales para movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en el municipio de El Carmen de Viboral.

Para la elaboración de este estudio, se tuvo en cuenta la zonificación de la amenaza con un criterio geológico – geomorfológico y apoyándose en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) a escala 1:2000, 1:10000 y 1:25000 que poseen las fuentes de información. También se evaluó el riesgo en las zonas críticas, teniendo en cuenta los factores detonantes y la susceptibilidad del terreno ante la ocurrencia de fenómenos geológicos que reunidos en una variable se denomina “Amenaza”, y se tiene en cuenta también la “Vulnerabilidad” que es la

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

suma de diferentes factores de calidad constructiva y variables sociales que determinan el grado de exposición de una comunidad ante la ocurrencia de un evento desastroso.

- Fuentes de Información

La información cartográfica que se tomó de base corresponde a escalas 1:2000 y 1:10000 de la zona urbana que fueron facilitadas por la Administración Municipal de El Carmen de Viboral, CORNARE y EPM. Para la zona rural, la información cartográfica corresponde a escala 1:25000 facilitada por CORNARE, Planeación Municipal de El Carmen de Viboral y Catastro Departamental.

Junto con esta información se tienen ortofotos de tres bandas, que cubren la zona urbana del municipio, en formato RASTER con resolución espacial entre 50 m, tomadas entre los años 2010 y 2012. Se tienen también los datos de precipitación proporcionados por el IGAC y EPM.

Los datos de vulnerabilidad fueron obtenidos a partir de las encuestas del SISBEN para todo el municipio de El Carmen de Viboral.

Cabe anotar, que una fuente de información importante fue obtenida con la comunidad, la administración municipal y la observación directa en las visitas de campo, también fue de gran importancia para el desarrollo de este insumo la revisión de los estudios y trabajos anteriores a la fecha de realización de este proyecto.

- Herramientas Utilizadas

Para la unificación y análisis de los datos se utilizaron los Sistemas de Información Geográfica (SIG) Arc GIS versión 10.1 y 10.2. Los análisis también implican los datos recogidos en campo. Las visitas a campo se determinan a partir de la información suministrada por la comunidad y la zonificación obtenida previamente por los estudios y trabajos consultados como base.

- Sistemas de Referencia

Los productos finales se estandarizan al Geoide de referencia WGS 84 y al Sistema de Proyección MAGNA Colombia Bogotá UTM, para realizar una articulación con los diferentes estándares del país. Cabe anotar que la información base tiene una georeferencia propia debido a su escala y esta georeferencia no se cambiará para evitar inconsistencias con Catastro Departamental.

Amenaza por Movimiento en Masa

3.2.1 Amenaza por Movimiento en Masa para el área urbana

Para entender la amenaza por movimiento en masa y los procesos de erosión es importante tener claridad sobre las definiciones de cada fenómeno. Según Cruden (1991) el movimiento en masa es el deslizamiento de una masa de roca, detritos o tierra pendiente abajo bajo la acción de la gravedad (Figura 1), cuando el esfuerzo del corte excede la resistencia del material.

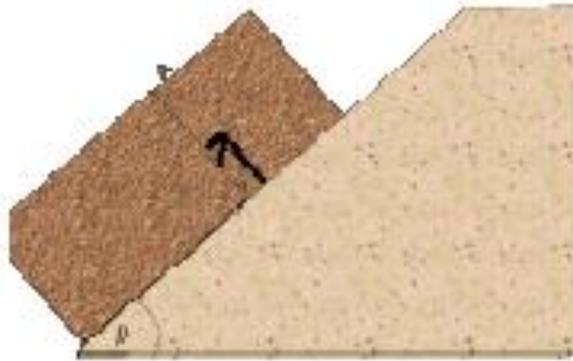


Figura 1. Esquema de Movimiento en Masa

La erosión, por su parte es, una serie de procesos naturales que desgastan y destruyen los suelos y las rocas de la corteza del planeta. Es la acción combinada de factores como la temperatura, el agua, el viento, la vida vegetal y animal. La magnitud del material removido depende del grado de exposición del suelo, el tipo de proceso y fenómeno al cual se ve sujeto.

La susceptibilidad por ocurrencia de movimientos en masa es la tendencia de un terreno a la ocurrencia de caídas, derrumbes, flujos y deslizamientos que incorpora características geológicas y morfodinámicas del terreno, que están en función de la clasificación y diferenciación de unidades geomorfológicas y el tipo de proceso morfodinámico erosivo.

La amenaza, es la posibilidad de ocurrencia de un evento que puede producir un daño en un tiempo y espacio definidos. Además está caracterizado por una probabilidad, intensidad, magnitud, recurrencia y localización.

La zonificación se basará en la susceptibilidad a movimientos en masa y procesos erosivos, basados en la cartografía y clasificación de las unidades geomorfológicas y de material

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

geológico superficial y así como el levantamiento morfodinámico de los procesos activos, ocultos y antiguos en la zona urbana y en los lugares cercanos al municipio.

La amenaza por movimiento en masa se expresará cualitativamente que se establece a partir de los diferentes rangos de zonificación de la susceptibilidad y su relación con las variables dinámicas que intervienen en el cálculo de la amenaza, como la variación anual de la precipitación, la amenaza sísmica a la que se somete el suelo, las coberturas vegetales, los cambios en el uso del suelo y la intervención antrópica.

- Levantamiento de Unidades Geomorfológicas

Es demasiado importante entender el relieve como la susceptibilidad a que ocurra un movimiento en masa, ya que la identificación de estos parte de la morfodinámica, que es un agente modelador del paisaje.

Para el Oriente Antioqueño, se encuentran tres unidades mórficas regionales: las superficies de erosión, los escarpes y los cañones que forman los frentes erosivos de los ríos Cauca y Magdalena. Las superficies de erosión, son geoformas con una preservación moderada en donde la erosión no ha sido tan efectiva, comparado con los cañones y los escarpes que por su naturaleza son las zonas donde se destacan procesos de remoción en masa y con alto grado de erosión.

En los municipios del Valle de San Nicolás predomina una secuencia de altiplanos colinados y escalonados, que se encuentran separados por escarpes lineales, en los que la susceptibilidad a movimientos en masa es alta.

Para evaluar la susceptibilidad en las áreas urbanas, se debe tener en cuenta el ambiente geomorfológico regional donde se encuentran las cabeceras, en segundo lugar se propone realizar un levantamiento en campo y con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica de las unidades geomorfológicas de segundo orden y los subrelieves asociados a escala 1:2000, así se pueden localizar diferentes formas locales, que ayudan a diferenciar otras unidades morfotectónicas y relieves en los que hay más posibilidad de afectación por movimientos en masa.

Dentro del levantamiento de unidades es necesario enfatizar en el levantamiento de unidades de acumulación, especialmente de depósitos recientes, aluviales, torrenciales y gravitacionales, para así reconocer zonas de depósitos de deslizamientos, lo que aporta en la zonificación de la llanura aluvial como parte fundamental de la susceptibilidad por inundación.

En la Tabla 1 se muestra las unidades geomorfológicas locales en las unidades regionales y su cálculo para la susceptibilidad por movimiento en masa. Cabe anotar que la tabla fue ajustada para el área urbana del Municipio del Carmen de Viboral.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Tabla 1. Clasificación de las unidades geomorfológicas en la zona urbana del Carmen

| Unidades Geomorfológica Locales | Valor |
|---|--------------|
| Superficie de Erosión | |
| Cima de Colina | 1 |
| Rampa de Colina | 2 |
| Flanco de Colina | 4 |
| Escarpe | |
| Escarpes en Roca | 5 |
| Superficies de Acumulación Aluvial | |
| Superficie Horizontal de Terraza Aluvial | 1 |
| Superficie Horizontal de Llanura Aluvial | 2 |

Para la realización del mapa geomorfológico en la zona urbana del municipio se tuvieron en cuenta las pendientes del terreno las cuales quedaron integradas en la clasificación de cada una de las unidades locales de relieve. Este material debe ser especificarse y sumarse al análisis, es de gran importancia para la zonificación del uso del suelo y las unidades morfodinámicas.

Los valores de la pendiente se obtienen a partir de las curvas de nivel base en el sistema de información geográfica Arc GIS 10.1 y 10.2 y se clasifican en porcentajes, obteniendo un mapa en formato raster, con un pixel de 5 m de resolución para las curvas de nivel de cada 2 metros y un pixel de 10 m de resolución para las curvas de nivel que están cada 10 metros.

En la Tabla 2, se indican los valores de reclasificación con los que se trabajó para reclasificar el mapa de pendientes en las zonas urbanas.

Tabla 2. Clasificación de las Pendientes

| Valor Pendiente (%) | Clasificación |
|----------------------------|----------------------|
| 0 – 8 | Muy Baja |
| 8 – 15 | Baja |
| 15 – 50 | Media |
| 50 – 75 | Alta |
| > 75 | Muy Alta |

El área de análisis y zonificación se delimita dentro de un rectángulo con las zonas de expansión, zonas suburbanas y perímetro urbano del municipio, también contiene áreas rurales que tienen influencias en las unidades morfodinámicas. Ya que la zona cubierta con curvas con escala 1:2000 están limitadas a las zonas construidas del perímetro urbano y no

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

tiene en cuenta las zonas de expansión, el mapa de pendientes de la zona urbana debió construirse a partir de dos mapas con diferente resolución espacial (pixel de 5 metros para la zona urbana y de expansión, y pixel de 10 metros para la zona rural), mediante la función *Mosaicto New Raster* del Arc GIS 10.1 y 10.2.

Adicional a las pendientes dentro del análisis geomorfológico, también es necesario evaluar la morfometría general del terreno. Para esto, se debe construir un modelo de elevación digital a partir de las curvas de nivel de la zona urbana y sus alrededores, en el cual se hacen perfiles topográficos y vistas en 3D en los SIG Arc Gis y Global Mapper, que ayudan a identificar las características morfométricas donde se asienta la zona urbana.

- Levantamiento de Material Geológico Superficial

Las características geológicas del material superficial en el Oriente de Antioquia son diversas, ya que la litología dentro de la región tiene diferentes patrones de meteorización y erosión que están ligados a su grado de fracturamiento, unidades geomorfológicas locales, ubicación geográfica, humedad e intensidad de precipitación a la que se ven expuestas las rocas.

El mapa de materiales superficiales muestra la distribución de los materiales derivados de acumulaciones y transformaciones de rocas y suelos que se encuentran en las superficies de las zonas urbanas. Este anexo contiene la cartografía de los saprolitos de las rocas y los depósitos de acumulación y gravitacionales. Para este análisis no serán tenidos en cuenta los horizontes superficiales del suelo, como cenizas volcánicas y el horizonte orgánico.

El mapa de material superficial fue cartografiado a una escala 1:2000, que tiene en cuenta superficies modificadas por urbanismo y minería, y materiales antrópicos. La cartografía para el material superficial es tomada del estudio de Evaluación y Zonificación de Riesgos por Avenida Torrencial, Inundaciones y Movimientos en Masa y Dimensionamiento de Procesos Erosivos del Carmen de Viboral (CORNARE, 2012), que están elaborados en escala 1:25000, en estos mapas se tiene un buen acercamiento a las unidades litológicas regionales, pero poco detalle para las unidades de acumulación y gravitacionales que se precisaran a escala 1:2000.

En la Tabla 3 se muestra la ponderación de cada uno de los materiales encontrados en los alrededores de la zona urbana del municipio del Carmen de Viboral.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Tabla 3. Clasificación de Material Geológico Superficial

| Material Geológico Superficial | Valor |
|---------------------------------------|--------------|
| Saprolito de Roca Ígnea (Arenoso) | 4 |
| Depósitos de Vertiente | 5 |
| Depósitos Aluviales | 1 |

- Levantamiento por Procesos Morfodinámicos

Para el levantamiento de procesos morfodinámicos son necesarios la geomorfología y el trabajo de campo, allí se diferenciarán procesos erosivos y movimientos en masa, la relación con unidades del relieve y el material superficial. Dentro de los movimientos en masa encontrados en este municipio encontramos Deslizamientos Complejos que combinan varios procesos de remoción. También se analizarán los procesos ocasionados por erosión pluvial como el terraceo por patas de ganado; se incluye también el análisis por erosión fluvial que está asociada a socavación lateral del cauce e incisión de los afluentes hídricos. Los procesos de erosión subsuperficial serán tenidos en cuenta para los análisis cualitativos y serán presentados en el documento pero no serán zonificados dentro del mapa de procesos.

Para incluir los procesos morfodinámicos en el cálculo de la amenaza, a partir de los recorridos de campo, se obtuvo la georeferencia del lugar donde se presentan los fenómenos y el área de cada proceso cartografiado en formato shape. Luego estos procesos se reclasificarán con los valores que aparecen en la Tabla 4 que muestran los procesos más comunes en el área urbana. Por último, para el área que se encuentra descubierta por estos procesos, se toma un polígono envolvente con valor de 0.

Tabla 4. Clasificación y tipo de procesos morfodinámicos encontrados en el municipio

| Remoción en Masa | Valor de Ponderación |
|---|-----------------------------|
| Deslizamiento Complejo | 5 |
| Erosión Pluvial (Laminar y Concentrada) | Valor de Ponderación |
| Terraceo por Patas de ganado (Sobrepastoreo) | 3 |
| Erosión Fluvial | Valor de Ponderación |
| Deslizamiento y Desgarre Por Socavación Lateral | 5 |

- Calculo de la Amenaza por Movimientos en Masa y Erosión

Cuando se tienen los valores de cada factor clasificados de acuerdo a la desventaja que significa para la posibilidad de ocurrencia de un evento, se procede a ponderar y a asignar

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

un valor a cada factor para que así se evidencie la incidencia que tiene cada uno con relación al conjunto de factores considerados.

Las ponderaciones realizadas se efectúan recurriendo a la matriz de expertos, para así realizar un análisis heurístico, teniendo en cuenta no solo la variable de amenaza si no también la representatividad y confiabilidad de la información que se posee. Los valores de ponderación se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Ponderación de factores de amenaza a movimientos en masa

| Factor | Peso Factor (%) |
|--------------------------------|------------------------|
| Geomorfología | 80 |
| Material Geológico Superficial | 15 |
| Procesos Morfodinámicos | 5 |

Los tres factores de susceptibilidad se reclasifican y hecha esta ponderación se realiza una suma de factores utilizando Arc GIS 10.1 y 10.2, para obtener la amenaza ante la ocurrencia de un evento de movimiento en masa y procesos erosivos en formato raster y con una resolución espacial de 5 metros.

El mapa de amenaza muestra un mapa de unidades morfodinámicas, en el que cada unidad muestra su susceptibilidad ante los procesos caracterizados y la evaluación cualitativa de los factores detonantes. En la Tabla 6 se muestra cinco rangos de amenaza, agrupados de 1 a 5.

Tabla 6. Asignación de índice de amenaza por movimiento en masa

| Intervalo | Calculo de Amenaza |
|------------------|---------------------------|
| 0 – 1 | Muy Baja |
| 1.1 – 2 | Baja |
| 2.1 – 3 | Media |
| 3.1 – 4 | Alta |
| 4.1 – 5 | Muy Alta |

- Evaluación de Detonantes

La amenaza es el producto de la interacción entre la susceptibilidad del terreno y los factores detonantes. Dentro de los detonantes se encuentran los procesos

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

hidrometeorológicos, amenaza sísmica, usos del suelo y actividades humanas, como patrón temporal ante la ocurrencia de un movimiento en masa.

En este documento se hace una valoración y evaluación de los principales detonantes de los movimientos en masa, para los cuales existen trabajos y zonificaciones a escala 1:25000 proporcionados por el Servicio Geológico Colombiano y el IDEAM.

Se mostrara el mapa de Amenaza Sísmica de la Norma Sismoresistente del año 2010 y el Servicio Geológico Colombiano, junto con el mapa de Intensidad Sísmica cualitativo de escala 1:50000 realizado por CORNARE en el año 2012 dentro del estudio del panorama sísmica del Oriente Antioqueño. Esta evaluación se complementa con un la elaboración de un diagrama de rosas y cartografía de lineamientos a partir del modelo de elevación digital del terreno realizado a partir de las curvas de nivel obtenidas para el área urbana.

Los eventos hidrometeorológicos son los principales causantes de movimientos en masa en el Oriente Antioqueño, para este análisis se tuvo en cuenta el mapa de precipitación máxima anual realizado durante el estudio de riesgo rural en los años 2012.

El uso del suelo constituye otro acelerador de los procesos de remoción, esta variable no es estática y varía circunstancialmente con el paso del tiempo, por ellos se analizaran el mapa de coberturas del estudio de riesgo rural (CORNARE, 2012). El cambio de la cobertura esta inducida por el uso del suelo y la ampliación sin medida de las zonas de expansión y corredores suburbanos, lo que ha ocasionado a modificaciones del relieve por fuertes cortes para vías de acceso y urbanismos de baja densidad, que generan grandes impactos ambientales y aumento en la susceptibilidad del terreno ante movimientos en masa.

3.2.2 Amenaza por Movimiento en Masa para la Zona Rural

Para elaborar el mapa de amenaza por movimiento en masa para la zona rural, se obtiene primero la información que se utilizara para el análisis, imágenes en formato vector y raster (Tabla 7) de la zona de estudio.

Tabla 7. Listado de mapas temáticos

| MAPA | REPRESENTACIÓN |
|-----------------------|--|
| Pendientes | Raster de distribución espacial en área del municipio de la inclinación del terreno |
| Precipitación | Raster de distribución espacial en el área del municipio de la precipitación |
| Material Superficial | La distribución espacial de los diferentes materiales derivados de acumulaciones o transformaciones de materiales existentes en superficie |
| Cobertura Superficial | La distribución espacial de las áreas destinadas a los diferentes usos, discriminando los tipos de usos agrícolas |

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Después se estandariza la información utilizada que se reúnen en el sistema de coordenadas y el sistema de proyección para articular la información resultante a los sistemas estándares del país.

Con los mapas que contienen información para el área de trabajo se realiza lo siguiente:

Reclasificación de Variables: los posibles valores de cada factor representados en un mapa en formato vector, se valoran de 1 a 10 para lograr un mapa reclasificado, y poder observar los registros agrupados a favor de su mayor o menor desventaja para la ocurrencia de un movimiento en masa.

En la Tabla 8 y la Tabla 9 se muestran los valores de reclasificación para los mapas en formato vector.

Tabla 8. Reclasificación de Materiales Superficiales

| MATERIAL SUPERFICIAL | 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 9. Reclasificación de Coberturas

| COBERTURA SUPERFICIAL | VALOR |
|---|--------------|
| Suelo desnudo | 10 |
| Pastos | 8 |
| Cultivos anuales o transitorios | 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 |

Los valores posibles de cada factor en un mapa formato raster se agrupan para lograr un mapa reclasificado en el que se pueden estimar los valores de la variable, en rangos que tienen la mayor o menor desventaja para la ocurrencia de un proceso de inestabilidad.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

En la Tabla 10 y la Tabla 11 se muestran los valores de reclasificación para los mapas en formato raster.

Tabla 10. Reclasificación de Pendientes

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

Tabla 11. Reclasificación Precipitación

| VALOR DE PRECIPITACIÓN (mm) | VALOR |
|------------------------------------|--------------|
| 1084 – 2008 | 6 |
| 2008 – 2673 | 7 |
| 2673 -3511 | 8 |
| 3511 – 4027 | 9 |
| 4027 – 4801 | 10 |

Después de obtener los valores de cada factor clasificados a favor de la desventaja que significa para la posibilidad de ocurrencia de un evento, se procede a estimar (se asigna un peso) cada factor de manera que se evidencia la incidencia que tiene cada uno con relación al grupo de factores considerados. Las ponderaciones se realizan se hacen recurriendo a la metodología de la matriz de expertos y teniendo en cuenta la importancia de la variable en tanto el elemento de riesgo que se pretende definir, sino también en la representatividad y la confiabilidad de la información que se posee para la variable específica.

Los valores de ponderación fueron asignados como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Ponderación de factores a Susceptibilidad por Movimiento en Masa

| FACTOR | PESO FACTOR (%) |
|--------------------------|------------------------|
| Pendiente | 30 |
| Materiales Superficiales | 20 |
| Precipitación | 25 |
| Cobertura Superficial | 25 |

Realizada la ponderación se hace una suma de factores utilizando Arc Gis 10.1 para obtener la susceptibilidad del terreno ante un movimiento en masa.

El factor de recurrencia fue obtenido de la información histórica de eventos atendidos como asesorías por parte del Cuerpo de Bomberos del municipio, además del personal de la

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Administración Municipal, de cada evento se tomó la localización y el tipo de evento, considerando por separado el tipo de evento, movimientos en masa e inundaciones.

Debido a la poca cantidad de eventos reportados y a la poca extensión de estos, se decidió considerar los valores de densidad de eventos a partir de la cercanía entre ellos. Con los puntos ubicados mediante sus coordenadas, se generó en Arc Gis, mediante la asignación de valor de pixel por proximidad, se construyó un mapa de densidad en formato raster, con valor de pixel de 30x30. De esta forma, se construyó el mapa de recurrencia que se utilizó para el análisis. Este mapa de frecuencia muestra las áreas categorizadas de acuerdo a la frecuencia de eventos ocurridos.

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

Tabla 13. Ponderación de Factores de Amenaza por Movimiento en Masa

| FACTOR | PESO FACTOR (%) |
|-----------------|-----------------|
| Susceptibilidad | 80 |
| Recurrencia | 20 |

El bajo valor de la recurrencia es el resultado de la poca información disponible para el área de estudio y por la aproximación de este criterio de forma indirecta utilizando una función estadística. Cuando se tengan datos abundantes para estimar el factor de recurrencia de forma directa se modificará esta ponderación. El mapa que se obtiene se agrupa en cinco rangos que surgen mediante el método Natural Break que son:

Tabla 14. Asignación de Índice de Amenaza por Movimiento en Masa

| 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 |

Amenaza por Inundación

La zonificación de amenaza por inundación tiene como fin identificar áreas que se ven afectadas por el aumento lento y desborde del nivel de agua en las corrientes hídricas sobre las llanuras aluviales.

3.3.1 Amenaza por Inundación para el área urbana

El primer fenómeno analizado corresponde a inundaciones lentas de tipo aluvial que son productos de lluvias fuertes y persistentes en las partes altas de las cuencas, generando

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

ondas de creciente que superan la capacidad de transporte máxima, haciendo que la quebrada o el río se salga de su cauce inundando las partes planas que se encuentran alrededor. El otro fenómeno que se analiza corresponde a inundaciones por encharcamiento producto de la saturación del suelo, es caracterizado por la presencia de delgadas láminas de agua sobre la superficie en pequeñas extensiones siendo comunes en las áreas planas dentro de las zonas urbanas con deficiencia en alcantarillado y sistema de drenaje, así como falta de permeabilidad en el suelo por infraestructuras civiles.

