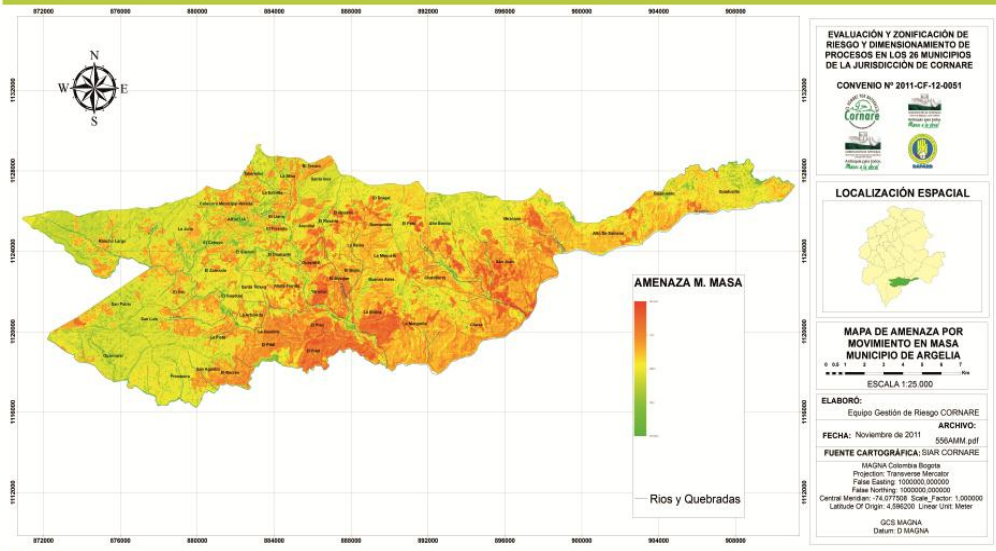
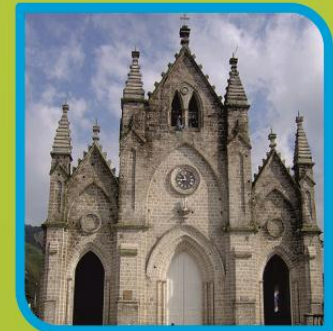




# Evaluación y Zonificación de Riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de

## ARGELIA



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



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

**ARGELIA**

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



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



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

**GRUPO GESTION DEL RIESGO  
OFICINA DE CONTROL ESTRATEGICO – CORNARE**

**MUNICIPIO DE ARGELIA**

**2012**



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



**EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR AVENIDA TORRENCIAL, INUNDACIÓN Y MOVIMIENTO EN MASA Y DIMENSIONAMIENTO DE PROCESOS EROSIVOS EN EL MUNICIPIO DE ARGELIA**

**REPÚBLICA DE COLOMBIA**

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA**

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

**MUNICIPIO DE ARGELIA**

**COORDINACIÓN PROYECTO**

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

**EQUIPO TÉCNICO FORMULADOR**

DIANA PATRICIA CATAÑO ÁLZATE  
Geóloga.  
VERÓNICA RAMÍREZ RUÍZ  
Geóloga.  
GUSTAVO RAMÍREZ GUTIÉRREZ  
Ingeniero Civil.  
LEÍDY MARCELA GARCÍA CARDONA  
Ingeniera Ambiental.  
JUAN CARLOS MEJÍA RODRÍGUEZ  
Técnico en Construcciones Civiles

**EQUIPO DE APOYO TÉCNICO**

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

**EQUIPO DE APOYO METODOLÓGICO**

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

**APOYO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

ARLEY CAMILO HERNÁNDEZ CEBALLOS  
Ingeniero Ambiental  
Estudiante Especialización en SIG.

**APOYO LOGÍSTICO**

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

**EDICIÓN E IMPRESIÓN DIVEGRAFICAS LTDA.  
2012**



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



## **PRESENTACIÓN**

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

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

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

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

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

Este trabajo será de utilidad para los diferentes actores que tienen injerencia en el municipio, pues además de alcanzar resultados generales, como la identificación de las zonas de riesgo del municipio que sirven para el ejercicio del ordenamiento territorial; también logra la



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



caracterización y el dimensionamiento de procesos y afectaciones puntuales para los cuales se hace recomendaciones que permiten atender y corregir las afectaciones que comprometen la integridad, la infraestructura, los recursos naturales y el patrimonio de los habitantes.

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

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



## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>CAPITULO I. INFORMACIÓN GENERAL .....</b>	<b>13</b>
1.1	LOCALIZACIÓN .....	13
1.2	CLIMA .....	14
1.3	ZONAS DE VIDA .....	15
1.4	METODOLOGIA .....	18
1.4.1	Fuentes de información .....	20
1.4.2	Herramientas utilizadas .....	21
1.4.3	Análisis de amenaza .....	22
1.4.4	Análisis de vulnerabilidad .....	37
1.4.5	Análisis de riesgo .....	49
1.4.6	Mapas de riesgo para cada municipio .....	50
<b>2</b>	<b>CAPITULO II. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
2.1	DESCRIPCIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS .....	52
2.1.1	Pendientes .....	53
2.1.2	Materiales superficiales .....	55
2.1.3	Precipitación .....	57
2.1.4	Coberturas .....	58
2.1.5	Geomorfología .....	61
2.2	DESCRIPCIÓN DE MAPAS DE AMENAZAS .....	61
2.2.1	Amenaza por movimiento en masa .....	62
2.2.2	Amenaza por Inundación .....	65
2.2.3	Amenaza por avenida torrencial .....	68
2.3	DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD .....	70
2.4	DESCRIPCIÓN DE MAPAS DE RIESGO .....	72
2.4.1	Riesgo por movimiento en masa .....	72
2.4.2	Riesgo por Inundación .....	76
2.4.3	Zonas de control .....	79
2.4.4	Riesgo por Avenida Torrencial .....	81



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



<b>3</b>	<b>CAPITULO III ATENCIÓN DE AÉREAS AFECTADAS POR EVENTOS DESASTROSOS ..</b>	<b>85</b>
3.1	ANÁLISIS DE INVERSIÓN EN EL MUNICIPIO .....	91
<b>4</b>	<b>CAPITULO IV SITUACIÓN ACTUAL POR EVENTOS NATURALES EN LA ZONA.....</b>	<b>96</b>
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO V SISTEMA DE INFORMACIÓN DE GESTIÓN DEL RIESGO.....</b>	<b>101</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>108</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>111</b>
7.1	CORTO PLAZO (< UN AÑO). .....	112
7.2	MEDIANO PLAZO (DE UN AÑO A TRES AÑOS) .....	113
7.3	LARGO PLAZO (> TRES AÑOS). .....	114
	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>116</b>

## ANEXOS

<b>ANEXO 1</b>	<b>INFORME DE ASESORÍA REGISTRO FOTOGRÁFICO ESQUEMA ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (A.P.U) DISEÑO</b>
<b>ANEXO 2</b>	<b>DIAGNOSTICO QUE QUEBRADAS URBANAS</b>
<b>ANEXO 3</b>	<b>DISEÑO DE OBRAS DE CONTROL Y MITIGACIÓN (CARTILLA)</b>
<b>ANEXO 4</b>	<b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN</b>
<b>ANEXO 5</b>	<b>FORMATO DE FICHA TÉCNICA</b>
<b>ANEXO 6</b>	<b>FORMATO DE ENCUESTA COMUNIDAD.</b>





## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Lista de tablas de mapas temáticos .....	22
Tabla 2. Reclasificación de materiales superficiales .....	23
Tabla 3. Reclasificación de coberturas .....	24
Tabla 4. Reclasificación de pendientes .....	24
Tabla 5. Reclasificación de precipitación .....	24
Tabla 6. Ponderación de factores de susceptibilidad a movimiento en masa .....	25
Tabla 7. Ponderación de factores de amenaza por movimiento en masa .....	26
Tabla 8. Asignación de índice de amenaza por movimiento en masa .....	26
Tabla 9. Asignación de índices de zonas de control .....	28
Tabla 10. Relación orden de la red de drenaje y el tamaño del buffer .....	30
Tabla 11. Reclasificación de pendientes para calculo amenaza por inundación .....	30
Tabla 12. Reclasificación de curvaturas para el cálculo de amenaza por inundación .....	31
Tabla 13. Ponderación de curvaturas y pendientes .....	31
Tabla 14. Características de un cuenca torrencial .....	33
Tabla 15. Ponderación de factores de la clasificación morfométrica .....	33
Tabla 16. Asignación del índice compacidad .....	34
Tabla 17. Asignación del índice de densidad de drenaje .....	34
Tabla 18. Reclasificación de unidades geomorfológicas .....	35
Tabla 19. Ponderación de factores de susceptibilidad por avenida torrencial .....	36
Tabla 20. Asignación del índice de amenaza por avenida torrencial .....	36
Tabla 21. Vulnerabilidad ambiental .....	38
Tabla 22. Clasificación de vulnerabilidad ambiental .....	39



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



Tabla 23. Clasificación de los porcentajes de ingresos y empleos .....	40
Tabla 24. Reclasificación de los valores de ingresos y empleos.....	40
Tabla 25. Reclasificación del valor del NBI.....	41
Tabla 26. Reclasificación del valor del desempeño fiscal.....	41
Tabla 27. Ponderación de variables de vulnerabilidad económica.....	42
Tabla 28. Clasificación de vulnerabilidad económica.....	42
Tabla 29. Reclasificación de la densidad de vías .....	43
Tabla 30. Reclasificación de la densidad de viviendas .....	44
Tabla 31. Reclasificación de las variables para calidad de viviendas .....	44
Tabla 32. Reclasificación de la calidad de viviendas .....	44
Tabla 33. Ponderación de los valores de vulnerabilidad física.....	45
Tabla 34. Clasificación de vulnerabilidad económica.....	45
Tabla 35. Reclasificación de variables de vulnerabilidad social .....	46
Tabla 36. Variables del fortalecimiento institucional .....	47
Tabla 37. Reclasificación del índice de capacidad de respuesta .....	47
Tabla 38. Ponderación de las variables de vulnerabilidad social .....	47
Tabla 39. Clasificación vulnerabilidad social.....	48
Tabla 40. Factor de ponderación de vulnerabilidades sectoriales.....	48
Tabla 41. Asignación de índice a la vulnerabilidad total.....	49
Tabla 42. Ponderación de factores de riesgo. ....	49
Tabla 43. Asignación de índice de riesgo por movimiento en masa .....	49
Tabla 44. Asignación de índice de riesgo por inundación .....	50
Tabla 45. Asignación de índice de riesgo por avenida torrencial .....	50



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Mapa de localización del municipio de Argelia .....	14
FIGURA 2. Mapa de zonas de vida municipio de Argelia .....	18
FIGURA 3. Análisis de riesgo .....	20
FIGURA 4. Análisis de zonas inundables .....	29
FIGURA 5. Análisis de torrencialidad .....	33
FIGURA 6. Esquema de vulnerabilidad económica .....	39
FIGURA 7. Esquema de vulnerabilidad física .....	43
FIGURA 8. Esquema de vulnerabilidad social .....	46
FIGURA 9. Mapa de pendientes municipio de Argelia .....	55
FIGURA 10. Panorámica de zona de alta pendiente .....	55
FIGURA 11. Mapa de material superficial del municipio de Argelia .....	57
FIGURA 12. Mapa de precipitaciones del municipio de Argelia .....	59
FIGURA 13. mapa de coberturas superficiales del municipio de Argelia .....	61
FIGURA 14. Panorámica de coberturas superficiales .....	61
FIGURA 15. Mapa de geomorfología del municipio de Argelia .....	62
FIGURA 16. Mapa de amenaza por movimiento en masa .....	66
FIGURA 17. Mapa de amenazas por inundación del municipio de Argelia .....	68
FIGURA 18. Mapa de amenaza por avenida torrencial del municipio de Argelia .....	70
FIGURA 19. Mapa de vulnerabilidad total del municipio de Argelia .....	72
FIGURA 20. Mapa de riesgo por movimiento en masa del municipio de Argelia .....	77
FIGURA 21. Mapa de riesgo por inundación del municipio de Argelia .....	80



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



FIGURA 22. Mapa de zonas de control del municipio de Argelia.....	82
FIGURA 23. Mapa de riesgos por avenida torrencial del municipio de Argelia.....	85
FIGURA 24. Distribución de puntos visitados en el municipio.....	86
FIGURA 25. Eventos identificados en visitas de campo .....	87
FIGURA 26. Tipo de infraestructura afectada por eventos visitados.....	89
FIGURA 27. Causas de los eventos visitados. ....	90
FIGURA 28 Causas predominantes de afectaciones en las veredas.....	91
FIGURA 29. Inversión por nucleo zonal. ....	93
FIGURA 30. Priorización de sitios con mayor riesgo en el municipio.....	94
FIGURA 31. Aspecto de la quebrada Llanadas en el barrio el poblado.....	98
FIGURA 32. Obras de contención en la quebrada Llanadas.....	99
FIGURA 33. Formulario de reportar evento .....	102
FIGURA 34. Formulario de dimensionamiento .....	102
FIGURA 35. Formulario de monitoreo de obras.....	103
FIGURA 36. Formulario de zoom riesgo.....	103
FIGURA 37. Formulario de identificación .....	104
FIGURA 38. Formulario de consultar obras de mitigación .....	104
FIGURA 39. Formulario de consultar eventos reportados .....	105
FIGURA 40. Formulario detalle evento ocurrido .....	105
FIGURA 41. Formulario reporte ficha técnica .....	106
FIGURA 42. Reporte de ficha técnica en formato pdf.....	107

## 1 CAPITULO I. INFORMACIÓN GENERAL

### 1.1 LOCALIZACIÓN

El municipio de Argelia se localiza en el suroriente del departamento de Antioquia, a los 5° 45' 43" de Latitud Norte de la Línea del Ecuador y de 1° 10' 37" de Longitud Occidental del Meridiano de Bogotá. Figura 1.

Tiene una extensión de 254 kilómetros cuadrados en los cuales se encuentran los tres pisos térmicos (frío, templado y caliente).



FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO DE ARGELIA



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



Limita por el oriente con el municipio de Sonsón y el departamento de Caldas, por el occidente con Sonsón, por el sur con el municipio de Nariño y por el norte nuevamente con Sonsón. Su cabecera dista 146 kilómetros de la ciudad de Medellín, tiene una altitud de 1750 msnm y posee una temperatura promedio de 20°C. El municipio lo conforman 50 veredas y está dividido en 7 núcleos zonales:

**Núcleo Zonal La Reina:** comprende las veredas El Perú, Chamberry, Claras, La Margarita, La Arabia, El Bujío, Buenos Aires, La Manuela, La Reina y Buenavista.

**Núcleo Zonal El Rosario:** comprende las veredas El Dragal, El Rosario, Santa Inés, El Bosque, Guayabal y Arenillal.

**Núcleo Zonal Villeta Florida:** comprende las veredas El Silencio, El Diamante, Santa Teresa, Villeta Florida, Yarumal, El Plan, El Pital, La Quebra y la Arboleda.

**Núcleo Zonal San Agustín:** comprende las veredas Guimaral, Primavera, San Agustín, El Recreo y La Plata.

**Núcleo Zonal El Zancudo:** comprende las veredas San Pablo, San Luis, El Oro, El Guadual, El Zancudo, El Cabuyo.

**Núcleo Zonal Mezones:** a él pertenecen las veredas Alto Bonito, San Juan, Mezones, Alto de Samaná, Guadualito.

**Núcleo Zonal Cabecera Municipal:** comprende las veredas Rancho Largo, La Julia, Cabecera Municipal, El Fresnito, El Llano, La Estrella, Tabanales, La Mina y El Tesoro.

## 1.2 CLIMA

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



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

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

La variación del promedio mensual de la temperatura de la región es menor de 2°C. La humedad relativa es alta, registrando un valor promedio de 80%. La dirección de los vientos es variada estando en función del relieve; a pesar de ello, la tendencia principal es que sean vientos Este (de oriente a occidente). La velocidad de los vientos es baja, con valores medios cercanos a los 2 m/s (PGAM, 2004).

En Argelia, la cabecera municipal tiene una temperatura media de 20°C. Los valores de precipitación son tomados de la estación meteorológica 2305507 para los años 1978-1979, únicas anualidades donde se tiene información continua. En ellos se observa que los meses de mayor precipitación son marzo, abril y octubre, siendo los meses con menor precipitación diciembre, enero y febrero. También se observa que existe un período seco corto entre los meses de junio y julio. El valor total de precipitación promedia anual es de 4636 mm. En el municipio el clima es generalmente húmedo, con corrientes de oriente a occidente provenientes de la cuenca media del río Magdalena, en las zonas bajas de la vertiente del río Samaná Sur, la temperatura es mayor que el promedio.

### 1.3 ZONAS DE VIDA

De acuerdo al mapa de zonas de vida, Figura 2, el Municipio de Argelia presenta seis zonas a saber: Bosque Húmedo Tropical (bh-T), Bosque muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB), Bosque muy Húmedo Premontano, Bosque muy Húmedo Tropical, Bosque Pluvial Montano (bp-M) y Bosque Pluvial Premontano (bp-PM).

Bosque Húmedo Tropical (bh-T)



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



Tiene como límites climáticos una temperatura media superior a 24°C y un promedio anual de lluvias entre 2000 mm y 4000 mm. Existen lluvias a través de todo el año, pero con épocas de fuerte invierno de abril a marzo. Con este régimen de lluvias, se tiene que la evapotranspiración es menor que la precipitación y el exceso de agua debe dejar el suelo por escurrimiento o por infiltración.

Las veredas que pertenecen a esta zona de vida son: partes de las veredas de El Pital, El Plan y La Margarita.

#### Bosque muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB)

Tiene como límites climáticos generales una temperatura aproximada entre 12 y 18°C, y un promedio anual de lluvias entre 2000 mm y 4000 mm. Se extiende en una faja altimétrica de 1.800 a 2.800 msnm.

A esta zona de vida pertenecen partes de las veredas La Mina, La Estrella, Tabanales, La Julia, Rancho Largo, San Pablo, San Luis, Guaimaral, Primavera y una pequeña área de La Plata. Cerca del 70% de la cabecera municipal, también presenta esta zona.

#### Bosque muy Húmedo Premontano (bmh-PM)

Con temperatura media anual entre 18 y 24°C y una precipitación media anual entre 2000 mm y 4000 mm. Se encuentra entre la faja altitudinal de los 900 y 2000 msnm. Unas veces limita con el bosque húmedo Tropical, en otras es la prolongación muy húmeda del bosque húmedo Premontano, ya que es muy notorio el incremento de la lluvia hacia las cimas de las montañas. Los bosques que se encontraban en esta zona de vida, fueron transformadas en cafetales y potreros; los pocos bosques que pudieron quedar en los sitios más alejados, son paulatinamente talados para implementar la ganadería y cultivos.

A esta zona pertenecen la mayoría de las veredas del municipio. Estas son: San Agustín, El Recreo, La Plata, La Quiebra, La Arabia, La Arboleda, El Guadual, El Zancudo, Santa Teresa, Villeta-Florida, Yarumal, El Bosque, El Bujío, Buenos Aires, La Manuela, La Reina, Guayabal, El Diamante, El Silencio, El Cabuyo, El Fresnito, Arenillal, El Rosario, Santa Inés, El Tesoro. Partes de las veredas Tabanales, La Mina, El Dragal, El Perú, Buenavista, La Estrella, El Llano, La Cabecera Municipal, La Julia, Rancho Largo, San Pablo, El Oro, San Luis, Primavera, El Pital, El Plan, La Margarita, Guaimaral.





### Bosque muy Húmedo Tropical (bmh-T)

La temperatura media anual de esta zona es mayor a 24°C y presenta una precipitación media anual entre 4000 mm a 8000 mm. Las veredas que pertenecen a esta zona son: Guadualito, Alto de Samaná, partes de las veredas Mezones, San Juan, Chamberry, Claras y La Margarita.

### Bosque Pluvial Montano (bp-M)

Con temperatura media anual de 6 a 12°C y precipitación media anual mayor a 2000 mm. En esta zona de vida se encuentra ubicada una pequeña parte de la vereda Rancho Largo.

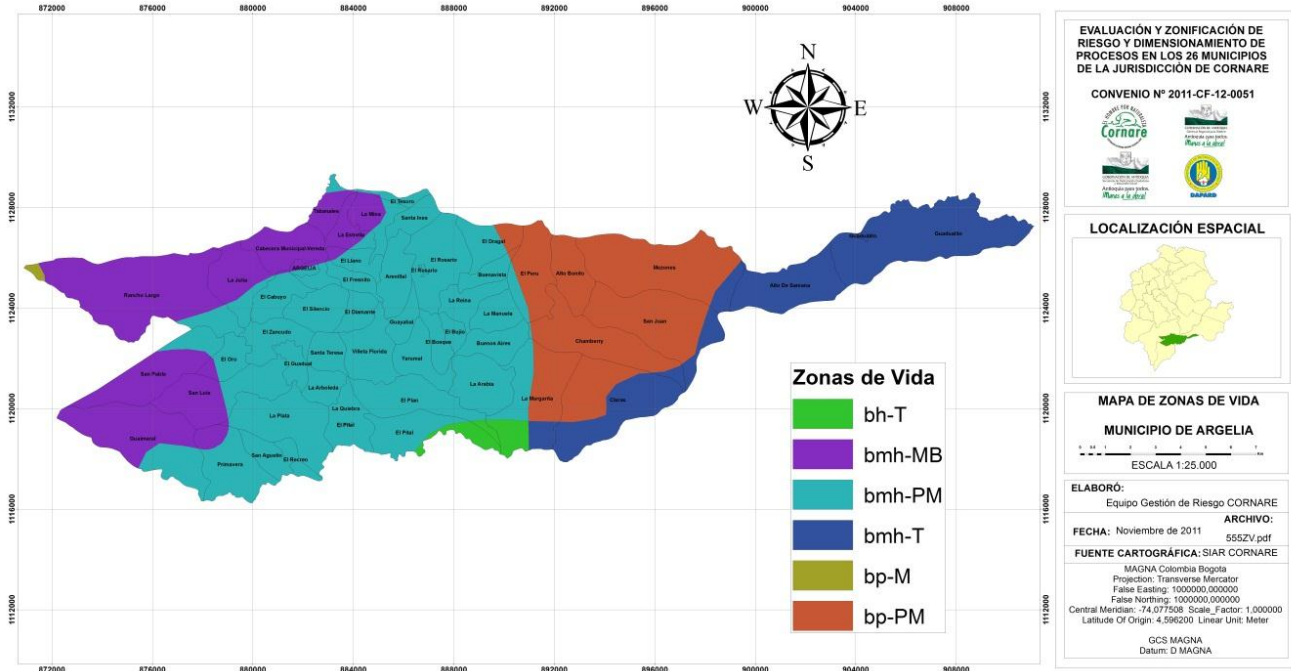
### Bosque Pluvial Premontano (bp-PM)

El bosque de esta zona de vida en su estado natural es relativamente alto, con abundantes musgos, orquídeas, aráceas, helechos, trepadoras sobre árboles y arbustos.

El límite climático lo constituye una biotemperatura media entre 18 y 24°C; el promedio anual de lluvias es superior a 4000 mm.

Estas zonas, altamente lluviosas, podrían explicarse por la disposición de las cordilleras que servirían de barreras a las masas de aire húmedo procedentes del Valle del Magdalena y que al ser detenidas en su camino dejarían en estas laderas mucha de su humedad. La abundante lluvia sobrepasa significativamente la evapotranspiración lo cual viene a traer para éstas áreas una gran cantidad de agua que no utiliza el medio biológico y que ocasiona un lavado y agotamiento de los suelos con gran celeridad.

Pertenece a esta zona de vida: Mezones, Alto Bonito, El Perú, San Juan, Chamberry y partes de las veredas Claras y La Margarita.



