

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN
MASA EN LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA,
DEPARTAMENTO DEL CAUCA 2016.

CARLOS FELIPE GOMEZ FERNANDEZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
POPAYAN, CAUCA

2017

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN
MASA EN LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA,
DEPARTAMENTO DEL CAUCA 2016.

CARLOS FELIPE GOMEZ FERNANDEZ.

Trabajo de grado como requisito para optar al título de Geógrafo

Asesor

Mg. USUARDO RAMÍREZ RICO
JEFE DE DEPARTAMENTO. GEOGRAFÍA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
POPAYAN, CAUCA

2017

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo son responsabilidad exclusiva de su autor”

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Agradecimientos.

Gracias a Dios por permitirme tener a mi familia, gracias a mi madre, abuela, mi padre y hermano, por apoyarme en cada decisión y proyectos, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es la vida y lo justa que puede llegar hacer; gracias a mi familia por permitir cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis. Gracias por creer en mí y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

Expreso mi más sinceras gratitud al asesor del proyecto, profesor Usuardo Ramírez Rico, un profesional integro quien con toda su disposición me brindo su tiempo y conocimiento proporcionándome las herramientas académicas que me permitieron culminar con éxito esta investigación. A el gracias por su respaldo y amistad.

De igual manera agradezco a los señores jurados evaluadores, Carolina Castrillón y Ángela Guancha por su tiempo y colaboración.

DEDICATORIA

Consagro mi profesión a Dios, quien es el único que tienen potestad sobre mi vida y me permito llegar hasta este momento. Dedico los méritos académicos a mis padres: María Claudia Fernández Chaves y Felipe Augusto Gómez Olave, a mis abuelos: Fanny Olave y Rogerio Gómez Guzmán y a mis hermanos: Diego Fernando Gómez y Juan Manuel Fernández quienes siempre me apoyaron incondicionalmente para lograr culminar con éxito mi carrera universitaria.

Carlos Felipe Gómez Fernández.

RESUMEN

En la investigación, se desarrolló el tema zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, donde se toma el caso de los barrios las Delicias y Centro, Municipio de Silvia, Departamento del Cauca. El documento consta de: caracterización biofísica, análisis de cobertura y uso del suelo, identificación de tipos de fenómenos de remoción en masa, la determinación de factores detonantes que intervienen en la generación de movimientos en masa, y la caracterización y mapificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa.

El trabajo presenta la zonificación de la amenaza a partir de la implementación de la “Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa” elaborada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), (anteriormente INGEOMINAS), basado en determinar cuantitativamente el grado de influencia que cada variable como: geología, geomorfología, pendiente, cobertura y uso del suelo, asociados a la generación de fenómenos de remoción en masa; dicho grado de influencia se definió calculando las áreas afectadas por tipo de movimientos presentes en cada unidad cartográfica del parámetro evaluado.

El resultado de la zonificación de amenaza se plasmó en mapas, que indican la posibilidad de ocurrencia de movimientos en masa, según la valoración de las características físico-naturales del terreno. Así se identificaron áreas de superficie, en las cuales las condiciones son favorables, para que en ellas pueda ocurrir un determinado fenómeno de remoción en masa.

De esa manera se clasificó la estabilidad relativa respecto a que sectores específicos dentro del área de estudio son susceptibles a la formación de fenómenos de remoción en masa, para ello se establecieron categorías de amenaza relativa como: muy alta y alta, asignada a aquellas zonas inestables del terreno que por sus características actuales son consideradas como propicias para la formación de movimientos en masa. En orden descendente de severidad se instauraron las clases de amenaza relativa mediana, baja y muy baja, referidas a superficies del terreno con mayor estabilidad actual.