Para la identificación de las zonas inundables, se utilizaron dos criterios, el primero fue relacionado con la geomorfología y cartografía de las llanuras aluviales de los diferentes afluentes que cruzan la zona urbana del municipio; en segundo lugar, partiendo del conocimiento de las áreas con poca inclinación del terreno que se identificaron con los valores bajos del mapa de pendientes que favorece la concentración de agua y la morfología de las llanuras, que se caracteriza por las curvaturas del terreno.

- Levantamiento Geomorfológico de la Llanura Aluvial

En las zonas pertenecientes a superficies de baja pendiente de la llanura aluvial se registran inundaciones por desbordamiento, por tal motivo, se hace indispensable el levantamiento geomorfológico de la llanura aluvial, terrazas, bajas inundables y subrelieves asociados. Para este informe se tendrá como base el mapa de unidades geomorfológicas escala 1:2000 en formato shape, que fue realizado para el cálculo de susceptibilidad a movimientos en masa, se extraerá de este mapa la llanura aluvial de los principales afluentes y de los secundarios que contemplen las llanuras aluviales inundables y no inundables, así como las que se encuentran invadidas o libres de obras civiles.

Para el levantamiento de la llanura es necesario implementar, una evaluación multitemporal de fotografías aéreas y modelos de elevación digital para entender la variación y ocupación de la llanura aluvial con el paso del tiempo, y que sea complementada con las curvas de nivel a detalle y los recorridos realizados en campo.

- Análisis Morfométrico de la Llanura Aluvial

Por la dificultad existente para la identificación de las zonas con alta susceptibilidad a inundaciones pluviales y encharcamientos, se propone un análisis morfométrico del terreno que hace parte de la llanura aluvial. Para esto, se parte de la relación lineal que muestra que las zonas de la llanura con menor pendiente y con forma cóncava son las más propensas y primeras a inundarse durante períodos prolongados de lluvia. Por tal motivo, se tomó el mapa de pendientes existente y se extrae únicamente el segmento para las llanuras aluviales y se clasifica teniendo como preferencia las pendientes bajas.

Así, las zonas de circulación se clasificaron con base en los rangos de pendiente y se obtuvieron los siguientes rangos que se muestran en la Tabla 15.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Tabla 15. Reclasificación de pendientes para el cálculo de amenaza por inundación

| Intervalo de Pendientes (%) | 0–3 | 3–5 | 5–7 | 7–12 | >12 |
|-----------------------------|----------|------|-------|------|----------|
| Calificación | Muy Alta | Alta | Media | Baja | Muy Baja |
| Ponderación Cálculo Amenaza | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

Para tener una buena certeza del comportamiento de las inundaciones sobre las llanuras aluviales, se utilizó el concepto de curvaturas. Una curvatura se define como la tasa de cambio de pendiente y depende de los cambios de inclinación alrededor de un punto, la medida tiene como objetivo identificar las concavidades y convexidades del terreno, asumiendo un signo positivo y negativo respectivamente. De otra forma, en un punto sobre la llanura aluvial con pendiente menor a 3%, tiene mayor probabilidad de inundación si la superficie tiene cóncava o plana, ya que en estas áreas existe mayor acumulación de flujo, comparándola con una geoforma convexa en donde prevalece la circulación.

El mapa de curvaturas que se utilizará, se denomina Mapa de Curvaturas del Plan, que muestra las curvaturas en sentido de la dirección de los principales afluentes hídricos. Este mapa se obtuvo a partir de Arc GIS 10.1 y 10.2 y se reclasificó teniendo en cuenta los valores promedios de las curvaturas dentro de las llanuras aluviales en las zonas urbanas. En la Tabla 16 se muestran los valores de curvaturas y su reclasificación.

Tabla 16. Reclasificación de curvaturas para el cálculo de amenaza

| Intervalo | Calificación | Curvatura | Calculo Amenaza |
|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| 1.5 – 16 | Muy Baja | Muy Convexo | 1 |
| -14 - -1.5 | Baja | Muy Cóncavo | 2 |
| 0.3 – 1.5 | Media | Convexo | 3 |
| -0.3 – 0.3 | Alta | Plana | 4 |
| -1.5 – -0.3 | Muy Alta | Cóncavo | 5 |

Se debe aclarar que, el grupo de curvaturas denominado como *Muy Cóncavo*, hace parte del errores del SIG en los límites del raster de análisis o hace parte de las silletas o divisorias de agua. Las curvaturas en la llanura aluvial, tienen valores entre -1 y 1. El mapa de susceptibilidad inundaciones por encharcamientos, es producto del algebra de mapas entre los diferentes valores de curvatura y pendiente, para esto el criterio de ponderación usado fue de 60% para las pendientes y 40% para las curvaturas.

- Cálculo de la Amenaza por Inundación

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Cuando se realiza una evaluación por amenazas se tiene como objetivo conocer la probabilidad, naturaleza, intensidad y distribuciones espaciales de una o varias inundaciones en periodos determinados de tiempo, para así tener una estimación del daño que se pueda causar. Para esto, se debe conocer las características, el peligro, la magnitud de los daños, la probable duración e intensidad de la inundación, de esto dependerá el daño causado en la comunidad.

Para zonificar la amenaza por inundación en el área urbana se utilizará una metodología geomorfológica, para ayudar a establecer y jerarquizar los eventos potenciales que tengan probabilidades de afectar la población, la infraestructura y las actividades diarias que se dan en las zonas urbanas. Esta metodología contempla la zonificación geomorfológica de la llanura aluvial en tres rangos de amenaza, a partir de recorridos de campo, junto con las experiencias y percepciones de las comunidades ubicadas en la parte de la llanura aluvial inundable.

Se definieron tres rangos de amenaza por inundación; el primero como la zona con **Alta Susceptibilidad a Inundación**, que es levantada a detalle en los recorridos de campo y hace parte de las áreas que en varias veces se ve afectada por este fenómeno, también incluye meandros abandonados o modificados por urbanismo, llenos antrópicos al borde del cauce, además de lugares que se encuentran cubiertos por vegetación ripiaría típica de llanuras inundables y las zonas de alta amenaza por inundación pluvial obtenidas por el análisis morfométrico de la llanura aluvial. Esta zona de inundación es comparada con las manchas de inundación de los periodos de retorno de 2.33 y 15 años de afluentes con estudios hidrológicos realizados por CORNARE en algunas de las zonas urbanas del Oriente Antioqueño.

La segunda clasificación, es la zona de **Media Susceptibilidad a Inundación**. Esta franja de la llanura aluvial, corresponde a manchas de inundación con recurrencia entre 15 y 100 años, levantada a partir del dialogo con la comunidad y comparada con las manchas hidrológicas que ya existen. La tercera clasificación, corresponde a la zona de **Susceptibilidad Baja a Inundación**, que corresponde a áreas libres en los bordes de la llanura aluvial y terrazas bajas, que debido a su formación geológica y su topografía existe una posibilidad remota de presentarse una inundación en el futuro.

3.3.2 Amenaza por Inundación para el área rural

Para determinar la amenaza por inundación en la zona rural de El Carmen de Viboral se obtienen dos mapas. El primero identifica en los cauces principales de una cuenca la posibilidad de ocurrencia de inundaciones, que se nombran como Zonas Inundables, y el otro mapa muestra las áreas que aportan a la inundación, que 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 las posibilidades que tienen los terrenos de generar

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

un mayor aporte o disminución del fenómeno de la inundación. Las zonas de control, se pueden entender también como las zonas de recarga de las cuencas, que funcionan de acuerdo a las características físicas y morfológicas de la cuenca, en ellas el proceso tiende a regular o a facilitar el escurrimiento hacia el canal central.

Este mapa fue tomado del estudio de 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 (2012), para las zonas de control se tuvieron en cuenta como principales factores de análisis, las características morfométricas de la cuenca, la precipitación y la cobertura. Se calcularon entonces las zonas de recarga o control para inundación como una característica de la cuenca, que se aplicó específicamente a toda la cuenca exceptuando las llanuras aluviales, la parte baja de los cañones y los afluentes principales, para esto se parte del estudio de los parámetros morfométricos de la cuenca (coeficiente de compacidad o factor de escurrimiento, pendiente media y densidad de drenaje), la característica que se obtiene se aproxima a una clasificación morfométrica de la cuenca que se nombra 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 ocurrencia de inundación que es una evaluación aproximada del Tiempo de Concentración.

Se cruzaron entonces las variables Facilidad de Escurrimiento (FE), Precipitación y Cobertura Vegetal. Estos factores determinan la contribución del terreno a la ocurrencia de una inundación siendo por esto un indicativo de la eficacia de las Zonas de Control en la cuenca. Esta eficacia de la cuenca regula la esorrentía facilitando o mitigando las crecientes e inundaciones. Estas zonas de control fueron reclasificadas para obtener cinco valores (Tabla 17) que agrupan el funcionamiento del terreno de la cuenacade acuerdo al funcionamiento de control o aporte a la ocurrencia de inundación.

Tabla 17. Asignación de índices de control

| | | | | | |
|---------------------|-----------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| INTERVALO | 1 – 3,03 | 3,03 – 4,11 | 4,11 – 4,8 | 4,8 – 5,53 | >5,53 |
| CALIFICACIÓN | MUY BAJA | BAJA | MEDIA | ALTA | MUY ALTA |

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, por esto, en las zonas de control calificadas como altas y muy altas, se deben realizar proyectos en pro de mejorar las condiciones de cobertura de 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, tales zonas están restringidas al canal y a la planicie aluvial. Para identificar las zonas de inundación, fueron utilizados tres criterios, el primero relacionado con la ubicación e

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

identificación de las corrientes 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 da como resultado la susceptibilidad a inundación de las principales corrientes, que en muchos casos es equivalente al mapa de amenazas.

El primer análisis se orientó en la calificación e identificación del orden de los afluentes dentro de toda la región de CORNARE. Con esta clasificación se pretende subdividir los diferentes cuerpos de agua que integran la red de drenaje superficial en segmentos de cauce clasificados según el orden de magnitud de los mismos. Después de darle orden a los afluentes, se realizó un buffer que varía su tamaño dependiendo del orden, este buffer no representa un retiro a las fuentes hídricas, sino el área aproximada a las llanuras aluviales.

Para asignar las distancias en los buffer se utilizaron criterios como el orden de los afluentes, la longitud de estos y el caudal promedio de las cuencas. En la Tabla 18se muestra el orden impuesto a la red de drenaje superficial y el tamaño del buffer asignado.

Tabla 18. Relación orden de la red de drenaje y el tamaño del buffer asociado

| ORDEN | TIPO DE AFLUENTE | TAMAÑO BUFFER |
|-------|--|---------------|
| 0 | Nacimiento de red hídrica, quebradas pequeñas < 5 Km | 50 m |
| 1 | Quebradas entre 5 – 10 Km | 80 m |
| 2 | Quebradas importantes | 150 m |
| 3 | Ríos Importantes Subcuencas | 250 m |
| 4 | Ríos Cuencas CORNARE | 400 m |
| 5 | Río Magdalena | 700 m |
| 6 | Embalses y Ciénagas | Sin Buffer |

Después del mapa de materiales superficiales se extrajeron los depósitos aluviales recientes, se ignoraron las terrazas aluviales, depósitos de vertientes y aluviotorrenciales. Se creó también un 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.

Para identificar las zonas inundables, se parte de que las zonas donde el flujo de agua aumenta su lámina y genera rebose, corresponde a áreas de bajo gradiente y de baja inclinación, por esto, se tomó el mapa de pendientes existentes y se reclasificó teniendo como prelación las pendientes bajas, entonces las zonas de circulación de creciente se clasificaron con base en los rangos de pendiente y se obtuvieron los intervalos que se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Reclasificación de pendientes para el cálculo de amenaza por inundación

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

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Se utilizaron también las curvaturas para tener una mejor comprensión del acercamiento del comportamiento de las inundaciones sobre las llanuras aluviales. La curvatura se define como la tasa de cambio en la pendiente y depende de los cambios de la inclinación en el entorno de un punto, tiene por objetivo identificar las convexidades y concavidades del terreno, se asume un signo positivo y uno negativo respectivamente.

El mapa de curvaturas utilizado se denomina mapa de Curvaturas del Plan, que muestra las curvaturas en sentido de la dirección, siendo esta la más cercana a las curvaturas en sentido de los principales afluentes hídricos. Se obtuvo entonces, a partir de ArcGis 10.1 y se reclasifico teniendo en cuenta los valores promedio de las curvaturas dentro de las llanuras aluviales. Los valores de curvatura y su clasificación se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Reclasificación de curvaturas para el cálculo de amenaza por inundación

| CURVATURA | CÓNCAVO | PLANA | CONVEXO | MUY CÓNCAVO | MUY CONVEXO |
|---------------------|-----------------|--------------|----------------|--------------------|--------------------|
| INTERVALO | -8,9 - -1,5 | -1,5 - -0,3 | -0,3 - 0,3 | 0,3 - 1,5 | 1,5 - 16 |
| CALIFICACIÓN | MUY BAJA | BAJA | MEDIA | ALTA | MUY ALTA |

En general, las curvaturas en las llanuras aluviales tienen valores entre 1 y -1. El mapa entre zonas inundables, es producto del algebra de mapas entre los diferentes valores de curvatura y pendiente, para el cual se tiene el criterio de ponderación de la Tabla 21.

Tabla 21. Ponderación de curvaturas y pendientes

| FACTOR | PESO FACTOR |
|-------------------|--------------------|
| CURVATURAS | 60% |
| PENDIENTE | 40% |

Por ultimo para hallar la amenaza por inundación, se realizó la intercepción entre el Mapa Buffer y el Mapa de Zonas Inundables, que muestra las zonas propensas a inundarse restringido a la red hídrica y las llanuras aluviales. El valor de Amenaza por Inundación fue asumido como las Zonas Inundables.

Amenaza por Avenida Torrencial

Las amenazas por avenida torrencial son denominadas como crecientes, avalanchas, crecidas, borrascas o torrentes, son amenazas comunes en cuencas de alta montaña y debido a sus características pueden causar grandes daños en infraestructura y pérdidas de vidas humanas. Estos fenómenos se originan en ríos de montaña o en ríos cuyas cuencas presentan fuertes vertientes por efectos de procesos 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,

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

produciéndose numerosos desgarres superficiales y deslizamientos cuyo material cae al cauce y es transportado inmediatamente aguas abajo o queda inicialmente represado y luego, cuando se rompe el represamiento es transportado violentamente aguas abajo (CORNARE, 2012).

El mapa de amenaza por Avenida Torrencial fue tomado del estudio de 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 (2012). Para la elaboración de este mapa fue necesario realizar una ponderación entre los mapas de Clasificación Morfométrica, además de los mapas temáticos de Precipitación, Coberturas y Material Superficial, además del mapa Geomorfológico ya que las cuencas torrenciales están ligadas a las características del relieve. Al realizar este cruce de variables se encontró una diferencia en el nivel de detalle de los datos, entonces se desestimó el resultado de este análisis y se tomó como indicativo del comportamiento torrencial de la cuenca. Se realizó entonces, un análisis estadístico zonal donde se promedió para las cuencas el valor de la amenaza, calificando el resultado como la amenaza de eventos torrenciales en las cuencas.

2

Zonificación del Uso y Aptitud Geológica del Suelo

La zonificación de la aptitud del uso del suelo es producto de la sumatoria de las variables naturales que se incluyen en el análisis geomorfológico y las amenazas por fenómenos como las inundaciones y movimientos en masa. Tiene como objetivo dar una imagen clara y sistemática de las condiciones del terreno, su estabilidad relativa y un uso asociado, así como reconocer los fenómenos morfodinámicos ligados a cada uso y las características más relevantes de las formaciones superficiales. También reúne en un solo insumo la representación de los mapas de amenaza que son productos indispensables para conocer las restricciones y potencialidades del suelo. En la Tabla 22 se observa la relación entre la zonificación y el rango de amenaza por fenómenos geológicos.

Tabla 22. Reclasificación de la aptitud geológica con base a la amenaza

| Zona de Aptitud Geológica | Amenaza |
|---------------------------------------|--|
| Estable o Inexistente | Muy Baja por Movimiento en Masa |
| Estabilidad Condicionada | Baja por Movimiento en Masa |
| Inestabilidad Potencial | Media por Movimiento en Masa |
| Inestable | Alta y Muy Alta por Movimiento en Masa |
| Alta Susceptibilidad a Inundación | Alta Susceptibilidad a Inundación |
| Alta Susceptibilidad a Torrencialidad | Alta Susceptibilidad a Torrencialidad |

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Vulnerabilidad

Desde la perspectiva de los desastres, existe una relación propia entre la marginalidad económica y la vulnerabilidad, ya que la disminución de ésta se encuentra ligada en gran medida a las necesidades básicas de desarrollo. Por eso, los factores económicos y sociales de cada una de las familias de una población son los parámetros más relevantes a la hora de determinar una vulnerabilidad.

El procedimiento para identificar la vulnerabilidad global del municipio de El Carmen de Viboral, se basó en la metodología propuesta por CORNARE, en donde mediante los datos adquiridos a partir de las encuestas de PRODEPAZ (2012), se zonificó para cada uno de los núcleos zonales del municipio las vulnerabilidades social, física y económica.

La vulnerabilidad total entonces, fue resultado de la zonificación por núcleo zonal concatenada con datos prediales y barriales, de estratificación socioeconómica, calidad constructiva y densidad de población.

3.6.1 Vulnerabilidad Social

Es la vulnerabilidad que tiene en cuenta el número de la población vulnerable, del que hacen parte los niños menores de 13 años, los ancianos mayores de 60 años, las personas gestantes, las madres cabeza de familia y las madres gestantes. También se tiene en cuenta el índice de analfabetismo, la organización barrial y la participación de la comunidad en la formulación de planes de desarrollo y propuestas para el bienestar de sus localidades. Los valores ponderados determinantes de la vulnerabilidad social se muestran a continuación (Tabla 23).

Tabla 23. Factores que componen la vulnerabilidad social

| Factor de Vulnerabilidad Social | Valor % |
|---|----------------|
| Población Vulnerable | 30 |
| Analfabetismo | 10 |
| Organización Comunitarios | 30 |
| Participación Comunitaria y Visión del Territorio | 30 |

3.6.2 Vulnerabilidad Económica

Está compuesta por información de empleos e ingresos de las familias de los núcleos zonales urbanos, se determinan cuantas familias percibían menos de un salario mínimo completo y más de un salario mínimo, además de cuantas personas se encuentran

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

empleadas, desempleadas y subempleadas. Con la información se obtuvo el porcentaje de los ingresos entre el total de familias y el porcentaje de empleos por el número total de personas.

3.6.3 Vulnerabilidad Física

Para su evaluación se partió de los datos de saneamiento básico y calidad de vivienda recogidas de las encuestas de PRODEPAZ. Comprende la calidad de las viviendas, que evalúa el número de casas que necesitan mejoras y las que se encuentran ubicadas en zonas de riesgo.

3.6.4 Densidad de Población

Debido a que los rangos de población son estrechos y la nomenclatura de los barrios es confusa en todas las fuentes, la reclasificación se realizó en cinco valores desde muy bajo hasta muy alto mediante un tratamiento estadístico de ruptura natural de la distribución en el SIG Arc-Gis denominado Natural Breaks.

3.6.5 Vulnerabilidad Total

La vulnerabilidad total es el resultado de la suma ponderada de los archivos raster de las cuatro variables expuestas. El mapa obtenido corresponde al análisis de todo el municipio en cuanto a movimientos en masa e inundaciones.

En la Tabla 24, se muestran los valores de ponderación final, para el cálculo de la vulnerabilidad total de El Carmen de Viboral, a partir de los demás temáticos expuestos.

Tabla 24. Ponderación para el cálculo de la vulnerabilidad total

| Variable | Valor Vulnerabilidad Total (%) |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Vulnerabilidad Social | 15 |
| Vulnerabilidad Económica | 28 |
| Vulnerabilidad Física | 30 |
| Densidad de Población | 27 |

3.7 Riesgo

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

El riesgo se entiende como la probabilidad de que ocurra un desastre en un tiempo y modo específico a partir de la conjugación entre la amenaza y vulnerabilidad presentes. Se relacionan los escenarios y los factores de riesgo para determinar las consecuencias económicas, sociales y ambientales de un determinado evento. Entonces, el riesgo y el desastre, solo se presentan como coexistencia de una misma comunidad, de una alta amenaza y vulnerabilidad.

3.7.1 Riesgo para el área urbana

Para determinar el riesgo por fenómenos geológicos, se hará un cálculo de manera lógica y cualitativa, uniendo los valores entre alto y bajo de los factores de riesgo, basándose en la amenaza por los eventos estudiados y la vulnerabilidad de los elementos expuestos. En la Tabla 25 se muestran los resultados de la evaluación de riesgo para este trabajo.

Tabla 25. Cálculos y rangos del riesgo a partir de la amenaza y la vulnerabilidad dada

| Amenaza | Vulnerabilidad | | |
|----------|----------------|--------------|-----------------|
| | Alta | Media | Baja |
| Muy Alta | Riesgo Alto | Riesgo Alto | Riesgo Medio |
| Alta | Riesgo Alto | Riesgo Medio | Riesgo Medio |
| Media | Riesgo Medio | Riesgo Medio | Riesgo Bajo |
| Baja | Riesgo Medio | Riesgo Bajo | Riesgo Bajo |
| Muy Baja | Riesgo Bajo | Riesgo Bajo | Riesgo Muy Bajo |

Los resultados mostrados en la tabla anterior, sirven para validar, la idea de que el cálculo de riesgo se hace importante sobre los rangos de amenaza alta y muy alta, ya que en los rangos donde la amenaza es baja y tiene un riesgo importante es provocado por las condiciones propias de una comunidad y no por la exposición a un evento geológico.

La zonificación y mapificación del riesgo se realizará dentro de áreas específicas en la zona urbana a escala 1:2000, en donde existan viviendas o demás bienes expuestos a una alta amenaza e incidencia por afectación de fenómenos geológicos. Este riesgo será determinado a partir de una valoración cualitativa, que tiene como base el análisis de vulnerabilidad y el potencial de daños y/o pérdidas a producirse ante un desastre.