**FIGURA 2. MAPA ZONAS DE VIDA DEL MUNICIPIO DE ARGELIA**

## 1.4 METODOLOGIA

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

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

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

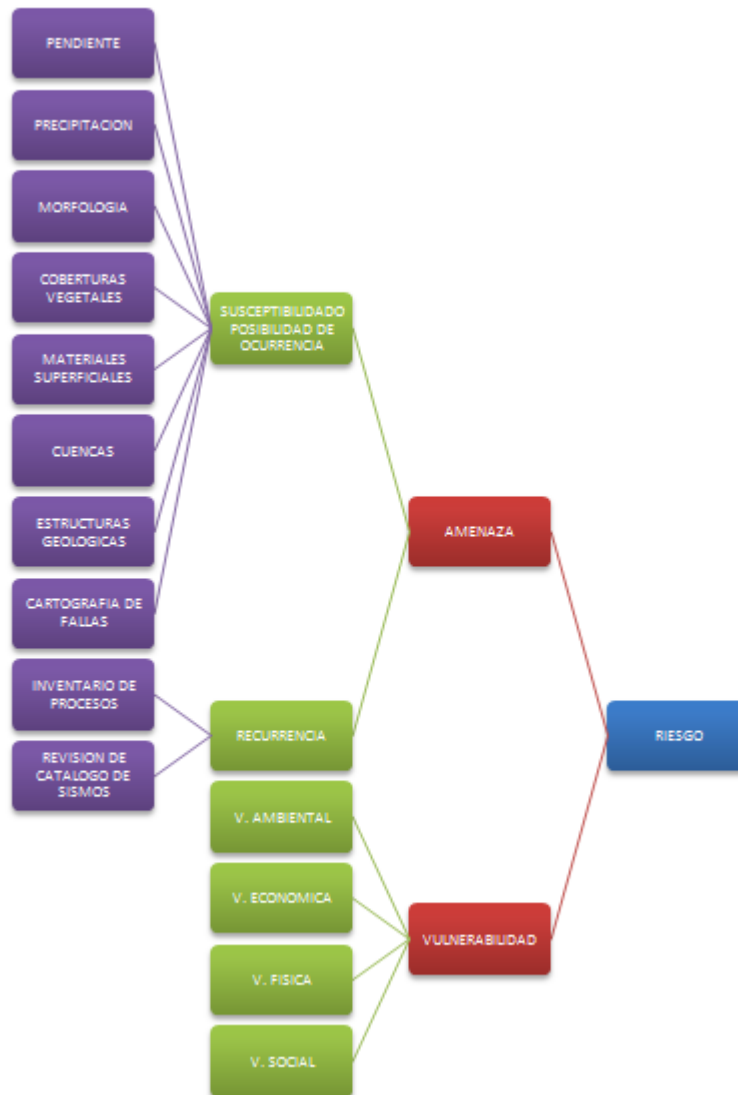


**EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE RIESGOS Y DIMENSIONAMIENTO DE PROCESOS EROSIVOS EN LOS 26 MUNICIPIOS DE LA JURISDICCIÓN DE CORNARE.  
CONVENIO CORNARE-GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA N° 2011-CF-12-0051 Y 217-2011  
MUNICIPIO DE ARGELIA**



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

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



**FIGURA 1. ANÁLISIS DE RIESGO**

### 1.4.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

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

- Base de datos documental y cartográfica de CORNARE.



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



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

#### **1.4.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS**

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

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

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

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

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

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

### 1.4.3 ANALISIS DE AMENAZA

#### 1.4.3.1 AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA:

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

Los mapas temáticos utilizados se presentan en la tabla 1.

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

**TABLA 1. LISTA DE TABLAS DE MAPAS TEMÁTICOS**

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

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

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

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

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

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

**TABLA 2. RECLASIFICACIÓN DE MATERIALES SUPERFICIALES**

<b>COBERTURA SUPERFICIAL – REGISTRO–</b>	<b>VALOR</b>
Suelo desnudo	10
Pastos	8
Cultivos anuales o transitorio	7
Bosque plantado	5
Cultivo permanente	4
Áreas construidas	3
Pastos no agrícolas (Instalaciones recreativas)	3
Arbustos, matorrales rastrojos	2

Bosques	1
Cuerpos de agua, corrientes y ciénagas	1

**TABLA 3. RECLASIFICACIÓN DE COBERTURAS**

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

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

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

**TABLA 4. RECLASIFICACIÓN DE PENDIENTES**

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

**TABLA 5. RECLASIFICACIÓN DE PRECIPITACIÓN**

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





elemento de riesgo que se pretende definir, sino la representatividad y confiabilidad de la información que se posee para la variable en específico.

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

<b>FACTOR</b>	<b>PESO FACTOR (%)</b>
Pendiente	30
Materiales superficiales	20
Precipitación	25
Cobertura superficial	25

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

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

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

Para los movimientos de masa, debido a la poca cantidad de eventos reportados en la base de datos, y a la poca extensión superficial de los mismos, se decidió no considerar cada evento por separado, sino que se estimó valores de densidad de eventos a partir de la cercanía entre ellos, para ello con la nube de puntos que surgió de la ubicación por las coordenadas de localización en la base datos, en ARC GIS, mediante de asignación de valor de pixel por proximidad de vecinos, se construyó un mapa de densidad, (formato raster) con valor de pixel de 30X30.

Se obtuvo así el mapa de recurrencia que se utilizó en el análisis. Este mapa de recurrencia muestra las áreas categorizadas de acuerdo a la frecuencia de eventos ocurridos en cada una. Los valores de pixel obtenidos para este mapa varían entre 0 y 0992.

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

FACTOR	PESO FACTOR (%)
Susceptibilidad	80
Recurrencia	20

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

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

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

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

### 1.4.3.2 AMENAZA POR INUNDACIÓN

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



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



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

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

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

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

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

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

El cruce de estas variables es útil para el análisis de la facilidad de escurrimiento, ya que tiene en cuenta el agua disponible en la superficie de la cuenca (precipitación), la presencia de cobertura vegetal, como agente que regula la esorrentía y filtración, mediante la retención y los

procesos de evapotranspiración. Estos factores determinan en conjunto la contribución del terreno a la ocurrencia de una inundación siendo por ello un indicativo de la eficacia de las Zonas de Control de la cuenca. Esta eficacia de la cuenca regula la escorrentía facilitando o mitigando las crecientes e inundaciones.

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

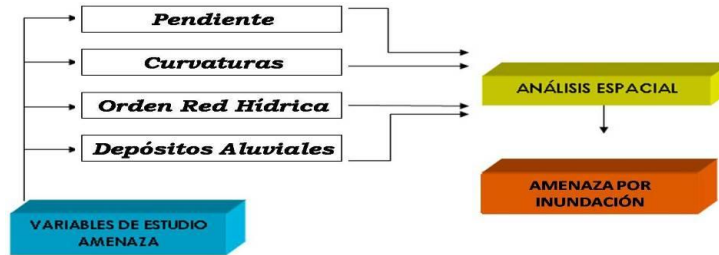
<b>INTERVALO</b>	<b>3.03–4.11</b>	<b>4.11–4.8</b>	<b>4.8–5.53</b>	<b>5.53–6.23</b>	<b>&gt;6.23</b>
<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>MUY BAJA</b>	<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>MUY ALTA</b>

**TABLA 9. ASIGNACIÓN DE ÍNDICES DE ZONAS DE CONTROL**

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

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

Para la identificación de las zonas de inundación, básicamente se utilizaron tres criterios, el primero relacionado con la ubicación e identificación de las 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 dio como resultado la susceptibilidad a inundación de las principales, corrientes, que en muchos casos, es equivalente al mapa de amenazas, ya que los datos de recurrencia deben introducirse no como puntos sino como manchas o áreas de antiguas inundaciones y en la mayoría de los casos no se cuenta con esta información. En la siguiente figura se muestra los temáticos utilizados para este análisis.



**FIGURA 2. ANÁLISIS DE ZONAS INUNDABLES**

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

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

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

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

	Arma, Porce, Nus)	
5	Rio Magdalena	700 m
6	Embalses y Ciénagas	Sin Buffer

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

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

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

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

**TABLA 11. RECLASIFICACIÓN DE PENDIENTES PARA CALCULO AMENAZA POR INUNDACIÓN.**

Con la finalidad de tener un mayor acercamiento al comportamiento de las inundaciones, sobre las llanuras aluviales, se utilizó también el concepto de curvaturas. La curvatura puede definirse como la tasa de cambio en la pendiente y depende de los cambios de la inclinación en el entorno de un punto, la medida tiene por objeto identificar las convexidades y concavidades del terreno, se asume un signo positivo y uno negativo respectivamente, dicho de otra manera, un punto sobre la llanura aluvial con una pendiente menor de 3%, tiene mayor probabilidad de ocurrencia de inundación si en ese punto se tiene una geoforma cóncava o plana, debido que en estas zonas existe mayor facilidad de acumulación del flujo, comparándolo con una geoforma convexa.

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

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

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

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

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

FACTOR	PESO FACTOR (%)
CURVATURAS	40
PENDIENTE	60

**TABLA 13. PONDERACIÓN DE CURVATURAS Y PENDIENTES**

Por último para hallar la Amenaza por Inundación ( $A_i$ ), se hizo la intercepción entre el Mapa Buffer y en mapa de Zonas Inundables, que muestra la jerarquización de las áreas a inundarse restringido a la red hídrica y las llanuras aluviales. Para este estudio no fue posible contar, en



esta fase, con el dato de recurrencia, pues no se dispuso de información significativa sobre inundaciones en la región CORNARE; por esta razón se asume la jerarquización de las Zonas Inundables como el valor de Amenaza de Inundación (Ai).

### 1.4.3.3 AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL

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

El estudio de la amenaza por avenida torrencial, toma como muestra de análisis 186 subcuencas que componen la región de CORNARE, las cuales fueron obtenidas a partir del Hidro-SIG y tienen un área variable entre 6 Km<sup>2</sup> y 153 Km<sup>2</sup>.

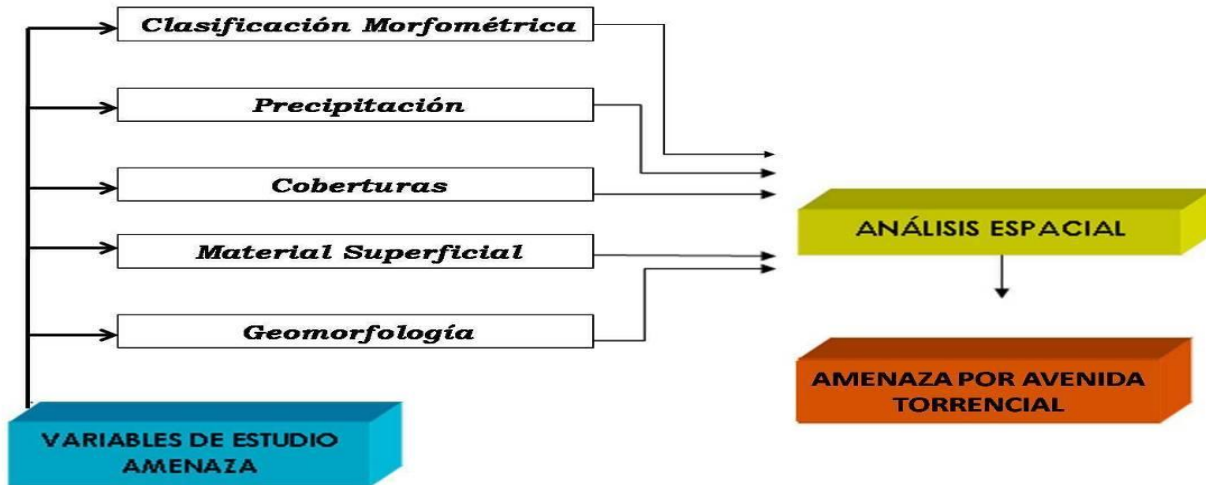
Una cuenca susceptible ante una avenida torrencial tiene varias características, las cuales se muestran en la tabla 14. Con base en la tabla 14, es claro que múltiples factores concurren para la calificación de torrencialidad de una cuenca, principalmente en este análisis confluyen dos características.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

<b>CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA TORRENCIAL</b>
Cuencas jóvenes y pequeñas menores a 200 Km <sup>2</sup>
Cuencas en regiones montañosas y escarpadas
Alta pendiente del canal central y de la pendiente media de la cuenca
Gran capacidad de socavación e incisión del cauce
Abundante material detrítico a ser arrastrado
Capacidad de transporte de material heterométrico



Cuencas con valles o cañones estrechos en V
Gran Variabilidad del caudal máximo y mínimo en la cuenca
Geoforma alargada de la cuenca
Variaciones extremas en los valores pico de precipitación
Alta susceptibilidad ante procesos de remoción en masa

**Tabla 14. Características de un cuenca torrencial**



**FIGURA 3. ANÁLISIS DE TORRENCIALIDAD**

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

En la siguiente tabla se muestra los factores utilizados y la ponderación establecida.

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

**TABLA 15. PONDERACIÓN DE FACTORES DE LA CLASIFICACIÓN MORFOMÉTRICA**

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

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

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

**TABLA 16. ASIGNACIÓN DEL ÍNDICE COMPACIDAD**

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

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

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

**Tabla 17. Asignación del índice de densidad de drenaje**

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

Además del mapa de Clasificación Morfométrica, como parte del algebra de mapas para la construcción del mapa de amenaza por torrencialidad se utilizaron los temáticos de Precipitación, Coberturas y Material Superficial, con los mismos valores de ponderación y clasificaciones establecidas para la construcción del mapa de susceptibilidad por movimiento en masa mostrado anteriormente. No obstante, se introdujo en este estudio el mapa de Geomorfología o también denominado como de relieve regional.

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

Según Arias (1995), el relieve del centro del departamento de Antioquia y en especial el área en jurisdicción de CORNARE, está compuesto principalmente por altiplanos colinados o mejor denominados como superficies de erosión, los escarpes que son franjas alargadas y estrechas de alta pendiente que separan los altiplanos, los frentes erosivos compuestos por cañones ramificados de alta incisión y los cañones lineales como el del río Medellín-Porce.

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

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

**TABLA 18. RECLASIFICACIÓN DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS**

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

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

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

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

Esta consideración orientó la decisión a desestimar el resultado de este análisis como un índice de clasificación superficial sectorial del territorio de la cuenca con relación a la susceptibilidad de ocurrencia de avenida torrencial y asumir el resultado como una clasificación de toda la cuenca, tomando este como indicativo del comportamiento torrencial de la cuenca, para obtener esto, nuevamente se realizó un análisis estadístico zonal, donde se promedió para cada una de las 186 cuencas el valor de la amenaza y se clasificó como se muestra en la siguiente tabla.

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

**Tabla 20. Asignación del índice de amenaza por avenida torrencial**



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

#### 1.4.4 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

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

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

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

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

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

- Vulnerabilidad Ambiental



- Vulnerabilidad Económica
- Vulnerabilidad Física
- Vulnerabilidad Social.

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

#### 1.4.4.1 VULNERABILIDAD AMBIENTAL:

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

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

**TABLA 21. VULNERABILIDAD AMBIENTAL**

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

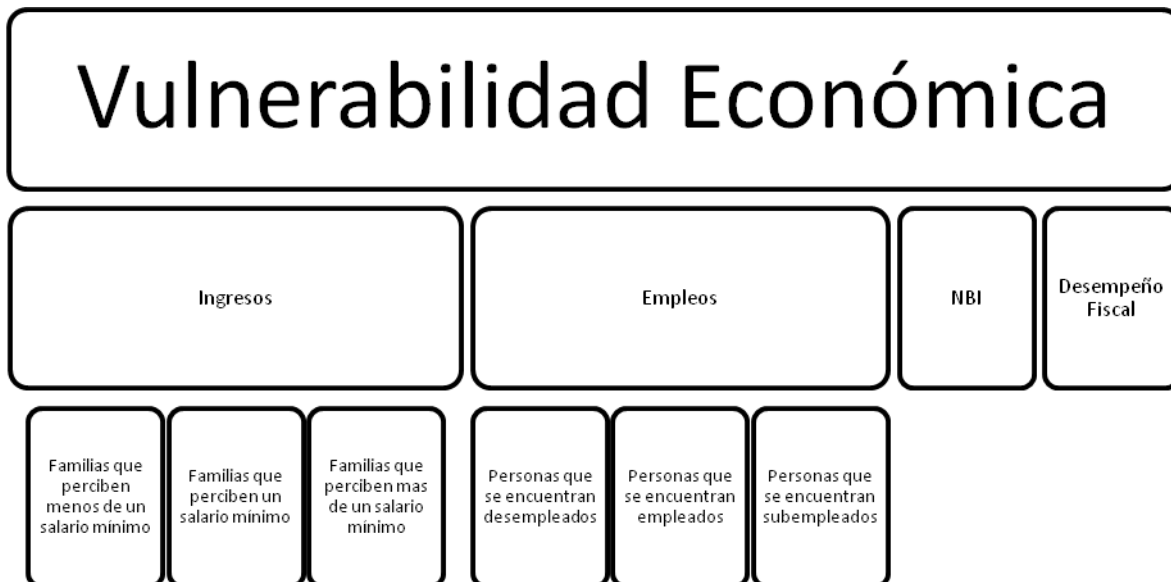
Los valores obtenidos de la vulnerabilidad Ambiental se clasificaron así:

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

**TABLA 22. CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL**

**1.4.4.2 VULNERABILIDAD ECONÓMICA:**

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



**FIGURA 4. ESQUEMA DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA**

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

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

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

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

**TABLA 23. CLASIFICACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE INGRESOS Y EMPLEOS**

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

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

**TABLA 24. RECLASIFICACIÓN DE LOS VALORES DE INGRESOS Y EMPLEOS**

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



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

**TABLA 25. RECLASIFICACIÓN DEL VALOR DEL NBI**

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

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

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

**TABLA 26. RECLASIFICACIÓN DEL VALOR DEL DESEMPEÑO FISCAL**

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

<b>EMPLEOS</b>	<b>30%</b>
<b>INGRESOS</b>	<b>30%</b>
<b>NBI</b>	<b>20%</b>
<b>DESEMPEÑO FISCAL</b>	<b>20%</b>

**TABLA 27. PONDERACIÓN DE VARIABLES DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA**

Los valores obtenidos de la vulnerabilidad Económica se clasificaron así:

<b>1</b>	<b>MUY BAJO</b>
<b>2</b>	<b>BAJO</b>
<b>3</b>	<b>MEDIO</b>
<b>4</b>	<b>ALTO</b>
<b>5</b>	<b>MUY ALTO</b>

**TABLA 28. CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA**

#### **1.4.4.3 VULNERABILIDAD FÍSICA:**

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



**FIGURA 5. ESQUEMA DE VULNERABILIDAD FÍSICA**

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

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

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

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

**TABLA 29. RECLASIFICACIÓN DE LA DENSIDAD DE VÍAS**

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

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

**TABLA 30. RECLASIFICACIÓN DE LA DENSIDAD DE VIVIENDAS**

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

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

**TABLA 31. RECLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES PARA CALIDAD DE VIVIENDAS**

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

<b>VIVIENDAS QUE REQUIEREN MEJORAS</b>	<b>60%</b>
<b>VIVIENDAS EN ZONAS DE RIESGO</b>	<b>40%</b>

**TABLA 32. RECLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE VIVIENDAS**

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

<b>DENSIDAD DE VÍAS</b>	<b>40%</b>
<b>DENSIDAD DE VIVIENDAS</b>	<b>40%</b>
<b>CALIDAD DE VIVIENDAS</b>	<b>20%</b>

**TABLA 33. PONDERACIÓN DE LOS VALORES DE VULNERABILIDAD FÍSICA**

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

<b>1</b>	<b>MUY BAJO</b>
<b>2</b>	<b>BAJO</b>
<b>3</b>	<b>MEDIO</b>
<b>4</b>	<b>ALTO</b>
<b>5</b>	<b>MUY ALTO</b>

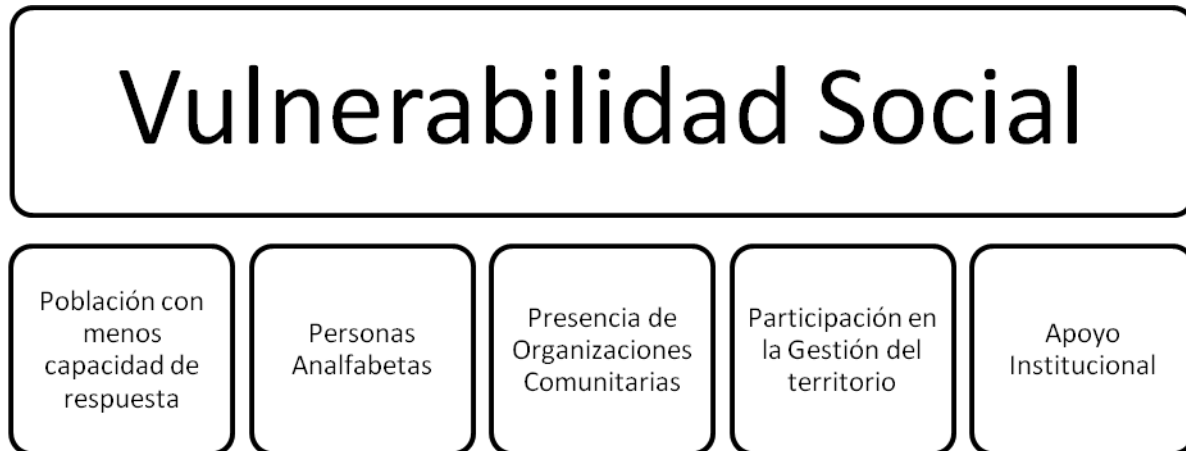
**TABLA 34. CLASIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD ECONÓMICA**

#### **1.4.4.4 VULNERABILIDAD SOCIAL:**

Para la vulnerabilidad social se utilizó el esquema de trabajo que presenta en la Figura 8.

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

La información fue determinada por los núcleos zonales de cada municipio, donde se estableció el número total de personas, el número total veredas, personas analfabetas, presencia de organizaciones comunitarias (juntas de acción comunal), participación en la gestión del territorio (participación en la elaboración de presupuestos municipales) y población con menos capacidad de respuesta (sumatoria de niños entre 0 y 13 años, adulto mayor 50 en adelante, personas discapacitadas, mujeres cabeza de familia y madres gestantes).



**FIGURA 6. ESQUEMA DE VULNERABILIDAD SOCIAL.**

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

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

**Tabla 35. Reclasificación de variables de vulnerabilidad social**

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

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

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

**TABLA 36. VARIABLES DEL FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL**

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

<b>SUMATORIA</b>	<b>VALOR</b>
1-3	1
3-6	2
6-9	3
9-12	4
12-17	5

**TABLA 37. RECLASIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE CAPACIDAD DE RESPUESTA**

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

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

**TABLA 38. PONDERACIÓN DE LAS VARIABLES DE VULNERABILIDAD SOCIAL**

Los valores obtenidos de la vulnerabilidad Social se clasificaron así:

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

**TABLA 39. CLASIFICACIÓN VULNERABILIDAD SOCIAL.**

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

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

**TABLA 40. FACTOR DE PONDERACIÓN DE VULNERABILIDADES SECTORIALES**

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

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



**TABLA 41. ASIGNACIÓN DE ÍNDICE A LA VULNERABILIDAD TOTAL**

### 1.4.5 ANALISIS DE RIESGO

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

Factor	Peso Factor (%)
Amenaza	70
Vulnerabilidad	30

**TABLA 42. PONDERACIÓN DE FACTORES DE RIESGO.**

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

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

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

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

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

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

**TABLA 44. ASIGNACIÓN DE ÍNDICE DE RIESGO POR INUNDACIÓN**

Los mapas de zonas de control y el mapa de riesgo por inundación son complementarios pues el primero define dónde tiene origen un evento de inundación en una cuenca y el segundo dónde ocurren los efectos de la ocurrencia del evento; así mismo se puede deducir de esta relación de causa-efecto que, en primer lugar, para controlar la ocurrencia de los eventos de inundación, se debe incidir sobre las zonas de control.

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

<b>INTERVALO</b>	<b>4.19-5.558</b>	<b>5.558-7.162</b>	<b>7.162-8.445</b>	<b>8.445-9.969</b>	<b>9.969-11.44</b>
<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>MUY BAJO</b>	<b>BAJA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>ALTA</b>	<b>MUY ALTA</b>

**TABLA 45. ASIGNACIÓN DE ÍNDICE DE RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL**

#### 1.4.6 MAPAS DE RIESGO PARA CADA MUNICIPIO

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

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



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



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



## 2 CAPITULO II. DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS

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

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

### 2.1 DESCRIPCIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS

Los movimientos en masa son el mayor riesgo natural que afecta la integridad de miles de personas y generan millonarias pérdidas cada año. Eventos con efectos catastróficos a menudo son detonados por precipitaciones extremas. En el caso del presente análisis, la mayor parte de los movimientos ocurrieron en los periodos de alta pluviosidad entre los años 2011-2012. Para su análisis e identificación estos eventos pueden ser discriminados por sus características morfológicas y las condiciones que los generan, circunstancias que serán analizadas en el desarrollo de este documento.

Una revisión bibliográfica sobre el estudio de movimientos en masa detonados por lluvias realizado por Aristizábal et al. (2010), menciona la existencia de variables que controlan la ocurrencia y distribución de movimientos en masa, las cuales pueden dividirse en condicionantes y detonantes; las primeras como la geología, topografía y vegetación; que contribuyen a la susceptibilidad del terreno, y las últimas, como las propiedades del suelo, la climatología, procesos hidrológicos y actividades humanas, las cuales caracterizan el patrón de ocurrencia de movimientos en masa. Es decir el relieve tiene unas características inherentes que lo hacen más o menos susceptibles a desplazarse por las fuerzas gravitacionales, el cual necesita de una variable que lo detone, como puede ser la lluvia.

Así mismo Dhakal et al. (2000), indica que la contribución en la ocurrencia de movimientos en masa por factores condicionantes, geología, topografía y vegetación, puede ser valorada, mencionando que, inciden de manera diferente en cada región al ser características variables, así como los factores detonantes, condiciones climáticas e hidrológicas.



Por lo anterior, para determinar el mapa de amenaza por movimientos en masa en el municipio de Argelia, serán empleadas variables asociadas a la geología, topografía, cobertura y condiciones climáticas, a continuación serán descritas las características, condiciones y distribución sobre el municipio de cada uno de los mapas temáticos correspondientes: Pendientes, materiales superficiales, precipitación, cobertura vegetal y geomorfología.