Palabras claves: amenaza, zonificación, fenómenos de remoción en masa.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	21
1. PROBLEMA	23
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	23
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	24
2. JUSTIFICACIÓN	25
3. OBJETIVOS	27
3.1. OBJETIVO GENERAL	27
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4. MARCO REFERENCIAL	28
4.1. MARCO CONTEXTUAL	28
4.1.1. <i>Contexto internacional.</i>	28
4.1.2. <i>Contexto nacional.</i>	29
4.1.3. <i>Contexto regional.</i>	30
4.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	31
4.2.1. <i>Remoción, movimiento o fenómeno en masa.</i>	31
4.2.2. <i>Deslizamientos.</i>	33
4.2.3. <i>Flujos.</i>	36
4.2.4. <i>Residuos y detritos.</i>	37
4.2.5. <i>Caídas de rocas.</i>	38
4.2.6. <i>Flujo de lodo.</i>	39
4.2.7. <i>Volcamiento.</i>	40
4.2.8. <i>Reptación.</i>	40
4.2.9. <i>Susceptibilidad.</i>	43
4.3. MARCO LEGAL	44
4.3.1. <i>Constitución Política de Colombia 1991</i>	44
4.3.2. <i>Ley 46 de 1988.</i>	45
4.3.3. <i>Decreto 93 de 1998.</i>	45
4.3.4. <i>Decreto – Ley 919 de 1989.</i>	45
4.3.5. <i>Ley 99 de 1993.</i>	46
4.3.6. <i>La ley 99 de 1993.</i>	46
4.3.7. <i>Ley 388 de 1997.</i>	46

4.3.8.	<i>Decreto 93 de 1998.</i>	47
4.4.	MARCO ESPACIAL	47
4.4.1.	<i>Sistema Político.</i>	51
4.4.2.	<i>Sistema Económico.</i>	51
5.	METODOLOGÍA	52
5.1.	FASE UNO. CARACTERIZACIÓN FÍSICO NATURAL DE LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA CAUCA	52
	□ <i>Identificación, recopilación, depuración y análisis de información secundaria y conocimiento del fenómeno amenazante</i>	52
	□ <i>Elaboración del mapa base digital a escala 1:7.500 y establecimiento del Sistema de Información Geográfica (SIG).</i>	53
	□ <i>Análisis de variables físico naturales.</i>	53
5.1.1.	<i>Análisis Geológico.</i>	53
	□ <i>Exploración y caracterización de información sobre unidades geológicas presentes en el área de estudio.</i>	53
	□ <i>Elaboración del mapa de unidades geológicas a escala 1:25.000.</i>	53
5.1.2.	<i>Definición de la topografía y pendiente del terreno.</i>	54
	□ <i>Generación del Modelo Digital de Elevación (DEM), del área de estudio.</i>	54
	□ <i>Construcción del perfil topográfico del área de estudio.</i>	54
	□ <i>Construcción del mapa de unidades de pendientes del terreno.</i>	54
5.1.3.	<i>Análisis Geomorfológico.</i>	55
	□ <i>Análisis digital de figuras aéreas y Modelo Digital de Elevaciones del terreno DEM.</i>	55
	□ <i>Comprobación de resultados en campo y elaboración del mapa de unidades geomorfológicas.</i>	55
5.1.4.	<i>Análisis de la Precipitación.</i>	56
	□ <i>Identificación de estaciones meteorológicas.</i>	56
5.2.	FASE DOS. IDENTIFICACIÓN DE LA COBERTURA Y USO DEL SUELO EN LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA CAUCA	57
	□ <i>Definición de escala base de interpretación y unidad mínima de mapeo.</i>	57
5.2.1.	<i>Definición de la cobertura y uso del suelo.</i>	57
	□ <i>Comprobación de la cobertura en campo.</i>	58
	□ <i>Ajuste de la interpretación de coberturas identificadas.</i>	58
	□ <i>Presentación del mapa de coberturas finales.</i>	59
	□ <i>Descripción de cada unidad de uso y cobertura identificada.</i>	59
5.3.	FASE TRES. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA CAUCA.	59
5.3.1.	<i>Recopilación de información sobre sucesos históricos relacionados con la ocurrencia de movimientos en masa en el área de estudio.</i>	59