Para cada zona de alto riesgo por movimientos en masa e inundaciones se realizó una visita de detalle, allí se identificaron las situaciones de vulnerabilidad del sector, cuantificando familias y recursos afectados, las características del fenómeno y los detonantes que generan la amenaza alta.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Se calculó el área de afectación, el potencial destructivo y las posibles causas del proceso. Se determinó con base en un criterio ingenieril si el evento potencial es o no mitigable y se propone las recomendaciones para el tratamiento de las áreas críticas, las cuales comprenden desde obras civiles estructurales hasta reubicaciones y manejo especial.

Las zonas con riesgo mitigable son áreas que con manejos de ingeniería pueden ser usadas para desarrollo urbanístico con restricciones. Estas áreas deben ser sometidas a estudios rigurosos de escala de mayor detalle de zonificación geotécnica, en donde se propongan las acciones de mitigación y recuperación del terreno inestable. Las zonas de riesgo serán excluidas una vez sean terminadas las obras de estabilización o mejoramiento de las condiciones de infraestructuras de las viviendas expuestas.

Las zonas catalogadas como zonas de riesgo alto no mitigable, son lugares donde existe una alta probabilidad de ocurrencia de desastres y pérdida de vidas, infraestructuras y bienes. En estas zonas las obras ingenieriles no son viables debido a las condiciones técnico-económicas, así que estas zonas deben ser destinadas a zonas de protección dentro de los Planes de Ordenamiento.

En la zonas de alto riesgo no mitigable quedan prohibidos la realización de proyectos urbanísticos o demás construcciones de viviendas, pero, estos espacios pueden aprovecharse para realizar parques lineales o parques geoambientales.

Las familias y bienes que se encuentren ubicados en zonas de alto riesgo no mitigable, se deben incluir entre los planes de reubicación, en donde se debe garantizar por parte de las administraciones municipales adecuadas condiciones técnicas y sociales para el traslado de la comunidad que este expuesta y el no reasentamiento de comunidades vulnerables sobre las zonas de alto riesgo.

3.7.2 Riesgo para el área rural

Los valores para el cálculo de los riesgos por inundación y movimiento en masa, resultaron a partir de la suma ponderada de los valores de amenaza y vulnerabilidad, los cuales se sintetizan en la Tabla 26.

Tabla 26. Calculo del riesgo por fenómenos geológicos

| Riesgo Movimiento en Masa | |
|----------------------------------|------------------------------|
| Variable | Valor Ponderación (%) |
| Amenaza Movimiento en Masa | 70 |
| Vulnerabilidad Total | 30 |

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

| Riesgo Movimiento en Masa | |
|---|------------------------------|
| Variable | Valor Ponderación (%) |
| Amenaza Inundación | 60 |
| Vulnerabilidad Total en Llanura Aluvial | 40 |

4. COMPONENTES DE LA AMENAZA

4.1 Hipsometría

El análisis hipsométrico se realizó con base en la visualización e interpretación de histogramas de frecuencia de los modelos de elevación digital, en los que se compara el número de celdas por cada valor en altura, es así como, se puede apreciar el comportamiento y los rasgos geomorfológicos generales del terreno identificando grandes segmentos correspondientes a los distintos sub-relieves dentro del municipio de El Carmen de Viboral.

Mediante modelos de elevación digital de 30 m y 2 m (Figura 2) de resolución se realizó un análisis estadístico de las alturas que componen el municipio de El Carmen de Viboral, concluyendo que dentro de la zona de análisis existe una mínima altura de 1000 msnm, una altura máxima cercana a 2500 msnm y una altura promedio de 1800 msnm (Figura 3).

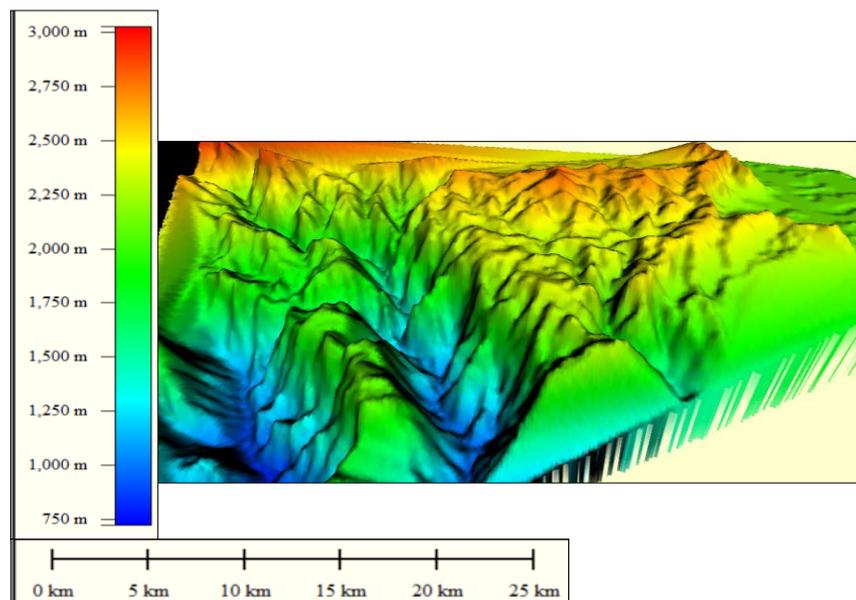


Figura 2. Modelo de elevación del municipio

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

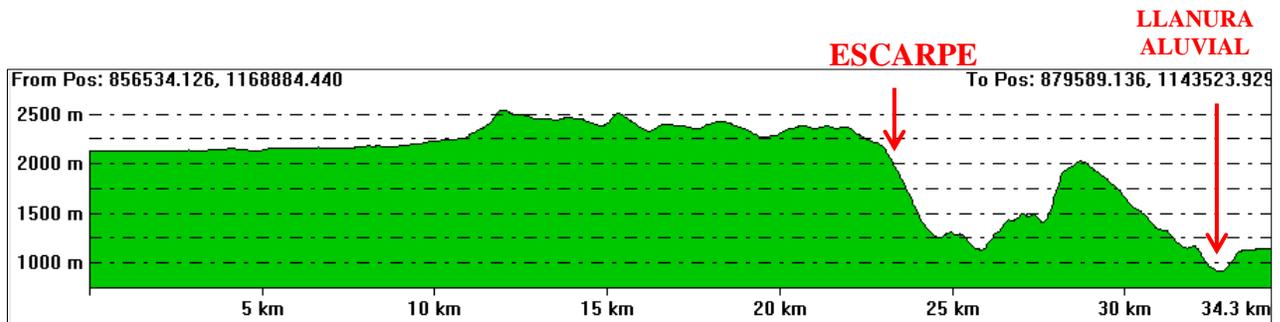


Figura 3. Perfil de elevación del municipio de El Carmen de Viboral

4.2 Pendientes

La pendiente es una forma de medir el grado de inclinación del terreno, a mayor inclinación mayor valor de pendiente, esta herramienta permite zonificar algunos elementos del relieve de una forma más clara. Para elaborar el Mapa de Pendientes del municipio se utilizó el software ArcGis y se le dieron valores de pendientes, que muestran los diferentes rangos de zonificación. El mapa de pendientes (Figura 4; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), fue generado a partir de curvas de nivel cada 50 metros.

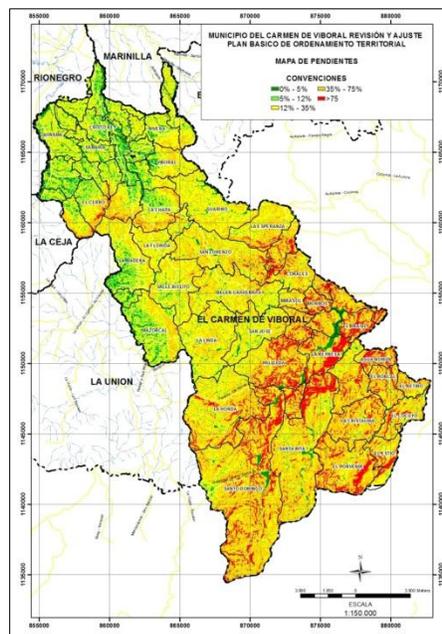


Figura 4. Mapa de pendientes de El Carmen de Viboral

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

A continuación se hace una descripción más detallada de los diferentes rangos de pendientes:

 **Pendientes Muy Bajas (0% - 5%):** Son las pendientes que se encuentran en las llanuras aluviales, correspondientes a la Quebrada Cimarronas, Quebrada La Madera, entre otras. Nótese que estas pendientes bajas, predominan hacia la parte Norte del municipio y en la Cabecera Municipal.

 **Pendientes Bajas (5% - 12%):** Estas pendientes corresponden a Terrazas Aluviales y algunas Cimas, encontradas a lo largo de las diferentes quebradas del municipio. Al igual que las Pendientes Muy Bajas, se encuentran hacia el Norte del Carmen de Viboral.

 **Pendientes Medias (12% - 35%):** Son las pendientes que predominan en todo el municipio, están asociadas a Rampas de Colinas, algunos Depósitos de Vertiente y a las Cimas de las Colinas.

 **Pendientes Altas (35% - 75%):** Asociados a Colinas Altas, Escarpes de Alta Inclinación. Localizadas desde el Centro hacia el Sur del municipio.

 **Pendientes Muy Altas (>75%):** Representan pocas zonas del municipio. Ubicadas en las veredas Brasil, la Represa, Palizada y una parte de Santa Rita. Corresponden a relieves bruscos.

4.3 Precipitación

El Carmen de Viboral presenta límites de precipitación desde 2147 mm hasta 3122 mm, que se divide en cinco rangos, ubicándose hacia el Norte del municipio la zona con menor precipitación y hacia el Sur la zona con un rango más alto de precipitación. En el mapa (Figura 5) se observa la distribución de precipitación en el municipio del Carmen.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

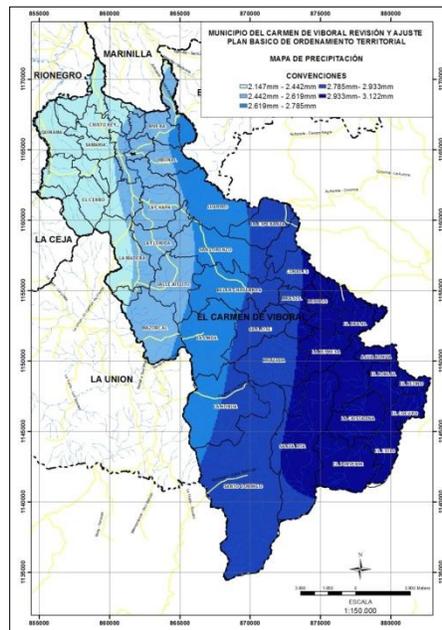


Figura 5. Mapa de precipitación para El Carmen de Viboral

4.4 Coberturas

La importancia de la vegetación se encuentra en la actividad de las raíces y árboles que le proporcionan más estabilidad al terreno generando más resistencia al suelo de las laderas para evitar desplazamientos.

En base a los recorridos de campo y la ortofoto proporcionada, con celdas de 2 x 2 metros, se pudo concluir que las coberturas presentes en el municipio del Carmen de Viboral son: bosques, cultivos permanentes, cultivos transitorios, pastos, rastrojos y suelo desnudo (Figura 6).

El suelo del Carmen se encuentra en su mayoría compuesto por Pastos hacia la parte Sur del municipio, donde se encuentra la zona más montañosa, y con más alta pendiente.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

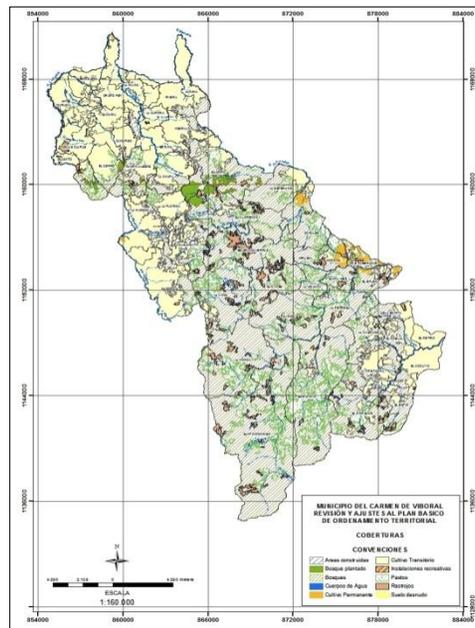


Figura 6. Mapa de coberturas para el municipio de El Carmen de Viboral

Los pastos hacen los suelos más susceptibles debido a que estos son propicios para la ubicación de potreros, ocasionando procesos erosivos como el Sobrepastoreo (Figura 7), que debilita fuertemente la pendiente.



Figura 7. Pastos en altas pendientes

Hacia la parte Norte del municipio del Carmen, en la zona de colinas suaves y cimas redondeadas, se encuentran los Cultivos Transitorios (Figura 8) que ocupan gran parte del municipio. Los cultivos transitorios acarrear prácticas inadecuadas como remoción y labranza continua del suelo haciendo que se pierdan los primeros horizontes del suelo.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Algunos de los cultivos encontrados son: papa, maíz, hortalizas y algunas legumbres, entre otros.



Figura 8. Cultivos transitorios en El Carmen de Viboral

A lo largo del municipio, el área construida (Figura 9) se hace cada vez más extensa ocasionando una deformación paisajística de los diferentes lugares, más áreas con cemento, ladrillo y canalizaciones hídricas en los diferentes afluentes.



Figura 9. Área construida en El Carmen de Viboral

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

En pocos lugares del Carmen de Viboral (en el centro del municipio), se encuentran los Bosques Plantados, que cumplen varias funciones importantes como la rehabilitación ambiental y protección del suelo y del agua, así como la producción de madera como objetivo primordial.

En menor proporción, a lo largo del municipio, se pueden encontrar diferentes tipos de Coberturas, tales como Cultivos Permanentes, que son plantas que en los primeros años de desarrollo son improductivos; luego producen cosechas durante muchos años y a bajo costo de mantenimiento. Por su prolongado período de producción tienen el carácter de bienes raíces (condición de inmuebles).

4.5 Geología

4.5.1 Geología Regional

El basamento rocoso de Valles de San Nicolás está formada por rocas cristalinas fracturadas (Botero, 1963), además de las Anfibolitas de Medellín y los Metasedimentos del Grupo El Retiro (Restrepo & Toussaint, 1987).

- **Metasedimentos del Grupo El Retiro:** Rocas metamórficas formadas por neises micáceos, filitas y cuarcitas, formadas como las más antiguas, en cuanto a los suelos residuales del lugar, se encuentra compuesto por limos de baja compresibilidad y baja permeabilidad, con color pardo rojizo y algunas tonalidades pardas.
- **Anfibolitas de Medellín:** Fueron definidas como formación geológica independiente por Restrepo y Toussaint (1987). Esta unidad está conformada por rocas duras y densas de color gris verdoso. La meteorización de las anfibolitas produce perfiles diferenciándose tres niveles suelo residual, saprolito y gruss. Aunque en esta unidad el nivel de saprolito es difícil de encontrar.
- **Dunitas de Medellín:** son rocas metamórficas que en su composición intervienen antigonita, serpofita, tremolita y olivino, con clorita, actinolita y talco, como productos de alteración hidrotermal. Los productos de meteorización de estas rocas están compuestos de limos de baja compresibilidad y permeabilidad, de color pardo.
- **Batolito Antioqueño:** es un cuerpo granitoide de 10000 Km² de extensión emplazado en la zona central de Antioquia, compuesto de Cuarzodiorita. El perfil de meteorización presenta tres niveles: suelo residual maduro, saprolito y gruss. El suelo residual maduro está formado por limos de baja permeabilidad, de colores variados desde el color rosado hasta el pardo amarillento. El saprolito está compuesto por arenas limosas, con aspecto abigarrado (varios colores). El nivel inferior del perfil de meteorización es una arena gruesa limosa, en los que aún es posible reconocer minerales de la roca parental.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

- **Terrazas:** los depósitos de terraza están conformados por arenas y gravas finas, los cantos y bloques son escasos, el espesor de las terrazas raramente pasa de 3 m. La antigüedad de los niveles superiores de terraza ha permitido su modificación morfológica generando una superficie ondulada.
- **Depósitos Aluviales:** el relleno aluvial es extremadamente estrecho formado por arenas y gravas de espesor no mayor a 20m.
- **Depósitos de Ladera:** están formados por una matriz de limo de color de pardo amarillento a pardo rojizo, que rodea cantos y bloques de roca. La porosidad de este material y su permeabilidad secundaria debido al agrietamiento por desecación, su posición en superficie, su espesor hacen de él un elemento clave en el proceso de infiltración.
- **Depósitos Antrópicos:** están compuestos por limos seleccionados y compactados en base a los diseños específicos para cada caso.

4.5.2 Geología Estructural

La posición actual del oriente antioqueño, resultó de la elevación de la Cordillera Central durante la orogenia Andina.

- **Fallas:** se han reportada pocas fallas en esta región, la mayoría de ellas como contactos entre rocas metamórficas y el batolito antioqueño. En las zonas visitadas se encontró una falla con dirección S65E en Esquisto Micáceo (Figura 10).

Los Sistemas de fallas más importantes encontradas cerca al Oriente Antioqueño son: Sistema Espíritu Santo, Romeral, Cauca, Sabanalarga, Santa Rita Este y Oeste, entre otras.



Figura 10. Falla encontrada en afloramiento de Esquisto Micáceo

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

4.5.3 Material Superficial

Cuando se va a evaluar la amenaza por movimiento en masa, el material superficial juega un papel muy importante ya que estos interactúan con la atmosfera, se erosionan, disgregan y deslizan.

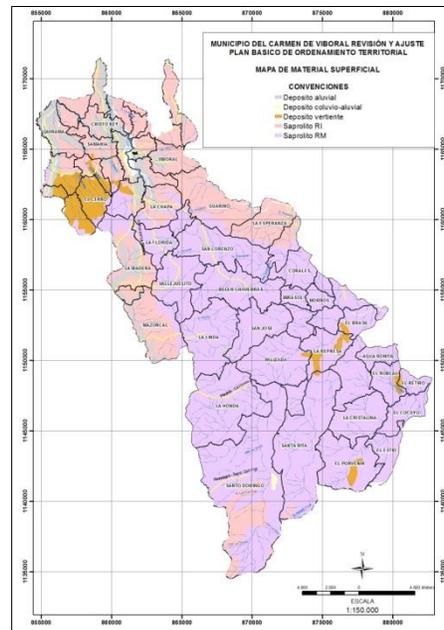


Figura 11. Mapa de material superficial de El Carmen de Viboral

- **Saprolito de Roca Ígnea:** (Saprolito de R.I), estos materiales se derivan de las rocas intrusivas del Batolito Antioqueño, que son, en mayor proporción Dioritas y Cuarzodioritas. Los suelos presentes son de textura areno limosa, y muchos sitios tienen fragmentos de roca subredondeada y redondeada, proveniente de la meteorización esferoidal (Figura 12). Estos materiales poseen buena capacidad portante, coeficiente de fricción y ángulo de reposo; sin embargo, esto se ve afectado debido a la acción del agua en esta zona, dando origen así, a procesos erosivos, que llegan a desequilibrar grandes extensiones de terreno. Este material se localiza hacia el norte del municipio y hacia el centro de éste, en colinas suaves y cimas redondeadas, en lugares de baja pendiente. La orientación de la roca fue N45W/54SW, medida en campo.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia



Figura 12. Saprolito de roca ígnea situado en la vereda Guarinó

- **Saprolito de Roca Metamórfica:** (Saprolito de R.M), es generado a partir de rocas metamórficas foliadas y no foliadas. El saprolito se deriva de los diferentes tipos de rocas que se encuentran en el lugar: anfibolitas, esquistos y neises, estos suelos son de texturas finas, con estructura laminada y estabilidad deficiente (Figura 13; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Los materiales generados a partir de la roca no foliada se encuentra hacia el Centro del municipio, en pendientes altas a muy altas hacia el Oriente. Los materiales derivados a partir de la roca foliada, se encuentran hacia el extremo sur del municipio, encontrado en lugares con pendientes altas a muy altas. La dirección de la estratificación encontrada en la roca fue S65E/2NE, medida en campo.



Figura 13. . A la derecha, Vía El Carmen – San Lorenzo. A la izquierda, Alto la Florida (Vereda La Florida)

- **Depósito Aluvial:** son franjas alargadas que se encuentran ubicadas en el sector Norte del municipio y algunas franjas en el sector occidente del municipio.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Corresponden a materiales variados en estructura y textura, tienen origen en el material que transportan las corrientes de agua (Figura 14), son materiales sueltos, con alta porosidad y permeabilidad siendo propicios para la conducción de agua. Se encuentra localizados en pendientes muy bajas.



Figura 14. Imagen derecha, Quebrada La Madera y depósitos aluviales a lo largo de esta (Barrio el Progreso). A la izquierda, Depósitos aluviales de la Quebrada Cimarronas (Barrio San José)

- **Depósito Coluvial:** estos materiales son producto de la acumulación de materiales que se han desprendido de las vertientes son granulares y heterogéneos lo que los hace frágiles e inestables. Se encuentran en pendientes medias a altas.

4.6 Geomorfología

Tiene como objeto de estudio las formas de la superficie terrestre se enfoca en describir, entender su origen y comportamiento.

4.6.1 Geomorfología Regional

En la región de valles de San Nicolás se ha dado lugar a dos superficies de erosión que en esta zona corresponde al Altiplano de Rionegro. Este Altiplano corresponde a lo que se ha denominado como Valles de San Nicolás, siendo una Penillanura con amplias colinas que se destacan por estar acompañadas de Terrazas Aluviales del Río Negro y de las quebradas La Marinilla, La Cimarronas, La Honda, Pereira.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

La otra superficie de erosión corresponde al Planalto de Santa Elena, en esta unidad son comunes las dolinas, que son depresiones cerradas por donde fluyen al subsuelo corrientes de agua.

En el Valle de San Nicolás se pueden distinguir tres unidades geomorfológicas: las colinas saprolíticas cuyas cimas definen las Superficies de Erosión, las Llanuras Aluviales y Terrazas Aluviales del Río Negro.

Las Colinas Saprolíticas se han desarrollado sobre el Batolito Antioqueño y sobre suelos residuales de Anfibolita. El espesor medio del suelo en estas colinas es de 70 m.

Las Llanuras Aluviales del Río Negro y sus afluentes, son estrechas y de poco espesor, la anchura de estas raramente llega a 100 m y el espesor alcanzado es menos de 30 m.

Las Terrazas Aluviales del Río Negro y sus afluentes son estrechas y ocasionalmente alcanzan los 100 m de ancho. Algunas terrazas son muy antiguas y de ellas solo quedan algunos remanentes aislados.