### 2.1.1 PENDIENTES

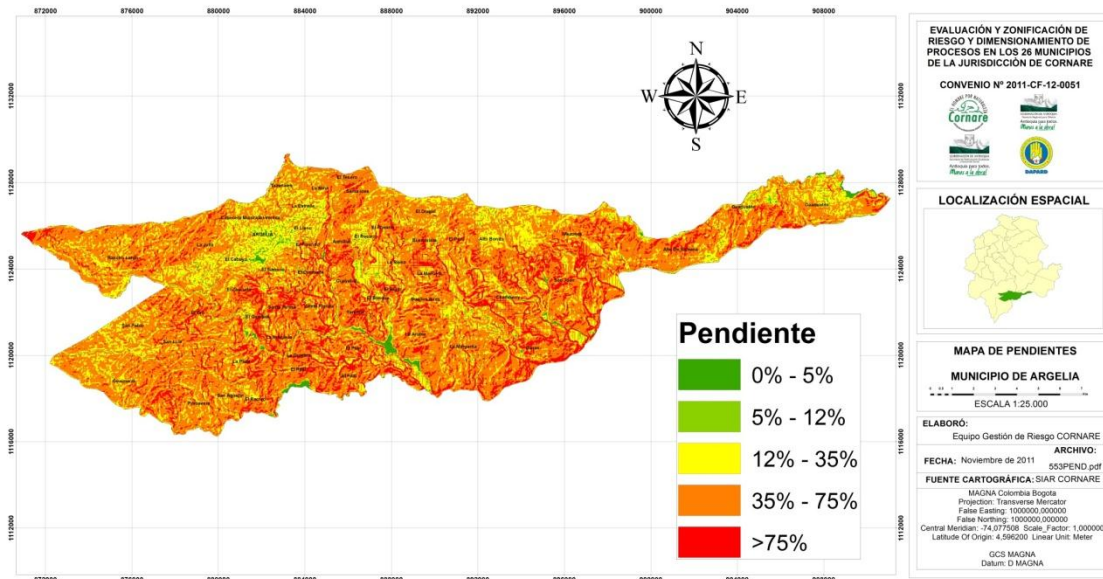
Es la línea que representa el grado de inclinación de una ladera con referencia a un plano horizontal imaginario. Un mayor grado de inclinación significa una mayor pendiente.

La pendiente es uno de los factores críticos a tener en cuenta cuando se realiza un análisis de riesgo ya que define fuerzas gravitacionales que influyen en la estabilidad de una ladera y otras características como espesor de la capa de suelo y velocidad de arrastre entre otras. En la Figura 9, se puede observar que para el municipio de Argelia las pendientes se dividen en cinco rangos a saber:

Los rangos de pendiente del 0 a 5% y del 5 a 12%, correspondientes aproximadamente al 5% del territorio de Argelia, estos valores no presentan una distribución espacial definida, son en gran proporción las superficies aluviales de las subcuencas tributarias del río Samaná Sur como son los ríos San Julián, Negrito, San Lorenzo y quebradas como El Popal, La Paloma, Chamberry, El Rosario, entre otros afluentes menores. También se presentan zonas aisladas en terrenos correspondientes a la zona urbana y a las veredas El Llano, La Estrella y el sector noroccidental de la vereda El Silencio moldeados sobre saprolito de roca intrusiva del Batolito de Sonsón.

El rango de pendiente de 12 a 35%, se presenta en gran parte del territorio municipal alcanzando casi 25% de cubrimiento, adyacente a los dos primeros rangos, lo que se expresa en el ascenso pronunciado del relieve hasta llegar a las partes medias de colinas y montañas, sin un patrón definido. Se observa este rango de pendiente en un gran porcentaje asociado a la morfología correspondiente a las zonas donde se encuentra el Batolito de Sonsón, en veredas como El Rosario (centro poblado), en el sector limítrofe entre las veredas Guayabal, Rosario, El Bosque y La Reina. También en otras veredas como La Estrella, El Llano, el sector occidental de Fresnito, La Cabecera Municipal, el sector sur de las veredas El Cabuyo y La Julia, la zona oriental de Rancho Largo, el sector norte de la vereda La Margarita, la mayor parte de Alto Bonito, el sector occidental de la vereda Mezones y la parte norte de Guadualito.

Los rangos de pendiente de 35 a 75% y mayores que éste, corresponde a la mayor parte del territorio municipal (70%) asociado a los dos tipos de litología predominante en el territorio, cuerpo ígneo del Batolito de Sonsón y rocas metamórficas cuarcitas y esquistos cuarzo sericiticos del Complejo Cajamarca. Las laderas en estas zonas están caracterizadas por pendientes fuerte y largas con cimas piramidales que conforman valles en forma de V y cañones estrechos y profundos que conforman la vertiente del río Samaná Sur y favorecen los procesos de movimientos en masa y eventos como avenidas torrenciales. Los núcleos zonales que presentan predominio de este rango son Mezones, La Reina, Villeta Florida, San Agustín. Figura 10.



**FIGURA 9. MAPA DE PENDIENTES DEL MUNICIPIO DE ARGELIA**



**FIGURA 10. ZONAS DE ALTA PENDIENTE, PANORAMICA TOMADA, DESDE LA VEREDA EL DIAMANTE HACIA LA VEREDA LA REINA**



## 2.1.2 MATERIALES SUPERFICIALES

En el municipio de Argelia se identifica la presencia de cinco unidades además del centro poblado como se puede observar en la Figura 11.

**SAPROLITO DE ROCA IGNEA:** Es un material localizado uniformemente, alcanzando a cubrir un 50% de la extensión del municipio desde el centro al occidente del territorio (núcleos zonales San Agustín, El Zancudo, Villeta-Florida y Cabecera Municipal) con unas áreas adicionales importantes del mismo material hacia el oriente en parte de las veredas El Rosario, El Dragal, El Perú, Alto Bonito, Mezones, San Juan, Claras, La Margarita, La Manuela y unas franjas alargadas en sentido este-oeste al norte de las veredas Alto de Samaná y Guadualito. Estos materiales se derivan de las rocas intrusivas que constituyen el Batolito de Sonsón de composición homogénea donde más del 90% son tonalitas y en menor porcentaje dioritas. El saprolito derivado de esta roca es de textura arenosa con meteorización esferoidal donde se pueden observar grandes bloques redondeados embebidos en una matriz limo arenosa, suprayacido por un nivel de ceniza volcánica que alcanza espesores de más de 2 m en terrenos de pendiente suave y altiplanos pero que en terrenos de fuertes pendientes son menores o casi inexistentes.

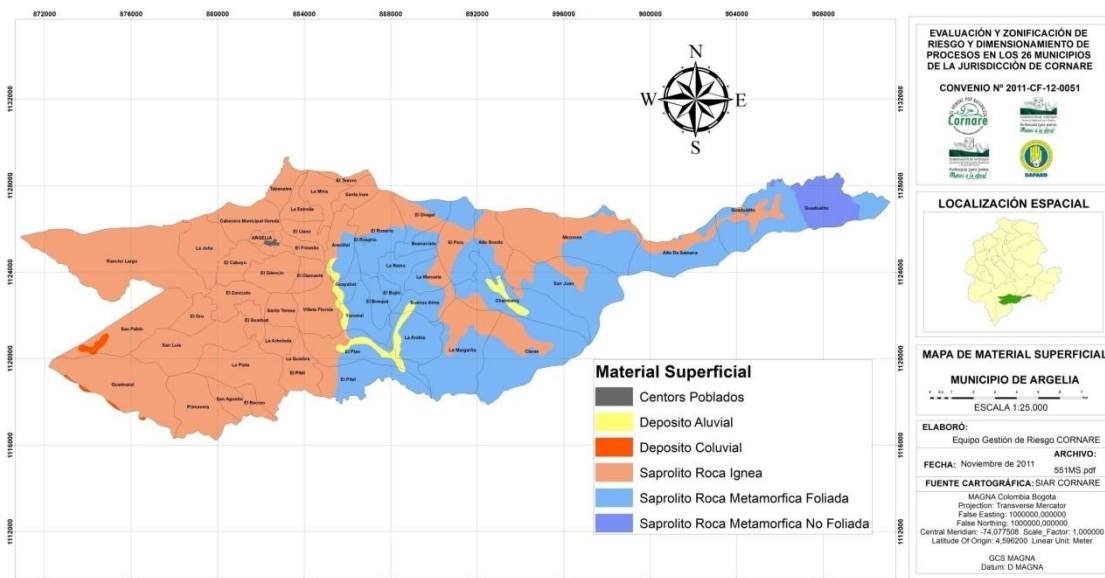
En estos materiales predominan las pendientes entre 35 y 75%, con presencia de áreas aisladas con pendientes menores de 35% que además se observan en la zona de la Cabecera Municipal.

**SAPROLITO DE ROCA METAMÓRFICA FOLIADA:** Conforman aproximadamente el 40% del territorio municipal y se encuentra desde el centro al oriente en una zona uniforme interrumpida por áreas de roca intrusiva del Batolito de Sonsón. Corresponde a cuarcitas y esquistos cuarzo-sericíticos de edad Paleozoica que fueron intruídos por el cuerpo anterior. Las cuarcitas son rocas muy resistentes a la meteorización que una vez se descomponen generan un suelo arenoso de color crema. Las pendientes que predominan en este tipo de cobertura son del rango de 35-75% ó más, corresponden a este tipo de cobertura las veredas Bujío, La Reina y El Bosque en su totalidad y parte de las veredas Arenillal, El Rosario, Guayabal, Yarumal, El Plan, El Pital, La Arabia, La Manuela, Buenos Aires, Buenavista, El Dragal, El Perú, Alto Bonito, La Margarita, Mezones, Chamberry, Claras, San Juan, Alto de Samaná y parte de Guadualito.

**SAPROLITO DE ROCA METAMÓRFICA NO FOLIADA:** se presenta en una zona aislada en la vereda Guadualito al oriente del territorio municipal.

**DEPÓSITO COLUVIAL:** Esta unidad corresponde a un área puntual localizada al suroccidente de la vereda San Pablo y en la vereda Guaimaral en zonas delimitadas a lo largo del Río Negrito en límites con el municipio de Nariño, son terrenos donde predominan las pendientes altas con rangos mayores a 35% que corresponde a zonas de acumulación de vertiente (coluviones) producidos por diferentes procesos erosivos donde se pueden encontrar flujos de escombros, de talus, de tierra y rocas. Corresponde a un 1% del área de municipio de Argelia.

**DEPÓSITO ALUVIAL:** Esta unidad se presenta como cuatro franjas en la zona central del territorio municipal demarcando la llanura aluvial de la quebrada San Julián a su paso por las veredas Arenillal, Guayabal y Yarumal, la llanura aluvial de la parte baja del río La Paloma en la vereda El Plan, otra franja entre las veredas Buenos Aires y La Arabia que corresponde a la cuenca de la quebrada El Rosario y la llanura aluvial de la quebrada Chamberry en la vereda del mismo nombre, siendo terrenos de pendiente menos fuerte, caracterizados por ser zonas de acumulación de material transportado por las corrientes (aluviones).



**FIGURA 11. MAPA DE MATERIALES SUPERFICIALES DEL MUNICIPIO DE ARGELIA**





### 2.1.3 PRECIPITACIÓN

En la Figura 12 que se muestra a continuación se observan 6 franjas casi lineales que se distribuyen de occidente a oriente de manera secuencial de acuerdo a los rangos de precipitación presentados en las diferentes zonas, excepto la última franja ubicada en el extremo oriental la cual no representa el rango de precipitación más alto sino que sus valores son los mismos que la tercera franja.

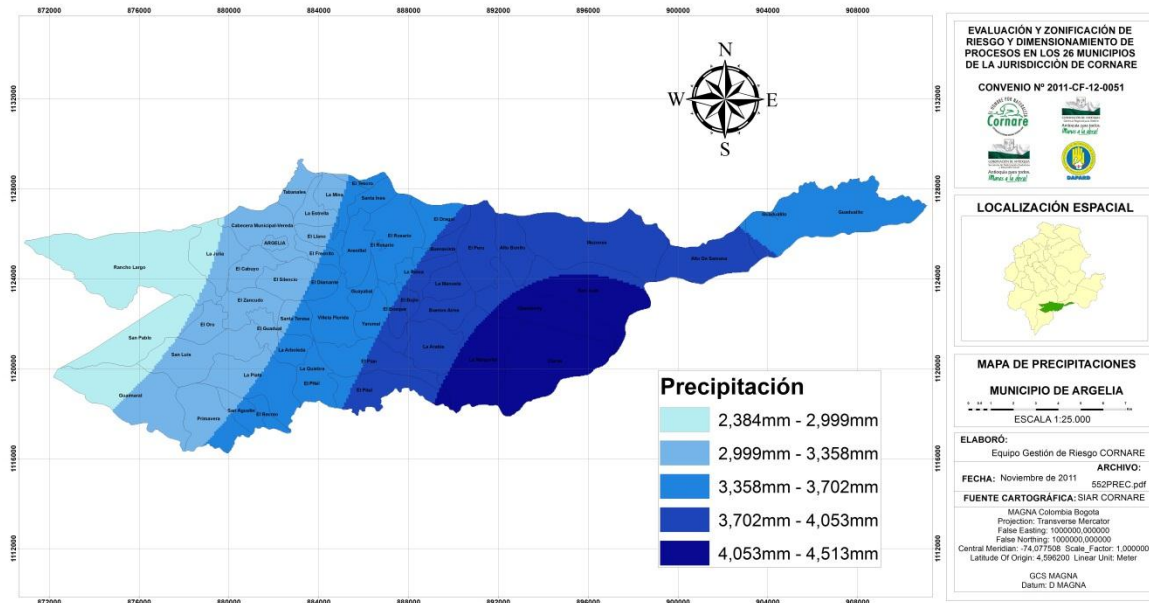
De este modo, se tiene la primera franja ubicada en el extremo occidental del municipio, limitando con Nariño y Sonsón, la cual presenta un rango de precipitación anual con valores entre 2384 mm y 2999 mm cubriendo un 15% del total del territorio.

La segunda franja comprende la zona cuyo rango de precipitación anual varía entre 2999 mm y 3358 mm. Contigua a la anterior franja de menor precipitación, representa un 18% de la superficie municipal. Los valores de precipitación de 3358 mm a 3702 mm están representados tanto en la franja ubicada en el centro del municipio, paralela a las dos zonas anteriormente descritas, como en el extremo oriental en límites con el municipio de Sonsón. Estas dos franjas cubren aproximadamente un 25% del territorio del municipio de Argelia.

La cuarta zona representa valores de precipitaciones entre 3702 mm y 4053 mm. Se presenta como una franja que cubre el territorio de norte a sur y se extiende hacia el oriente hasta cubrir la vereda Alto de Samaná. Cerca del 25% del territorio presenta este patrón de lluvias.

La quinta y última zona contiene precipitaciones de 4053 mm a 4513 mm. Esta franja con forma semicircular y limitando con el departamento de Caldas, cubre aproximadamente el 17% del municipio siendo la zona de mayor precipitación correspondiendo con la vertiente del río Samaná Sur.

Esta tendencia que presentan las zonas de precipitación dispuestas en orden ascendente de occidente a oriente, en cuanto a cantidad de lluvia, se puede explicar mediante la disposición de la cordillera central de los Andes, la cual conforma el sistema montañoso de Argelia, alcanzando alturas máximas en el occidente lo que impide el paso de las corrientes de aire húmedo provenientes del río Magdalena, las cuales se acumulan y se condensan en el costado oriental del municipio, zona donde se presentan una serie de lomas y caídas de agua que finalmente van a ser evaporadas para ser parte de las precipitaciones en las zonas más lluviosas.



**FIGURA 12. MAPA DE PRECIPITACIONES DEL MUNICIPIO DE ARGELIA**

### 2.1.4 COBERTURAS

El papel de la vegetación en la estabilidad del relieve ha sido evaluado por muchos científicos concluyendo que, el efecto mecánico del sistema radicular favorece la estabilidad de las laderas al incrementar la resistencia del suelo a desplazarse, esto se atribuye al formar las raíces una red de anclaje al interior de los horizontes más superficiales. La relación positiva de la vegetación en la estabilidad del terreno, está dada generalmente a mayor variabilidad en las características fisonómicas y florísticas.

Por otra parte, la vegetación influencia la estabilidad de las laderas en dos formas (1) reducción de la humedad del suelo por evapotranspiración e interceptación; y (2) mayor cohesión del suelo por aportes del sistema radicular (Aristizábal, et al, 2010). Actuando estas formas en reducir la incidencia de factores detonadores e inductores de movimientos en masa, siendo estas características de gran importancia en los trópicos donde la evapotranspiración es alta durante todo el año. Sin embargo, cuando las precipitaciones son muy intensas y de larga duración, el efecto de la vegetación sobre el ciclo hidrológico es mínimo. Por causa de esta condición, el mayor efecto se da en condiciones de menor precipitación. (Suarez, 1993).

En la Figura 13 se identifican cuatro tipos de cobertura que son, en su orden de mayor a menor porcentaje, bosques, rastrojos, cultivos transitorios y pastos. Esta dominancia permite dividir el municipio en tres zonas dispuestas de occidente a oriente.



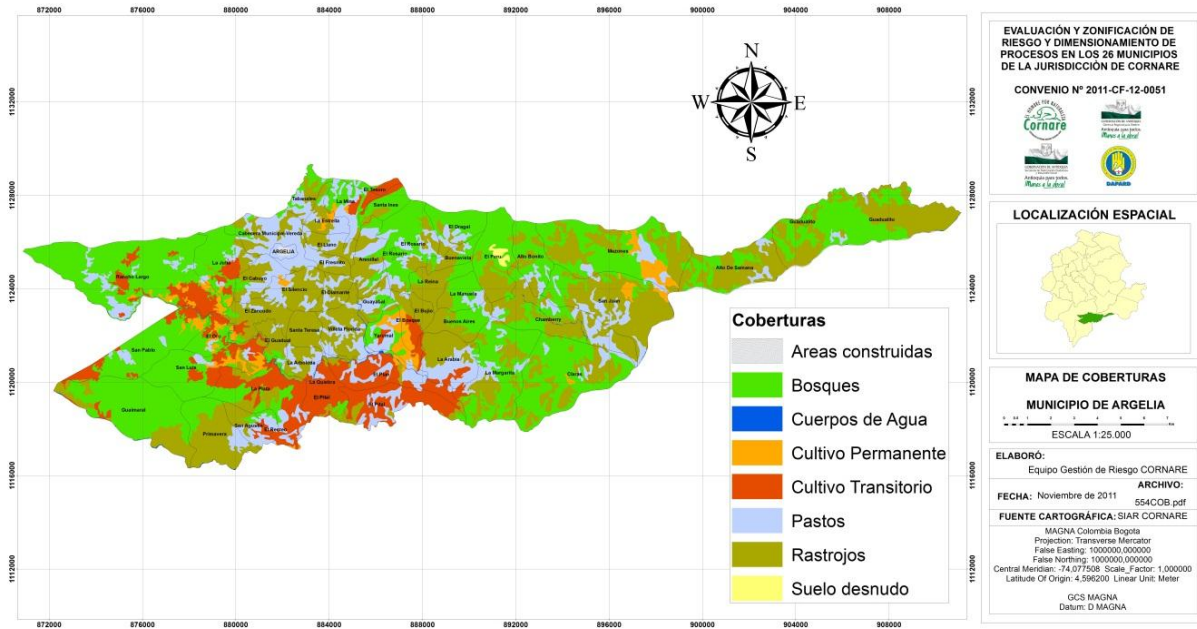
**EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE RIESGOS Y DIMENSIONAMIENTO DE PROCESOS EROSIVOS EN LOS 26 MUNICIPIOS DE LA JURISDICCIÓN DE CORNARE.  
CONVENIO CORNARE-GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA N° 2011-CF-12-0051 Y 217-2011  
MUNICIPIO DE ARGELIA**



En la primera zona, ubicada en el sector occidental, se observan dos brazos del municipio que se extienden hacia este costado y que representan cerca del 15% del área total. En ella la cobertura predominante son los bosques, acompañados de algunas pequeñas áreas de pastos, cultivo transitorio y rastrojos, lo que hace deducir que es una zona con poca intervención antrópica si se compara con el resto del municipio.

La segunda zona representa aproximadamente el 40% del municipio y está localizada en el centro occidente del territorio municipal, rodeando la zona urbana donde se encuentran las áreas construidas. En esta zona predominan coberturas como pasto, cultivo transitorio y rastrojo. El cultivo transitorio se concentra en el sur en límites con Nariño, sobre los terrenos que conforman las cuencas de los ríos La Paloma y Río Negrito. Por su parte el rastrojo se presenta en diferentes estados de regeneración como resultado de la recuperación del suelo y la vegetación después de la finalización de los cultivos transitorios o de la intervención de bosques. Además se pueden apreciar algunas franjas pequeñas aleatorias de cultivos permanentes. Por otro lado, los pastos se muestran como consecuencia del establecimiento de algunas actividades ganaderas, presentes en grandes extensiones en la mayor parte de esta zona pero con mayor abundancia en el extremo norte exactamente alrededor de la cabecera municipal. Figura 14.

La zona del costado oriental cubre cerca del 45% del municipio y a ella corresponden coberturas predominantes como bosques y rastrojos, salpicados con algunas franjas de cultivos permanentes ubicadas en el centro de la misma y una pequeña área de suelo desnudo en la vereda El Perú. Los pastos se encuentran localizados en una franja a lo largo del río Chamberry y en otras franjas más pequeñas dispersas hacia el extremo oriental en las veredas Alto de Samaná y Guadualito.



**FIGURA 13 MAPA DE COBERTURAS SUPERFICIALES DEL MUNICIPIO DE ARGELIA**

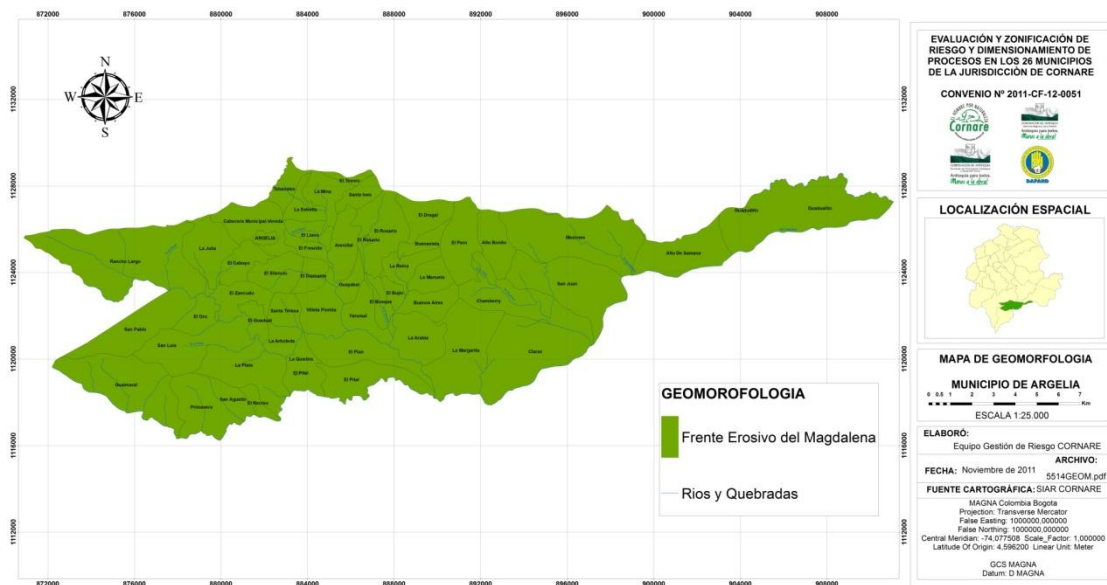


**FIGURA 14. COBERTURAS SUPERFICIALES DEL MUNICIPIO DE ARGELIA, PASTOS, CULTIVOS TRANSITORIOS, BOSQUES**

## 2.1.5 GEOMORFOLOGIA

En el territorio del municipio de Argelia se encuentra una sola unidad morfológica (Figura 15): El Frente Erosivo del Magdalena cubriendo el 100% del territorio municipal.

**Frente Erosivo del Magdalena:** corresponde a un frente de erosión continuo de norte a sur generado por los ríos que fluyen al Magdalena donde se han formado fuertes pendientes y cañones entre 2100 m y 1000 m, que separan la superficie de erosión del Altiplano de Rionegro de las tierras más bajas localizadas hacia el este (Hermelin, 2007).



**FIGURA 15. MAPA DE GEOMORFOLOGIA DEL MUNICIPIO DE ARGELIA**

## 2.2 DESCRIPCIÓN DE MAPAS DE AMENAZAS

Como resultado del análisis de los mapas temáticos descritos, utilizando los criterios determinados en la metodología, se obtuvieron los siguientes mapas de amenaza, identificados para los tres eventos considerados en este proyecto: Movimiento en Masa, Avenida Torrencial e Inundación.