5.3.2.	<i>Identificación e inventario preliminar de fenómenos de remoción en masa.</i>	59
5.3.3.	<i>Comprobación, actualización y clasificación de los fenómenos de remoción en masa.</i>	60
5.3.4.	<i>Inventario y consolidación del mapa de fenómenos de remoción en masa.</i>	60
□	<i>Descripción, caracterización y análisis de fenómenos de remoción en masa inventariados.</i>	60
5.4.	FASE CUATRO. DETERMINACIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES DETONANTES O CONDICIONANTES QUE INTERVIENEN EN LA GENERACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA CAUCA	61
5.4.1.	<i>Factor pendiente del terreno.</i>	61
□	<i>Selección y ubicación de los fenómenos de remoción en masa, cuya ocurrencia refleja de alguna manera su relación directa con la inclinación de la pendiente.</i>	61
5.4.2.	<i>Factor Precipitación.</i>	61
□	<i>Selección, datación y ubicación de fenómenos de remoción en masa que posiblemente pudieron ser detonados por lluvias.</i>	61
□	<i>Análisis de la información pluviométrica.</i>	62
5.4.3.	<i>Factor Antrópico.</i>	62
5.5.	FASE CINCO. CARACTERIZACIÓN Y MAPIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA CAUCA	63
□	<i>Definición de valores totales de superficie en hectáreas, respecto a la unidad cartográfica y el área afectada por cada tipo de movimiento en masa dentro de cada unidad cartográfica.</i>	64
□	<i>Definición de la amenaza relativa de variables geoambientales con respecto a cada uno de los tipos de movimientos en masa.</i>	64
□	<i>Definición de la amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa.</i>	64
6.	CARACTERIZACIÓN BIOFISICA DE LOS BARRIOS LAS DELICIAS Y CENTRO, CABECERA MUNICIPAL DE SILVIA, CAUCA 2016.	66
6.1.	GEOLOGÍA	66
6.1.1.	<i>Complejo quebrada grande.</i>	66
	<i>El conjunto ígneo básico (KcqV):</i>	67
	<i>El conjunto sedimentario (Kcqs),</i>	67
6.1.2.	<i>Formación Popayán.</i>	68
6.1.3.	<i>Lavas de composición andesítica (Ngpl).</i>	68
6.1.4.	<i>Depósitos aluviales (Qal):</i>	68
6.2.	TOPOGRAFÍA Y PENDIENTE DEL TERRENO	70
6.2.1.	<i>Topografía.</i>	70
6.2.2.	<i>Pendiente del Terreno.</i>	73
□	PENDIENTE MUY ALTA:	73
□	PENDIENTE ALTA:	73

□ PENDIENTE MEDIA:	74
□ PENDIENTE BAJA:	74
□ PENDIENTE MUY BAJA:	74
6.3. TECTÓNICA	76
6.4. GEOMORFOLOGÍA	77
6.4.1. Morfodinámica.	79
6.5. PRECIPITACIÓN	80
7. DEFINICIÓN DE LA COBERTURA Y USO DEL SUELO EN LOS BARRIOS LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA, CAUCA	86
7.1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	87
7.1.1. <i>Tejido urbano discontinuo.</i>	87
SERVICIO Y COMERCIO:	88
MÚLTIPLE:	88
RECREACIONAL:	88
VIVIENDA:	88
ESPACIO PÚBLICO:	88
7.2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS	89
7.2.1. <i>Cultivos Transitorios.</i>	89
7.2.2. <i>Pastos.</i>	90
7.2.3. <i>Pastos Arbolados.</i>	91
7.2.4. <i>Mosaico de Pastos y Cultivos.</i>	93
7.3. BOSQUE Y ÁREAS SEMI-NATURALES.	94
7.3.1. <i>Bosque Natural Denso.</i>	94
7.3.2. <i>Bosque de Galería y Ripario.</i>	95
7.4. SUPERFICIES DE AGUA.	96
7.4.1. <i>Ríos.</i>	97
7.4.2. <i>Lago Artificial.</i>	97
8. CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, SILVIA, CAUCA	100
8.1. DESLIZAMIENTOS	104
8.1.1. <i>Deslizamientos Traslacionales.</i>	104
8.1.2. <i>Deslizamiento Rotacional.</i>	105
8.2. FLUJOS	106
8.2.1. <i>Flujo de Suelo o de Tierra</i>	106
8.3. CAÍDAS DE ROCAS	107
9. FACTORES CONDICIONANTES O DETONANTES QUE INTERVIENEN EN LA GENERACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN LOS BARRIOS LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA, CAUCA	110