4.6.2 Geomorfología Local

En el municipio del Carmen de Viboral, tiene tres grandes Unidades Geomorfológicas, que corresponden a Superficies de Erosión, Escarpes, Frente Erosivo del Cauca-Arma y Frente Erosivo del Magdalena (Figura 15).

- **Frente Erosivo del Magdalena:** Se extiende desde el Centro hacia el Sur del municipio. Comprende colinas fuertemente pronunciadas y de altas pendientes.
- **Escarpes:** relieve de pendientes altas, franja alargada con dirección irregular. Se extiende por la zona central del municipio.
- **Superficie de Erosión:** Corresponde a superficies planas, como terrazas y llanuras de inundación, se caracteriza además, por poseer colinas de cimas suaves.
- **Frente Erosivo del Cauca-Arma:** Son terrenos de poca extensión localizados hacia la parte Occidental del municipio.
-

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

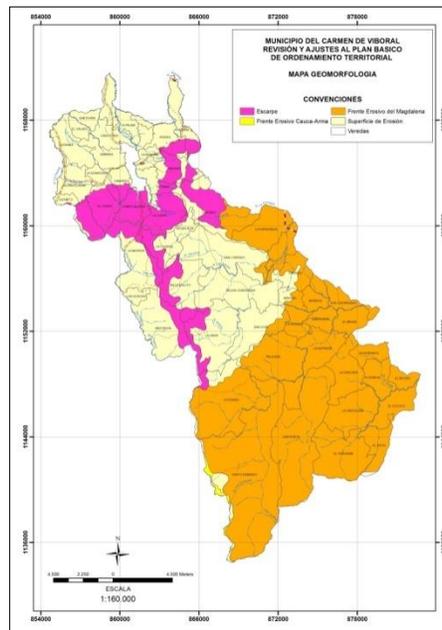


Figura 15. Mapa geomorfológico de El Carmen de Viboral

5. DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA

5.1 Estudios Anteriores

Haciendo una revisión previa de los diferentes estudios realizados para El Carmen de Viboral, se han encontrado documentos de la década de los noventa.

En el año 1994, FOPREVE, realiza un estudio detallado para el área urbana del municipio donde se explica de una forma clara la geología, geomorfología y los procesos erosivos que han servido como detonante para la ocurrencia de las diferentes amenazas.

Algunos sectores identificados con amenaza (FOPREVE, 1994), son el sector Los Ángeles por desbordamiento e inundación de la Quebrada Cimarronas, la vereda Cuchillitas por deslizamiento que afecta la vía hacia La Ceja.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Además de caracterizar un factor importante, los fenómenos atmosféricos como tormentas y vendavales.

En el año 2012, CORNARE, presenta la Evaluación y Zonificación de Riesgo y Dimensionamiento de Procesos Erosivos para el Municipio del Carmen de Viboral, en este estudio se caracterizan los diferentes eventos desastrosos y se presenta una propuesta de recuperación incluyendo obras de corrección, mitigación o según sea conveniente.

Dando como resultado las veredas Las Garzonas y la Chapa con más afectaciones por eventos desastrosos. Los lugares con Riesgo zonificados fueron Vereda La Esperanza, San Vicente, Corales, Mirasol, San José, Belén Chaverras, La Linda, Santa Rita y Santo Domingo

En el área urbana se identificaron el sector conocido como Zacatín, Barrio Buenos Aires (calle 25 con carrera 33).

5.2 Diagnóstico

El municipio de El Carmen de Viboral se encuentra en una zona donde predominan las colinas tanto suaves como de pendientes fuertes, que se encuentran disectados por algunos ríos y quebradas que han generado llanuras y terrazas aluviales.

Para identificar las diferentes zonas de amenaza, como se mencionó anteriormente, fue necesario recopilar la información de estudios anteriores realizados tanto como para el área urbana y el área rural.

En las visitas a campo, se pudieron identificar 38 puntos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) a lo largo del municipio, donde, en el área rural se encontraron 20 puntos asociados a movimientos en masa y 1 asociado a inundación; en el área urbana se encontraron 17 puntos, 13 asociados a movimientos en masa y 4 asociados a inundaciones.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

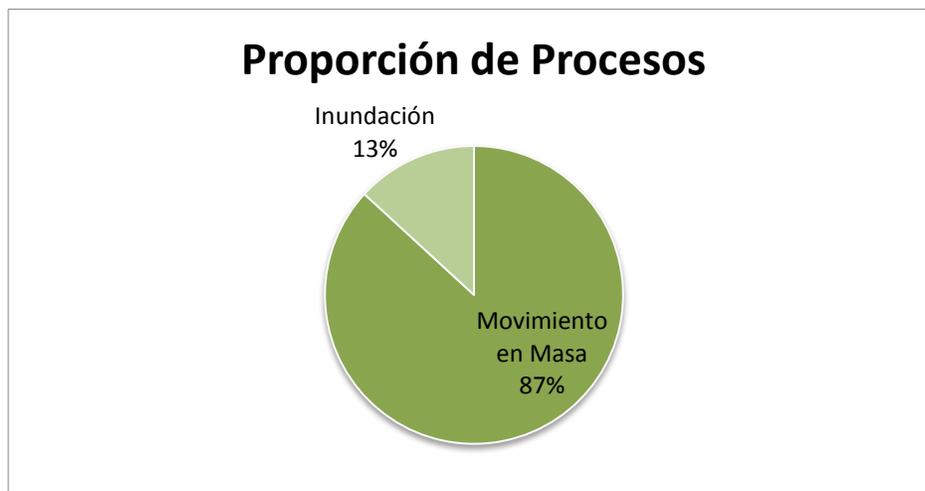


Figura 16. Proporción de procesos para el municipio

De acuerdo a las visitas realizadas en campo pudo observarse que las zonas con más problemáticas por movimientos en masa en la zona rural son las veredas La Chapa, La Florida, La Sonadora y Las Garzonas. En la zona urbana la zona más afectada es la Carrera 33, donde a lo largo de las calles que la atraviesan se encuentran un talud de alta pendiente (Figura 17).

En el Anexo 1 se muestran los diferentes puntos visitados en el área urbana y en el área rural, así como su dimensionamiento y las recomendaciones dadas para cada punto.

Los movimientos en masa se pueden dar por:

- Falta de obras para un correcto manejo del agua de escorrentía a lo largo del municipio.
- Sapolitos de baja capacidad mecánica, que cuando pierden cobertura vegetal, se hacen susceptibles a procesos de remoción.
- Pérdida de cobertura arbórea que se ha visto reemplazada por cultivos limpios y pasturas, que favorecen la infiltración de aguas y genera erosión hídrica.
- Construcción de viviendas en lugares donde las vertientes son inestables, generando más peso en la ladera.
- Existencia de altas pendientes en los taludes que junto con el mal manejo que se le da a las obras civiles, generan una alta exposición del suelo a la acción de la erosión.

En la zona de trabajo se encontraron 33 puntos afectados por procesos de remoción en masa (Figura 17), que se distribuyen en toda la zona, siendo las partes más afectadas la Carrera 33 (Zona Urbana), Vereda La Chapa, Las Garzonas (Zona Rural).

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Tabla 27. Procesos de remoción en masa por barrio o sector en El Carmen de Viboral

| BARRIO O SECTOR | N° PROCESOS DE REMOCIÓN |
|--|-------------------------|
| Vereda Guarinó | 1 |
| Vereda Viboral | 2 |
| Vereda La Esperanza | 2 |
| Vereda San Vicente | 1 |
| Vereda Aldana | 1 |
| Vereda San Lorenzo | 1 |
| Boquerón | 1 |
| Vereda La Chapa | 2 |
| Vereda La Madera | 1 |
| Vereda La Florida - Alto de La Florida 1 | 2 |
| Vereda Alto Grande | 1 |
| Vereda La Sonadora | 2 |
| Vereda Cristo Rey | 1 |
| Vereda Las Garzonas | 1 |
| Barrio Los Ángeles | 1 |
| Carrera 33 | 9 |
| Carrera 35 | 2 |
| Barrio Jardines | 1 |

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones

Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

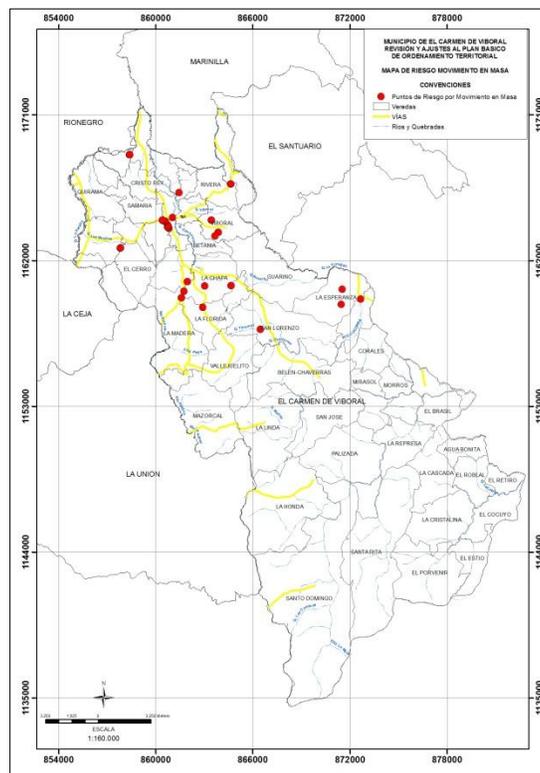


Figura 17. Puntos diagnosticados por movimientos en masa

El municipio de El Carmen de Viboral, presenta una amenaza baja en cuanto a inundaciones y avenidas torrenciales, pero debido a la baja capacidad hidráulica de las obras de canalización de aguas y los puentes, junto con la invasión de la llanura aluvial por construcciones, se han presentado ocasionalmente desbordamientos e inundaciones que afectan algunas viviendas. Esta problemática se empeora debido al arrojado de basuras y escombros a las quebradas de la zona.

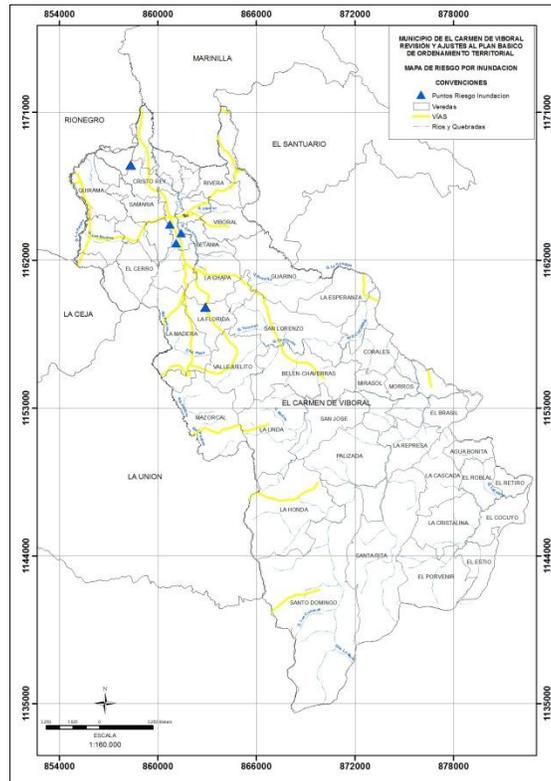
Los eventos por inundación se dan debido a:

- Altas precipitaciones causadas por fenómenos climáticos.
- Urbanismo sin planificación y control sobre las rondas hídricas de los diferentes afluentes, así como deficiencias en alcantarillado y obras de drenaje.
- Intervención antrópica sin medidas de mitigación aguas abajo
- Bajas condiciones del suelo de las riberas, ocasionando intensas socavaciones en los laterales del cauce.
- Contaminación de los cauces, por arrojado de basuras y escombros, generando un acortamiento en el ancho del cauce.

Con las visitas a campo se identificaron sectores críticos en cuanto a inundaciones a lo largo de los afluentes que cruzan el municipio (Figura 18). Concentrándose en la Quebrada Cimarronas y en la Quebrada La Madera.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Los sectores que presentan afectación debido a inundaciones son Vereda La Chapa, Barrios El Progreso, Altos del Edén y San José.



6. ZONAS DE ALTO RIESGO

6.1 Zonas de Alto Riesgo definidas por CORNARE

Según el estudio de zonificación De Riesgo Por Movimientos En Masa Inundación Y Avenidas Torrenciales. Atención De Áreas Afectadas Por Eventos Desastrosos en el Municipio de El Carmen de Viboral (2012), los lugares con alto riesgo por movimiento en masa se encuentran dispersos en todo el territorio, uno desde el centro hasta el extremo sur y otro en el extremo noroccidente, más exactamente en las veredas Quirama, Aguas Claras y Guamito, al norte 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 sector centro occidente en la vereda La Madera. La cobertura en superficie predominante es de cultivo transitorio y de bosques con zonas de pastos. La zonificación de riesgo por inundación en el municipio se encuentra localizada en el extremo norte del municipio y en el sector centro occidental. En el costado norte del municipio se encuentran ubicadas las cuencas de las quebradas La Cimarronas y La Pereira, predominando en estos afluentes niveles de riesgo alto y muy alto; en el costado centro occidental del municipio se encuentra el Río Piedras, el riesgo alto y muy alto ocupa cerca del 12% del municipio. El riesgo alto por avenida torrencial cubre cerca del 50% del municipio, ubicado al centro sur del municipio, allí se localizan las veredas 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.

6.2 Zonas de Alto Riesgo Identificados por diferentes instancias del Municipio

Por parte de la administración municipal y el cuerpo de bomberos se manifestaron diferentes problemáticas en lugares puntuales que afectan el municipio, estos lugares fueron visitados en el trabajo de campo. Se manifestaron problemáticas por movimientos en masa a lo largo de la Carrera 33, en la Carrera 35, en las veredas Viboral, La Chapa, La Esperanza, La Florida, La Sonadora, entre otros. Por inundaciones se presentan problemas en la vereda La Chapa, los barrios Altos del Edén, San José y El Progreso. Más adelante se describirán más detalladamente las problemáticas encontradas a lo largo del municipio.

6.3 Riesgos por Incendios Forestales

Los incendios forestales son un fenómeno natural generalizado que por causas naturales o provocadas consumen anualmente grandes cantidades de terrenos forestales, bosques y materia orgánica vegetal en general. El riesgo de incendio forestal no sólo genera anualmente pérdidas de gran importancia e interés natural (afectación a reservas de la biosfera, parques naturales y otros), sino también pérdidas materiales (urbanizaciones,

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

edificaciones aisladas, actividades en entornos naturales), de vidas humanas y heridos de gravedad.

Colombia se caracteriza por poseer una gran cantidad de zonas boscosas que contienen una alta biodiversidad de flora y fauna, muchas de las cuales son únicas en el mundo, por lo cual el país está en la obligación de preservar y proteger esta riqueza contra eventos de carácter catastrófico como son los incendios forestales, los cuales suelen consumir grandes cantidades de hectáreas en pocos días, desencadenando otros efectos indirectos como la contaminación de aguas, la erosión de suelos y la destrucción de bienes y servicios de la población.

El clima define las condiciones ambientales propicias para la ocurrencia de incendios forestales. La información meteorológica explica las situaciones ambientales involucradas en la ocurrencia de incendios forestales. Las condiciones más favorables al inicio y propagación de incendios, son los periodos de baja precipitación, los cuales están acompañados de altas temperaturas y la disminución de la humedad, estas condiciones generan un ambiente favorable a la circulación de vientos debido a gradientes atmosféricos. La vegetación como combustible se ve alterada por diferentes factores atmosféricos, por ejemplo, disminución en la humedad contenida en los tejidos vegetales, alta mortalidad de individuos arbóreos y arbustivos, disminución en la humedad contenida en la hojarasca, entre otros. Incrementando la susceptibilidad a incendios forestales.

También es necesario tener en cuenta la incidencia del relieve en la ocurrencia y propagación de incendios forestales, no es despreciable, pues la pendiente del terreno facilita e incrementa la velocidad de propagación. Entre los agentes detonantes se tienen la movilidad, población y cultivos. La recurrencia entendido como la relación entre el pasado y el futuro es clave para definir las zonas propensas a incendios forestales, bajo el supuesto que las áreas donde se presentaron incendios es más probable que se repitan “*el pasado es la clave del futuro*”, sin embargo, este análisis no se cumple si cambian o se alteran las condiciones que detonaron o favorecieron el evento.

Los recursos de control son los que poseen la disponibilidad del personal con conocimiento y dotación para el control de los incendios, para El Carmen de Viboral el organismo de control presente son los bomberos, para el año 2000 (año de recolección de esta información), el teléfono de la sede es 5432541, cuenta con los recursos adecuados para solventar alguna catástrofe, siendo el responsable el capitán Oscar Sepúlveda.

El municipio de El Carmen se encuentra en una zona con riesgo bajo a muy bajo para incendios forestales (Figura 19), debido a la presencia de una cobertura boscosa, una mayor humedad relativa y una menor incidencia en actividades antrópicas. Cabe destacar que los ecosistemas ubicados en el municipio que son implementados como corredores biológicos de restauración pertenecen a áreas con prioridad de protección.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

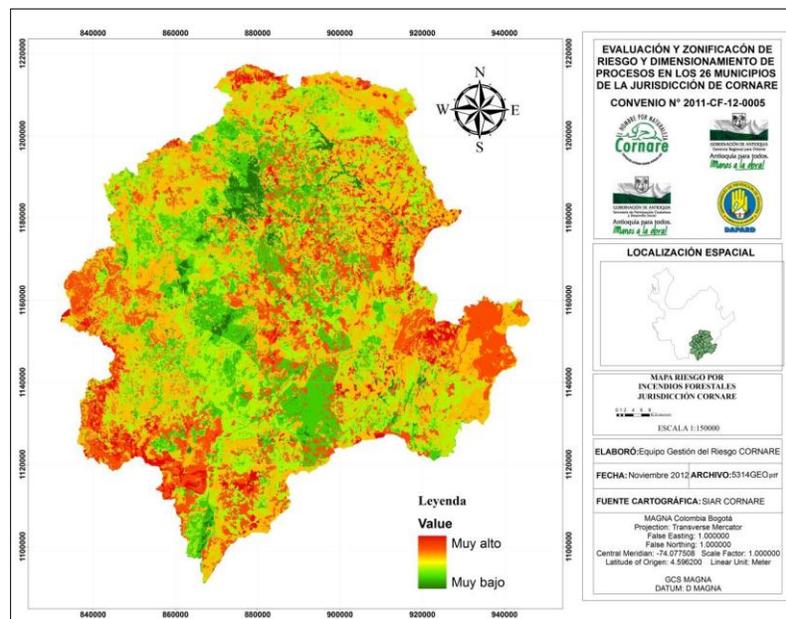


Figura 19. Mapa de Riesgos por incendios forestales para el Oriente de Antioquia (Tomado de CORNARE, 2000)

6.4 Riesgos Sismológicos

El riesgo sísmico es la probabilidad de que se produzca un sismo en un determinado lugar. El riesgo sísmico calibra la probabilidad de que se produzca un sismo, el número de víctimas que ocasionaría y cómo afectaría al tipo de construcciones existentes en la zona. Así, una zona de fallas despoblada tendría una peligrosidad sísmica muy alta pero un riesgo sísmico muy bajo.

Para disminuir el riesgo sísmico de una zona se deben tomar medidas de predicción y prevención, aunque no es posible determinar en qué momento se producirá un terremoto.

- **Medidas de Predicción:** Elaboración de mapas de riesgo donde se indicarían las zonas con más probabilidad de ocurrencia de un sismo mediante el análisis de las placas litosféricas y la ocurrencia histórica de sismos en el lugar.
- **Medidas de Prevención:** Se deben realizar simulacros para disminuir el pánico y las víctimas, controlar los materiales para construcción y el tipo de construcción de la zona, crear cuerpos y equipos especializados de rescate, poseer un consejo de seguridad que evalúen la información que se suministra a la comunidad para mitigar así los efectos que puedan producir los sismos.

6.5 Riesgos de Origen Tecnológico, Químico e Industrial

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

En las últimas décadas ha habido un crecimiento alto en las zonas urbanas disminuyendo la población ubicada en zonas rurales, aunado un crecimiento industrial. Sin embargo, el crecimiento de los centros de población ha sido generalmente en forma desordenada, sin ninguna planeación ni respetando las disposiciones y regulaciones sobre uso de suelo, zonas de reserva ecológica, zonas vulnerables a ciertos fenómenos naturales y las consideraciones establecidas en los Programas de Desarrollo Urbano.

La actividad productiva en las diferentes instalaciones industriales generalmente implica el almacenamiento y transporte de sustancias químicas, en numerosas ocasiones en grandes volúmenes, siendo muchas de ellas peligrosas, porque poseen características de toxicidad, inflamabilidad, explosividad y/o corrosividad representando un peligro para la salud humana y/o el medio ambiente a corto o largo plazo, en caso de presentarse un accidente en el que haya liberación de una o más de estas sustancias peligrosas.

Los accidentes que pueden presentarse incluyen incendios, explosiones, fugas o derrames de sustancias químicas los cuales pueden provocar lesión, enfermedad, intoxicación, invalidez o muerte de seres humanos que habitan en los alrededores de las industrias y de los trabajadores que laboran en ellas.

Un accidente químico se puede definir como la ocurrencia de un evento mayor ya sea fuga, derrame, incendio o explosión de una o más sustancias químicas peligrosas, como resultado de una situación fuera de control dentro de las actividades industriales normales de almacenamiento, procesamiento o transferencia, que ocasionan un daño serio a las personas, el ambiente o las instalaciones de manera inmediata o a largo plazo.

Una sustancia peligrosa es todo aquel elemento, compuesto, material o mezcla que, independientemente de su estado físico, representen un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de los usuarios y la propiedad.

La afectación debido a un accidente químico depende de diversos factores como son la sustancia química involucrada, la cantidad de sustancia liberada, la distancia y distribución de los asentamientos humanos alrededor de la empresa, la dirección y velocidad del viento, las condiciones climatológicas, la existencia y efectividad de equipo de control y combate de la emergencia, y la existencia de personal capacitado para atender el evento.

Los accidentes químicos tienen efectos negativos sobre:

- La salud de la población a corto y a largo plazo, produciendo efectos agudos por ejemplo: irritación de ojos, piel, tracto respiratorio, náusea, vómito, daño renal, hepático, gastrointestinal, respiratorio o neurológico e inclusive la muerte.
- El ambiente, ya que se puede contaminar el agua superficial y subterránea, el suelo, el aire, presentarse daño o muerte de plantas, animales y microorganismos, también puede haber contaminación de cultivos.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

- La economía local ya que puede haber suspensión de la actividad productiva de la instalación afectada, importantes pérdidas materiales de la industria en equipos, construcciones, etc., pérdida de empleos directos e indirectos, gastos por reconstrucción de viviendas y servicios públicos en caso de haber sufrido daños y para el auxilio de la población afectada.