### 2.2.1 AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA

La amenaza hace referencia a la probabilidad de que ocurra un evento con cierta magnitud de origen natural, socio natural o antrópico, que tiene la potencialidad de generar daños y pérdidas en un espacio y tiempo determinado.

El mapa de amenaza por movimiento en masa del municipio de Argelia, Figura 16, muestra la distribución de las zonas que pueden ser afectadas por movimiento de masa, en él se aprecian los niveles de amenaza agrupados en cinco niveles que se distribuyen en todo el municipio aunque se pueden visualizar tres zonas principales: Una zona occidental que corresponde aproximadamente el 50% de municipio con un rango de amenaza en mayor proporción medio aunque presenta intercalaciones de rangos de amenaza alta principalmente al norte del territorio y otras áreas menores donde predomina la amenaza baja. Otra zona centro oriental donde predominan los rangos de amenaza alto a muy alto y una tercera zona alargada en dirección este-oeste, ubicada al norte del territorio y que se extiende hasta el extremo oriental del mismo donde se tiene un rango de amenaza en mayor proporción medio.

#### ZONA DE AMENAZA MUY BAJO Y BAJO

Corresponde a las llanuras aluviales de algunas corrientes que cruzan el territorio del Municipio de Argelia, especialmente las de las quebradas El Popal, La Paloma, San Julián, Chamberry y parte baja del Río Negrito con sus respectivos tributarios. Así mismo la zona urbana y sectores aledaños a la misma donde el rango de pendiente se encuentra entre bajo y medio (5-35%) presentando una cobertura superficial de pastos, rastrojos y bosques que ayudan a proteger el suelo de erosión y favorecen la evapotranspiración, sin una distribución espacial definida y ubicados en un buen porcentaje en las zonas de menor precipitación del territorio municipal (segundo rango 2999 mm-3358 mm). Se concentra principalmente en la zona occidental sobre suelos derivados del Batolito de Sonsón.

Algunas veredas donde esta característica se presenta como áreas pequeñas intercaladas con otras de amenaza media son Rancho Largo, La Julia, El Cabuyo, San Pablo, San Luis, Guaimaral, Primavera, La Plata, El Zancudo, El Silencio, La Estrella, El Llano, la parte norte de Alto Bonito, el sector occidental de Mezones, sector norte de La Margarita, noroccidente de Claras y Guadualito.

#### ZONA DE AMENAZA MEDIA

Se presenta en la mayor parte del territorio municipal alcanzando un 50% de cubrimiento. Correspondiente a las áreas adyacentes a las llanuras aluviales donde se presentan zonas de



amenaza muy baja-baja al aumentar progresivamente la pendiente a rangos entre 12%-35%, en el sector occidental y en una franja alargada al norte en sentido este-oeste del centro al extremo oriental. En gran parte de este rango de amenaza media, el material superficial corresponde a saprolito de roca intrusiva del Batolito de Sonsón, la cobertura es característica de rastrojos, bosques y pastos siendo variable la precipitación entre los rangos bajo y alto sin un patrón determinante. Las pendientes aumentan con relación a las zonas con amenaza muy baja-baja alcanzando el nivel alto entre 35-75%.

El rango de amenaza medio se puede observar con mayor incidencia en los siguientes núcleos zonales: Mezones en las veredas Mezones y Guadualito; N. Z La Reina, al noroccidente de la vereda Claras, norte de La Margarita y occidente de la vereda El Perú; N. Z. Rosario, al norte de El Dragal, norte de El Rosario, norte de Arenillal y oriente de Santa Inés; en el N. Z. Cabecera Municipal se observa este nivel de amenaza medio al norte de Tabanales, noroccidente de La Julia y la mayor parte de Rancho Largo; en el N. Z. El Zancudo, en el 80% de la vereda San Pablo y de San Luis y sector suroccidental de El Oro; y por último en el N. Z. San Agustín en las veredas Guaimaral, Primavera y el sector colindante entre las veredas San Agustín y La Plata. Las características que determinan la ocurrencia del nivel medio, son principalmente los niveles de inclinación del terreno, 12 a 75%, y los usos en superficie, principalmente los que favorecen la infiltración como pastos con uso en pastoreo que deterioran la estructura del suelo y facilitan la infiltración, contribuyendo al incremento de pérdida de cualidades físicas del suelo y facilitando la inestabilidad del terreno.

## ZONA DE AMENAZA ALTA

Se presenta en un 30% del territorio municipal concentrado principalmente en la zona central, sur y suroriental del municipio y en algunos sectores entremezclados con zonas de amenaza media hacia el occidente y norte del mismo. Corresponde en la primera zona mencionada, a material superficial derivado de rocas metamórficas foliada en un gran porcentaje, aunque también se desarrolla sobre saprolito de roca ígnea intrusiva del Batolito de Sonsón al norte y occidente del territorio, al suroccidente de las veredas Guaimaral y San Pablo se presenta este rango de amenaza alta asociados a depósitos coluviales, producto de la erosión de zonas más altas.

En las zonas de amenaza alta, predominan los cultivos transitorios, cultivos permanentes y pastos que favorecen la erosión y denudación del suelo así como del aumento en la velocidad de la escorrentía y la saturación de los terrenos aumentando el nivel de amenaza por movimientos en masa en estas zonas. Los promedios anuales de precipitación aumentan hacia el Este paulatinamente para este nivel de amenaza, variando desde 2999 mm hasta alcanzar los 4513 mm anuales en las veredas San Juan, Chamberry, Claras y La Margarita. Otra característica de las zonas de amenaza alta es la correspondencia con terrenos donde las pendientes en mayor porcentaje corresponden a rangos entre 35-75% y superiores a éste último. La susceptibilidad de los materiales superficiales dentro de los que se encuentra en



menor proporción los coluviones que por su origen presentan un comportamiento inestable que favorece los procesos de remociones sumado al cambio en el uso del suelo para actividades agropecuarias como ampliación de la frontera agrícola, promoviendo la denudación del terreno exponiéndolo a agentes erosivos; por otro lado las altas pendientes desarrolladas en laderas abruptas y valles profundos, son factores que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa en la zona que presenta amenaza alta.

#### ZONA DE AMENAZA MUY ALTA

Se presenta en un 15% del territorio municipal concentrado en la zona centro-oriental del mismo como una franja semicircular donde el extremo suroccidental corresponde a la totalidad de la vereda El Pital, y el 50% de las veredas El Plan y La Arabia, observándose uniformidad de conformación de este nivel de amenaza que en dirección hacia el norte se presenta en las veredas Yarumal, Guayabal, en algunos sectores aislados de las veredas Arenillal, El Rosario, El Dragal, Buenavista, El Perú y hacia el oriente Alto Bonito y Chamberry, hacia el extremo suroriental las veredas San Juan y Claras; además, se presenta una zona uniforme en la vereda Mezones y dos sectores aislados en la vereda Alto de Samaná que se pueden correlacionar con coluviones, material que por sus características físico mecánicas presenta condiciones desfavorables. También en el extremo suroccidental de la vereda San Pablo y relacionado con un depósito coluvial se identifica otro pequeño sector.

Las zonas de amenaza muy alta están relacionadas, además de presentar rangos de pendientes entre 35-75% y más, con desarrollo de laderas largas y profundas, con coberturas de cultivos transitorios, cultivos permanentes, rastrojos y puntualmente en la vereda El Perú, con suelos desnudos favoreciendo el lavado de finos y la erosión profunda derivando en remociones de diferentes características. El material superficial que en mayor porcentaje propicia este nivel de amenaza es el correspondiente al saprolito de roca metamórfica foliada con rangos de precipitación que varían desde 3702 mm hasta 4513 mm anuales siendo los más altos del municipio.



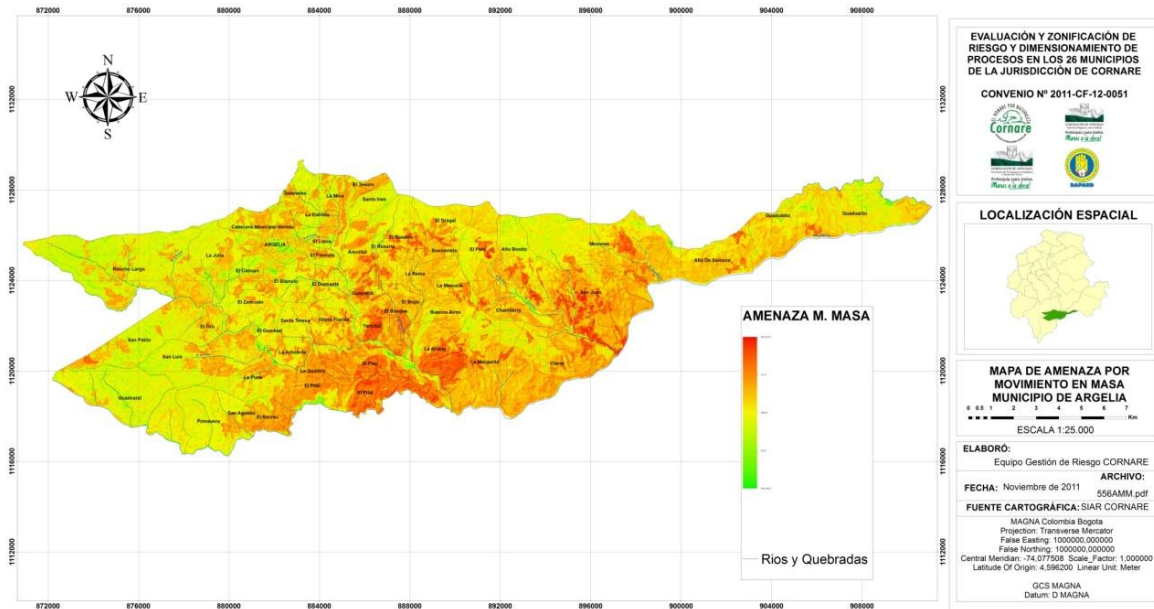


FIGURA 16. MAPA DE AMENAZA POR MOVIMIENTO EN MASA DEL MUNICIPIO DE ARGELIA

## 2.2.2 Amenaza por Inundación

Las inundaciones son procesos naturales recurrentes propios de la dinámica de los ríos y quebradas que ocurren cuando el caudal de una corriente supera la capacidad de su cauce y desborda las márgenes como consecuencia de factores climáticos, aunque la interferencia humana en los sistemas hídricos, puede aumentar o causar las inundaciones como por ejemplo el cambio del uso del suelo cuando se transforma un área rural en un área urbana aumentando la escorrentía y la velocidad de descarga en las corrientes, la deforestación, las canalizaciones, entre otras.

Los niveles de amenaza por inundación en el municipio de Argelia muestran las zonas que pueden ser afectadas por dichos eventos como se muestra en la Figura 17 donde se definen dos niveles principales de amenaza: Amenaza alta-muy alta y amenaza baja. Estas áreas en conjunto conforman corredores estrechos y largos que coinciden con los terrenos de cauces y llanuras aluviales, sitios que debido a su localización en la parte central o baja de las cuencas son zonas más propensas a esta clase de fenómenos. En concordancia con lo anterior, las áreas adyacentes a las corrientes con menor pendiente son las que presentan niveles de amenaza mayor, disminuyendo el nivel de amenaza con el aumento de la pendiente.



## ZONA DE AMENAZA ALTA A MUY ALTA

Para el municipio de Argelia se tiene que los sitios que cumplen con estas características situándose en el rango de amenaza alta a muy alta son: La llanura aluvial del Río Negrito en el trayecto que cruza el territorio municipal en el extremo suroriental de la vereda El Recreo y el 60% del trayecto que recorre en el sector sur de la vereda La Quiebra.

En el río La Paloma se tiene que este nivel de amenaza se encuentra en seis puntos definidos, los dos primeros cerca de la confluencia con la quebrada La Plata en límites de las veredas San Luis, El Guadual y La Plata; el tercero en la confluencia de un tributario entre las veredas La Plata y La Arboleda (Figura 17); el cuarto se presenta como una franja alargada entre las veredas EL Plan y Yarumal aguas abajo de la confluencia de la quebrada San Julián; el quinto sector se ubica en el sitio donde tributa la quebrada El Rosario, en límites entre las veredas El Plan y La Arabia y por último en una zona limítrofe entre las veredas El Plan, La Arabia y La Margarita.

En la quebrada San Julián puntualmente se presenta el nivel de amenaza alta-muy alta en un pequeño sector entre las veredas El Fresnito y Arenillal.

Hacia el oriente del municipio se presenta este nivel de amenaza en la quebrada Chamberry en tres pequeños sectores entre las veredas Chamberry y Claras. En la parte media de un afluente de esta misma quebrada a su paso por la vereda San Juan, también se presenta este nivel de amenaza.

En la quebrada Aguabonita se presenta este nivel de amenaza en el extremo suroriental de la vereda Mezones.

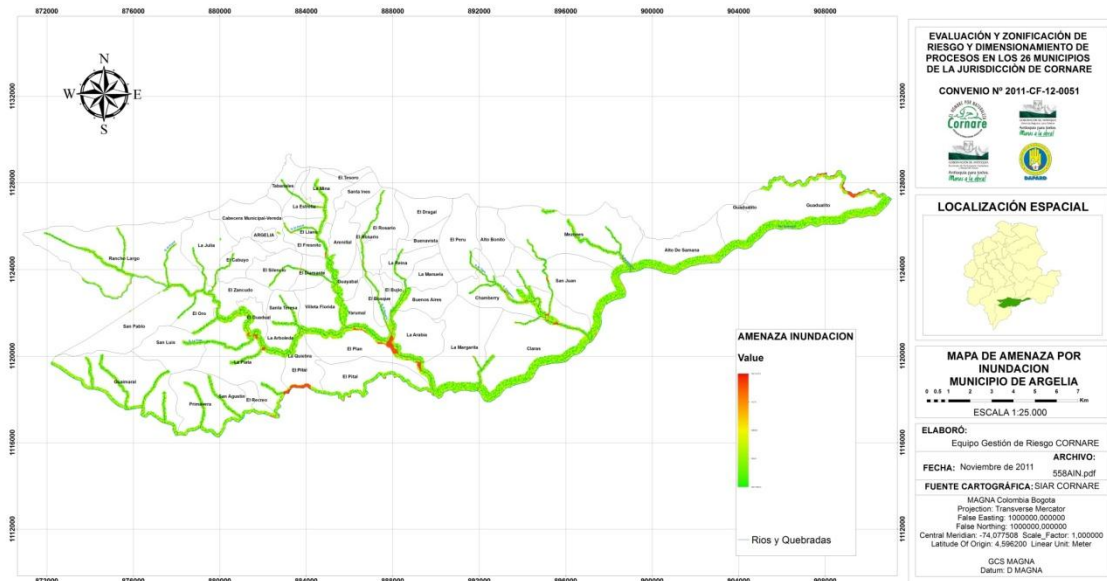
Por último en el río San Lorenzo en límites con el municipio de Sonsón (parte baja) se presenta este nivel de amenaza específicamente en el extremo nororiental de la vereda Guadualito.

Las zonas con algún nivel de amenaza, por su localización, se encuentran en terrenos conformados por llanuras aluviales constituyendo corredores que bordean las corrientes pertenecientes a la vertiente del río Samaná Sur dentro de la unidad morfológica conocida como el Frente de Erosión del Río Magdalena. Entre los factores que favorecen el aumento en cantidad y velocidad del escurrimiento, además de terrenos con pendientes entre 0-12%, se tiene la presencia de rastros, pastos y cultivos transitorios, los dos últimos influyen directamente haciendo que el agua no sea retenida adecuadamente y con ello se propicia la formación de crecientes que produce la inundación en la parte baja y niveles más altos de

precipitación que en la zona occidental del municipio alcanzando entre 3358 mm y 4513 mm como promedio anual.

### ZONA DE AMENAZA BAJA A MUY BAJA

Los otros sectores de los afluentes antes descritos y sus tributarios, se encuentran en este nivel de amenaza, así como también las áreas adyacentes al cauce del río Samaná Sur, sin desconocer que las zonas adyacentes al nivel de amenaza alta-muy alta pueden presentar un nivel de amenaza medio a medida que aumenta la pendiente. Uno de los factores que contribuyen a que el escurrimiento sea más lento en la mayor parte de los drenajes que cruzan el municipio de Argelia es la cobertura de bosques y rastrojos. Por otro lado, el territorio está conformado en gran parte por valles estrechos y profundos con una fuerte pendiente donde es más improbable la ocurrencia de inundaciones.



**FIGURA 17. MAPA DE AMENAZA POR INUNDACION DEL MUNICIPIO DE ARGELIA**



### 2.2.3 AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL

Se entiende por avenida torrencial un incremento significativo y violento del caudal hidrológico con arrastre de material sólido, transportado en suspensión para el material fino, y/o en carga de fondo para el material grueso, a partir de un fenómeno desencadenante, como lluvias intensas, represamientos o por abundantes deslizamientos en una cuenca.

Según lo que se puede observar en la Figura 18, el mapa de amenaza por avenida torrencial, muestra las principales cuencas que drenan el municipio, jerarquizadas en virtud de la posibilidad de ocurrencia de una avenida torrencial a partir de sus características biofísicas.

La amenaza por avenida torrencial en el municipio de Argelia, se presenta en dos rangos: Muy alto y alto. Aproximadamente el 70% del territorio municipal corresponde al rango de amenaza por avenida torrencial muy alto asociado a las cuencas de los ríos Negrito y La Paloma y de las quebradas El Rosario, Chamberry y Aguabonita y todos sus afluentes; el nivel de amenaza alto se encuentra asociado a la cuenca de la quebrada San Julián y sus tributarios en el sector norte del municipio incluyendo la zona urbana.

#### ZONA DE AMENAZA MUY ALTA

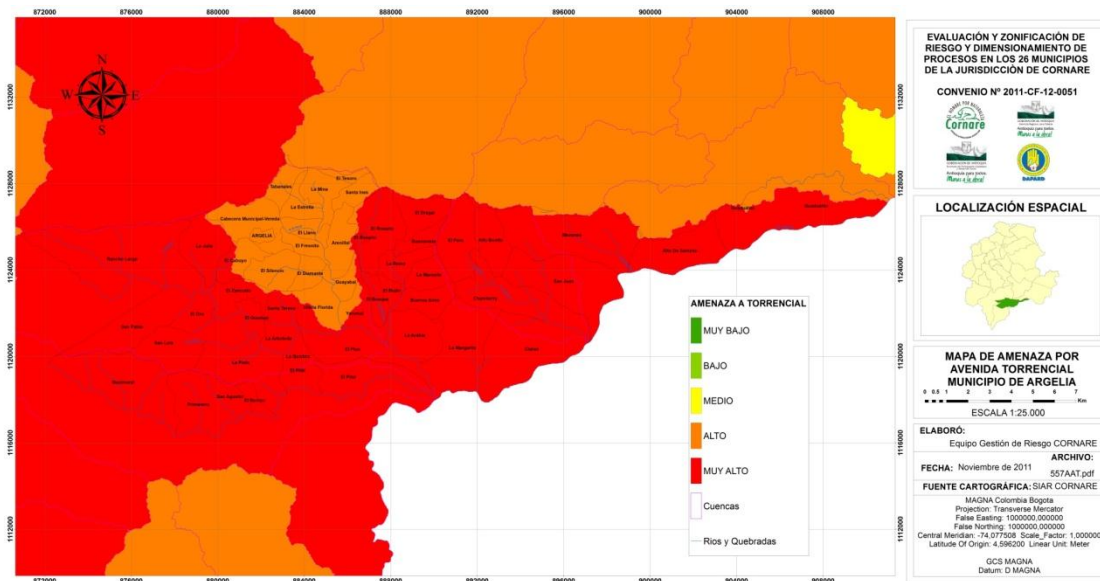
Este nivel se localiza en el sector occidental, sur, centro oriental y oriental del territorio de Argelia, asentados sobre la superficie de erosión del río Magdalena, las cuencas localizadas aquí surgen por el proceso de incisión de los drenajes, dando lugar a cuencas alargadas y profundas con pendientes fuertes que corren en dirección hacia el oriente modeladas tanto en saprolito de roca ígnea intrusiva del Batolito de Sonsón como en saprolito de roca metamórfica foliada. Sobre estos terrenos se ha producido un fenómeno de ampliación de la frontera agrícola en detrimento de los bosques naturales sobre los cuales la deforestación y tala indiscriminada de árboles con fines económicos que dan lugar a la implementación de cobertura de pastos y cultivos transitorios, generan cuencas con alta capacidad de concentración que sumado al aumento de la intensidad de las precipitaciones, a las fuertes pendientes y a la disponibilidad de materiales finos y gruesos, ocurren fácilmente crecientes que derivan en avenidas torrenciales. La ocurrencia de amenaza alta y muy alta por movimiento de masa en la mayor parte de este sector, favorece la ocurrencia de remociones en masa que obstruyen las corrientes produciendo represamientos que facilitan los fenómenos de avenidas torrenciales.

## ZONA DE AMENAZA ALTA

El nivel con amenaza alta, se localiza del centro al norte del municipio hasta límites con Sonsón. Comprende la cuenca del río San Julián y sus tributarios como las quebradas San Andrés, El Tesoro, El Diamante, El Peñol y otras, y las quebradas que cruzan la zona urbana como Llanadas, Dos Quebradas, El Apique, El Aginaldo entre otros afluentes.

Esta zona está moldeada sobre saprolito de roca ígnea intrusiva del Batolito de Sonsón donde los rangos de pendientes en promedio son algo menores que los que se presentan en la zona de amenaza muy alta. Hacia la zona urbana predominan las pendientes medias de 12 a 35%, aunque pueden verse pequeñas áreas dispersas con pendiente alta 35 a 75%, los usos del suelo son de pastos y rastrojos, con algunas áreas de cultivos transitorios en las veredas Santa Inés y El Tesoro y bosques al norte de las veredas Tabanales y La Mina.

Dadas las características topográficas de la zona y la dinámica de sus corrientes con flujos torrenciales, se deberá tener especial atención con los asentamientos ubicados en la orilla de las corrientes, especialmente durante las temporadas invernales.



**FIGURA 18. MAPA DE AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL DEL MUNICIPIO DE ARGELIA**



## 2.3 DESCRIPCIÓN DE VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad está relacionada con la susceptibilidad que presenta una sociedad frente a las amenazas a las cuales está expuesta en función de la magnitud del evento y el tipo de elemento bajo riesgo y su capacidad de recuperarse después de alguna afectación.

El análisis de vulnerabilidad realizado dentro del marco del proyecto da como resultado el siguiente el mapa observado en la Figura 19, en él se observan dos zonas correspondientes a los dos niveles en la condición de vulnerabilidad que presenta la población distribuida en el territorio: Vulnerabilidad media y vulnerabilidad alta.

**Vulnerabilidad Media:** El primer nivel es la condición de vulnerabilidad Media, condición que presenta la población distribuida en aproximadamente 10 % de la superficie del territorio. Este nivel de vulnerabilidad es una condición de la población distribuida en el Núcleo Zonal San Agustín localizado en el extremo suroccidental del municipio conformándolo las veredas Guaimaral, La Plata, Primavera, San Agustín y El Recreo. Tabla 46

Vulnerabilidad Total	Media
Vulnerabilidad Física	Baja
Vulnerabilidad Económica	Alta
Vulnerabilidad Social	Alta
Vulnerabilidad Ambiental	Baja

**TABLA 46. ANALISIS DE VULNERABILIDAD MEDIA**

Esta condición de vulnerabilidad se explica por los que los habitantes de estos sectores del municipio están asentados en unos terrenos que presentan condiciones de vulnerabilidad física y ambiental de grado bajo y las condiciones de vulnerabilidad económica y social de grado alto. Los valores anteriores generan en conjunto que la vulnerabilidad total de la población es media. Esta condición indica que la población ante un evento de desastre, aunque las condiciones ambientales y de infraestructura presenten un nivel de vulnerabilidad bajo pero las condiciones socio económicas presentan una vulnerabilidad alta, ocurre que a pesar de presentarse poco daño, la comunidad no tiene capacidad de respuesta adecuada y recuperación siendo por esto el nivel de vulnerabilidad media.