9.1. RELACIÓN PENDIENTE DEL TERRENO VERSUS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	110
9.2. RELACIÓN PRECIPITACIÓN VERSUS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	113
9.3. RELACIÓN ACTIVIDAD ANTRÓPICA VERSUS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	116
10. CARACTERIZACIÓN Y MAPIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN LOS BARRIOS LAS DELICIAS Y CENTRO, CABECERA MUNICIPAL DE SILVIA, CAUCA	120
10.1. ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA RELATIVA A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	120
10.1.1. <i>Análisis estadístico univariado de variables geoambientales.</i>	120
10.1.2. <i>Amenaza relativa de variables geoambientales con respecto a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa.</i>	121
□ <i>Amenaza relativa de unidades geológicas a los fenómenos de remoción en masa (mapas 10, 11,12).</i>	122
□ <i>Amenaza relativa a unidades geomorfológicas a fenómenos de remoción en masa mapas (13, 14 y 15).</i>	126
□ <i>Amenaza relativa de unidades de pendiente del terreno a fenómenos de remoción en masa (mapas 16, 17, 18).</i>	130
□ <i>Amenaza relativa de unidades de uso y cobertura del suelo a fenómenos de remoción en masa (mapas 19, 20, 21).</i>	134
10.1.3. <i>Amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa.</i>	138
10.1.4. <i>Amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa.</i>	145
11. CONCLUSIONES	149
12. RECOMENDACIONES	151
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	153
ANEXOS.	3

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1 Clasificación de los tipos de fenómenos o movimientos de remoción en masa.</i>	33
<i>Tabla 2 División político administrativa del Municipio de Silvia Cauca.</i>	48
<i>Tabla 3 División político administrativa cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	48
<i>Tabla 4 Clasificación de tipos de pendiente del terreno.</i>	55
<i>Tabla 5 Catálogo de fotografías aéreas del área de estudio.</i>	56
<i>Tabla 6 Catálogo de estaciones climatológicas y pluviométricas consideradas en el análisis de la precipitación.</i>	56
<i>Tabla 7 Leyenda Nacional de coberturas de la tierra, nomenclatura Corine Land Cover.</i>	58
<i>Tabla 8 Datos mensuales de precipitación. Estación de Silvia. 2016</i>	81
<i>Tabla 9 Datos mensuales de precipitación. Estación de Pitayó.</i>	83
<i>Tabla 10 Datos mensuales de precipitación. Estación de Piendamó.</i>	84
<i>Tabla 11 Fenómenos de remoción en masa identificados y geo referenciados con puntos GPS, barrio las Delicias y Centro, cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	108
<i>Tabla 12 Categoría de amenaza relativa de variables geoambientales con respecto a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa.</i>	122

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
<i>Gráfico 1 Climograma estación de Silvia.</i>	82
<i>Gráfico 2 Climograma estación de Pitayó.</i>	83
<i>Gráfico 3 Climograma estación de Piendamó.</i>	85
<i>Gráfico 4 Relación entre el número de fenómenos de remoción en masa por categoría de pendiente, en los barrios las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	111
<i>Gráfico 5 Superficie en hectáreas por fenómenos de remoción en masa según la categoría de pendiente en los barrios las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	112
<i>Gráfico 6 Relación entre en número de eventos y las coberturas del suelo, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia Cauca.</i>	118
<i>Gráfico 7 Superficie en hectáreas afectadas por fenómenos de remoción en masa, según el tipo de cobertura del suelo, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	119

LISTA DE IMÁGENES.

	Pág.
<i>Imagen 1 Morfología de un movimiento en masa típico.</i>	32
<i>Imagen 2 Deslizamiento de tipo rotacional.</i>	34
<i>Imagen 3 Deslizamiento de tipo traslacional.</i>	35
<i>Imagen 4 Flujos de suelo o tierra.</i>	36
<i>Imagen 5 Flujos de detritos.</i>	37
<i>Imagen 6 Caída de rocas, en diferentes ángulos de inclinación de la pendiente.</i>	38
<i>Imagen 7 Flujos de lodo.</i>	39
<i>Imagen 8 Volcamiento.</i>	40
<i>Imagen 9 Reptación.</i>	41
<i>Imagen 10 Perfil topográfico, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca. Corte longitudinal de occidente a oriente.</i>	71
<i>Imagen 11 Centro poblado de Silvia, Cauca.</i>	89
<i>Imagen 12 Cobertura de cultivos transitorios, zona de estudio barrio las Delicias y Centro, Silvia, Cauca.</i>	90