Las consecuencias de un evento con sustancias químicas generalmente incluyen la liberación de líquidos inflamables y/o tóxicos y explosiones. La liberación de líquidos o gases tóxicos, inflamables o explosivos tienen el potencial de causar una o más de las siguientes consecuencias:

- Formación de nubes de vapor tóxico o inflamable
- Fuego
- Explosión

6.6 Coberturas de Bosque Natural

Los bosques plantados pueden cumplir diversas funciones; se han establecido en algunas áreas para la rehabilitación ambiental y la protección del suelo y agua; en otras áreas la producción de madera ha sido el objetivo primordial. El papel que juegan las plantaciones forestales en el manejo forestal sustentable ha sido objeto de considerable atención. Una razón para ello ha sido el pronóstico que las plantaciones suministrarán la mayoría del aumento futuro de la demanda maderera. Estas se ven como un método eficiente para producir productos forestales dentro de una superficie limitada de terreno, y se puede plantear que de esta manera ayudan a mitigar la deforestación y la degradación de los bosques naturales.

Sin embargo, si no se toman debidamente en cuenta los usos actuales de la tierra cuando se establecen las plantaciones, y si se planifican y manejan mal, éstas pueden causar impactos ambientales y sociales negativos. La deforestación ha conducido a serios problemas ambientales. Las plantaciones pueden ser importantes para prevenir la pérdida de recursos forestales, incluyendo recursos madereros, biodiversidad y agua (Carnus et al. 2003). Por lo tanto, el área forestada debe exceder el área deforestada para salvaguardar la cubierta forestal.

Varias mejoras en técnicas silviculturales fomentan el manejo forestal sustentable y ambientalmente responsable, y estas técnicas se pueden aplicar en la forestación y reforestación. Además, existe interés por el uso de especies nativas, especialmente por su papel en cuanto a la conservación de la biodiversidad, lo que ha conducido a esfuerzos para proteger los bosques naturales y reforestar las plantaciones ya existentes.

6.7 Las Rondas Hídricas de las Corrientes de Agua y Nacimientos

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

La ronda hídrica es un área contigua al cauce permanente de corrientes, nacimientos o depósitos de agua, comprendida por la faja de protección y las áreas de protección y conservación ambiental, necesarias para la amortiguación de crecientes y el equilibrio ecológico de la fuente hídrica.

El Acuerdo 251 de 2011, establece que corresponde a CORNARE efectuar en el marco de sus competencias, el acotamiento de la ronda hídrica de los cuerpos de agua para el área urbana conformada por la faja paralela a los cuerpos de agua. Cuando la mancha de inundación para un periodo de retorno de los cien años sea inferior a los 30 metros, la ronda hídrica será de 30 metros. Para el área rural el establecimiento de rondas hídricas se hará mediante el análisis matricial, para efectos de la determinación de las zonas de Alta Susceptibilidad a Inundación (SAI), se adopta como criterio para la delimitación de las mismas, aquella adoptada al periodo de retorno correspondiente a los 100 años, para aquellos casos en los que existan estudios, cuando no existen estudios la misma podrá ser delimitada mediante fotointerpretación, trabajo de campo, o estudios hidrológicos, hidráulicos, geológicos o geomorfológicos. Para efectos de la determinación de las Zonas de Alta Susceptibilidad a la Torrencialidad (SAT) cuando no existen estudios la misma podrá ser delimitada mediante fotointerpretación, trabajo de campo, o estudios hidrológicos, hidráulicos, geológicos o geomorfológicos.

6.8 Áreas con pendientes superiores al 75%

En El Carmen de Viboral las áreas con pendientes mayores a 75% predominan hacia la zona sur, parte del centro oriente, nororiente y centro occidente en sectores de las partes altas de las veredas San Vicente, La Esperanza, La Hondita, Viboral, La Chapa, La Milagrosa, El Cerro y Campo Alegre.

Estos terrenos presentan 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 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 (CORNARE, 2012).

7. ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA

Es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de ocurrencia y la severidad de un evento en un tiempo dado y en un área determinada, además en su zonificación se representa la recurrencia estimada y ubicación geográfica de eventos probables. En este

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

capítulo se muestran los resultados de zonificación de la amenaza, tal y como se expuso en la metodología.

7.1 Amenaza por Movimiento en Masa

Dentro de los procesos de remoción identificados y mapificados se tiene como los más recurrentes, los deslizamientos complejos, seguidos de la socavación lateral del cauce y el sobrepastoreo.

Para entender los resultados gráficos (Figura 20) de este trabajo de zonificación es fundamental visualizar como cada una de las zonas de la clasificación representan una serie de potencialidades y restricciones. A continuación se expone la interpretación de los cinco niveles de amenaza por remoción trabajados.

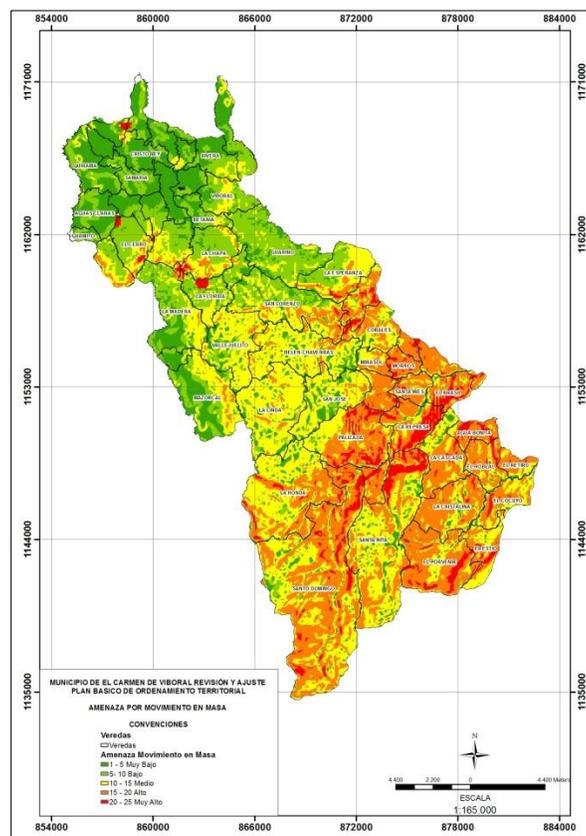


Figura 20. Mapa de amenaza por movimiento en masa para el municipio de El Carmen de Viboral

Amenaza Muy Baja: Áreas caracterizadas por tener condiciones de estabilidad altas, dado por sus condiciones de baja pendiente, adecuada cobertura y geformas planas. Este rango de amenaza se encuentra hacia la zona norte y centro del municipio. Ocupa un 15% del territorio.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Amenaza Baja: Son zonas de baja recurrencia de deslizamientos y estables por sus condiciones de baja pendiente, escasos procesos erosivos y cobertura dada por áreas construidas que actúan como una barrera ante la acción de los procesos de erosión hídrica. Este rango de amenaza ocupa el 45% del territorio, corresponde a zonas planas o levemente colinadas. Entre las veredas con amenaza baja se encuentran La Madera, Vallejuelito, Mazorcal, Belén – Chaverras, La Linda, San José entre otras.

Amenaza Media: Dentro de esta categoría se tienen niveles de estabilidad moderados debido a la posible ocurrencia de sucesos o eventos de movimientos en masa, dependiendo principalmente de la intensidad de las precipitaciones sobre estas zonas y los cambios en el uso del suelo. La susceptibilidad ante procesos de remoción está condicionada por los usos del suelo y las malas prácticas agropecuarias, sumado a las pendientes altas sobre los flancos de las colinas. Entre las zonas con amenaza media se encuentran la vereda La Esperanza, El Cerro y Santa Rita.

Amenaza Alta: En este nivel se encuentra en zonas que tienen un grado de susceptibilidad alto a presentar problemas de estabilidad y movimientos en masa (Figura 21). Son áreas que por sus altas pendientes y bajas condiciones mecánicas del material superficial, favorece la ocurrencia de procesos de remoción, siendo más probables, en las laderas donde se ha remplazado la cobertura boscosa por cultivos limpios. Zonas como el sur de la vereda La Chapa, El Cerro, Viboral, y algunas zonas del sur del municipio.



Figura 21. Amenaza alta por movimiento en masa

Amenaza Muy Alta: Este nivel de amenaza se relaciona directamente con los procesos de remoción en masa activos y dimensionados en esta zonificación, se asocian también a suelos descubiertos por cortes civiles y malas prácticas agropecuarias.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Dentro de este grupo se encuentran las áreas más susceptibles a desequilibrios físicos del suelo y tienen enormes restricciones, además, se distribuyen de manera aleatoria y representan un 35% del territorio. Las zonas con amenaza alta por movimiento en masa se encuentran predominantemente en el sur de El Carmen de Viboral. Algunas veredas que se encuentran en este rango de amenaza son las veredas La Esperanza, San Lorenzo, La Cristalina, Palizada, Santo Domingo, entre otras.

Estas zonas están ligadas a las áreas de alta amenaza, ya que su deterioro, puede ocasionar o favorecer la ocurrencia de deslizamientos, como se muestra en la Figura 22.



Figura 22. Amenaza alta en la vereda La Esperanza

7.2 Amenaza por Inundación

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas (Municipio de Medellín, 2009).

Los fenómenos de inundación, se presentan únicamente en las llanuras aluviales y en las áreas de baja pendiente (Figura 23), que por falta de alcantarillado o su mantenimiento, se favorece la acumulación de aguas y generación de encharcamientos e inundaciones.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

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; estos factores contribuyen al escurrimiento rápido del agua en superficie, posibilitando la formación de crecientes que en las zonas bajas planas, inunda los terrenos aledaños al cauce.

7.3 Amenaza Sísmica

La posición actual del Altiplano de Rionegro, resultó de la elevación de la Cordillera Central durante la orogenia Andina. En la literatura geológica no se han reportado fallas geológicas significativas, la mayoría de ellas como contactos entre las rocas metamórficas y el Batolito Antioqueño.

De acuerdo con el mapa de Intensidad Sísmica, se tiene que el municipio de El Carmen de Viboral presenta una intensidad sísmica entre media y alta (Figura 24), y de acuerdo a la NSR2010, se tiene una amenaza intermedia como se observa en la Tabla 28.

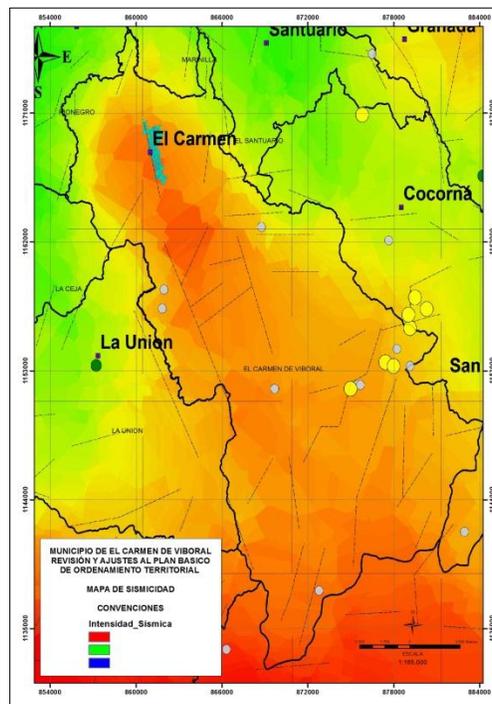


Figura 24. Mapa de intensidad sísmica para El Carmen de Viboral

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Tabla 28. Valores de aceleración y de Amenaza Sísmica en el municipio de El Carmen de Viboral (CORNARE, Gobernación de Antioquia, 2012).

| MUNICIPIO | FALLAMIENTO | MAGNITUD INTERNOS | PGA (g) | MAYOR AMENAZA | MAGNITUD EXTERNO | PGA (g) | AA ASDA | Aa NSR 2010 | Av | Ae | Ad | Amenaza NSR 2010 |
|-----------|-------------|-------------------|---------|---------------|------------------|---------|---------|-------------|-----|------|------|------------------|
| EL CARMEN | Posible | 3 | 0.02 | Urrao | 8.2 | 0.17 | 0.21 | 0.15 | 0.2 | 0.11 | 0.06 | Intermedia |

De acuerdo al realizado en convenio entre CORNARE y la Gobernación de Antioquia, se tiene que el municipio de El Carmen de Viboral presentó eventos sísmicos en el año 1961 y Julio de 1962.

8. COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad de un elemento particular de la sociedad está definida como el grado de pérdida que esta pueda sufrir como resultado de una amenaza. La naturaleza de la vulnerabilidad y su evaluación varían según el elemento expuesto representado en personas, estructuras sociales, estructuras físicas o bienes y actividades económicas.

8.1 Vulnerabilidad Social

Esta variable se construyó a partir de población vulnerable (menores de 13 años, personas discapacitadas, etc.), además de contar con la información sobre los grupos organizados y la visión del territorio. En las veredas La Madera, La Esperanza, Cristo Rey, entre otras (Figura 25), se presenta vulnerabilidad social alta, demostrando la falta de trabajo en conjunto entre los habitantes y la administración municipal. Casi en el 60% del territorio municipal predomina la vulnerabilidad social baja.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

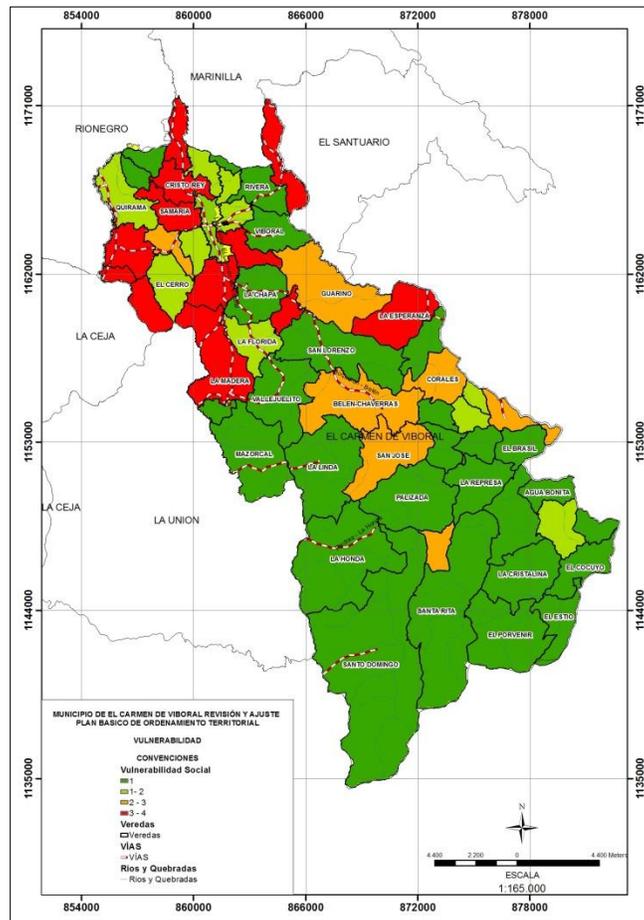


Figura 25. Vulnerabilidad social en el municipio

8.2 Vulnerabilidad Económica

Esta variable fue construida a partir de valores promedio en los núcleos zonales sobre las condiciones de empleo y salario de cada uno de los habitantes, las veredas La Esperanza, La Florida, La Madera y Campo Alegre (Figura 26), en gran parte del territorio municipal predomina la vulnerabilidad media. Se da a entender con este análisis que se presentan condiciones precarias de pobreza en algunos sectores de El Carmen de Viboral.

La estabilidad municipal se debe al sector solidario, que se transforma en un pilar económico importante para el sostenimiento financiero del municipio. Sin embargo, las variables de empleo y poder adquisitivo de los habitantes del municipio son muy reducidas, el método del rebusque, el jornal y otras actividades como los subsidios del estado, son elementos que contribuyen la supervivencia humana y los medios de subsistencia de parte de la comunidad para llegar a su posteridad.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

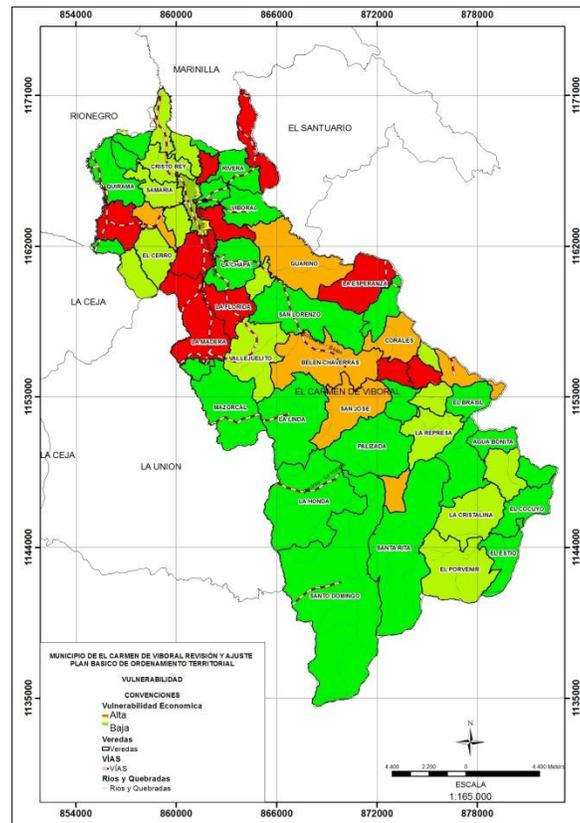


Figura 26. Vulnerabilidad económica para El Carmen de Viboral

8.3 Vulnerabilidad Física

La vulnerabilidad física evalúa la capacidad sismo-resistente de las edificaciones y el nivel de exposición ante inundaciones y deslizamientos. Esta variable se construyó a partir de la calidad constructiva.

Se analizaron para esta variable características como las viviendas que necesitan mejoras y viviendas ubicadas en zonas de riesgo. Las veredas Belén – Chaverras, Guarinó, Corales y Las Garzonas, presentan una alta vulnerabilidad física (Figura 27); en el municipio predomina la vulnerabilidad física media.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

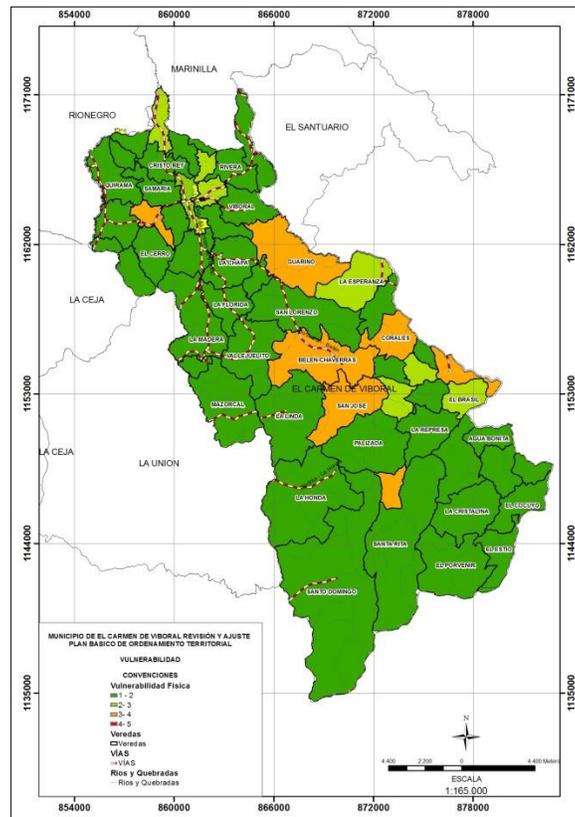


Figura 27. Vulnerabilidad física en el municipio

8.4 Densidad de Población

Esta variable da un acercamiento real en cuanto al hacinamiento en el municipio de El Carmen de Viboral, se recurrió a diferentes fuentes que contienen datos sobre la población como el SIRPAZ y el SISBEN.

Las veredas que presentan una alta densidad de población corresponden a Vallejuelito, La Florida, Corales, Belén – Chaverras, entre otras (Figura 28).

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

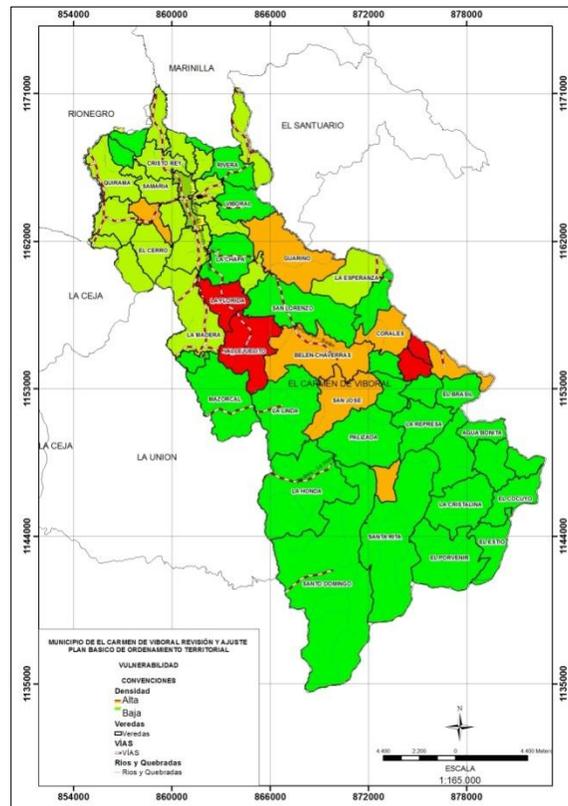


Figura 28. Densidad de población para El Carmen de Viboral

9. ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad global es el resultado del análisis multivariable de los componentes expuestos anteriormente, ésta evalúa la exposición ante una amenaza, junto con la capacidad de respuesta para enfrentarla y recuperarse.

9.1 Vulnerabilidad Total

La vulnerabilidad global, al igual que la amenaza y el riesgo se calificó en variables que van desde muy baja hasta muy alta (Figura 29).