**Vulnerabilidad Alta:** el segundo nivel es la condición de vulnerabilidad Alta, condición que presenta la población distribuida en aproximadamente 90 % de la superficie del territorio. Este nivel de vulnerabilidad es una condición de la población distribuida en el los Núcleos Zonales La

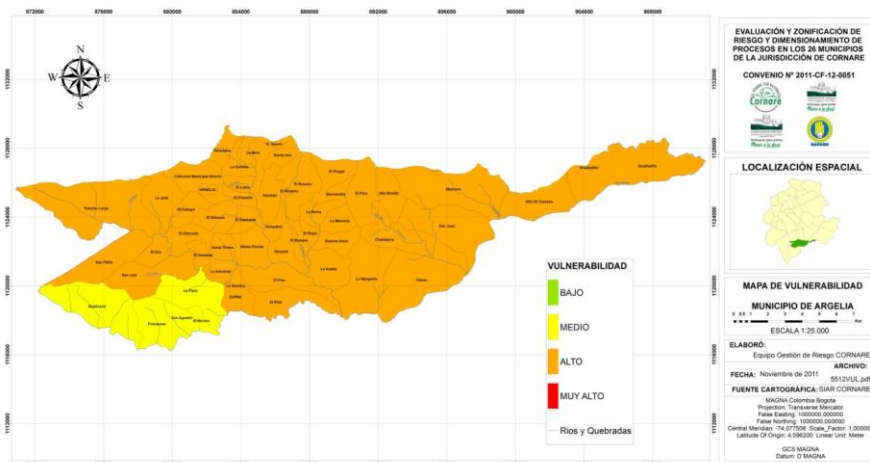
Reina, Mezones, El Rosario, Villeta-Florida, El Zancudo, vereda Cabecera Urbana y Zona Urbana, los cuales comprenden 45 veredas. Tabla 47

Vulnerabilidad Total	Alta
Vulnerabilidad Física	Media
Vulnerabilidad Económica	Muy Alta
Vulnerabilidad Social	Media
Vulnerabilidad Ambiental	Muy Alta

**TABLA 47 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ALTA**

Esta condición de vulnerabilidad se explica por los que los habitantes de estos sectores del municipio están asentados en unos terrenos que presentan condiciones de vulnerabilidad económica y ambiental de grado muy alto y las condiciones de vulnerabilidad física y social de grado medio. Los valores anteriores generan en conjunto que la vulnerabilidad total de la población es alta.

La vulnerabilidad alta nos indica aquí que la población ante un evento de desastre, que por las condiciones físicas y sociales, pueda causar algún daño, la comunidad no tiene capacidad de respuesta y recuperación debido a que las condiciones económicas y ambientales que posee no son favorables incrementando el nivel de vulnerabilidad.



**FIGURA 19. MAPA DE VULNERABILIDAD DE LA POBLACION EN EL MUNICIPIO DE ARGELIA**



## 2.4 DESCRIPCIÓN DE MAPAS DE RIESGO

### 2.4.1 RIESGO POR MOVIMIENTO EN MASA

El nivel de riesgo por movimiento de masa se presenta distribuido en el territorio municipal, donde pueden identificarse cinco intervalos que agrupan los diferentes niveles de riesgo determinados Muy Alto, Alto, Medio, Bajo, Muy Bajo. Figura 20.

#### NIVEL DE RIESGO MUY ALTO

Los sectores que presentan este nivel de riesgo corresponden en general con las mismas zonas que presentan el nivel de amenaza muy alto para eventos de movimiento en masa comprendiendo aproximadamente 15% del municipio concentrado en la zona centro-oriental. Las veredas donde el riesgo por movimiento en masa es muy alto son: la totalidad de la vereda El Pital, 60% de las veredas El Plan y La Arabia, en la vereda Yarumal el 40% del territorio, la parte central de Guayabal, y sectores dispersos intercalados con zonas de riesgo alto en las veredas Arenillal, El Rosario, El Dragal, La Manuela, El Perú, Alto Bonito, Claras, Chamberry, Mezones, Alto de Samaná y en la vereda San Juan se concentra en medio del territorio cubriendo un 30% aproximadamente de ésta. En la vereda San Pablo, se presenta en el extremo suroccidental asociado a un depósito coluvial (material heterogéneo depositado en la base de las laderas generados por procesos erosivos o movimientos en masa provenientes de zonas más altas).

En general este nivel de riesgo se correlaciona con el aumento en los valores de las pendientes del terreno donde los valores se encuentran entre 35-75% y superiores a 75% donde se conforman laderas largas y escarpadas con prevalencia de pastos, cultivos transitorios, suelos desnudos y en menor proporción rastrojos y cultivos permanentes que favorecen el deterioro del suelo por el aumento en cantidad y velocidad de los flujos de escorrentía que generan erosión concentrada y movimientos en masa.

Las zonas donde se presenta este nivel de riesgo corresponden a cobertura superficial de saprolito de roca metamórfica foliada dentro de la unidad morfológica conocida como frente erosivo del Magdalena, además los rangos de precipitación se encuentran entre los más altos del municipio, desde 3702 mm hasta 4513 mm anuales.





## NIVEL DE RIESGO ALTO

Este nivel de riesgo alcanza un 35% del municipio y concuerda en gran medida con las zonas de amenaza alta. Se distribuye por todo el municipio aunque se observa una prevalencia en la zona centro-oriental y suroriental asociado a material superficial de saprolito de roca metamórfica foliada en áreas periféricas a las zonas de riesgo muy alto. En el sector occidental, asociado a la roca intrusiva del Batolito de Sonsón, concentrándose hacia el norte principalmente. Hacia el extremo oriental, en la vereda Guadualito, disminuye el porcentaje de áreas cubiertas por este nivel de riesgo.

Las veredas donde el nivel de riesgo por movimiento en masa es alto son en el sector occidental en zonas aisladas de las veredas Guaimaral, San Pablo, Rancho Largo, La Julia, El Cabuyo, El Zancudo, El Oro, El Guadual, El Silencio, El Diamante, Santa Teresa, La Arboleda y el sector oriental de la vereda San Luis.

Hacia el norte, el 70 % de la vereda Cabecera Municipal, el sector sur de Tabanales, sector oriental de las veredas La Estrella y El Llano, casi la totalidad de las veredas El Tesoro y La Mina.

En la parte central se presenta en sectores dispersos en la vereda Villeta Florida, en el 40% de Arenillal, en el sector periférico de las zonas de riesgo por movimiento en masa muy alta en las veredas Guayabal y Yarumal. En sectores aislados de las veredas El Rosario, El Bujío, El Bosque, La Reina, El Dragal, Buenavista, La Manuela, El Perú, Chamberry y un gran porcentaje de la vereda Buenos Aires.

Hacia el sur se tiene en este mismo rango de riesgo alto, las veredas Primavera en el sector oriental, un porcentaje muy alto de las veredas San Agustín, El Recreo, La Quiebra, El Plan; sectores periféricos a zonas de riesgo muy alto en las veredas El Pital y La Arabia, aproximadamente el 50% de la vereda La Margarita y el 70% de la vereda Claras.

Al oriente se presenta el nivel de riesgo alto al sur de la vereda Alto Bonito, el 70% de San Juan, sector oriental de Mezones, casi la totalidad de Alto de Samaná y por último en el sector occidental de la vereda Guadualito.

En las zonas de riesgo alto por movimientos en masa, predominan los cultivos transitorios, cultivos permanentes, pastos y en menor proporción rastrojos debido al cambio en el uso del suelo ampliando la frontera agrícola, favoreciendo así el deterioro del suelo por procesos relacionados con la erosión y aumento de la cantidad y velocidad escorrentía lo que facilita el transporte de finos y denudación del suelo así como de la saturación de los terrenos,



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



aumentando el nivel de riesgo por movimientos en masa en estas zonas. Los promedios anuales de precipitación aumentan hacia el Este paulatinamente para este nivel de riesgo, variando desde 2999 mm hasta alcanzar los 4513 mm anuales en las veredas San Juan, Chamberry, Claras y La Margarita. Otra característica de las zonas de riesgo alto es la correspondencia con terrenos donde las pendientes en mayor porcentaje corresponden a rangos entre 35-75% y superiores a éste último. La susceptibilidad de los materiales superficiales dentro de los que se encuentra en menor proporción los coluviones que por su origen presentan un comportamiento inestable que favorece los procesos de remociones sumado al cambio en el uso del suelo para actividades agropecuarias como ampliación de la frontera agrícola, por otro lado, las altas pendientes desarrolladas en laderas abruptas y valles profundos, son factores que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa en la zona que presenta riesgo alto.

### **NIVEL DE RIESGO MEDIO**

Las zonas con este nivel de riesgo se presentan por todo el territorio municipal, a excepción del sector suroccidental donde su presencia es mínima, generalmente intercalado entre las zonas con nivel de riesgo alto y nivel de riesgo bajo, lo anterior se explica por ser sectores donde la pendiente va en aumento con relación a las pendientes suaves de las zonas de riesgo bajo. Comprende aproximadamente un 35% del territorio municipal.

Las áreas donde se presenta este nivel de riesgo comprende en el Núcleo Zonal San Agustín, el sector oriental de la vereda Primavera, casi la mitad de la vereda San Agustín, cerca de la totalidad de El Recreo y el sector norte y oriental de la vereda La Plata.

En el Núcleo Zonal El Zancudo se presenta al oriente de la vereda San Luis, en casi la totalidad de las veredas El Guadual y El Zancudo y en el sector nororiental de San Pablo.

Se presenta también este nivel de riesgo en el Núcleo Zonal Cabecera Municipal en el sector sur de la vereda Rancho Largo, en un pequeño sector en la parte central de La Julia y en las veredas La Estrella y El Llano, zonas intercaladas con áreas de nivel de riesgo bajo pero en menor proporción.

En el Núcleo Zonal Villeta-Florida en la vereda Santa Teresa, en sectores adyacentes a zona de riesgo bajo en las veredas El Diamante, Villeta-Florida y la parte sur de El Pital hasta la margen izquierda del Río Negrito.



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



En el sector norte de las veredas El Rosario y El Dragal en el Núcleo Zonal El Rosario también se presenta este nivel de riesgo medio.

También en el Núcleo Zonal La Reina, se presenta en las veredas El Perú en los sectores norte y occidente, en el sector norte de la vereda La Margarita extendiéndose hasta el sector noroccidental de la vereda Claras.

Por último en el Núcleo Zonal Mezons, en el sector norte de la vereda Alto Bonito y Mezones, en un 30% aproximadamente de la vereda Alto de Samaná y en un amplio sector de la vereda Guadualito.

El nivel de riesgo Medio corresponde a zonas importantes del municipio donde las pendientes varían entre 35-75%, la cobertura predominante son los bosques y rastrojos ante los cultivos transitorios, favoreciendo la estabilidad del terreno y la disminución de la escorrentía y erosión superficial, el material superficial de las áreas que tienen este nivel de riesgo es saprolito de roca metamórfica tanto foliada como no foliada pero presentándose también en las áreas moldeadas sobre saprolito de roca ígnea intrusiva, es de anotar que los rangos de precipitación no son necesariamente determinantes para este nivel de riesgo medio.

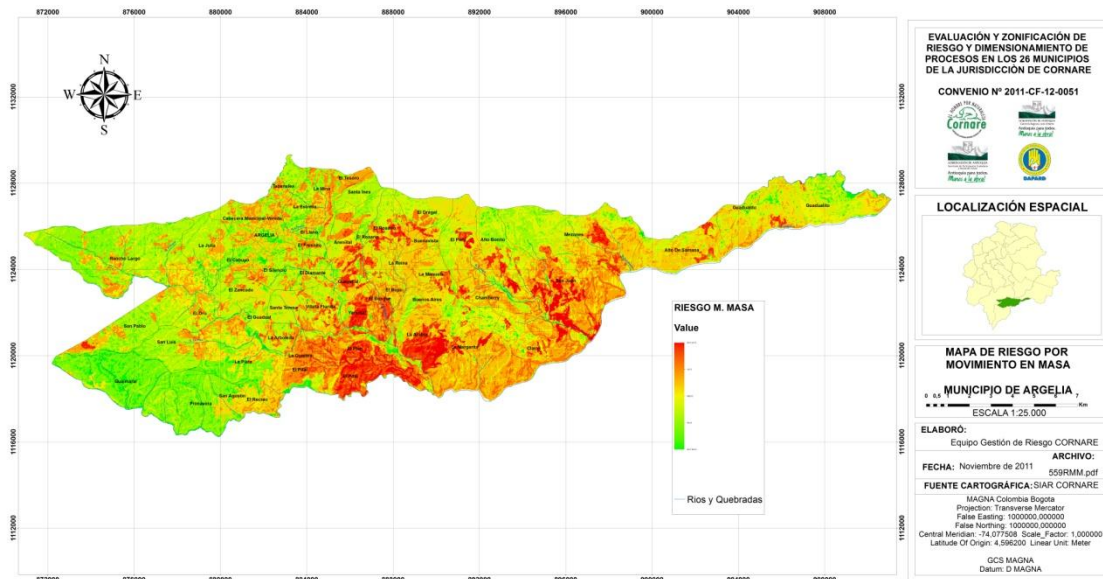
#### **NIVEL DE RIESGO MUY BAJO-BAJO**

Este nivel de riesgo se presenta en mayor porcentaje en las llanuras aluviales de las principales corrientes de agua como el río La Paloma, el Río Negrito a su paso por las veredas Guaimaral y Primavera, las quebradas San Julián, El Rosario, El Popal, La Plata, Chamberry y algunos de sus tributarios, entre otras corrientes. Además de presentarse en toda la zona de riesgo medio-alto como pequeños sectores intercalados, generalmente son áreas alargadas y estrechas, concordantes con la ocurrencia de corrientes de agua menores, pendientes bajas entre 0-12% y de materiales estables como depósitos aluviales. También se presentan zonas de mayor extensión en tres sectores muy definidos: (1) en el sector centro occidente del municipio donde se concentra en el sector sur comprendiendo las veredas Guaimaral y Primavera y en el sector noroccidental en la vereda Rancho Largo, (2) en el sector central se presenta intercalado con zonas de riesgo medio-alto y las zonas norte de las veredas Santa Inés y El Dragal, (3) hacia el oriente del territorio municipal, se presenta este nivel de riesgo en la mayor parte de las veredas Alto Bonito y Mezones y en el extremo nororiental de la vereda Guadualito en límites con el municipio de Sonsón.

Las zonas descritas anteriormente corresponden a áreas donde la cobertura vegetal es de bosques y rastrojos con predominio del primero, que favorecen la evapotranspiración y los procesos erosivos se presentan en menor escala minimizando el riesgo de movimientos en masa.

Las pendientes en las zonas con nivel de riesgo muy bajo-bajo, se presentan entre 0-12% en las llanuras aluviales y ligeramente menores al rango de pendiente del nivel de riesgo medio, presentándose pendientes entre 12-35% y entre 35-75%. La precipitación de estas zonas varía entre los tres primeros rangos, es decir entre 2384 mm y 3702 mm por año y el material superficial en la mayor parte de estas zonas corresponde a la roca ígnea intrusiva del Batolito de Sonsón y en menor escala a saprolito de roca metamórfica no foliada como es el caso de la vereda Guadualito.

La zona urbana y la zona de expansión se encuentran dentro de las áreas que presentan el nivel de riesgo por movimiento en masa muy bajo-bajo, aunque puntualmente se puedan presentar fenómenos de movimiento en masa causados por intervención antrópica como terracedos para construcciones, cortes verticales con el mismo propósito y deficiencias en el manejo de flujos de escorrentía y aguas servidas.



**FIGURA 20. MAPA DE RIESGO POR MOVIMIENTO EN MASA EN EL MUNICIPIO DE ARGELIA**

## 2.4.2 Riesgo por Inundación

Las inundaciones son uno de los fenómenos naturales más comunes y destructivos de los riesgos geológicos, se producen cuando el caudal de una corriente aumenta hasta superar la capacidad de su cauce, no obstante, forman parte de la dinámica o comportamiento natural de las corrientes de agua. Los niveles de riesgo por inundación muestran la jerarquización de las



**EVALUACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE RIESGOS Y DIMENSIONAMIENTO DE PROCESOS EROSIVOS EN LOS 26 MUNICIPIOS DE LA JURISDICCIÓN DE CORNARE.  
CONVENIO CORNARE-GOVERNACIÓN DE ANTIOQUIA Nº 2011-CF-12-0051 Y 217-2011  
MUNICIPIO DE ARGELIA**



zonas que pueden ser afectadas por eventos de esta clase, estas áreas en conjunto conforman corredores estrechos y largos que coinciden con los terrenos de cauces y llanuras aluviales que son los sitios, que debido a su localización en la parte central de las cuencas, es donde ocurren las inundaciones debido a que reciben la descarga de las partes altas de las vertientes, además de otros factores asociados como pluviosidad, tipo de cobertura vegetal (cultivos limpios, mayor velocidad de escorrentía) y pendiente (mayor pendiente, menor tiempo de concentración).

En general las áreas del municipio donde se presenta algún riesgo de inundación corresponden a las áreas con amenaza del mismo fenómeno, pero debido al nivel de vulnerabilidad, el rango del nivel de riesgo aumenta o disminuye con respecto al rango en el mismo sector del nivel de amenaza como ocurre en la cuenca del Río Negrito a su paso por las veredas Guaimaral, Primavera, San Agustín, El Recreo y La Plata donde el nivel de amenaza por inundación es bajo y el nivel de riesgo por la misma causa es muy bajo. Se recuerda que en esta zona la vulnerabilidad presenta el nivel más bajo de todo el municipio situándose en el rango Medio. Figura 21.

Las zonas con algún riesgo de inundación corresponden a las llanuras aluviales de los principales afluentes que cruzan el municipio como son el Río Negrito, Samaná Sur, La Paloma, El Popal, San Julián, El Rosario, Chamberry, Aguabonita, San Lorenzo y algunos de los tributarios de las corrientes anteriormente nombradas.

Excepto la cuenca del Río Negrito y la quebrada La Plata afluente del río La Paloma que presentan nivel de riesgo de inundación Muy Bajo, las áreas adyacentes a las otras corrientes descritas en el párrafo anterior, presentan nivel de riesgo por inundación bajo, salvo algunos sectores donde el nivel de riesgo es alto y que se indican a continuación:

La llanura aluvial del Río Negrito a su paso por la vereda El Recreo y el 60% del trayecto que recorre en el sector sur de la vereda La Quebra.

El nivel de riesgo alto se presenta en el río La Paloma en los mismos seis puntos definidos en el mapa de amenaza alta por inundación, los dos primeros cerca de la confluencia con la quebrada La Plata en límites de las veredas San Luis, El Guadual y La Plata; el tercero en la confluencia de un tributario entre las veredas La Plata y La Arboleda; el cuarto se presenta a lo largo del río La Paloma entre las veredas EL Plan y Yarumal aguas abajo de la confluencia de la quebrada San Julián; el quinto sector se encuentra en el área de entrega de la quebrada El Rosario, en límites entre las veredas El Plan y La Arabia y por último en una zona limítrofe entre las veredas El Plan, La Arabia y La Margarita en la misma cuenca del río La Paloma.



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



En la quebrada San Julián puntualmente se presenta el nivel de riesgo alto en un pequeño sector entre las veredas El Fresnito y Arenillal.

Hacia el oriente del municipio se presenta este nivel de riesgo alto en la quebrada Chamberry en tres pequeños sectores entre las veredas Chamberry y Claras. En la parte media de un afluente de esta misma quebrada a su paso por la vereda San Juan, también se presenta este nivel de riesgo alto.

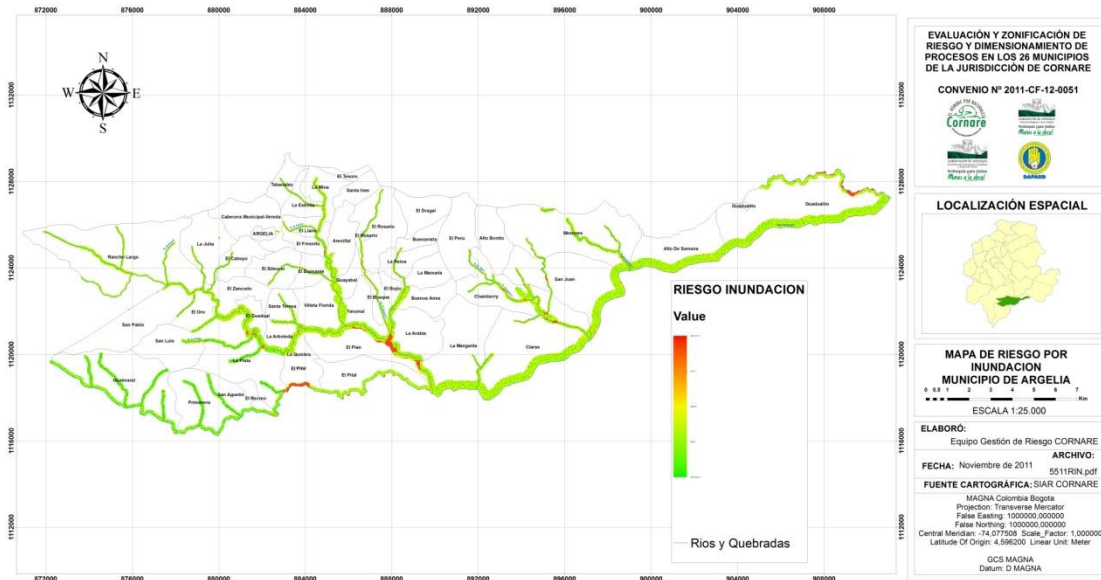
La llanura aluvial de la quebrada Aguabonita presenta este nivel de riesgo en el extremo suroriental de la vereda Mezones.

En el extremo nororiental de la vereda Guadualito se presenta el nivel de riesgo por inundación alto asociado a la llanura aluvial del río San Lorenzo en límites con el municipio de Sonsón (parte baja).

Este nivel de riesgo alto por inundación no tiene una tendencia geográfica en el territorio municipal y está relacionado con presencia de llanuras aluviales con pendientes entre 0-5%, que son propensas a recibir la descarga de las corrientes que proviene de la parte alta de las vertientes; también influyen los niveles de precipitación altos, pues en este sector se presentan los promedios anuales de precipitación más altos del municipio que varían entre 3358 mm y 4513 mm, tal vez por la influencia sobre este costado de los comportamientos climáticos que se originan en la cuenca del Río Magdalena. También influyen para que haya alto nivel del riesgo por inundación, los factores de uso del terreno, que en este sector son coberturas de cultivo transitorio y pastos primordialmente que favorecen la escorrentía superficial, así mismo, los valores altos de las pendientes adyacentes a las llanuras de inundación, estos dos últimos factores inciden en la facilidad de escurrimiento del agua de las cuencas hacia los drenajes, lo cual significa tiempos de concentración bajos que favorecen la inundación en las corrientes principales de las cuencas.

Las áreas que no presentan riesgo de inundación son terrenos cuyas condiciones topográficas están marcadas por la poca presencia de llanuras aluviales, que indica un relieve con poca transformación y mayor presencia de vertientes más profundas y cauces estrechos que no dan lugar a la ocurrencia de inundaciones.

También influye la cobertura vegetal que son bosques y rastrojo que contribuyen de forma más eficiente a regular el escurrimiento en superficie; estos dos factores, poca agua y más retención, significan tiempos de concentración mayores, lo que dificulta las inundaciones en las corrientes principales de las cuencas.



**FIGURA 21. MAPA DE RIESGO POR INUNDACION EN EL MUNICIPIO DE ARGELIA**

### 2.4.3 ZONAS DE CONTROL

Se denominan Zonas de Control a los terrenos de la cuenca que en virtud de sus características influyen en la ocurrencia de una inundación.

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

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

La utilidad de estas zonas de control es que muestran en cada cuenca y con relación los sectores que presentan niveles de riesgo por inundación, cuales son las áreas que favorecen la



ocurrencia de inundación sobre las cuales se debe actuar para controlar los eventos que generan el nivel de riesgo identificado.

En la Figura 22 se puede observar que para el municipio de Argelia las zonas de control corresponden a valores Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto.

#### ZONA DE CONTROL MUY BAJO

Corresponde a zonas con cobertura de bosques localizadas principalmente en el extremo occidental de la vereda Rancho Largo, al suroccidente del municipio en las veredas Guaimaral, sector noroccidental de la vereda Primavera, en la vereda El Recreo al norte de la misma y en el extremo oriental del territorio municipal en un sector definido de la vereda Guadualito en límites con el municipio de Sonsón. Los Bosques son uno de los factores principales para que estas zonas sean de control Muy Bajo ya que disminuyen los efectos de la escorrentía y controla la velocidad de ésta, además de favorecer la evapotranspiración. Otro factor que incide es el promedio de precipitación anual que se encuentra en el menor rango dentro del municipio variando entre 2384 y 3000 mm.

#### ZONA DE CONTROL BAJO

Esta zona se localiza principalmente en el centro-occidente del territorio municipal, no es una zona uniforme intercalándose con zonas de control medio, alto y muy alto. El promedio de precipitación anual varía entre 2999 y 3702 mm, desarrollándose una cobertura de bosques y rastrojos, en este nivel de control es evidente que el terreno no favorece la ocurrencia de inundaciones, es decir, los factores asociados no producen la inundación.

#### ZONA DE CONTROL MEDIO

Al occidente del municipio se encuentra bordeando las zonas de control alto y hacia el centro y oriente del territorio se presenta como zonas extensas y uniformes relacionadas con coberturas correspondientes a bosques y pastos principalmente, condiciones que explican la influencia de estos sectores en las inundaciones que puedan ocurrir en las zonas más bajas.