<i>Imagen 13 Pastos.</i>	91
<i>Imagen 14 Pastos arbolados.</i>	92
<i>Imagen 15 Mosaico de pastos y cultivos.</i>	93
<i>Imagen 16 Unidad de bosque natural denso.</i>	95
<i>Imagen 17 Cobertura de bosque de galería y ripario.</i>	96
<i>Imagen 18 Río Piendamó.</i>	97
<i>Imagen 19 Lago Chimán.</i>	98

LISTA DE MAPAS

	Pág.
<i>Mapa 1 Ubicación de la zona de estudio, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	50
<i>Mapa 2 Geología, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia Cauca.</i>	69
<i>Mapa 3 Modelo digital de elevación DEM, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	72
<i>Mapa 4 Unidades de pendiente del terreno, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	75
<i>Mapa 5 Geomorfología, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	78
<i>Mapa 6 Coberturas y uso del suelo, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	99
<i>Mapa 7 Delimitación aéreo fotográfica de fenómenos de remoción en masa, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	101
<i>Mapa 8 Distribución de fenómenos de remoción en masa, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	102
<i>Mapa 9 Localización puntual de fenómenos de remoción en masa, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	103
<i>Mapa 10 Amenaza relativa de unidades geológicas a deslizamientos, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	123

<i>Mapa 11 Amenaza relativa de unidades geológicas a flujos de suelo - detritos, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia Cauca.</i>	124
<i>Mapa 12 Amenaza relativa de unidades geológicas a caídas de rocas, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	125
<i>Mapa 13 Amenaza relativa de unidades geomorfológicas a deslizamientos, Cabecera Municipal de Silvia, cauca.</i>	127
<i>Mapa 14 Amenaza relativa de unidades geomorfológicas a flujos de suelo - detritos, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	128
<i>Mapa 15 Amenaza relativa de unidades geomorfológicas a caídas de rocas, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	129
<i>Mapa 16 Amenaza relativa de unidades de pendiente a deslizamientos, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	131
<i>Mapa 17 Amenaza relativa de unidades de pendiente a flujos de suelo - detritos, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	132
<i>Mapa 18 Amenaza relativa de unidades de pendiente a caídas de rocas, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	133
<i>Mapa 19 Amenaza relativa de unidades de cobertura y uso a deslizamientos, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	135
<i>Mapa 20 Amenaza relativa de unidades de cobertura y uso a flujos de suelo - detritos, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	136
<i>Mapa 21 Amenaza relativa de unidades de cobertura y uso a caídas de rocas, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	137
<i>Mapa 22 Amenaza relativa total del terreno a deslizamientos, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.</i>	140

Mapa 23 Amenaza relativa total del terreno a flujos de suelo - detritos, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca. 142

Mapa 24 Amenaza relativa total del terreno a caídas de rocas, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca. 144

Mapa 25 Amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca. 148

INTRODUCCIÓN

Entre los fenómenos de origen natural, presentes en los barrios las Delicias y Centro, Municipio de Silvia, los más perjudiciales son los relacionados con la remoción en masa, siendo fundamental identificar problemas por su morfodinámica que afectan al medio físico natural y a la población en situación de vulnerabilidad.

La investigación titulada “Zonificación de Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa en los Barrios las Delicias y Centro, Municipio de Silvia, Departamento del Cauca 2016”, se enfoca en el análisis de información espacial, con el fin de comprender el comportamiento y dinámica de los fenómenos de remoción en masa, partiendo de su identificación y evaluación.

El estudio de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, mediante cálculos probabilísticos, resulta ser muy complejo debido al gran número de variables que intervienen en el proceso de análisis; lo cual, esta investigación se basa en identificar aquellas áreas susceptibles a través de la zonificación y su respectiva caracterización de acuerdo a la calificación de la amenaza que se establece mediante un análisis semicuantitativo de acuerdo a la distribución espacial de dichos fenómenos, permitiendo identificar la amenaza relativa total del terreno de acuerdo al grado de peligrosidad potencial actual hacia la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

La zonificación de amenaza relativa, se orientó mediante el desarrollo de procedimientos que permitieron valorar, relacionar, evaluar e identificar variables geoambientales (geología, geomorfología, pendiente del terreno, cobertura y uso del suelo) con respecto a los fenómenos de remoción en masa, a partir de la recolección, revisión y organización de información secundaria, lo cual permitió identificar y valorar la densidad de movimientos en masa presentes en cada variable.