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

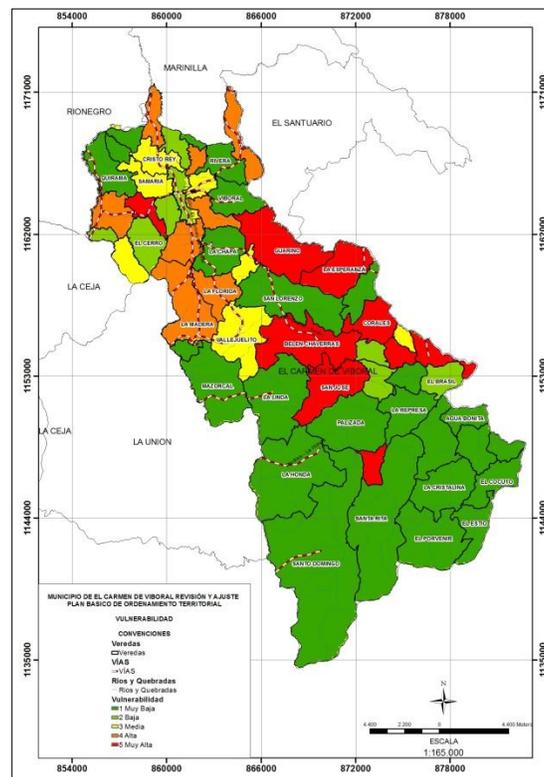


Figura 29. Vulnerabilidad total para El Carmen de Viboral

Vulnerabilidad Muy Baja: ocupa el 40% del territorio municipal, corresponde a la parte sur y algunas partes de la zona norte del municipio, allí no existen exposiciones considerables de bienes y/o personas.

Vulnerabilidad Baja: corresponde a predios de baja densidad poblacional en donde no existe una alta exposición de bienes y personas a verse afectados ante procesos de remoción en masa. Son áreas donde la población tiene una alta capacidad de afrontar los desastres y recuperarse rápidamente. Corresponde a esta vulnerabilidad la vereda El Brasil, entre otras.

Vulnerabilidad Media: las condiciones sociales de esta comunidad indican que ante la ocurrencia de un evento, tienen condiciones económicas y sociales medio favorables para la superación de una crisis por lo que los hace resilientes. Las veredas con este tipo de vulnerabilidad son Cristo Rey, Samaria, Vallejuelito, entre otros.

Vulnerabilidad Alta: se presenta donde la capacidad de resistencia de las comunidades ante un desastres por procesos de remoción es precaria, producto de los altos

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

índices de pobreza y de asentamientos espontáneos. Las veredas con vulnerabilidad alta son La Madera, La Florida, entre otras.

 **Vulnerabilidad Muy Alta:** ocupa casi el 20% del territorio municipal, corresponde a las veredas La Esperanza, Guarinó, Corales, Belén – Chaverras, entre otras. Son los lugares de menor organización comunitaria y limitados económicamente para su subsistencia. En los momentos de crisis por desastres se espera que esta comunidad tenga una resistencia y resiliencia pobre, por lo que debe priorizarse en la atención por parte de los organismos de socorro.

10. ZONIFICACIÓN DEL RIESGO

El riesgo es definido, como la probabilidad de ocurrencia en un lugar dado y en un momento determinado de un fenómeno natural potencialmente peligroso para la comunidad y susceptible de causar daño a las personas y a sus bienes.

Con los datos de la amenaza y vulnerabilidad analizados anteriormente, se realizó la interpretación de los parámetros del riesgo y una zonificación de datos ponderados de inundaciones y movimientos en masa.

10.1 RIESGO POR MOVIMIENTO EN MASA

El mapa de riesgos por movimiento en masa, es el resultado de la combinación matemática de la amenaza y la vulnerabilidad.

10.1.2 Riesgo por movimiento en masa para el área urbana

En la cabecera urbana de El Carmen de Viboral, dio como resultado regiones con alta preponderancia de riesgo bajo y riesgo alto a lo largo de la carrera 33 y la carrera 35 como se puede observar en la Figura 30.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

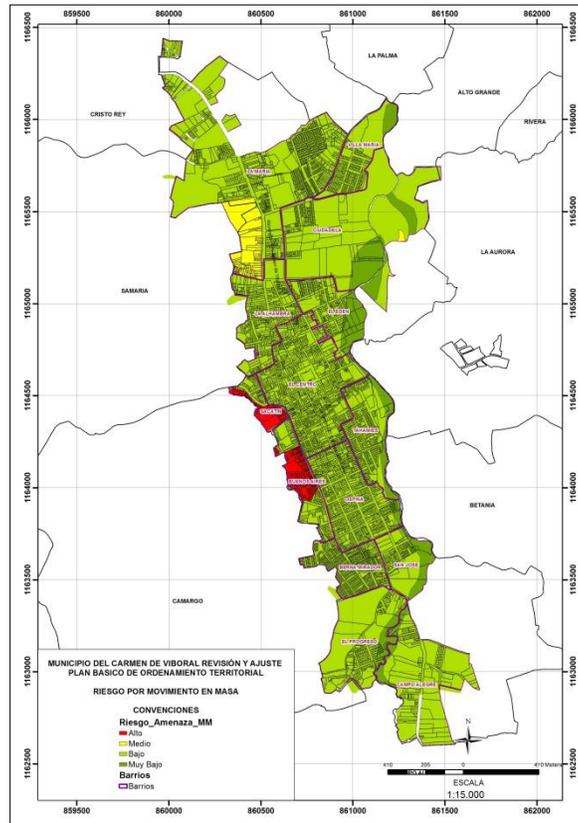


Figura 30. Mapa de riesgos para el casco urbano del municipio

Riesgo Muy Bajo: este rango se encuentra en pocos lugares de este municipio. Corresponde a llanuras aluviales asociadas a las quebradas que cruzan el casco urbano.

Riesgo Bajo: asociado a terrazas aluviales de las quebradas La Cimarronas y La Madera, el 70% del área urbana se encuentra en riesgo bajo por movimientos en masa.

Riesgo Medio: es caracterizada por presentar una mediana probabilidad de ocurrencia de un desastre por procesos de remoción en masa. Estas áreas se encuentran condicionadas a los tratamientos civiles. Son pocas las áreas de la zona urbana ubicadas en este tipo de riesgo.

Riesgo Alto: son segmentos del municipio en donde existe una alta probabilidad de afectación por ocurrencia de un proceso de remoción en masa, debido a la baja resiliencia de los habitantes, la ubicación de la vivienda. Son depósitos ubicados en zonas de altas pendientes, en las cuales no existe una cultura de prevención. Los sectores ubicados en este tipo de riesgo son el barrio Altos del Edén y el barrio Buenos Aires.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

A continuación se muestra la problemática de riesgo por procesos de remoción en los diferentes barrios y sectores del casco urbano del municipio.

- **Barrio Jardines**

Urbanización de viviendas con deficiencias en la construcción, presentan agrietamientos en las paredes, y desplazamientos entre viviendas, estas viviendas fueron adquiridas mediante un proyecto de vivienda.



Figura 31. Barrio Jardines

- **Barrio Buenos Aires**

Por la carrera 33, entre la calle 24 hasta la calle 29 A, las viviendas de este sector, presentan problemas constantes por un talud de pendiente de aproximadamente 80° que tienen las casas en sus partes traseras, debido a esto hay recurrentes filtraciones de agua, humedades y agrietamientos en pisos y paredes(Figura 32).

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia



Figura 32. Barrio Buenos Aires

- **Barrio Los Ángeles**

Se presenta socavación lateral del cauce, ocasionando movimientos en masa en la quebrada (Figura 33), debido a la alta pendiente que se observa en las márgenes de la quebrada La Cimarronas.



Figura 33. Barrio Los Ángeles

- **Barrio Zacatín**

Entre la calle 30 y la calle 31 con carrera 35, se presenta un talud de alta pendiente, afectando dos viviendas, el talud ya ha presentado pequeños deslizamientos y se encontró agrietado (Figura 34). La vivienda con número 30-11, se encuentra en estado crítico debido a la alta influencia que tiene el talud ubicado en el patio de esta casa, allí se presentan filtraciones, agrietamientos y humedades en pisos y paredes.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

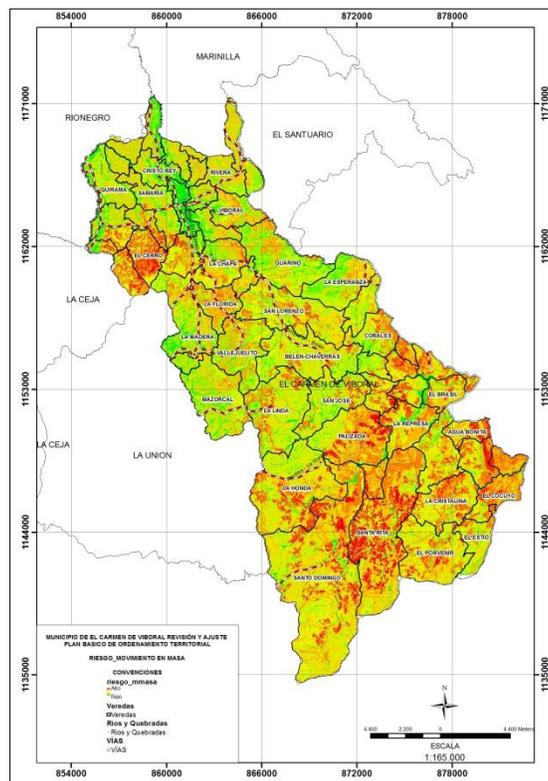


Figura 34. Viviendas ubicadas en el barrio Zacatín

10.1.3 Riesgo por movimiento en masa para el área rural

En el área rural del municipio se presenta riesgo medio casi para un 60% del municipio. El riesgo bajo se encuentra hacia el norte del municipio y el riesgo alto hacia el sur de este.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia



Riesgo Bajo: Son las áreas dentro del territorio con baja probabilidad de ocurrencia y afectación a la población y bienes de la zona rural de El Carmen de Viboral por movimientos en masa y procesos relacionados. Estas zonas se caracterizan por tener una baja pendiente, hacen parte de llanuras aluviales y cimas de colinas estables, así mismo son áreas de baja densidad de población o donde se tienen una alta resiliencia ante estos fenómenos por la sólida estructura social que habita la zona. Sin embargo, es posible la ocurrencia de deslizamientos menores por socavación lateral en las márgenes de las quebradas, además, dependiendo del uso del suelo y el tratamiento ingenieril, se pueden deteriorar estas áreas a una calificación de mayor riesgo.

Riesgo Medio: Esta zona se caracteriza por la mediana probabilidad de ocurrencia de desastres relacionados con procesos de remoción en masa que puedan llegar a afectar a la población. Estas áreas se encuentran condicionadas a los tratamientos civiles del terreno como cortes y llenos, así también como al inadecuado uso del suelo y a las condiciones de vulnerabilidad de la población, como saneamiento básico y educación sobre el riesgo, ya que los asentamientos ilegales, las construcciones sin planificación, el mal tratamiento de las basuras y el inadecuado manejo de las aguas de escorrentía pueden incidir en el aumento del riesgo. No obstante, si se da un cambio positivo en las condiciones tanto de la población y del terreno, como por ejemplo, buenas prácticas agropecuarias, reforestación e implementación de alertas tempranas, el nivel de riesgo

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

puede bajar. La mayor parte de la población rural se encuentra dentro de este nivel de riesgo.

 **Riesgo Alto:** Son segmentos del territorio en donde existe una alta probabilidad de afectación por la ocurrencia de procesos de remoción en masa, debido a la baja resiliencia de los habitantes, las condiciones de ubicación de viviendas y demás bienes en la parte baja de procesos activos o sobre su área de influencia. Son viviendas sobre depósitos de vertiente, vaguadas de escorrentía o laderas de alta pendiente, en las cuales no existe una cultura de prevención, allí las condiciones de pobreza y vulnerabilidad aceleran la ocurrencia de un desastre. Se evidencia este tipo de riesgo hacia el sur del municipio.

 **Riesgo Muy Alto:** Corresponde a zonas que actualmente presentan procesos de remoción en masa activos que afectan algunas viviendas del área rural de El Carmen de Viboral, así también como ejes viales y terrenos, en los que existe la posibilidad de intensificación y ocurrencia de desastres de mayor magnitud si no se intervienen y socializan en el corto plazo. Estas áreas están ligadas al levantamiento de los movimientos en masa activos descritos anteriormente y en ellas deben acometerse las siguientes medidas: en primer lugar, las viviendas dentro de estas áreas o en su influencia deben ser reubicadas y los terrenos destinados a recuperación y protección. Las zonas de alto riesgo sobre las vías veredales y urbanas, deben ser intervenidas ingenierilmente y mitigadas por lo organismos encargados. Por último, los predios en alto riesgo destinados a usos agrícolas o ganaderos, deben ser destinados a reforestación y protección.

A continuación se muestra la problemática del riesgo por procesos de remoción en los diferentes veredas de la zona rural, en los que existen particularidades sociales y geológicas a ser consideradas.

- **Vereda Guarinó**

Se presenta movimiento en masa afectando la vía que comunica la vereda con el casco urbano del municipio (Figura 35), los factores desencadenantes son la alta precipitación, la geología del suelo y la filtración de aguas.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia



Figura 35. Vereda Guarinó

- **Vereda Viboral**

Se presenta movimiento en masa afectando varias viviendas, encontrándose una de ellas derrumbada. Se presenta hoyos en las laderas, las viviendas presentan agrietamientos grandes en pisos y paredes (Figura 36).



Figura 36. Vereda Viboral

En el sector de El Quemado de la vereda Viboral, se presenta un movimiento en masa que afecta una vivienda y la vía que comunica con el casco urbano, se presenta carcavamiento en el terreno, así como desprendimiento de material hacia la parte baja de la ladera (Figura 37).

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia



Figura 37. Vereda Viboral - Sector El Quemado

- **Vereda La Esperanza**

Se encuentran dos viviendas con alto riesgo por movimiento en masa (Figura 38), debido a que se encuentran ubicadas en zonas de alta pendiente además de que en este sector se presenta una alta precipitación, haciendo que el agua se infiltre y haga más inestable el terreno.



Figura 38. Vereda La Esperanza

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

- **Vereda San Vicente**

Vivienda ubicada sobre la Autopista Medellín – Bogotá, que esta sobre ladera de alta pendiente, por lo tanto se han visto afectaciones en pisos y paredes, desplazamiento en el patio ubicado en la parte trasera (Figura 39). En el lavadero de carros contiguo a la vivienda se construyó un muro de contención que no ha mitigado el proceso de remoción.



Figura 39. Vereda San Vicente

- **Vereda La Aldana**

Se presenta vivienda con grandes grietas que tienen la vivienda dividida en dos partes (Figura 40), las grietas encontradas presentan una tendencia hacia el NE, no hay evidencia de filtraciones de agua, ni de movimientos de tierra cercanos.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia



Figura 40. Vereda La Aldana

- **Vereda San Lorenzo**

Institución educativa que presenta un gran movimiento en masa en la cancha donde se dan las clases deportivas (Figura 41), haciendo que la ladera vaya desplazándose hacia la parte baja. El lugar se encuentra ubicado en una pendiente muy alta. Allí se construyó una obra de mitigación pero no ha sido suficiente para cesar el proceso.



Figura 41. Vereda San Lorenzo

- **Boquerón**

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Sobre la vía que conduce al casco urbano del municipio se presenta un cárcavamiento interno y profundo que va aumentando su dimensión y profundidad con el paso de los días (Figura 42).



Figura 42. Sector Boquerón

- **Vereda La Chapa**

En el sector de Rancho de Lata se presenta antiguo movimiento en masa de donde se ha seguido extrayendo material para construcción, allí no se tiene permiso para realizar la extracción (Figura 43).

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia



Figura 43. Vereda La Chapa – Sector Rancho de Lata

- **Vereda La Madera**

En el sector conocido como Chorreadero(Figura 44), ocurrió un antiguo movimiento en masa de aproximadamente 50 metros de largo y 100 metros de ancho, en este lugar se realiza extracción de material.



Figura 44. Vereda La Madera - Sector Chorreadero

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

- **Vereda La Florida**

En el lugar conocido como Alto de la Florida, se presentaron dos movimientos en masa de gran magnitud (Figura 45), donde se vio afectada la vía que comunica las veredas La Florida, Vallejuelo y La Madera, allí se desprendió aproximadamente 35000 m³ de material. En uno de los deslizamientos el material ha sido extraído para realizar mejoras de vías.



Figura 45. Vereda La Florida – Sector Alto de la Florida

- **Vereda Alto Grande**

El sector Las Piedras, se presenta una vertiente con alta pendiente donde se encuentran varios cultivos de aguacates. En este lugar se encuentran ubicadas aproximadamente 30 viviendas. Las grietas que tienen las viviendas no son muy pronunciadas (Figura 46).

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia



Figura 46. Vereda Alto Grande

- Vereda La Sonadora

En la parte alta de la vereda se presenta un gran movimiento en masa debido a la construcción de una parcela, el material es color pardo con algunas tonalidades rojizas(Figura 47).



Figura 47. Vereda La Sonadora - Parte alta

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

En la vía que conduce al Canadá se presenta talud de alta pendiente en el patio de la vivienda, las paredes presentan filtraciones de agua y agrietamientos (Figura 48).



Figura 48. Vereda La Sonadora – Vía al Canadá

- **Vereda Cristo Rey**

En el sector se presentaba alto riesgo debido a talud de alta pendiente y la filtración de aguas de escorrentía, a este se lo construyeron canales para filtración de aguas, mitigando el proceso erosivo que afectaba la vivienda (Figura 49).



Figura 49. Vereda Cristo Rey

- **Vereda Las Garzonas**

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Se encuentran 20 viviendas aproximadamente ubicadas en ladera de alta pendiente, se observa la corona y el escarpe del movimiento (Figura 50). Las viviendas presentan agrietamientos.



Figura 50. Vereda Las Garzonas

En el sector que limita con la quebrada La Puerta (Juanelo) se presenta un movimiento en masa que ha desplazado la parte delantera de la vivienda, allí se observan agrietamientos y hundimientos en el piso. Para mitigar el proceso se construyeron trinchos en guadua, pero esto no fue suficiente y el proceso aún se encuentra activo (Figura 51).



Figura 51. Vereda Las Garzonas – Sector quebrada La Puerta

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

10.2 RIESGO POR INUNDACIÓN

Las inundaciones representan un fenómeno periódico, que está ligado a lluvias máximas excepcionales y la ubicación de las viviendas sobre llanuras inundables.

10.2.1 Riesgo por inundación para el área urbana

Las zonas con riesgo alto por inundación en el área urbana se encuentran asociadas a las llanuras de inundación de las quebradas La Madera y La Cimarronas, que cruzan la totalidad del casco urbano desde el Sur hacia el Norte (Figura 52).

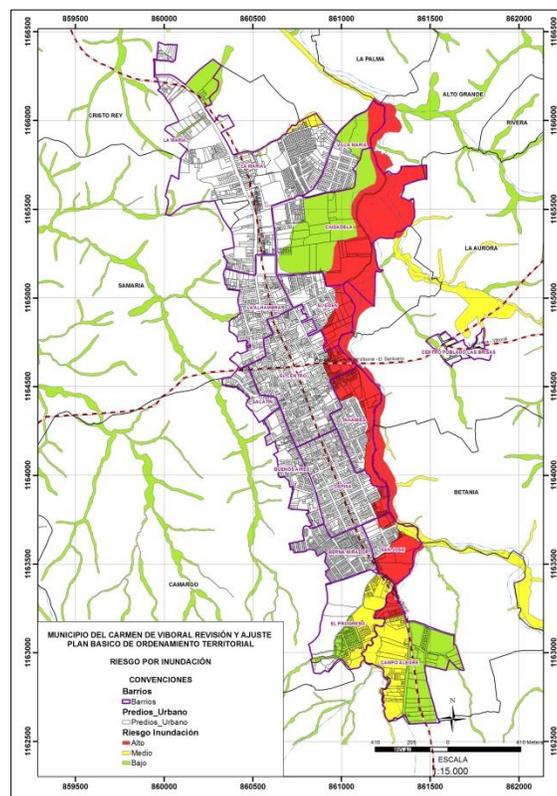


Figura 52. Mapa de riesgo por inundación en el área urbana

Riesgo Bajo: Estas zonas corresponden a las vaguadas de escorrentía y las partes más distantes de las llanuras aluviales, en las cuales en periodos de alta pluviosidad se logra drenar con gran facilidad el agua, reduciendo la frecuencia y daños por inundaciones. Igualmente, dentro de esta calificación se agrupan las viviendas y predios que al inundarse no se afectan significativamente o las familias preparadas económicamente para soportar periódicamente estos eventos desastrosos.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Riesgo Medio: Es una zona medianamente inundable en los segmentos de la llanura aluvial donde es probable la ocurrencia de eventos, allí se tiene un grado de susceptibilidad medio a presentar problemas de desbordamientos.

Riesgo Alto: Son áreas que periódicamente sufren inundaciones y en las cuales existe un importante asentamiento viviendas y demás bienes. Estos sectores están restringidos totalmente para ser desarrollados urbanísticamente. Así mismo, se dan fenómenos de encharcamiento e inundaciones por problemas de alcantarillado y retroceso de aguas residuales.

A continuación se detallaran los sitios visitados en los recorridos de campo sobre el área urbana, donde se presentan inundaciones.

- **Altos del Edén**

Se presenta inundación que afecta aproximadamente 8 viviendas, debida a que la tubería municipal es mixta, no tiene buena capacidad para evacuar las aguas de escorrentía, además de que el alcantarillado se encuentra rebosado de sedimentos y escombros(Figura 53).



Figura 53. Barrio Altos del Edén

- **Barrio San José**

En este punto confluyen las quebradas La Madera y La Cimarronas. En este lugar aún no se han presentado viviendas inundadas, pero se ha manifestado que cuando la quebrada La Cimarronas se desborda, el nivel del agua es bastante alto (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), alcanzando dos o tres metros por encima del habitual.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia



Figura 54. Barrio San José

- **Barrio El Progreso**

En este sector se presenta riesgo por inundación de la Quebrada La Madera, además de enfrentarse a problemas de inundación, en este sector se pueden ver procesos de socavación lateral del cauce y erosión antrópica (Figura 55 y Figura 56), debido a la extracción de material de las orillas de la quebrada. El proceso se ha intentado mitigar, por parte de la comunidad, uniendo varias llantas a los arboles más resistentes.



Figura 55. Barrio El Progreso

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia



Figura 56. Extracción de material en la quebrada La Madera

10.2 .2 Riesgo por inundación en el área rural

En el área rural el riesgo por inundación se encuentra restringido a las llanuras de inundación de las quebradas que cruzan el municipio. Las zonas con alto riesgo se presentan hacia el centro del municipio (Figura 57).