#### ZONA DE CONTROL ALTO

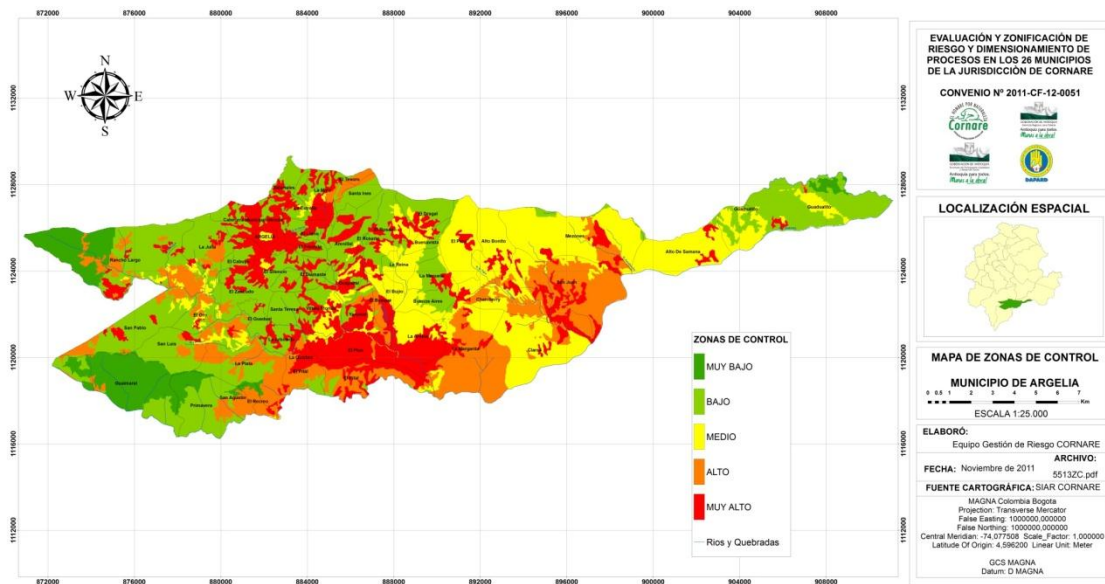
Se presenta en zonas aisladas al occidente y sur del municipio donde además se observa una extensión importante en las veredas La Margarita, San Juan y El Recreo. En estas zonas



predominan los cultivos transitorios, permanentes y pastos siendo coberturas que favorecen la escorrentía. El territorio donde está asentada la zona urbana presenta un control medio.

## ZONA DE CONTROL MUY ALTO

Las áreas que están determinadas como zonas de control muy alto están estrechamente relacionadas con coberturas de cultivos transitorios, cultivos permanentes y pastos, condiciones que explican la influencia de estos sectores en las inundaciones que puedan ocurrir en las zonas más bajas.



**FIGURA 22. MAPA DE ZONAS DE CONTROL EN EL MUNICIPIO DE ARGELIA**

### 2.4.4 Riesgo por Avenida Torrencial

El Riesgo por Avenida Torrencial, califica el territorio de la cuenca a partir de la incidencia que presentan sus características, para facilitar o evitar la ocurrencia de una avenida torrencial, en este municipio los valores del riesgo se agrupan en tres niveles: Medio, Alto y Muy Alto como se observa en la Figura 23 y su distribución en áreas da lugar a la conformación de dos sectores principalmente ya que el nivel de riesgo medio se presenta en un sector específico de la vereda



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



Guadualito, lo anterior permite dividir al municipio en un sector occidental y un sector oriental casi en las mismas proporciones de extensión.

Sector occidental, en su totalidad presenta el riesgo por avenida torrencial alto y el sector oriental donde predomina en un 95% el riesgo por avenida torrencial muy alto, el restante 5 % del sector oriental corresponde a un nivel de riesgo medio en el sector norte de la vereda Guadualito relacionado con la cuenca del río San Lorenzo.

### **RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL ALTO**

Comprende la zona ubicada desde el centro hasta el extremo occidental del municipio y desde el norte en límites con el municipio de Sonsón hasta el sur en el Río Negrito donde limita con el municipio de Nariño. Aunque todas las corrientes que atraviesan el municipio de Argelia hacen parte de la cuenca del río Samaná Sur, que nace en el Páramo de Sonsón y desemboca en la margen izquierda del río Magdalena, se describirá el riesgo por avenida torrencial a partir de las subcuencas que conforman la del Samaná Sur.

Las zonas del municipio donde el riesgo por avenida torrencial es alto comprenden las subcuencas de los ríos Negrito, La Paloma y San Julián.

El riesgo por avenida torrencial alto asociado a la subcuenca del Río Negrito relaciona directamente las veredas Guimaral, Primavera, San Agustín, El Recreo, El Pital y el sector sur de las veredas La Quebra y La Plata. Los drenajes secundarios a este río presentan fuertes incisiones formando valles profundos y estrechos en forma de V. El Río Negrito en su cuenca media presenta depósitos fluvio-torrenciales que se extienden hasta 20 m al lado del cauce (CORNARE 1996).

Las veredas que tiene influencia directa del río La Paloma y sus afluentes, por lo tanto también presentan riesgo por avenida torrencial alto, son Rancho Largo, La Julia, sector occidental de El Cabuyo, El Zancudo, El Oro, San Pablo, San Luis, La Plata, El Guadual, Santa Teresa, La Arboleda, norte de La Quebra, sector occidental de El Plan, sur de Yarumal y suroccidente de la vereda Villeta Florida. Esta cuenca presenta vertientes fuertemente disectadas muy pendientes que generalmente superan el 50% presentando baja estabilidad y susceptibilidad a los movimientos de remoción en masa (CORNARE 1996).

También presentan riesgo alto por avenida torrencial asociado a la subcuenca del río San Julián, las veredas Tabanales, La Mina, El Tesoro, La Estrella, Santa Inés, cabecera Municipal, El Llano, Arenillal, El Fresnito, sector oriental de la vereda El Cabuyo, El Silencio, El Diamante, Guayabal, el sector noroccidental de Yarumal y el nororiente de la vereda Villeta Florida.

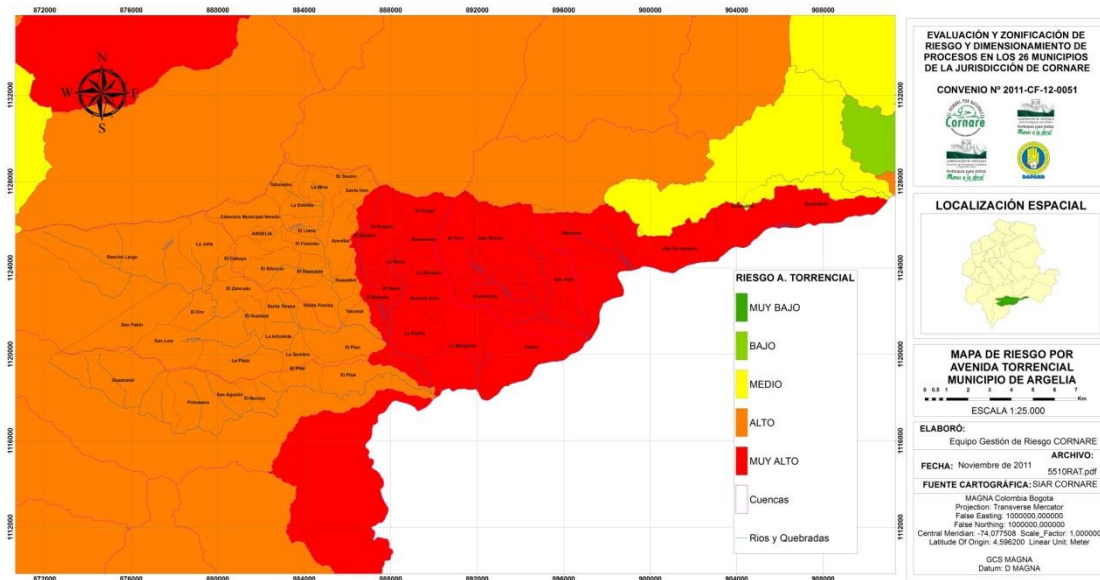


## RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL MUY ALTO

El territorio municipal que presenta riesgo por avenida torrencial muy alto comprende desde el centro hasta el extremo oriental y desde los límites con Sonsón en el norte hasta el río Samaná Sur que es el límite natural con el departamento de Caldas al sur. Se exceptúa un sector correspondiente a una franja alargada en sentido este-oeste localizado al norte de la vereda Guadualito que hace parte de la subcuenca del río San Lorenzo donde el riesgo por avenida torrencial es medio.

Hacen parte de esta zona con riesgo por avenida torrencial muy alto las subcuencas de las quebradas El Rosario, Aguabonita, el río Chamberry y otros que hacen parte de la cuenca del río Samaná Sur. Siendo las veredas donde el riesgo es muy alto por avenida torrencial, El Rosario, El Dragal, Buenavista, La Reina, El Bosque, El Bujío, La Manuela, Buenos Aires, La Arabia, el sector limítrofe oriental entre las veredas El Plan y El Pital, La Margarita, El Perú, Chamberry, Alto Bonito, Claras, San Juan, Mezones, Alto de Samaná y casi la totalidad de Guadualito. La subcuenca de río Chamberry presenta una alta inestabilidad debido a las características morfológicas (cañones profundos) de sus laderas, el tipo de litología y las altas precipitaciones.

Los niveles de riesgo alto y muy alto por avenida torrencial en el municipio de Argelia se explican por las condiciones morfológicas del territorio, principalmente al relieve y a las pendientes sin desconocer que los altos niveles de precipitación en la región influyen directamente más teniendo en cuenta que la tasa de evapotranspiración es menor a la precipitación. La prevalencia de cuencas profundas y relativamente estrechas, con gradiente de altura muy altos, localizadas en la vertiente izquierda del Río Samaná Sur, además de la presencia de los tipos de cobertura que facilitan el escurrimiento en superficie y los concentración rápida del agua en los canales, lo cual hace fácil el arranque de material y el transporte que bajo ciertas condiciones favorecen obstrucciones de los causes y consiguientes avenidas torrenciales.

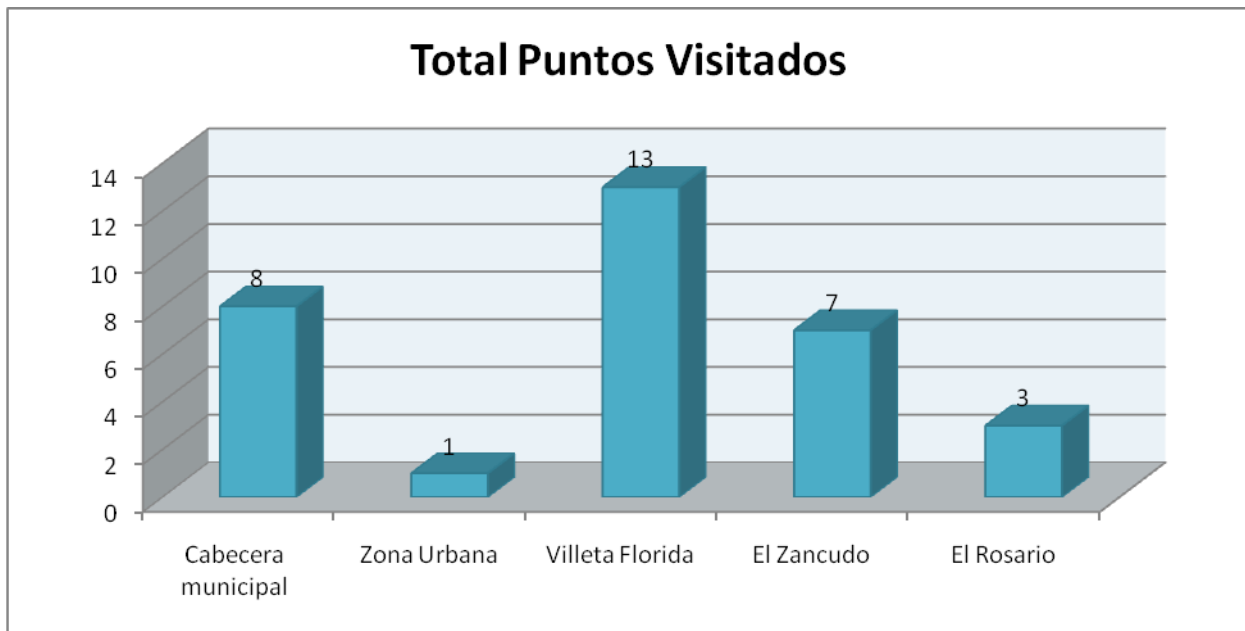


**FIGURA 23. MAPA DE RIESGO POR AVENIDA TORRENCIAL EN EL MUNICIPIO DE ARGELIA**

### 3 CAPITULO III ATENCIÓN DE ÁREAS AFECTADAS POR EVENTOS DESASTROSOS

Se realizaron recorridos de campo conjuntamente con funcionarios del municipio de Argelia, con ellos se visitaron y se evaluaron un total de treinta y dos (32) sitios reportados por la administración municipal, en cada uno se levantó información suficiente para identificar la problemática presentada, reconocer las causas de la misma y plantear recomendaciones de manejo orientadas a controlar, mitigar y recuperar las afectaciones encontradas por el evento desastrosos, El producto de los recorridos de campo se entrega en el anexo 1, el cual contiene los 32 informes técnicos elaborados, cada informe contiene las fotos del sitio, los esquemas, los diseños de las obras propuestas y el costo (APU) de las mismas.

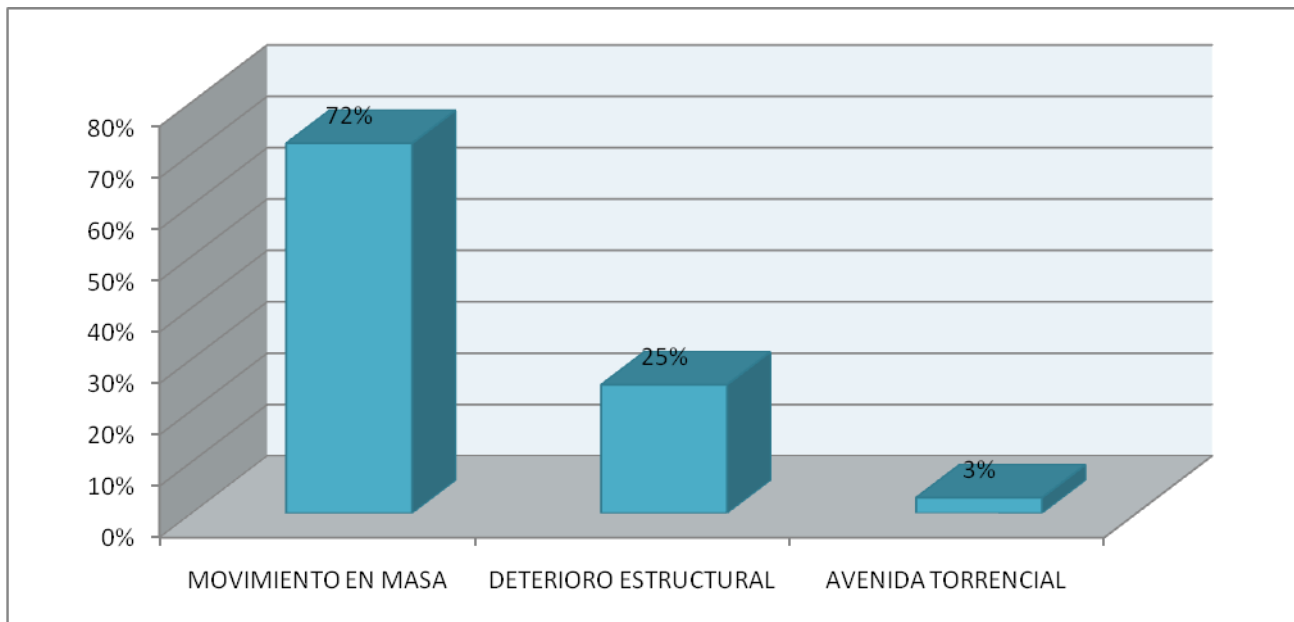
En los recorridos de campo se visitó la zona urbana y la zona rural del municipio en ellas los puntos visitados se distribuyen como muestra la Figura 24.



**Figura 24. DISTRIBUCION DE PUNTOS VISITADOS EN EL MUNICIPIO.**

Del total de puntos visitados solo uno (1) se encuentra localizado en la zona urbana, y treinta y uno (31) cabecera municipal y zona rural.

En las visitas de campo se identificaron puntos afectados por diferentes eventos, los cuales se muestran en la Figura 25.



**Figura 25. EVENTOS IDENTIFICADOS EN LAS VISITAS DE CAMPO**

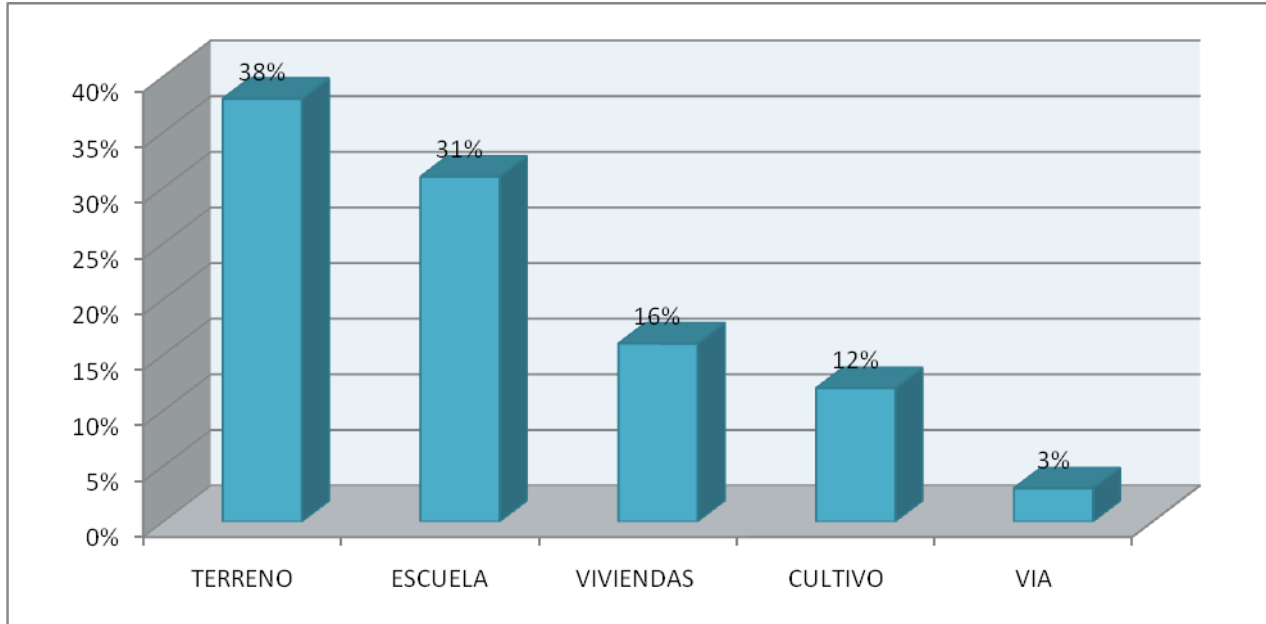
Un resumen de los puntos visitados distribuidos por vereda se muestra en la Tabla 48

ZONA	VEREDA	TOTAL PUNTOS VISITADOS	FICHA No				
	Vereda La Mina	4	1	2	3	27	
	Vereda Santa Inés	1	4				
	Vereda El Tesoro	1	5				
RURAL	Vereda El Cabuyo	2	7	20			
	Vereda Chorro Hondo-La Julia	1	8				
	Vereda La Julia	1	9				
	Vereda El Silencio	3	10	11	25		
	Vereda Villeta-Florida	2	12	13			
URBANA	Z. urbana	1	6				
	Vereda El Diamante	5	21	22	23	24	25
	vereda San Pablo	2	15	16			
RURAL	Vereda El Oro	2	17	18			
	Vereda El Rosario-CER	1	29				
	Vereda El Zancudo	1	19				
	Vereda Tabanales-CER Tabanales	1	26				
	Vereda Yarumal-CER Yarumal	1	28				
	Vereda Arenillal-cerca de CER	1	30				
	Vereda El Plan	2	31	32			

**TABLA 48. PUNTOS VISITADOS POR VEREDAS**

De las 18 veredas, las que tuvieron mayor cantidad de sitios evaluados fueron La vereda La Mina y la vereda El Diamante con el 28% de las visitas. En la Tabla 48 se muestra el total de las visitas, las veredas o sectores urbanos donde se localizan, el número de visitas por vereda o sector y el número de la ficha donde se consignó la información de cada evento.

### INFRAESTRUCTURA AFECTADA



**Figura 26. TIPO DE INFRAESTRUCTURA AFECTADA POR LOS EVENTOS ATENDIDOS**

Teniendo presente que en cada uno de los eventos generalmente puede identificarse más de un bien afectado, se determinó para cada sitio cual es el bien con mayor grado de afectación, encontrándose como los más afectados en orden los siguientes: Terrenos, Escuelas, Viviendas, Cultivos y Vías. Ver Figura 26.

Terreno con el 38% de los casos se encontraron como el principal bien afectado. En la gran mayoría de las veredas tenemos el reporte de afectación por movimientos en masa, las características de los materiales que conforman el suelo en esta área la hacen muy susceptible. En esta categoría se incluyen potreros, franjas de retiro de quebradas y carreteras, perímetros de las viviendas y otros espacios naturales.

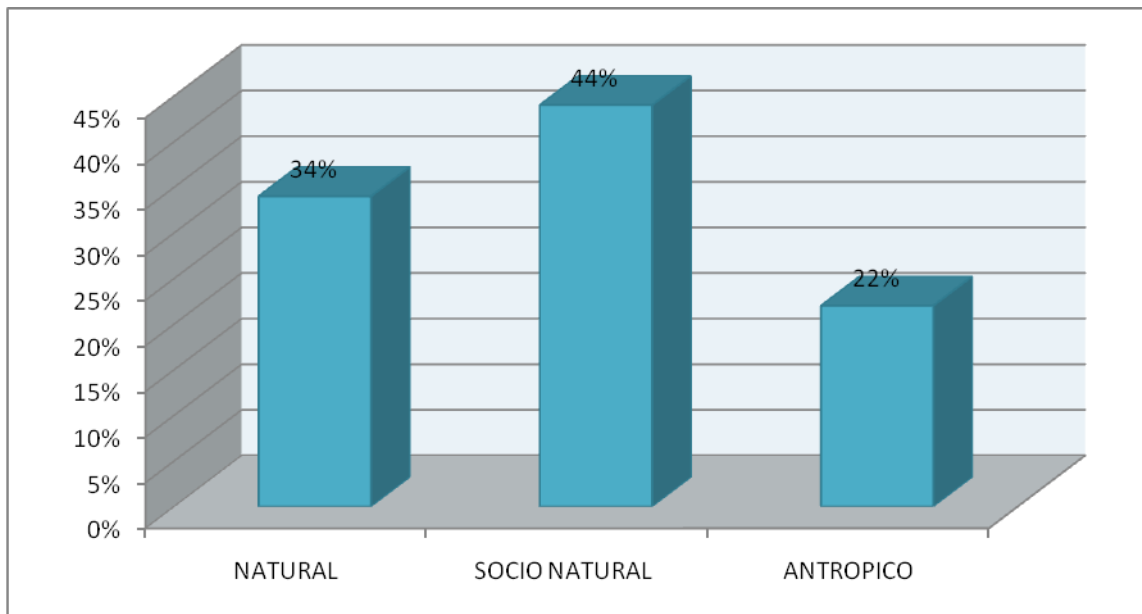
Escuelas con el 31% de los casos se encuentra como otro de los bienes afectados. Hay que tener en cuenta este tipo de estructuras alberga un número importante de estudiantes y profesores, población vulnerable ante los fenómenos naturales y estructurales que se pueden presentar de no ejecutarse las acciones (estudios y obras) en la respectiva ficha en el anexo 1.



Viviendas con un 16% de los casos de afectación, la mayoría se encuentran afectadas por manejo inadecuado de aguas lluvias y servidas y carencia de obras de drenaje.

Y por último se encuentran las vías con una afectación de 3% de los casos, corresponde principalmente a daños o deslizamientos en la banca de la vía, puentes y manejo deficiente de aguas en las mismas, interrumpiendo temporalmente el transcurso de los vehículos por el sector.