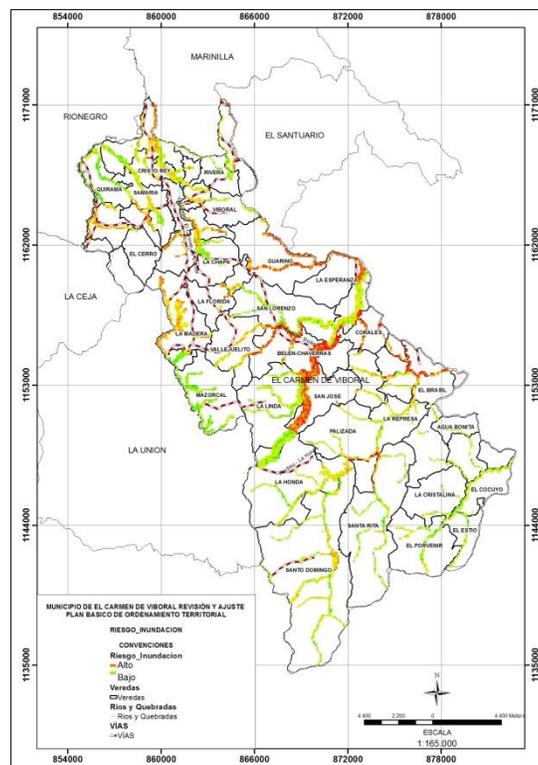


Figura 57. Riesgo por inundación en el área urbana del municipio

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

En las visitas realizadas a la zona rural del municipio, se encontró un lugar con alta posibilidad de sufrir inundaciones.

- **Vereda La Chapa**

En el sector conocido como Barrio Triste se presenta un emposamiento en la quebrada que cruza por el lugar, ocasionando una alta probabilidad para que ocurran inundaciones (Figura 58).

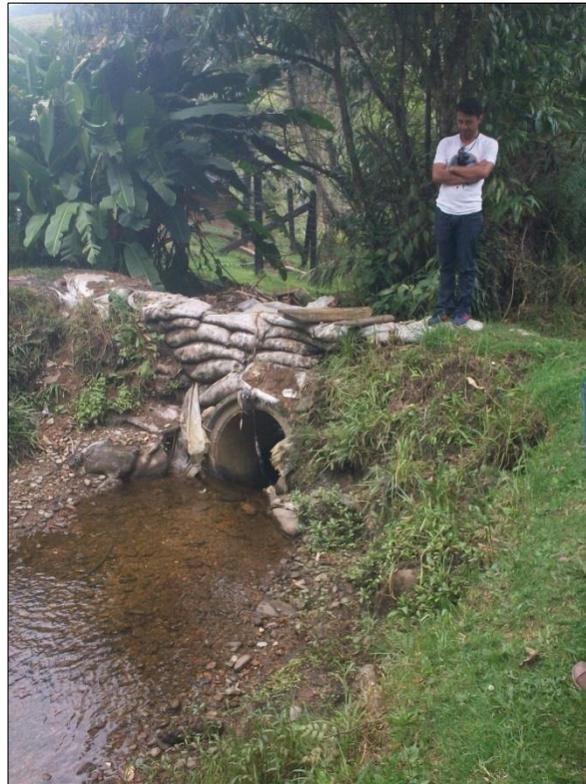


Figura 58. Vereda La Chapa – Barrio Triste

11. ZONIFICACIÓN GEOLÓGICA

El objetivo final que se busca con la zonificación de la aptitud geológica para el uso y ocupación, es generar un mapa del uso potencial del suelo en la zona urbana de El Carmen de Viboral como un instrumento de planificación, en el que se delimiten mediante varios criterios, las áreas restrictivas, las rondas hídricas y las zonas aptas junto con las estables para desarrollar a futuro.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

11.1 Aptitud geológica para uso y ocupación del suelo

La zonificación de la aptitud del suelo es producto de la sumatoria de las variables naturales que se incluyen en el análisis geomorfológico, y su objeto es dar una imagen concisa y sistemática del relieve, los fenómenos ligados al mismo y las características más relevantes de las formaciones superficiales. Además, reúne en un solo producto la clara representación de los mapas de amenaza y riesgo que son insumos indispensables para un acertado conocimiento de las restricciones y potencialidades del suelo. En la Figura 59, se muestra la zonificación realizada en este trabajo a escala 1:2000.

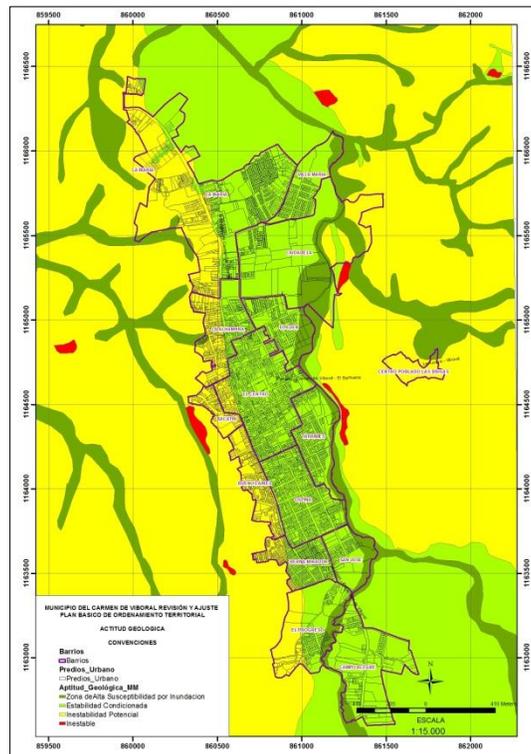


Figura 59. Mapa de aptitud geológica para el Carmen de Viboral

Zona de Alta Susceptibilidad a Inundación: son zonas de relieves planos, en la zona urbana se encuentran asociadas a llanuras de inundación. Son zonas con altas probabilidades a sufrir inundaciones debidas a crecientes súbitas de los niveles de aguas de los cauces que atraviesan la zona urbana.

Zona de Estabilidad Condicionada: zonas asociadas a pendientes moderadas, con condiciones de estabilidad menores al rango de zona estable, son aptas para desarrollos urbanísticos formales. El mal manejo de alcantarillado y acueducto pueden ocasionar su deterioro hacia zonas de menor estabilidad. En algunos sectores los terrenos bajo esta

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

calificación por su geología, geomorfología y topografía, evidencian manifestaciones de inestabilidad, inundaciones o presentan algún problema debido a la forma de intervención. Corresponden a las llanuras aluviales de las Quebradas La Cimarronas y La Madera.

 **Zona de Inestabilidad Potencial:** zonas susceptibles a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, donde las pendientes son mayores al 50%, y escarpes verticales. No son zonas aptas para desarrollos urbanísticos e informales ya que es muy probable que ocurra erosión hídrica superficial y profunda. Representa altas áreas en el casco urbano del municipio.

 **Zona Inestable:** son zonas que presentan alto riesgo por movimiento en masa y erosión hídrica, que deben ser destinadas a zonas de restauración y protección, además, son aptas para ser tratadas como áreas de compensación. Dentro de estas zonas no debe ser adelantada ninguna obra de construcción. A las viviendas ubicadas dentro de estas áreas se les debe realizar tratamientos de renovación urbana integral y seguir las recomendaciones propuestas. Se debe realizar, a los puntos encontrados en esta zona, una evaluación a detalle mediante estudios ingenieriles geotécnicos y sociales integrales que logren valorar dependiendo de los presupuestos de ejecución su calificación como inestable recuperable o no recuperable. Se ubican sobre zonas puntuales del casco urbano, sobre taludes de alta pendiente en los márgenes de las quebradas, y cercanas al barrio Buenos Aires.

11.2 Establecimiento de retiros y ronda hídrica

Para la delimitación de las rondas hídricas se utilizó la metodología, creada en el acuerdo 251 de CORNARE de 2011 que tiene fundamento en la cartilla “*Elementos ambientales a tener en cuenta para la delimitación de retiros a corrientes hídricas y nacimientos de agua en el Suroriente Antioqueño*”.

11.2.1 Ronda hídrica Quebrada La Cimarronas

Para la quebrada La Cimarronas se determina una mancha de inundación para un periodo de retorno de los 100 años. Sin embargo, en este estudio se contemplan principalmente factores hidrológicos, por lo que la mancha en algunos sectores de la zona urbana de El Carmen de Viboral no coincide con la realidad. Por lo tanto, en este trabajo se propone una nueva mancha de inundación o zona de alta susceptibilidad a inundación (ZAI) con fuste criterio geomorfológico.

Se tiene que la ronda hídrica expuesta es la superposición de la mancha hidrológica de CORNARE, con la mancha geomorfológica de este trabajo y ambas envueltas en un búfer de 30 m, tal y como lo exige el acuerdo 251 de 2011 de CORNARE. Es por ello que el ancho del retiro de la quebrada La Cimarronas es variable, como mínimo se tiene una ronda

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

hídrica de 30 m y como máximo la mancha geomorfológica, la cual puede llegar en algunos sectores a más de 200 m.

11.2.2 Ronda hídrica quebradas urbanas

Para la ronda hídrica de las quebradas urbanas se utilizó la metodología empleada en el Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE.

En primer lugar se realizó la cartografía de las llanuras aluviales de las quebradas principales y luego se interceptaron con un búfer de 30 m. Por último, se excluyó de la ronda final las zonas que geomorfológicamente no tienen probabilidades de sufrir inundaciones. En conclusión, la mayoría de los afluentes cumplen con el retiro de ZAI más X, donde X varía entre 12 m y 17 m para los afluentes urbanos de El Carmen de Viboral.

Para las quebradas de menor orden con lámina de agua permanente se toma como ronda hídrica un búfer de 20 m y para los afluentes secundarios se tiene una ronda hídrica dada por un búfer de 10 m.

11.2.3 Retiro a nacimientos

Las áreas de protección hídrica (APH) para todos los nacimientos dentro de la zona de estudio corresponden a franjas de precaución y amortiguamiento que propenden por la conservación de las condiciones bióticas, físicas y químicas de las fuentes hídricas en el área de influencia de la zona urbana de El Carmen de Viboral, así también como la prevención de desastres, la preservación del paisaje, el control de la erosión, la prevención de la contaminación y la continuidad de los corredores biológicos.

Debido a la falta de cartografía detallada y georeferenciación de cada una de las zonas de encharcamiento y bocas de producción en la zona urbana de El Carmen de Viboral, se propone una metodología de establecimiento de retiros con base en parámetros hidrológicos de orden de los afluentes y características del relieve como lo sugiere el acuerdo 251 de 2011 de CORNARE. Posterior a la cartografía geomorfológica y a la definición de las nuevas áreas del perímetro urbano y las zonas de expansión se establecieron las siguientes determinantes:

- Para los nacimientos de fuentes abastecedoras de acueductos urbanos y veredales se establecerá como retiro un radio de 100 m.
- Dentro del perímetro urbano y de expansión se establece un retiro de 30 m para los nacimientos de todas las fuentes hídricas, en las cuales se tendrá en cuenta el límite natural dado por las divisorias de aguas.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

- En las demás áreas fuera de la zona urbana, el retiro a los nacimientos de fuentes hídricas, está basado en los parámetros de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**
- Según la Tabla 29, el orden 4, está dado para las quebradas Principales (La Cimarronas), el orden 3, corresponde a la quebrada La Madera el orden 2 a las quebradas tributarias con una longitud entre 5 y 10 km y el orden 1, restringido al nacimiento red hídrica y las quebradas pequeñas estacionales de menos de 5 km de longitud.

Tabla 29. Retiro a nacimientos

| GEOFORMAS | ORDEN | SAI (m) | X | APH NACIMIENTOS |
|--|-------|---------|----|-----------------|
| VEGAS Y TERRAZAS | 4 | 40 | 10 | 30 |
| | 3 | 25 | 10 | 30 |
| | 2 | 10 | 10 | 30 |
| | 1 | 0 | 10 | 35 |
| COLINAS BAJAS | 4 | 30 | 10 | 30 |
| | 3 | 20 | 10 | 30 |
| | 2 | 5 | 10 | 35 |
| | 1 | 0 | 10 | 40 |
| COLINAS ALTAS | 4 | 30 | 10 | 30 |
| | 3 | 15 | 10 | 35 |
| | 2 | 2 | 10 | 40 |
| | 1 | 0 | 10 | 50 |
| LADERAS Y VERTIENTES LARGAS Y EMPINADAS | 4 | 25 | 10 | 40 |
| | 3 | 20 | 10 | 45 |
| | 2 | 10 | 10 | 50 |
| | 1 | 0 | 10 | 60 |

12. FORMULACION PLAN DE GESTION DEL RIESGO

La gestión del riesgo se entiende como la capacidad para transformar las condiciones causales de riesgo antes de que ocurra un desastre. El objetivo principal de la Gestión del Riesgo es la disminución de los desastres, tanto en frecuencia como en intensidad (CORNARE, 2011).

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

La Gestión Integral del Riesgo es un proceso concatenado de análisis de amenazas, conocimiento de las vulnerabilidades, la atención de las emergencias y la rehabilitación, junto con la reconstrucción de zonas en desastre, lo cual se pretende lograr a través de los siguientes principios:

- Los desastres son manifestaciones de riesgo no manejados.
- Los riesgos son el resultado de la coexistencia, en una localidad, de la amenaza y la vulnerabilidad.
- Todo proceso de prevención parte del conocimiento del entorno que habitamos, tanto de sus riquezas como de sus susceptibilidades, que generalmente denominamos amenazas naturales, para así definir la forma que interactuaremos con el medio ambiente.
- La gestión del riesgo pretende disminuir los riesgos por medio de la disminución de la vulnerabilidad. El desarrollo sostenible del El Carmen de Viboral depende de la capacidad de los actores sociales para desarrollar y conducir una propuesta de intervención consciente, concertada y planificada, para prevenir, mitigar o reducir el riesgo existente.

Bajo este lente, “los desastres” son un tema marginal y no incluido en la agenda del desarrollo, no existiendo mayor vinculación entre los procesos de desarrollo de nuestras sociedades y los desastres como efecto de esos procesos sociales, económicos, políticos y culturales.

También es bajo este enfoque que, a lo largo de estos años, se han destinado y canalizado todos los recursos e inversiones para el desarrollo de políticas, intervenciones, esfuerzos y acciones dirigidas fundamentalmente a “la respuesta” y “la atención”, priorizando las tendencias a “estar mejor preparados para enfrentar”, o “para atender situaciones adversas causadas por la naturaleza” o aquellas referidas al “análisis del comportamiento de los fenómenos naturales”; acciones que por su especificidad no son de práctica permanente o constante, ni tampoco involucra al total de actores ni agentes institucionales de la sociedad (CORNARE, 2011).

El problema no son los “desastres” en sí mismos pues son sólo el efecto de las condiciones de riesgo existentes en el municipio, y de nuestra habilidad y juicio para actuar sobre los factores que los determinan, dependerá que éstos se materialicen o no en desastres.

Evaluar el riesgo no es sólo analizar y producir conocimiento científico sobre el comportamiento, características y manifestaciones de los fenómenos naturales que pueden, eventualmente constituirse en amenazas, sino también implica el conocer y analizar aquellas condiciones de debilidad o vulnerabilidad que hacen o pueden hacer que dichos fenómenos se constituyan en riesgos y, en consecuencia, puedan generar pérdidas de vidas o bienes.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

La reducción del riesgo de desastres debe integrarse en las actividades del desarrollo. Los desastres socavan los logros arduamente alcanzados por el desarrollo, destruyendo vidas, medios de subsistencia y manteniendo muchas personas en la pobreza (ISDR, 2007). El municipio de El Carmen de Viboral debe reducir al mínimo esas pérdidas mediante la integración de las medidas de reducción del riesgo de desastres en las estrategias de desarrollo, mediante la evaluación de los riesgos potenciales como parte de la planificación del desarrollo y la asignación de recursos para la reducción de los riesgos.

El plan para la gestión del riesgo por sí solo no es de gran ayuda, es de vital importancia la integración institucional y comunitaria, pero en especial, la organización comunitaria en la cohesión y participación de todos sus habitantes, logrando que se unan a formular y ejecutar soluciones, creando un sentido de pertenencia por el municipio de El Carmen de Viboral y por ende la reducción de los desastres.

La estructura del plan para la gestión del riesgo del municipio de El Carmen de Viboral se enmarcará en lo propuesto en la Ley 1523 del 2012, donde se adopta una política nacional de gestión del riesgo de desastres, basada en estrategias y programas dentro de los componentes de análisis y reducción de riesgo, así como el manejo de desastres (Figura 60). Muchos de estos proyectos serán articulados con los ya propuestos en los estudios realizados anteriormente, como la zonificación del riesgo rural hecha por CORNARE, y actual plan de gestión y desarrollo realizado por la administración municipal.



Figura 60. Componentes de la gestión del riesgo

12.1 Políticas

Las políticas para la gestión del riesgo en El Carmen de Viboral deben estar encaminadas en crear y promover los marcos jurídicos de descentralización que fortalezcan la capacidad de respuesta local y su resiliencia, así como la garantía presupuestal para la ejecución de los

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

programas y proyectos en el largo plazo, los cuales no deben verse afectados y supeditados por cambios de la administración municipal.

Los proyectos encaminados a la reducción del riesgo deben estar acorde con los planes de desarrollo departamental, regional y municipal. Además, se debe trabajar con base en los lineamientos nacionales, especialmente los principios del Artículo 3 de la Ley 1523 del 2012, haciendo énfasis en los principios de auto conservación, sostenibilidad ambiental y participación comunitaria.

A nivel departamental, según lo observado en el plan de desarrollo, en la línea quinta de acción, se proyecta una Antioquia verde y sostenible ambientalmente, además, se formulan políticas dentro del programa de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático. Los proyectos consignados en este programa se orientan a evitar la configuración de escenarios de riesgo, reducir el existente y minimizar los impactos asociados a los desastres. Dentro de los proyectos estratégicos se destacan la creación de los sistemas integrales para la atención y recuperación de emergencias.

A nivel local, el plan de desarrollo municipal, expone varias políticas y acciones en pro de la reducción de los desastres. Dentro de las políticas se destacan las siguientes:

- ***Emergencias Y Desastres:*** Enfocado en la capacitación, apoyo en la revisión y ajuste al plan intersectorial de emergencias municipal.
- ***Reducción De La Carga Contaminante Por Vertimientos:*** Concentra acciones en busca de la restauración de los ecosistemas y aplicación de la normatividad vigente para el control de las infracciones de tipo ambiental.
- ***Gestión Del Riesgo:*** Encaminado a prevenir eventos de tipo ambiental o antrópicos que puedan generar desastres en el municipio.
- ***Educación Ambiental:*** Donde se promulga la importancia de generar cultura ambiental en el municipio, mediante talleres de educación ambiental.
- ***Espacio Público Urbano:*** Mejorar las condiciones del paisaje urbano, a través del mantenimiento y establecimiento de zonas verdes y construcción de un parque ecológico cerca de la cabecera urbana del municipio.

12.2 Estrategias

Se formulan unas estrategias de largo alcance a nivel local que contribuirán a mejorar la efectividad y eficiencia de la gestión de riesgos por fenómenos geológicos en el municipio de El Carmen de Viboral, además, servirán como base para la elaboración del plan de riesgos tecnológicos e incendios forestales.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

- ***Actualizar La Legislación Municipal:***

Crear, mejorar o actualizar los marcos jurídicos municipales, donde se encuentra reglamentado el plan para la gestión del riesgo y los consejos territoriales, haciendo de la gestión del riesgo una estrategia planificadora y sentando a los entes institucionales y organizaciones de la sociedad civil, para formular estrategias en busca de reducir el riesgo por fenómenos geológicos, evaluando las prioridades intersectoriales y buscando los respaldos respectivos de presupuesto.

- ***Cultura De Prevención:***

Obtener y difundir la información sobre la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo y dar poder de decisión a los ciudadanos y al sector privado para que tomen medidas de prevención, además, fortalecer la capacitación de las actividades de educación en la gestión del riesgo.

- ***Reducción De La Vulnerabilidad:***

Apoyar a las familias de más bajos recursos, para reducir su vulnerabilidad global y buscar mecanismos para su recuperación y protección tras desastres por medio de la asistencia en la reconstrucción y reubicación.

- ***Fomento De La Participación Del Sector Privado:***

Crear condiciones propicias para el desarrollo de mercados de seguros, promover el uso de otros instrumentos financieros de distribución de los riesgos en los casos en que corresponda y ofrecer incentivos económicos.

- ***Fomento Del Liderazgo Y La Cooperación En La Región:***

Estimular acciones coordinadas en busca de movilizar recursos regionales para las inversiones en reducción de riesgos en el municipio de El Carmen de Viboral, por ejemplo buscar apoyo en la Gobernación de Antioquia y el Banco Interamericano de Desarrollo BID. Además, integrar los datos e información de los organismos sociales como Red Unidos, PNUD, SISBEN y DANE, para actualizar la zonificación de la vulnerabilidad.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

12.3 Fases de conocimiento del riesgo

Dentro del proceso de gestión, está conformado por la evaluación de diferentes escenarios de riesgo, monitoreo y seguimiento de sus componentes. Dentro de esta fase se busca principalmente generar conciencia del riesgo, la amenaza, la vulnerabilidad y los desastres en los habitantes de El Carmen de Viboral, partiendo de lo estipulado en el Artículo 4 de la Ley 1523 del 2012.

Programa de Conocimiento

Este programa pretende establecer bases para la gestión del riesgo en el municipio de El Carmen de Viboral, donde, es fundamental el conocimiento del entorno que afecta a la comunidad y así mitigar los efectos nocivos que genera un desastre. Los proyectos piloto son los siguientes:

- *Estudios de Neotectónica*, este proyecto tendrá como fin evaluar los indicios de actividad tectónica reciente en la zona rural de El Carmen de Viboral, como insumo fundamental para una detallada evaluación del riesgo sísmico del municipio.
- *Estudio Geotécnico*, con este proyecto se busca realizar una zonificación geotécnica de detalle, donde se especifique la fluctuación del nivel freático en cada unidad geomorfológica, resistencia y capacidad portante del suelo, así como las características de los perfiles de meteorización, diaclasas, entre otros aspectos asociados con la calidad de los materiales sobre los que se cimientan las edificaciones.
- *Rondas Hídricas y Protección de Nacimientos*, con este proyecto se pretende georeferenciar las bocas de producción y cartografiar a detalle las áreas de encharcamiento de los nacimientos, junto con las zonas de alta susceptibilidad a inundaciones y torrencialidad, para con ello determinar una adecuada ronda hídrica en la zona rural con base en lo estipulado en el Acuerdo 251 de 2011 de CORNARE.
- *Apoyo de Información Meteorológico*, este proyecto busca crear estrategias mancomunadas con el IDEAM, como apoyo en la información de los ciclos climáticos que se presentan en el municipio de El Carmen de Viboral, para así, poder establecer sistemas eficientes de alerta.
- *Conocimiento de la Vulnerabilidad*, con este proyecto se busca la realización de estudios detallados en cada uno de los barrios y centros poblados del El Carmen de Viboral, donde se implementen más variables de la vulnerabilidad global y se pongan en práctica metodologías internacionales que requieren software especial para tal fin.
- *Patrimonio Geológico*, con este proyecto se busca conocer las áreas con un alto potencial turístico y paisajístico, pero que por sus condiciones de alta susceptibilidad a procesos geológicos, requieren ser integradas dentro de las áreas de protección y conservación.