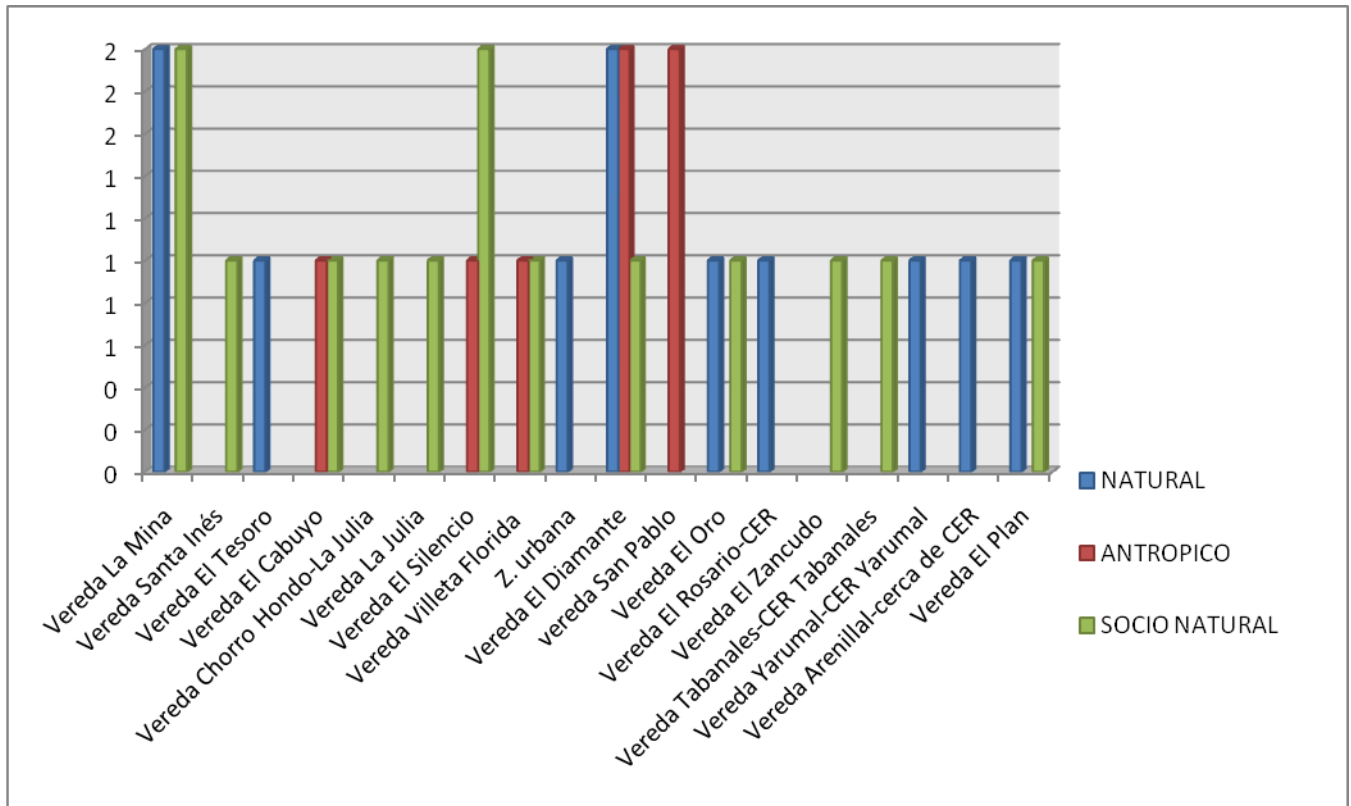
### CAUSAS



**Figura 27. CAUSAS DE LOS EVENTOS VISITADOS**

Los eventos atendidos en los diferentes puntos visitados en general pueden tener múltiples causas, lo cual muestra la sinergia entre las mismas; para este análisis, en cada sitio, se buscó identificar la causa principal, agrupándose esta en natural, antrópica y socio natural para el municipio, se encontró que las causas se agrupan como se muestra en la Figura 27.

### CAUSAS PREDOMINANTES DE AFECTACION EN LAS VEREDAS



**FIGURA 28. CAUSAS PREDOMINANTES DE AFECTACION EN LAS VEREDAS**

Las causas de los eventos en los sitios visitados, se pueden analizar con relación a las veredas del municipio, de esta manera se encuentra que las causas Socio Natural se presentan de manera más continua, en la mayoría de las veredas, la causa Antrópica es la menos frecuentes. Ver Figura 28.

El análisis detallado de las causas muestra lo siguiente:

- La principal causa se da por un proceso socio natural, la intervención del hombre sumado con la fuerte ola invernal del año 2011 hace que los suelos inestables por las obras realizadas y saturación del mismo hacen que estos eventos pasen.



- La carencia de obras drenaje tanto en las vías como en las viviendas afectadas fue una de las principales causas. Muchas de las vías se ven afectadas por falta de mantenimiento y estudios previos para trazar y construir la nueva vía

- Manejo de aguas inadecuado. Se refiere a escorrentías concentradas, saturación del terreno, vertimiento de aguas residuales en sitios inapropiados, y afloramiento de aguas subsuperficiales que dan lugar a movimientos en masa.

- Trazado de la vía. Se refiere a la construcción de vías en áreas frágiles por sus condiciones biofísicas, de geología, suelos, precipitación y vegetación, son susceptibles a movimientos en masa.

- Dinámica natural de las quebradas. En los casos donde la socavación y arrastre de material fue la principal causa de los eventos.

- Prácticas de construcciones inadecuadas. Las principales prácticas dentro de este concepto son:

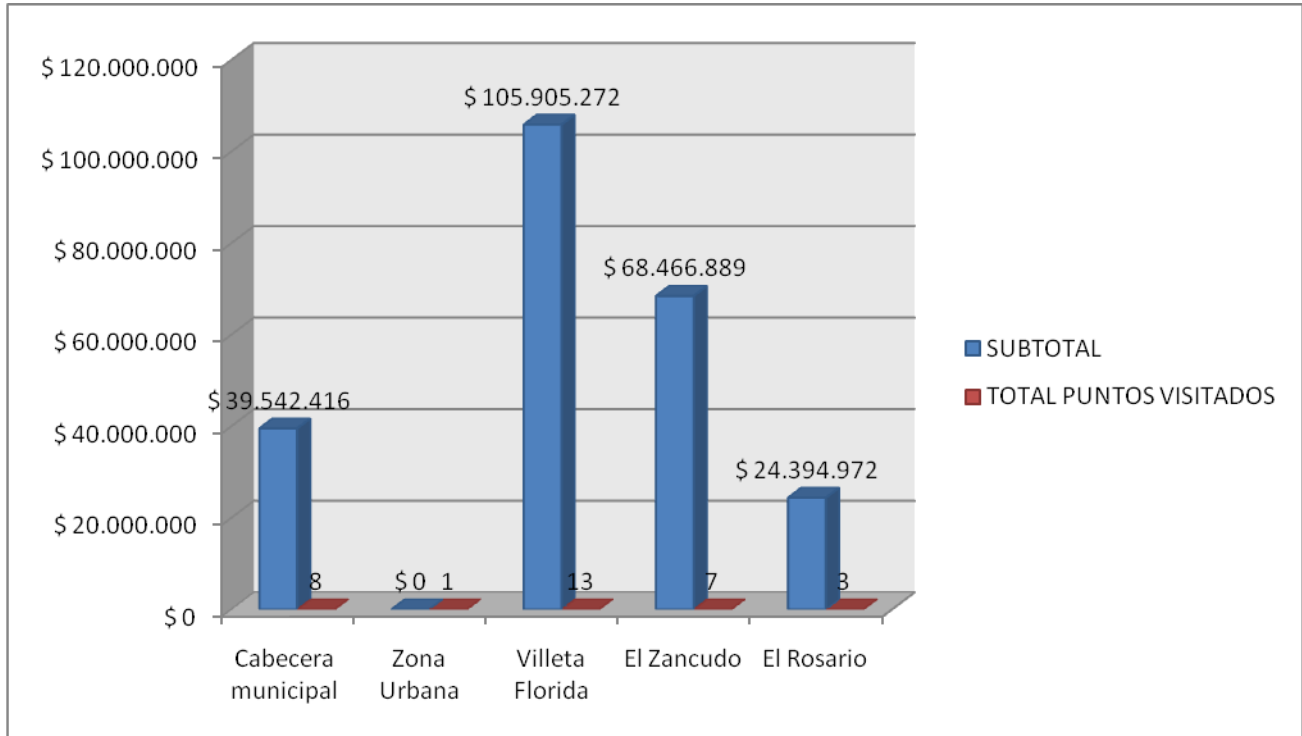
Establecimiento de estructuras sobre llenos heterogéneos.

Cortes de laderas dejando taludes verticales e inestables.

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

### **3.1 ANÁLISIS DE INVERSIÓN EN EL MUNICIPIO**

#### **INVERSIÓN POR NÚCLEO ZONAL EN EL MUNICIPIO DE ARGELIA**



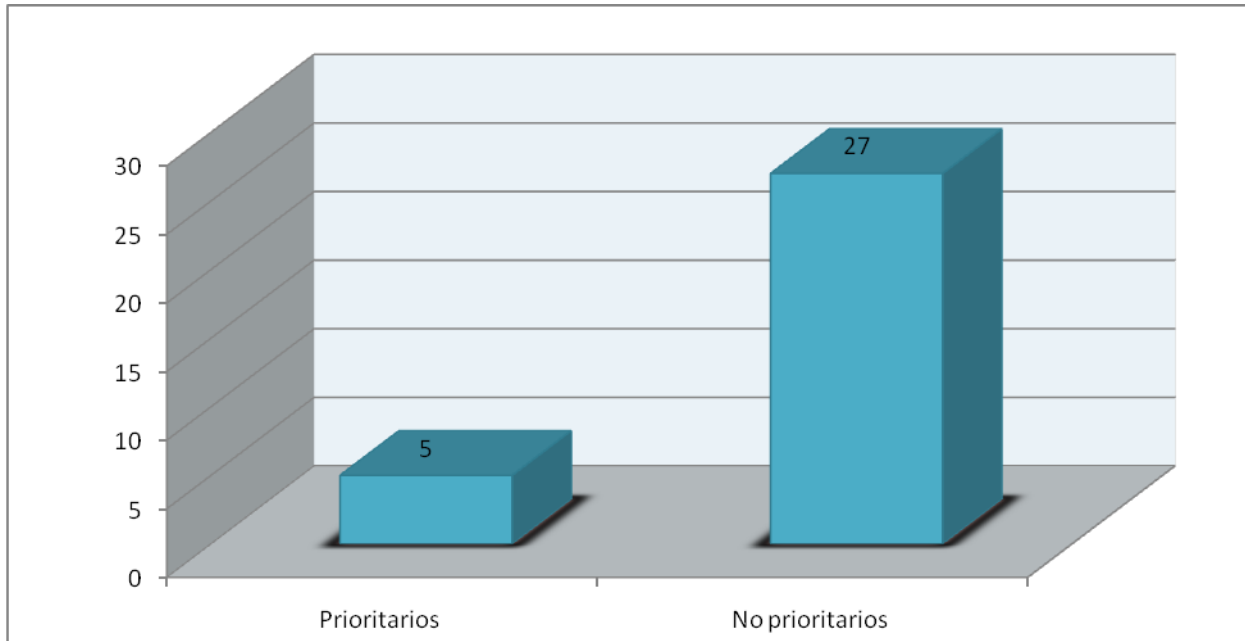
**FIGURA 29. INVERSIÓN POR NÚCLEO ZONAL EN EL MUNICIPIO DE ARGELIA**

La inversión necesaria para atender la problemática ocurrida por los eventos en el municipio, se estima en cerca de \$ 238.309.549 pesos. Esta inversión se distribuye en los núcleos zonales, así: un 44% para el N.Z. Villeta-Florida, un 29% para el N.Z. El Zancudo, le sigue el N.Z. Cabecera Municipal con un 17% y por último el N.Z. El Rosario con un 10%. Ver Figura 29. Al observar la gráfica de inversión se puede deducir que la inversión más significativa se debe realizar en la el núcleo zonal Villeta-Florida, zona en la cual se presentaron el mayor número de eventos, predominando los movimientos en masa, dichos eventos propiciados en su gran mayoría por las inadecuadas prácticas agrícolas, sumado a los malos manejos y transporte de las aguas de escorrentía superficiales.

### 3.2 PRIORIZACION DE SITIOS VISITADOS EN EL MUNICIPIO

De los 32 puntos visitados en los sitios afectados por eventos naturales o en sitios con problemas que puedan generar riesgo para la población, se identifican aquellos que bien sea, por la gravedad del evento ocurrido, o por la magnitud del daño causado en la infraestructura ocupada, significan riesgo grave para los habitantes del lugar. Ver Figura 30.

## PRIORIZACIÓN DE PUNTOS EN EL MUNICIPIO



**Figura 30. PRIORIZACION DE SITIOS CON MAYOR RIESGO EN EL MUNICIPIO**

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

En total se identifican cinco puntos en los que debe actuarse de forma prioritaria, estos cinco puntos son el 16% del total de los puntos evaluados, el otro 84%, que son 27 puntos no requieren actuación rápida y pueden ser atendidos en su problemática con las ejecución de obras que se recomiendan en el estudio realizado, están pueden verse en el anexo 1, donde se encuentran además los diseños de las mismas y los costos de su ejecución.

La Tabla 49 muestra la totalidad de los puntos visitados en el Municipio.

Ficha	X	Y	Z	VEREDA-PARAJE	EVENTO
1	885248	1127497	1540	Vereda La Mina	MOVIMIENTO EN MASA
2	885267	1127490	1544	Vereda La Mina- puente	DETERIORO ESTRUCTURAL
3	885267	1127490	1544	Vía La Mina-Santa Inés	MOVIMIENTO EN MASA
4	885357	1127015	1525	Vereda Santa Inés	MOVIMIENTO EN MASA
5	885522	1127476	1611	Vereda El Tesoro	AVENIDA TORRENCIAL
6	881925	1125427	1730	Z. urbana	MOVIMIENTO EN MASA
7	880680	1124148	1788	Vereda El Cabuyo	MOVIMIENTO EN MASA
8	879614	1124707	1780	Vereda Chorro Hondo	MOVIMIENTO EN MASA
9	879189	1124507	1770	Vereda La Julia	MOVIMIENTO EN MASA
10	881909	1124059	1699	Vereda El Silencio	DETERIORO
11	882860	1123759	1619	Vereda El Silencio	DETERIORO ESTRUCTURAL
12	883879	1121357	935	Vereda Villeta-Florida	DETERIORO ESTRUCTURAL
13	883890	1122791	1523	Vereda Villeta	MOVIMIENTO EN MASA
14	883727	1123580	1535	Vereda El Diamante	MOVIMIENTO EN MASA
15	877702	1123079	1677	vereda San Pablo	MOVIMIENTO EN MASA
16	878198	1122778	1656	vereda San Pablo	MOVIMIENTO EN MASA
17	878503	1122549	1659	Vereda El Oro	MOVIMIENTO EN MASA
18	879011	1121465	1673	Vereda El Oro	DETERIORO ESTRUCTURAL
19	880241	1122807	1640	Vereda El Zancudo	DETERIORO ESTRUCTURAL
20	880756	1124596	1785	Vereda El Cabuyo	MOVIMIENTO EN MASA
21	883845	1123666	1515	Vereda El Diamante	DETERIORO ESTRUCTURAL
22	883784	1123685	1516	Vereda El Diamante	MOVIMIENTO EN MASA
23	883765	1123819	1520	Vereda El Diamante	MOVIMIENTO EN MASA
24	884128	1123972	1525	Vereda El Diamante	MOVIMIENTO EN MASA
25	882618	1123685	1540	Vereda El Silencio	MOVIMIENTO EN MASA
26	882813	1127935	1730	Vereda Tabanales	MOVIMIENTO EN MASA
27	884476	1127123	1680	Vereda La Mina	MOVIMIENTO EN MASA
28	886368	1122125	1100	Vereda Yarumal	MOVIMIENTO EN MASA
29	886447	1125626	1598	Vereda El Rosario	DETERIORO ESTRUCTURAL
30	885173	1125175	1195	Vereda Arenillal	MOVIMIENTO EN MASA
31	885124	1119729	1250	Vereda El Plan	MOVIMIENTO EN MASA
32	884937	1119687	1320	Vereda El Plan	MOVIMIENTO EN MASA

**Tabla 49. PUNTOS VISITADOS Y TIPO DE EVENTO.**

Los puntos a los cuales se les debe prestar atención inmediata son:

PUNTOS PRIORITARIOS

N° de ficha	x	y	z	Vereda
5	885.522,00	1.127.476,00	1611	El Tesoro
3	885.267,00	1.127.490,00	1544	La Mina-Santa Inés
6	881.925,00	1.125.427,00		Zona urbana
7	880,680,00	1.124.148,00	1788	El Cabuyo
8	879.614,00	1.124.707,00	1780	La Julia
9	879.189,00	1.124.507,00	1770	La Julia
13	883.890,00	1.122.791,00	1523	Villeta-Florida
16	878.198,00	1.122.778,00	1656	San Pablo
24	884.128,00	1.123.972,00	1525	El Diamante
26	882.813,00	1.127.123,00	1680	Tabanales

**TABLA 50. PUNTOS PRIORITARIOS DEL MUNICIPIO.**



#### **4 CAPITULO IV SITUACIÓN ACTUAL DE AMENAZAS POR EVENTOS NATURALES EN LA ZONA URBANA.**

Para esta actualización se tomó como base el informe de INGEOMINAS-CORNARE de 1994 titulado “EVALUACION DE AMENAZAS DE ORIGEN GEOLOGICO EN EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ARGELIA” dirigido por el geólogo Ricardo Viana.

En él se hace un análisis de amenazas de origen geológico como amenaza sísmica, amenaza por movimiento en masa, erosión, amenaza por inundación y avenidas torrenciales y una zonificación de la cabecera municipal donde se determinaron Zonas Estables, Zonas de Estabilidad Condicionada, Zonas de Estabilidad Potencial y Zonas Inestables para amenaza por movimientos en masa. Para amenaza por inundación y/o avenidas torrenciales se definieron Zonas de Susceptibilidad Alta y Zonas de Susceptibilidad Baja.

La zona urbana del municipio de Argelia está asentada sobre horizontes meteorizados de roca ígnea intrusiva (Batolito de Sonsón) cubierta por capas de cenizas volcánicas de diferente espesor de textura areno-limosa a limosa de alta plasticidad en las capas superficiales donde no se deben cimentar las estructuras, dada la facilidad de generar asentamientos excesivos por su alta compresibilidad. (INGEOMINAS-CORNARE, 1994).

En el mismo informe se describe el depósito fluvio-torrencial observado en la quebrada Llanadas que discurre por el costado norte de la zona urbana caracterizado por la presencia de materiales gruesos, con diámetro máximo de tres a cinco metros con predominio de los de uno a dos metros, en una terraza que puede alcanzar hasta 4 m de altura y sobre ésta se observa la acumulación de bloques de gran tamaño normalmente de más de un metro de diámetro. Lo anterior indica al menos la ocurrencia de dos eventos fluvio-torrenciales de la quebrada Llanadas de generación reciente en términos geológicos ya que no se observa desarrollo de suelo orgánico sobre la terraza.

La zona urbana se encuentra asentada en la parte superior de un filo amplio entre dos corriente principales, al norte la quebrada Llanadas y al sur la quebrada La Arenosa, ambas discurren de occidente a oriente disectando el terreno donde se han formado laderas de altas pendientes que sumado a la intervención antrópica hacen que la zona sea susceptible a fenómenos de remoción en masa. Además es evidente que zonas que en ese entonces hacían parte del área rural periférica al área urbana, ahora están completamente urbanizadas. Por lo anterior las zonas que presentan amenaza por movimientos en masa actualmente, están diseminadas en las zonas periféricas ligadas a los taludes de las vías, a las márgenes de las quebradas principales que cruzan el casco urbano como La Arenosita, Llanadas, Cañada del Centro, El Roble entre otras, también en algunos terrenos destinados al pastoreo donde por efectos de erosión tipo terracetas, pendientes del terreno dentro del rango medio y manejo inadecuado de flujos de escorrentía, se presentan movimientos en masa como reptación, deslizamientos y





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



desgarres superficiales como es el caso del sector de la quebrada La Arenosita. Otro factor asociado a este tipo de eventos en las zonas de transición entre el área urbana y la rural es la actividad agrícola donde la implementación de cultivos limpios genera erosión, aumento de la velocidad de los flujos de escorrentía, transporte de finos e infiltraciones.

Los factores antrópicos que inciden en el desarrollo de los movimientos en masa dentro del casco urbano son por un lado las excavaciones (banqueos) en lotes con el fin de realizar nuevas construcciones o ampliar las existentes que por no ajustarse a las técnicas adecuadas según la normatividad vigente para este tipo de movimientos de tierra ponen en riesgo las construcciones ubicadas en cota superior ya que se desconfinan el talud, y por el otro lado el manejo inadecuado de flujos de escorrentía en los diferentes sectores que discurren directamente al terreno circundante generando empozamiento de flujos o erosión concentrada según sea el grado de inclinación del terreno. La carencia de canoas y bajantes en las cubiertas, que capten, conduzcan y descarguen las aguas lluvias hasta el sistema de alcantarillado más cercano o corriente es un factor adicional que contribuye al aumento de los flujos de escorrentía y a la erosión concentrada que eventualmente contribuye con el desarrollo de los movimientos en masa, principalmente en las laderas localizadas al sur y occidente del casco urbano que por sus condiciones de alta pendiente y cobertura vegetal consistente en pastos bajos son susceptibles a los fenómenos antes descritos. Las condiciones anteriores se pueden observar en la zona correspondiente a la calle novena entre carreras cuarta y segunda (según mapa de 1994) que se encuentran en el punto de quiebre de la ladera al occidente del casco urbano.

Los fenómenos de erosión superficial y concentrada son vigentes en la zona urbana del municipio de Argelia donde se observa en las márgenes de las quebradas, por ejemplo en la margen izquierda de la quebrada El Apique saliendo por el barrio El Roble y en el sector de la quebrada La Arenosita, estos procesos se generan por deforestación, cambio en el uso del suelo donde la alta densidad de construcciones en las zonas de retiro hidrológico no permite la conservación de la cobertura vegetal en las zonas aledañas a los cauces. También como en el informe anterior se observaron terraceos para proyectos constructivos que no se han adelantado quedando terrenos desprovistos de vegetación por largo tiempo que conlleva al arrastre de material por los flujos de escorrentía y la subsecuente erosión del suelo.

En cuanto a la amenaza por avenidas torrenciales en el municipio, en el informe anterior se describen como puntos críticos la microcuenca de la quebrada Llanadas que se caracteriza por presentar desde su nacimiento altas pendientes que sumado a las altas precipitaciones en los períodos lluviosos, favorece los movimientos de remoción en masa siendo éstos un detonante importante para los eventos de avenidas torrenciales. Tanto en la llanura de inundación como en la terraza formada por antiguos depósitos torrenciales se encontraban asentadas un número considerable de viviendas que en la actualidad se han incrementado sin ningún control urbanístico a pesar de haberse recomendado en 1994 la restricción de éstas zonas para construcción de unidades habitacionales.

Los sectores más críticos en ese entonces correspondían a los asentamientos en Dos Quebradas, barrio San Vicente de Paúl, barrio El Poblado la salida hacia El Roble y Los Hogares Juveniles Campesinos (la edificación está desocupada cuando se realizó el presente informe), actualmente éstos sectores muestran la misma problemática con el agravante de que están más densamente poblados y las construcciones no tienen incorporadas la normatividad vigente (NSR 2010), lo que las hace más susceptibles ante fenómenos de avenidas torrenciales y eventualmente inundaciones. Ver Figura 31 y 32.



**FIGURA 31. ASPECTO DE LA QUEBRADA LLANADAS EN EL BARRIO EL POBLADO**



**FIGURA 32. OBRAS DE CONTENCIÓN EN LA QUEBRADA LLANADAS, BARRIO SAN VICENTE**



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



El sector conocido como Los Tanques, en la parte alta de la quebrada Llanadas, presentaba un poblamiento reducido en 1994, pero actualmente presenta mayor densidad de población en zonas susceptibles a sufrir avenidas torrenciales.

Otra quebrada que presenta evidencias de torrencialidad es la quebrada Aguinaldo que tributa en la quebrada Llanadas cerca al barrio El Poblado y tiene influencia también en el sector de Dos Quebradas y el barrio San Vicente de Paúl.

El caso más relevante es el barrio San Vicente de Paúl, que se encuentra sobre un depósito torrencial bordeado por las quebradas Aguinaldo y Llanadas de características ya descritas.

Las amenazas de origen antrópico están relacionadas con la ocupación de las zonas de retiro hidrológico, contaminación de las corrientes de aguas tanto por desechos sólidos como por vertimiento de aguas servidas, carencia de canoas y bajantes que dispongan las aguas lluvias en sitio seguro como sistema de alcantarillado o corrientes de aguas, manejo inadecuado de flujos de escorrentía, sobrepastoreo, prácticas agrícolas inadecuadas, explanaciones y conformación de taludes para adelantar procesos constructivos sin una técnica apropiada y falta de implementación de la normatividad vigente para construcciones sismo-resistentes (NSR 2010).

A partir del estudio realizado por INGEOMINAS-CORNARE (1994, página 48, 49, 50), donde se establecieron cuatro rangos de estabilidad diferentes donde los límites que definen estos rangos representan zonas de transición y las observaciones realizadas en el municipio se propone para la zona urbana, las siguientes zonas:

Zonas Estables (Z.E), es la zona donde está asentada la mayor parte del área urbana con pendientes menores al 15% y áreas construidas principalmente. Los movimientos de tierra para realizar construcciones que no se adelantan rápidamente pueden generar erosión del terreno desarrollando surcos y cárcavas, también los procesos constructivos para edificaciones nuevas o ampliación de las ya existentes, pueden dejar taludes casi verticales que ponen en riesgo las viviendas ubicadas tanto en cota superior como inferior. Se pueden presentar amenazas de tipo antrópico como deficiencias constructivas y adiciones en altura con técnicas empíricas ya que parte de las edificaciones han sido reconstruidas bien sea desmontando las construcciones antiguas para levantar edificaciones modernas de mayor altura o remodelando las existentes. La situación anterior obliga a mantener un control y monitoreo permanente de las licencias de construcción para garantizar que se cumpla con la normatividad vigente (NSR 2010), éstas situaciones hacen necesario evaluar con detalle la condición actual de la Z.E. dada la transformación que ha sufrido.