12.4 Fase De Reducción Del Riesgo

Es un proceso que se centra en la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, así como evitar la ampliación de las zonas de alto riesgo, mediante medidas preventivas que corresponden a obras de mitigación que se adoptan con antelación para menguar los factores de la amenaza y la exposición de los bienes. Las medidas de reducción se pueden calificar en medidas estructurales y medidas de socialización, en esta última, se tiene la capacitación y educación de las comunidades como una prioridad.

Proyectos en el Programa de Socialización del Riesgo

- *Educación En La Gestión Del Riesgo*, con este proyecto se busca crear alianzas entre CORNARE y las instituciones educativas de la zona urbana del municipio, en donde se explique de manera clara a la comunidad escolar, las consecuencias del riesgo y como identificarlo en el territorio. Existen muy buenos programas educativos sobre el riesgo a nivel internacional, se destacan los juegos didácticos como riesgolandia y las radionovelas como una estrategia en la reducción de las afectaciones por desastres de las naciones unidas UNISDR.

Es de vital importancia, generar conciencia en cuanto al riesgo en la comunidad, empezando desde las escuelas hasta llegar al núcleo familiar. Las escuelas deben ser el lugar en donde se desarrollen en los niños y niñas la capacidad para dialogar directamente con el mundo y con ello aprender a identificar e interpretar los factores del riesgo en todo el municipio.

Se busca con este proyecto la realización de talleres formativos y capacitaciones en escuelas, colegios, juntas de acción comunal y comités barriales, en donde se eduque a la comunidad sobre el conocimiento y reconocimiento de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos del municipio.

- *Brigadas Juveniles de Prevención del Riesgo*, este proyecto busca conformar grupos de voluntarios, capaces de reconocer áreas de riesgo y que lleven a cabo labores de prevención como limpieza de quebradas y diagnósticos iniciales de amenaza, similares a los *CUIDAD*, en Medellín. Estos grupos pueden, además integrar actividades turísticas y paisajísticas junto con la inclusión del tema de la gestión del riesgo en su educación y capacitación.

- *Manejo de Residuos sólidos*, este proyecto busca establecer medidas educativas en la comunidad para el buen manejo de los residuos sólidos, específicamente medidas publicitarias para este tema, ubicación de canecas de basura en lugares estratégicos, promover jornadas de reciclaje, entre otras actividades.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

- *Comunicación del Riesgo*, este proyecto busca comprometer a los medios de comunicación del municipio, principalmente, emisoras, canales comunitarios y la iglesia, para el trabajo permanente en la difusión de medidas de mitigación, prevención y alerta de desastres.
- *Escuela Campesina*, con este proyecto se busca realizar talleres con la comunidad sobre los manejos y obras iniciales de mitigación ante procesos erosivos. Comprende también acciones en pro del conocimiento de buenas prácticas agropecuarias, además técnicas de cultivo y producción más eficiente y limpia como medidas de disminución de la amenaza y la vulnerabilidad.
- *Reducción de la Vulnerabilidad*, se busca con este proyecto integrar en la región del Oriente Antioqueño, el programa de la Comunidad Europea DIPECHO, que se concentra en reducir la vulnerabilidad de la población ante desastres de origen natural y tiene como objetivo mejorar las capacidades de las comunidades expuestas a estos riesgos para que estén mejor preparadas y protegidas. El programa busca asegurar que la reducción del riesgo se convierta en una parte integral de la política de desarrollo sostenible, para lo cual todas las partes involucradas, gobiernos municipales, comunidades, socios y donantes privados, deben trabajar conjuntamente para lograr esta meta común.

Programa de Atención Física-Estructural y Mitigación

Este programa está basado en la planificación y ejecución de obras estructurales de mitigación, para la reducción de la vulnerabilidad física y por tanto del riesgo, con este programa se pretende crear y/o mejorar las instalaciones físicas, para facilitar una buena gestión del riesgo en el municipio.

- *Escuela Segura y No Como Albergues Temporales*, la reducción de desastres empieza en la escuela, con este proyecto se busca que los establecimientos educativos de todos los niveles en El Carmen de Viboral, estén en capacidad de ofrecerle a sus usuarios las condiciones de seguridad necesarias para reducir los riesgos que puedan afectarlos y para evitar que éstos se conviertan en desastres. Además, se busca con este proyecto la planificación e instalación de sitios de albergues diferentes a los centros educativos ya que algunas de las consecuencias de usar escuelas como refugios temporales son la interrupción del proceso enseñanza-aprendizaje, el deterioro de aulas y laboratorios, el uso inadecuado del mobiliario y equipo, el daño de los servicios sanitarios y la pérdida de útiles, materiales didácticos y utensilios. Lo que se ve agravado por el hecho de que después que termina la emergencia es difícil recuperar las estructuras y reanudar las actividades escolares
- *Rehabilitación de Obras Hidráulicas*, este proyecto busca generar infraestructuras pertinentes para la canalización y demás manejos de aguas, se basará en la reconstrucción e implementación de filtros y cunetas, también se implementaran las técnicas necesarias para el manejo de las aguas residuales y el cambio paulatino de la tubería, con base en la

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

ampliación del perímetro sanitario y los diseños ante crecientes con periodos de retorno de los 100 años.

- *Alcantarillado*, este proyecto pretende que en el mediano plazo, las entidades encargadas de este tema, lleven a cabo labores de sustitución y mantenimiento de las redes de alcantarillado.
- *Predios de Protección y Forestación de Laderas*, se busca con este proyecto crear políticas para la adquisición paulatina de predios para ser destinados a protección por parte de administración municipal de El Carmen de Viboral, además, generar conciencia en la comunidad de la importancia de la forestación y el buen manejo del uso del suelo.
- *Rehabilitación de Vías Terciarias y Puentes*, con este proyecto se pretende la búsqueda de medidas presupuestales y estudios técnicos para el reemplazamiento de los puentes en todo el municipio, priorizando la zona urbana, estas obras deben estar acorde con diseños que contemplen los 100 años del periodo de retorno de inundaciones. Igualmente, se requiere rehabilitación del 30% de la maya rural que se encuentra en precaria condiciones.

Programa de Reubicación

Este programa hace referencia a la decisión de reubicar un sector, barrio, vereda o vivienda del municipio de El Carmen de Viboral, constituye una medida extrema, que implica que un grupo humano deba dejar atrás su territorio habitual para reasentarse, de manera permanente en un nuevo espacio geográfico.

La reubicación es generada por una reorganización y/o evento catastrófico, ya sean de origen natural como deslizamientos e inundaciones, o de origen social como la violencia. Tomando como punto de partida los desastres de origen natural como causa de reubicación, se identifican los siguientes tipos: Preventiva y Reactiva. La reubicación preventiva, es aquella, en la cual una comunidad, o parte de ella, debe abandonar su territorio actual para asentarse en un nuevo, en vista de que no se ofrece una total seguridad para continuar habitándolo.

Una vez que se haya puesto en marcha el proceso de reubicación, se debe tener en cuenta las buenas relaciones entre la comunidad reubicada, la comunidad anfitriona y las instituciones encargadas, para generar una estrecha relación de pertenencia frente a su nuevo territorio en busca de la estabilidad, seguridad y prosperidad de la nueva comunidad, que se convierta en una oportunidad y no en una amenaza.

Un problema a enfrentar después de que una comunidad haya sido reubicada es la tentación de regresar a su territorio de origen, muchas veces, no solamente incurren en este hecho, sino que dejan su lugar de reubicación y se vuelven a establecer en las zonas amenaza. Es posible que en el imaginario de las comunidades las amenazas de origen natural, que desde

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

el punto de vista técnico constituyen motivos suficientes para dejar de vivir en un lugar, ocupen un lugar mucho más bajo frente a otro tipo de amenazas. Resulta posible que las comunidades reubicadas vuelvan a ocupar algunas zonas de amenaza que previamente hayan sido evacuadas, para controlar esto, es importante afinar sistemas de alerta temprana que le avisen a la gente cuando deben evacuar en caso de desastre.

Proyectos

- *Conciencia Comunitaria e Institucional*, este proyecto busca que la comunidad asentada en una zona de alto riesgo y las instituciones, generen medidas mancomunadas para facilitar el proceso de reubicación, realizando talleres y charlas, para fomentar diálogos de saberes e ignorancias.
- *Intervención en las Zonas Desalojadas*, este proyecto busca evitar el reasentamiento de los habitantes en las áreas desalojadas, demoliendo las viviendas en riesgo y destinando estas zonas para uso recreacional y paisajístico.
- *Desarrollo Social y Económico de los Reubicados*, este proyecto está basado en la generación de empleo a las personas reubicadas, contratándolos para que ellos mismos construyan sus viviendas y su nuevo barrio.

Programa de Alertas Tempranas

Con este programa se busca crear un conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas se preparen y actúen de forma apropiada y con suficiente anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños. Este programa garantiza a toda la comunidad del municipio que habita en zonas de alto riesgo, una información mediante avisos, advertencias o alertas, para la toma de decisiones.

Proyectos

- *Comités Barriales y Veredales de Emergencia*, este proyecto está basado en el fortalecimiento y/o creación de grupos de personas voluntarias, organizadas en función de ser los primeros respondientes ante una situación de emergencia y conocimiento del riesgo, además, permite que los habitantes sean los partícipes directos de su bienestar y autocuidado.
- *Preparación Material Para El Desastre*, este proyecto se basa en acciones de preparación, donde se busca el mejoramiento y adecuación de los albergues temporales dentro del municipio, así mismo, conformar centros de reserva, en los cuales se puedan

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e
Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

almacenar alimentos no perecederos, cobijas, colchonetas y demás elementos de primer nivel para la atención en caso de desastre.

- *Simulacros*, es importante contar con un proyecto en el cual se realicen simulaciones, con el fin de comprobar la capacidad de respuesta de las instituciones, la comunidad de El Carmen de Viboral y los municipios de vecinos, para luego poder identificar las falencias y su posterior perfeccionamiento. CORNARE, ha adelantado en este tema y por ello debe ser integrada a este proyecto con los demás entes regionales y empresas del sector privado.

12.5 Fase Del Manejo Del Desastre

Es un proceso marcado en la preparación para la atención de emergencias y el planteamiento de programas de rehabilitación y recuperación post desastres, donde se contemplan acciones tendientes a preparar y aislar el recurso humano que actuara ante la ocurrencia de un desastre y está asociado a la elaboración del plan de emergencias y contingencias. El cual está conformado por una estructura organizacional, definición de las funciones, cadena de llamada y capacitaciones

Para lograr una respuesta eficiente es necesario tener personas idóneas en tareas de rescate, entrenados y preparados para la atención, bomberos especializados, que cuenten con herramientas de alta tecnología.

Programa de Atención de Desastres

Este programa está enfocado en instruir sobre las técnicas de atención de emergencias, está basado en el conocimiento de las medidas y cuidados adecuados a poner en práctica por parte de la comunidad y los funcionarios del CLOPAD, bomberos y defensa civil, tan pronto se produzca la emergencia, este programa busca que durante el desastre se eviten complicaciones físicas y psicológicas de los afectados, además, incluye actividades para prestar primeros auxilios a los afectados.

Proyectos.

- *Capacitación En Búsqueda Y Rescate*, este proyecto pretende integrar los estamentos competentes en este tema, como son: Bomberos y Defensa Civil, además de los Comités locales de Emergencia del municipio de El Carmen de Viboral, para que actualicen sus conocimientos en búsqueda y rescate y se logre formar junto con la comunidad un plan de emergencias actualizado para el municipio. Se realizarán periódicamente jornadas de formación preparación y entrenamiento de estas entidades para mejorar la atención ante una emergencia una vez ocurrido el desastre.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

- *Plan De Emergencias*, dentro este proyecto se busca realizar un adecuado plan operativo de emergencias, donde se hace necesario definir los niveles de emergencia de acuerdo a los riesgos evaluados, elaboración de planes de acción y envío de informes a la autoridad ambiental de las nuevas áreas desastrosas para mantener un diagnóstico y una recurrencia actualizada.
- *Equipamiento Para Manejo del Riesgo*, con este proyecto se busca suplir las necesidades del cuerpo de bomberos, dotándolos con herramientas y equipos adecuados para una atención eficaz ante diferentes fenómenos. Además, este proyecto contempla la reubicación de la actual estación de bomberos de la zona urbana, hacia un lugar seguro y estratégico para el accionar inmediato ante la ocurrencia de un desastre.

13. RECOMENDACIONES

La incorporación del riesgo en los procesos de planeación y ordenamiento territorial, permitirá establecer medidas para la prevención y mitigación, orientadas a la reducción del riesgo existente y evitar la generación de nuevos riesgos a futuro. Estas medidas deberán articularse con las demás estrategias orientadas a la Gestión Integral del Riesgo en el municipio de El Carmen de Viboral.

Para cada uno de los 38 puntos visitados, en el dimensionamiento y evaluación se establecieron recomendaciones puntuales, algunas temporales otras permanentes, en función de atender la zonas en emergencia, obras y medidas en función de prevenir afectaciones futuras.

A continuación se citan las principales recomendaciones, relacionadas a las actuaciones que se deben llevar a cabo para evitar situaciones críticas:

13.1 Corto Plazo

Se debe realizar por parte de la administración municipal la identificación predial y catastral en las zonas inestables y ronda hídrica, para que según su criticidad, la cual se muestra en este trabajo, se lleven a cabo labores de reubicación permanente u obras de mitigación urgente, especialmente en las zonas más vulnerables.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Ejercer control por parte de la Secretaria de Planeación y evitar la construcción de viviendas en zonas de alto riesgo y la instalación de llenos antrópicos sobre las llanuras aluviales del municipio, con énfasis en la quebrada La Cimarronas.

Acoger la cartografía realizada en este trabajo para el otorgamiento de nuevas licencias urbanísticas, especialmente las rondas hídricas y zonas inestables y así evitar la continuidad del asentamiento de viviendas en zonas no aptas.

Dada la importancia del intercambio de experiencias y la necesidad de contar con la mayor cantidad de documentación posible, es necesario fomentar la conformación de redes de instituciones y el acceso rápido a la información y documentación técnica y educativa disponible, ampliando los centros o mecanismos municipales y regionales existentes con una perspectiva multidisciplinaria y con un enfoque multisectorial.

En la realización de un corte civil se hace necesario el cumplimiento y acato de las normas expuestas en el Acuerdo 265 del 2011 de CORNARE, donde se da un cuidado especial a la capa vegetal.

Cuando se realicen movimientos de tierra, los cortes deben ofrecer la máxima seguridad tanto para los operarios, como transeúntes y vecinos. Los taludes serán trabajados con las pendientes y alturas recomendadas para el tipo de suelo en el que se está trabajando, también deberán protegerse dichos taludes para evitar procesos erosivos. Además, no se podrán utilizar cauces de ríos o quebradas como sitios de depósito de los sobrantes de los movimientos de tierra y sólo se permitirán rellenos en lugares en donde por condiciones físicas así lo requieran. No se permitirán llenos con basuras, escombros o cualquier otro material.

Para el control de los movimientos en masa de pequeña magnitud se recomienda la implementación de obras colmatadoras livianas, tales como los trinchos en guadua, complementando con la revegetalización de los suelos expuestos, permitiendo con esto la recuperación del terreno, evitando la infiltración del agua y su deterioro. Para tal fin, se pueden realizar proyectos en conjunto con CORNARE, donde se socialicen y enseñen a los habitantes las prácticas ingenieriles primarias para la mitigación de un proceso erosivo.

Tener especial cuidado con los asentamientos informales que han crecido de una manera acelerada y descontrolada durante los últimos años, por lo cual se hace necesario realizar censos y actividades que ayuden al mejoramiento de la calidad de vida tales como la implementación de una adecuada red de alcantarillado y planes de mejoramiento de vivienda.

Realizar campañas de mantenimiento y limpieza de los cauces de las quebradas en la zona urbana, en el marco de los proyectos propuestos. Con el fin de prevenir obstrucciones e inundaciones, además se debe dar un tratamiento adecuado a los vertimientos de aguas

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

residuales a las fuentes hídricas, las cuales deben ser primero tratadas en la planta de tratamiento de aguas residuales.

13.2 Mediano Plazo

Deben fortalecerse y estimularse programas educativos para la población y esquemas de capacitación que permitan que los investigadores, planificadores, técnicos y funcionarios adquieran conocimientos heterogéneos adecuados a las distintas realidades del municipio de El Carmen de Viboral.

Se deben fortalecer los sistemas organizativos y administrativos de gestión de riesgos, adecuándolos a la realidad de los desastres que se presentan. Esto implica entre otras cosas: la descentralización de los entes gubernamentales responsables, la incorporación y participación de la sociedad y la adopción de un enfoque preventivo y no exclusivamente de atención de emergencias.

Se debe realizar una revisión detallada del sistema de alcantarillado y en especial la capacidad hidráulica de las obras de canalización de las fuentes hídricas del municipio, principalmente las que atraviesan la zona urbana.

Dinamizar de forma permanente los comités de conocimiento del riesgo, Comité de reducción y Comité de manejo de desastres que hacen parte del Consejo Municipal de gestión del riesgo de desastres establecido en el Decreto municipal 4147 de 2011.

Realizar mantenimientos periódicos a las reforestaciones ejecutadas en periodos de gobierno anteriores, con el fin de garantizar el crecimiento de las especies allí sembradas.

Apoyar las Juntas de Acción Comunal y Acueductos Rurales en la formulación y ejecución de Programas de Intercambio de Servicios con CORNARE.

Las aguas de escorrentía de origen pluvial que discurren sobre las diversas vaguadas o concavidades de primer orden se pueden coleccionar a través de cunetas perimetrales y filtros. Así mismo, según la dinámica hídrica y el rango de pendientes propias de cada vaguada, se puede requerir de canaletas con disipadores de energía, con el fin de disminuir el caudal del agua y por ende su impacto en las zonas de menor pendiente, evitando posibles crecientes y/o procesos erosivos en la base.

Establecer la zona de inestabilidad potencial y activa como un área de recuperación y preservación, donde se replacen los cultivos limpios por la siembra de arbusto de bajo porte para menguar las áreas de alta amenaza al borde de la quebrada.

Las zonas de inestabilidad potencial, pueden ser destinadas a usos turísticos y recreativos, dentro de estas áreas debe fomentarse la instalación de un parque ecológico.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

13.3 Largo Plazo

Se propone la realización de un estudio técnico detallado que determine con exactitud la ronda hídrica y las áreas susceptibles a inundación y torrencialidad en la zona rural del municipio. Además, realizar mediante los parámetros del Acuerdo 251 del 2011 de CORNARE, la identificación detallada de los nacimientos, sus áreas de encharcamiento y producción. Esto con el fin evitar ambigüedades evidenciadas con la aplicación de los buffers sistemáticos.

Gestionar ante el Ministerio de Medio Ambiente y el Fondo Nacional de Regalías la aprobación del proyecto de mejoramiento de la capacidad hidráulica de la quebrada La Cimarronas en el municipio de El Carmen de Viboral, en el que se realicen intervenciones con proyección a largo plazo y sin cambios drásticos de las corrientes hídricas.

Se deben realizar estudios de estructuras secundarias heredadas de la roca original y un seguimiento permanente a los cortes del terreno realizados para la construcción de obras civiles, ya que en muchos casos estos pueden producir movimientos en masa.

Se recomienda realizar estudios de pluviosidad e intensidad, así como la identificación de la respuesta del tipo de suelo a la acumulación de lluvia durante épocas de invierno. Para esto se propone la instalación de estaciones pluviométricas en las veredas circundantes a la zona urbana.

Se propone la realización de una microzonificación sísmica a corto plazo para la región del Oriente Cercano, en cumplimiento de la Ley 400 de 1997, la cual plantea que es obligatorio para los municipios y regiones con una población superior a los 100.000 habitantes realizar una microzonificación sísmica en busca de preparación ante cualquier evento telúrico.

Se recomienda en cada plan parcial dentro de la zona de expansión, la realización de un estudio geotécnico integral, que contenga los sondeos necesarios según la norma NSR-10, en donde se efectúen análisis de resistencia y capacidad portante del suelo, humedad y variabilidad del nivel freático en el predio.

Destinar las áreas declaradas inestables y de inestabilidad potencial como zonas de compensación forestal, así también como los predios de la ronda hídrica, especialmente las zonas de amortiguamiento de los retiros a nacimientos para tal fin, y en donde sea permisible el seguimiento y control a las nuevas plantaciones.

Evitar la realización muros de gavión y obras de contención para solucionar los problemas de socavación lateral, para tal fin se propone proteger las orillas cóncavas de las curvas por medio de espigones, del modo que el eje longitud quede inclinado hacia aguas arriba, formando un ángulo de 70 grados con la dirección de la orilla. Estas obras se hacen necesarias especialmente en la quebrada La Cimarronas.

Estudio detallado de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para Movimientos en Masa e Inundaciones
Municipio de El Carmen de Viboral – Antioquia

Se deben establecer y ejecutar acciones que permitan mejorar las condiciones de drenaje de las aguas de escorrentía en los bordes laterales de los ejes viales rurales, ya que el inadecuado manejo de estas aguas, puede generar potencialmente la erosión del terraplén.

Gran parte de los eventos de inundación se relacionan a deficiencias en obras hidráulicas, por lo que se recomiendan estudios más detallados que consideren los cambios ambientales entre picos secos y húmedos, por la alternancia en el tiempo de procesos asociados con los fenómenos de La Niña y El Niño.

Adquirir terrenos en zonas aledañas al relleno sanitario para la disposición final de residuos sólidos, además realizar la adecuación e implementación del terreno y funcionamiento para la escombrera municipal.

Promover el aseguramiento de los bienes urbanos y rurales del municipio de El Carmen de Viboral, ya que se constituye en una opción eficiente para reducir la probabilidad de un déficit de recursos durante la reconstrucción o rehabilitación de los elementos dañados después de un desastre.