Zonas de Estabilidad Condicionada (ZEC), en este caso se trata de zonas construidas cuya ubicación las hace menos estables que la zona anteriormente descrita, se encuentran en el sector suroccidental y suroriental del casco urbano donde las pendientes son mayores y



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



pueden ser afectadas por movimientos en masa si no se realiza un manejo adecuado de flujos de escorrentía, de aguas servidas y mantenimiento periódico de redes de acueducto y alcantarillado. Se considera que estas zonas han sido objeto de intervención urbana y por esta razón se hace necesario, reconocer en la actualidad el estado que presentan donde el uso adecuado que se dé al terreno solo puede evitar la ocurrencia de eventos desastrosos que causen efectos destructivos.

Zona de Inestabilidad Potencial (ZIP), en el estudio anterior se consideraban dentro de esta clasificación las zonas periféricas aún sin urbanizar con antecedentes o susceptibles a presentar fenómenos de movimientos en masa con pendientes mayores al 50% y otras características inherentes al suelo que las hacían no aptas para desarrollos urbanísticos y a las cuales se les debía dar un uso forestal o de agricultura permanente. En la actualidad parte de estas zonas se han urbanizado razón por la cual se deberá realizar un estudio detallado para determinar los factores que puedan favorecer el desarrollo de inestabilidad en el terreno para poder así buscar los mecanismos adecuados para mitigar estos fenómenos.

Zonas Inestables (Z.I), se consideran aquí, las áreas ya identificadas en el estudio de INGEOMINAS-CORNARE (1994) el que propone como zonas inestables, áreas cercanas a la zona urbana sin construir todavía que habían sido afectadas por movimientos en masa algunos activos para aquella época y que “requerían un manejo inmediato para evitar que los procesos progresen y puedan llegar a afectar la infraestructura urbana”. Se deberá incluir actualmente como zona inestable aquellos sectores donde se han conformado taludes con fuertes pendientes debido a intervención antrópica para actividades relacionadas con procesos constructivos que pueden afectar tanto la infraestructura asentadas sobre el terreno como causar afectación en la zona de influencia. Se requiere por lo tanto hacer una revisión detallada de los procesos de inestabilidad de estas zonas con el fin de determinar si actualmente se encuentran activos y posibles causas para implementar las acciones necesarias para su recuperación y control de los asentamientos urbanos que se hayan desarrollado en las zonas inestables.

Zonas de Susceptibilidad Alta (ZSA) por Avenidas Torrenciales, estas zonas asociadas al cauce actual de las quebradas Llanadas y sus afluentes quebradas Dos Quebradas, La Cueva del Amor, San Vicente, Aguinaldo, no son aptas para desarrollos urbanos y las viviendas ubicadas en esta zona deben hacer parte de programas de reubicación a corto y mediano plazo según lo recomendado en el estudio de 1994 donde además se anota que dentro de esta zona están incluidas las viviendas localizadas en el sector de Dos Quebradas, barrio San Vicente de Paúl, barrio El Poblado y el Hogar Juvenil Campesino, que no existe ahora. Actualmente estas zonas no solo no han sido reubicadas sino que se han expandido aumentando el número de población amenazada por eventos catastróficos por avenidas torrenciales. También se requiere realizar una revisión técnica de las obras civiles cuya sección hidráulica sea reducida y por lo tanto insuficiente para las características asociadas a la dinámica propia de éstas quebradas.



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



Zonas de Susceptibilidad Baja (ZSB) por Avenidas Torrenciales, para INGEOMINAS-CORNARE (1994), “su nivel está un poco por encima de la zona anterior y es susceptible a inundación sólo por crecientes mayores de la Quebrada Llanadas; se incluyen parte de los barrios Obrero y El Roble. La mitigación de la vulnerabilidad de esta zona se logrará mediante las acciones de manejo integral de la cuenca.”, estos terrenos debido al desarrollo urbano, han sido más poblados con asentamientos humanos, generando condición de riesgo para la población y la infraestructura asentada.

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

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

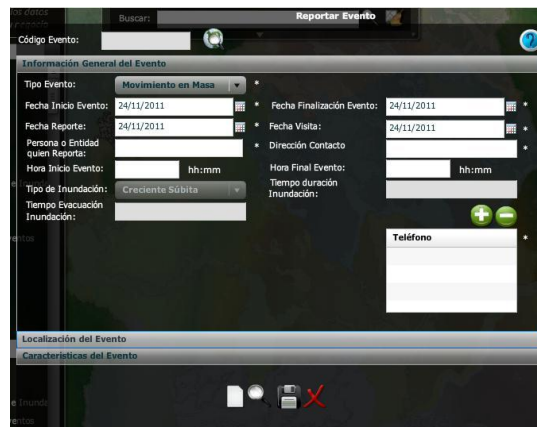
## **5 CAPÍTULO V SISTEMA DE INFORMACIÓN DE GESTIÓN DEL RIESGO INTEGRADO AL GEOPORTAL CORPORATIVO**

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

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

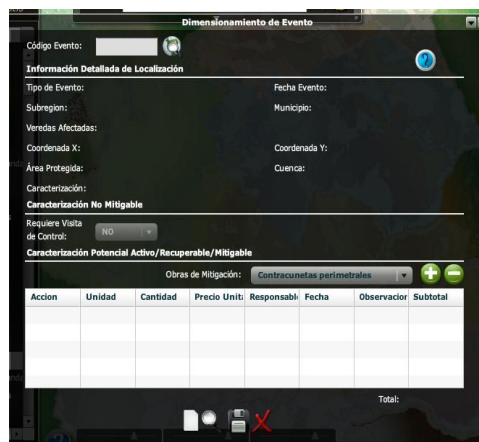
fácil uso e interacción con el usuario. A continuación se describen los diferentes módulos que componen la herramienta.

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



**FIGURA 33. FORMULARIO DE REPORTAR EVENTO**

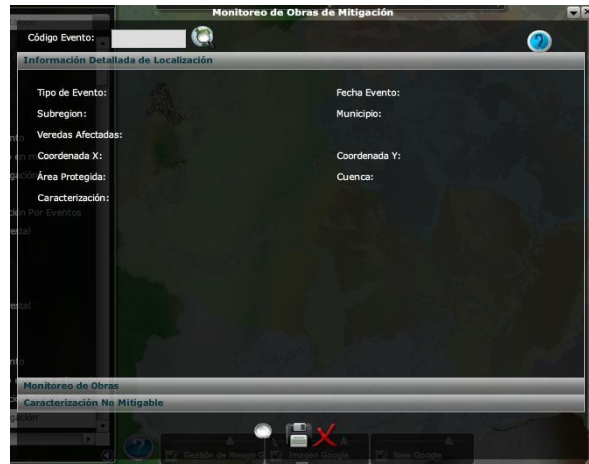
- Dimensionamiento: Funcionalidad que permite la consulta, actualización, creación y eliminación de la información del dimensionamiento de un evento por parte del equipo técnico (ver Figura 34).



Acción	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Responsabl	Fecha	Observador	Subtotal
							Total:

**FIGURA 34. FORMULARIO DE DIMENSIONAMIENTO**

- Monitoreo de Obras: Funcionalidad que permite la consulta, actualización, creación y eliminación de la información relacionada al avance de las obras dimensionadas y las que se encuentran en ejecución (ver Figura 35).



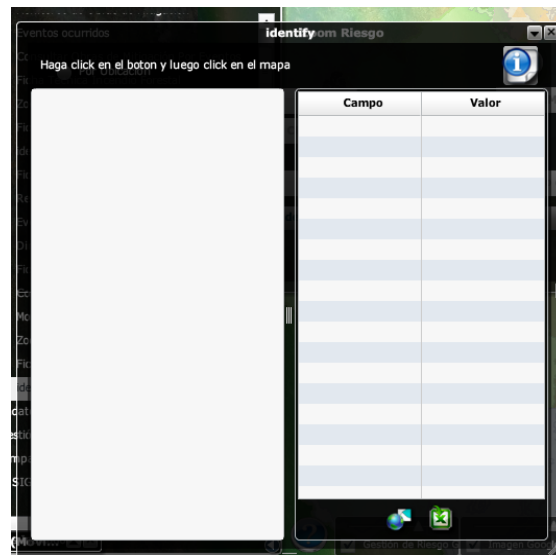
**FIGURA 35. FORMULARIO DE MONITOREO DE OBRAS**

- Zoom Riesgo: Funcionalidad que permite la visualización del mapa de riesgos según la cuenca o ubicación seleccionada (ver Figura 36).



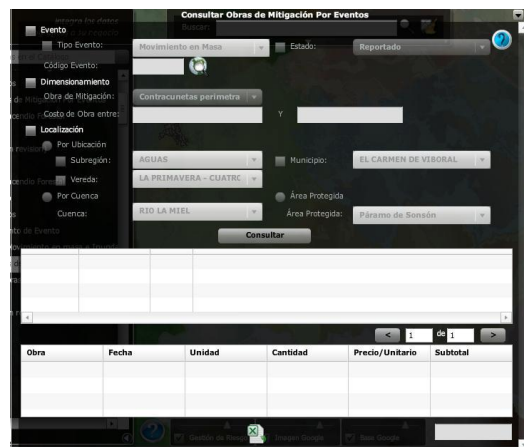
**FIGURA 36. FORMULARIO DE ZOOM RIESGO**

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



**FIGURA 37. FORMULARIO DE IDENTIFICÓ**

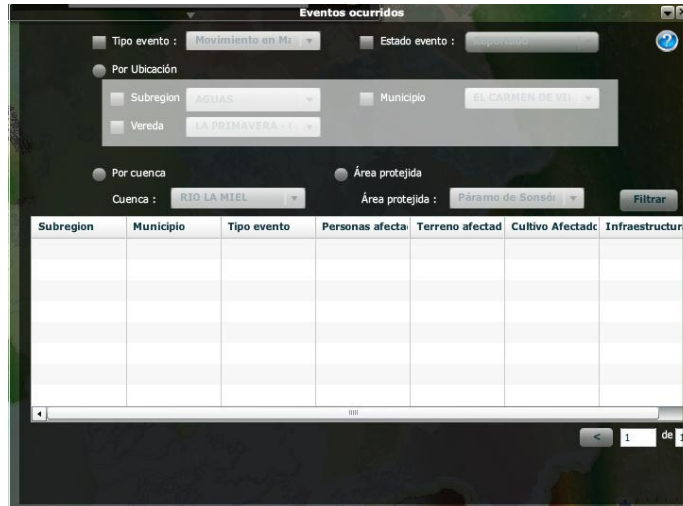
- Consultar Obras de Mitigación: Funcionalidad que permite la consulta, actualización, creación y eliminación de la información relacionada al avance de las obras dimensionadas y las que se encuentran en ejecución (ver Figura 38)



**FIGURA 38. FORMULARIO DE CONSULTAR OBRAS DE MITIGACIÓN**



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



**FIGURA 39. FORMULARIO DE CONSULTAR EVENTOS REPORTADOS**

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



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

**FIGURA 40. FORMULARIO DETALLE EVENTO OCURRIDO**

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



**FIGURA 41. FORMULARIO REPORTE FICHA TÉCNICA**

1 / 2 117%


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

**8. TERRENO**

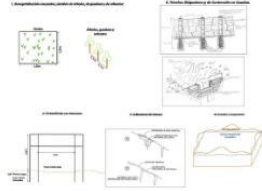
Existen Arboles Aislados:	540	Existen Objetos Inclutados	540	Tipo Erosión:	concentrada-
---------------------------	-----	----------------------------	-----	---------------	--------------

Descripción del Daño y Afectación:

**9. FOTO DEL EVENTO**



**10. ESQUEMA EVENTO**



**11. CONCLUSIONES**

**FIGURA 42. REPORTE DE FICHA TÉCNICA EN FORMATO PDF**

## 6 CONCLUSIONES

En el municipio de Argelia las afectaciones en el terreno debido a las diferentes clases de eventos ocurridos como consecuencia de las últimas temporadas invernales (2010-2011) no presentan una zonificación definida por eventos o veredas de una manera precisa. Los eventos o perturbaciones del terreno se presentan relacionados principalmente a movimientos en masa y en menor proporción a avenidas torrenciales y deterioro estructural, además de afectaciones ambientales de carácter antrópico.

Los movimientos en masa que se presentan en el municipio son en su mayoría de tipo deslizamiento rotacional y reptación, sin embargo también se presentan movimientos complejos y flujos de escombros y lodos en menor proporción. La mayor parte de los movimientos en masa están relacionados, además del aumento de la pluviosidad, con las características topográficas de la región, la intervención de bosques naturales con el propósito de ampliar la frontera agrícola, las coberturas consistentes en pastos y cultivos transitorios que conlleva a la degradación del suelo potenciada por la remoción y labranza que genera la pérdida del horizonte orgánico promoviendo la exposición en superficie del saprolito, intensificando la erosión durante los períodos de alta pluviosidad y generando abundantes flujos de escorrentía y lavado de finos a favor de la pendiente.

Otros factores que inciden en el desarrollo de movimientos en masa son: el sobrepastoreo que produce terracetos “patas de vaca” en suelos plásticos que al conectarse generan pequeños escarpes promotores de remociones de mayor dimensión, ejecución de proyectos viales, manejo inadecuado de los flujos de escorrentía tanto en las partes superiores de los taludes de las vías como en las mismas vías, excavaciones para construcciones sin tener presente la normatividad vigente para esta actividad y donde el volumen removido en la explanación para establecer la estructura y obras complementarias, se descarga sobre depresiones o taludes sin ningún manejo, por lo que aumenta el peso, la cantidad de agua y la inestabilidad del suelo subyacente, afectan la misma obra que los originó o los predios vecinos. A lo anterior se suma la descarga inadecuada de las aguas servidas y aguas lluvias en un número importante de viviendas y centro educativos rurales (CER) que se realizan directamente al terreno.

Los hundimientos en las vías veredales, son propiciados por la carencia de cunetas longitudinales y obras transversales que capten, conduzcan y descolen hacia sitio seguro como vaguadas cercanas o quebradas los flujos de escorrentía evitando el empozamiento y asentamiento de la vía.



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



Las avenidas torrenciales de las cuales se tuvo referencia, están relacionadas directamente con la dinámica de las quebradas, las condiciones topográficas por las que discurren los principales afluentes, caracterizados por presentar valles estrechos y profundos, la buena disposición de material de arrastre y la deforestación en las partes altas de las cuencas.

Para la cabecera Municipal se concluye que las zonas identificadas con los diferentes niveles de amenaza en los estudios previos realizados, conservan en su mayoría la clasificación asignada; algunas zonas, como resultado del incremento en la densidad de construcciones han pasado de ser zonas de expansión urbana a zonas netamente urbanas, tal expansión urbana en la cabecera municipal ha generado transformaciones, en ocasiones significativas en el terreno, en muchos casos de manera poco ordenada y poco técnica, siendo un factor que modifica, casi siempre para incrementar los niveles de amenaza del municipio. Estos nuevos asentamientos, en zonas con algún nivel de amenaza, es un factor que expone a la población creando niveles de riesgo que deben ser identificados para garantizar la seguridad de los habitantes de la zona urbana.

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

Los daños identificados en el territorio del municipio, tiene como causa principal, los movimientos en masa, los cuales son un 72% de los casos visitados, seguido de manifestaciones de deterioro estructural en un 25% y por último afectaciones relacionadas con eventos por avenidas torrenciales en un porcentaje de 3%.

Las causas que predominan en el origen de estos eventos que afectan el territorio y la población son principalmente las que combina la acción humana con la actividad humana, estas se presentan en un 66% de los casos, esto podría significar que la acción humana en muchos casos y tal vez por desconocimiento, activa problemas del entorno para generar un problema mayor.

En los sitios visitados, los problemas identificados en un 38% afecta terrenos, 31% afecta Centro Educativos Rurales, las viviendas de la población están afectadas en un 16%, un 12% cultivos y un 3% infraestructura vial que es importante para contribuir a la calidad de vida de la población. Esta observación, indica que la problemática descrita tiene, en gran parte, un 50%, relación espacial con los recursos naturales bien sea que éstos causen el evento o son



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



afectados por el evento mismo. En la categoría de terrenos se incluyen potreros, franjas de retiro de quebradas y carreteras, perímetros de las viviendas y otros espacios naturales.

Para la ejecución de obras en el municipio, se requiere una inversión cercana a los \$240 millones de pesos, esta inversión se orienta principalmente a atender la problemática identificada en cinco núcleos zonales y la zona urbana, en los que la mayor inversión apunta a los núcleos zonales Villeta-Florida, El Zancudo, Cabecera Municipal, donde las obras tendrán un costo cercano al 90% de la inversión total, el restante 10% se invertirá en los otros núcleos zonales.

Además del núcleo zonal Villeta-Florida con un total de 13 puntos visitados, la cabecera municipal con un total de 8 puntos visitados, es el núcleo zonal más afectado por la ocurrencia eventos desastrosos, le sigue El Zancudo con 7 y El Rosario con 3. En los núcleos zonales San Agustín, La Reina y Mezones no se reportaron eventos desastrosos por parte de la Administración Municipal.

Así mismo las veredas con más puntos atendidos son La Mina y El Diamante con un 28% de los puntos visitados.

Para los sitios visitados se recomiendan obras para el control, manejo y recuperación de la problemática observada, sin embargo es necesario también desarrollar estrategias educativas que capaciten a la población para prevenir la ocurrencia de eventos futuros similares o diferentes.

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



## 7 RECOMENDACIONES

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

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

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

Promover tecnologías y metodologías alternativas para la construcción de viviendas e instalaciones agropecuarias, especialmente en las zonas rurales, que empleen materiales de menor peso para el suelo que la mampostería, usando algunos de los recursos disponibles localmente que tienen menor costo, tales como: guadua, suelo, fibras naturales, caña brava, algunas de estas técnicas son el muro tendinoso (básicamente es un sistema de cerramiento no convencional ejecutado in-situ compuesto por mortero, sacos de fique y alambre de espino confinado entre parales de madera, bambú o perfiles metálicos) y la construcción en guadua o la combinación de ésta.

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

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



## 7.1 CORTO PLAZO (< UN AÑO).

Realizar las evacuaciones recomendadas temporal o definitivamente en los sitios con riesgo alto para la seguridad de los habitantes, los cuales fueron identificados y notificados a la administración municipal. Retomar los proyectos de reubicación de los sectores donde la amenaza por avenida torrencial es alta en la zona urbana como los barrios San Vicente, El Poblado y el sector de Dos Quebradas para ejecutarlos a largo plazo.

Se deberá prestar especial atención a los Centro Educativos Rurales que tienen recomendación de reubicación como los de las veredas El Cabuyo y Tabanales dadas las condiciones de inestabilidad de los terrenos circundantes sobre los cuales están asentados. Así mismo la mayoría de los otros centros educativos visitados, presentan problemas relacionados con deterioro estructural, falta de mantenimiento y algunos como el de la vereda Yarumal y San Pablo movimientos en masa en taludes adyacentes.

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

Implementar campañas de concientización a los acueductos veredales con el fin de realizar un mantenimiento periódico de las redes (tuberías y mangueras) ya que el deterioro de éstas que se expresa en fugas y colapsos, generan saturación rápida del terreno favoreciendo los movimientos en masa.

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





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

Disminuir la situación de vulnerabilidad de la población, fortaleciendo la capacidad de los habitantes para afrontar las circunstancias derivadas de la condición de riesgo presente en las diferentes áreas del territorio mediante programas y campañas educativas que promuevan la identificación y manejo temprano de los factores desencadenantes.

Realizar planes de protección de las cuencas y destinar los terrenos recomendados en algunos puntos como zonas de protección forestal con el fin de detener el daño causado en los terrenos y mejorar sus condiciones de estabilidad.

## **7.2 MEDIANO PLAZO (DE UN AÑO A TRES AÑOS)**

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

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

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



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



Existen vías de veredas que presentan deterioro, en mayor o menor grado, como las vías hacia Villeta-Florida, El Zancudo y la vía a Tabanales, a las cuales de manera preventiva y para evitar el incremento del mismo, se hace necesario realizar mantenimiento a las obras de drenaje existentes y construir cunetas longitudinales complementadas con obras transversales donde se requieran, para esta situación se recomienda implementar un proyecto cuyo objeto sea el mantenimiento y adecuación de las vías terciarias. El colapso de las vías de veredas ocasiona traumatismo en la movilidad de alimentos y de personas ocasionando pérdidas económicas e incomunicando a la zona urbana con el sector rural afectado. La vía La Mina-Santa Inés requiere una intervención especial donde estudios geotécnicos, hidráulicos, ambientales, entre otros, determinen las acciones a seguir para su recuperación y futura proyección.

Controlar la tala indiscriminada de bosques, así como las explotaciones mineras ilegales, actividades que afectan la dinámica de las fuentes hídricas y la conservación de los suelos, dos componentes fundamentales cuando de prevenir desastres se trata.

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

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

### **7.3 LARGO PLAZO (> TRES AÑOS).**

Implementar estrategias de capacitación para la comunidad tanto de la zona rural como urbana, tratando temas tales como el adecuado manejo de las aguas lluvias, de aguas servidas y de consumo; incentivar el manejo adecuado de los residuos sólidos y el reciclaje en la fuente, capacitar a la población en general en buenas prácticas agrícolas, pecuarias y de explotación minera, con el fin de minimizar el impacto negativo que éstas ocasionan a los suelos dando como resultado terrenos erosionados. También preparar la población para el manejo y la reacción ante la ocurrencia de un evento de desastre, para disminuir el riesgo de la misma, mediante la conformación de comités barriales y veredales de emergencia capacitados tanto en prevención como en atención de desastres.

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



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



Poner en marcha los proyectos de reubicación de los asentamientos situados en zonas de amenaza alta por eventos como movimientos en masa y avenidas torrenciales especialmente en la zona urbana.



## 8 BIBLIOGRAFÍA

- ALBAÑEZ, JUAN JOSÉ;** 2006. Tipos de Procesos Erosivos. La Erosión del Suelo. Publicación, España Marzo de 2011
- ARIAS, L. A.;** 1995. El Relieve de la Zona Central de Antioquia: Un Palimpsesto de Eventos Tectónicos y Climáticos. Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia Vol. 10, pp. 19-24.
- ARISTIZÁBAL, E.,** 1, 2, & 3. (2010). Una revisión sobre el estudio de movimientos en masa detonados por lluvias. REV. ACAD. COLOMB. CIENC. 34 (131): (53), 209-227.
- BETANCURT, J. M Y OTROS;** 1996. Dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de Argelia. CORNARE, 109 p.
- BRABB E.E.;** 1984. Innovative approaches to landslide hazard mapping. Proceed. IV Int. Symp. Landslides, Toronto, v. 1, 307-324.
- CARDONA A, OMAR D.;** 1993. Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo: elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo.: En: Los desastres no son naturales. Maskrey Andrew (Editor). Bogotá: Ediciones Tercer Mundo, p. 56.
- DHAKAL, A. S., AMADA, T., & ANIYA, M.;** 2000. Landslide Hazard Mapping and its Evaluation Using GIs : An Investigation of Sampling Schemes for a Grid-Cell Based Quantitative Method. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 66(8), 981-989.
- ESPINAL, L.;** 1992. Geográfica ecológica de Antioquia: Zonas de vida. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 146 p.
- GONZÁLEZ J LEÓN Y OTROS.;** 2008. Determinación de niveles de potencialidad torrencial de la cuenca del río Mocotíes, Mérida, Venezuela. Universidad de Los Andes - Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, Mérida, Venezuela.
- HERMELIN, M.;** 1988. Aspectos geológicos y geomorfológicos del Área de jurisdicción de CORNARE. Informe CORNARE.
- HERMELIN, M.;** 2007 Sistemas Morfogénicos Contrastados en el Norte de la Cordillera Central Colombiana; Rev. Acad. Colomb. Cienc. **31** (119): 199-216. ISSN 0370-3908.
- INGEOMINAS;** 2001. Mapa Geológico del Departamento de Antioquia (Escala 1:400.000) Memoria Explicativa. Pp. 241.



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



**INGEOMINAS;** 2005 y 2009 Planchas 148 San Carlos, 168 Argelia y 147 Medellín Oriental. Compilado por: Tomas Feininger U.S.G.S., D. Barrero, N. Castro, O. Ramírez, H. Lozano y J. Vega, et al. Con la colaboración del U.S Geological Survey Convenio No 514-I-030 de la A.I.D

**INGEOMINAS-CORNARE;** 1994. Evaluación de amenazas de origen geológico en el área urbana del municipio de Argelia; Ingeominas, contrato CIDI-14393. 60 p.

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

**SIDLE, R. C.** 2005. Influence of forest harvesting on debris avalanches and flow. Debris-flow Hazards and Related Phenomena, Springer P, 387-409. doi:10.1007/3-540-27129-5\_16

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

# ANEXOS