Por otra parte, se hizo uso de una guía metodológica para estudios de amenazas, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de remoción en masa, la cual se integró a la incorporación del Sistemas de Información Geográfica (SIG), a través del modelamiento espacial de las diferentes capas temáticas en relación a los fenómenos de remoción en masa, procedimiento que permitió la integración y generación de nuevos elementos cartográficos generados a partir del cruce, adición y ponderación de las distintas unidades presentes en cada variable geoambiental, dando como resultado la zonificación de la amenaza relativa total del terreno a los fenómenos de remoción en masa.

El proceso metodológico finalmente permitió determinar la susceptibilidad del terreno frente a la posible ocurrencia de movimientos en masa potenciales que por sus características actuales, se identificaron como indicadores de amenaza en el área de estudio.

La investigación se presenta como monografía de grado e incluye: caracterización biofísica, identificación de la cobertura y uso de suelo, identificación de tipos de fenómenos de remoción en masa, determinación de factores detonantes, caracterización y mapificación de la amenaza; lineamientos, conceptos, normatividad y políticas vigentes relacionadas con el estudio y tipificación de la amenaza dentro del desarrollo físico espacial de Colombia; aspectos de investigación tanto a nivel local, regional e internacional y definición de cinco fases metodológicas cuya ejecución permitió el cumplimiento de los objetivos establecidos.

Finalmente, la investigación permitió la interpretación y el análisis de las variables físico naturales, los movimientos en masa y la amenaza relativa del terreno a fenómenos de remoción en masa, caracterizando áreas de amenazas según su grado de afectación, estableciéndose así la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa en los barrios las Delicias y Centro, Municipio de Silvia, Departamento del Cauca.

1. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Incidencia de fenómenos de remoción en masa, considerados como generadores de amenaza, los cuales afectan la infraestructura básica, las actividades humanas y la vida de la población que habita en los barrios las Delicias y Centro, Municipio de Silvia, Cauca.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta el área de estudio la cual comprende los barrios las Delicias y Centro, ubicados en la Cabecera Municipal de Silvia, hacia la zona nor-este del Departamento del Cauca, con una extensión del área territorial de 662,4 km², distribuidas entre centros poblados, así: once (11) barrios legalmente constituidos y, ochenta y tres (83) veredas en siete pertenecientes a siete (7) resguardos indígenas, de los cuales un 70% presentan fenómenos de remoción en masa; aspecto que se ha ampliado notoriamente en los últimos años debido a la presión que la población ejerce sobre los recursos naturales, acelerando la degradación de los suelos los cuales pierden de manera periódica su cobertura vegetal quedando vulnerable y expuestos al desarrollo de procesos erosivos, acto que ha conllevado a la generación intensiva de fenómenos de remoción en masa ocasionando impactos negativos sobre la población y el medio físico natural.

Las causas que originan los fenómenos de remoción en masa en el área de estudio se encuentran relacionadas directamente con dos tipo de situaciones que afectan directamente en el área de estudio: Por una parte se encuentra relacionado con los procesos sociales y la intervención del ser humano con el desarrollo desordenado del espacio geográfico, la presencia de conflictos de uso y manejo de los suelos, establecimiento de prácticas inadecuadas de producción agrícola, la tala y quema discriminada de la cobertura vegetal, expansión agropecuaria en zonas de páramo y subpáramo, y la deficiente planificación territorial especialmente por la influencia de las obras civiles y de vivienda en busca de desarrollo municipal.

Y por otro lado intervienen todas aquellos aspectos físico-naturales teniendo en cuenta las condiciones geológicas y geomorfológicas con influencia de unidades de origen volcánico y sedimentario indicando la presencia de suelos pocos consolidados, de laderas escarpadas ampliamente susceptibles al desarrollo de procesos erosivos, además la presencia de la topografía fuerte con predominio de pendientes altas mayores a 50% de inclinación, los factores meteorológicos adversos con presencia de fuertes precipitaciones que en su periodo de mayor desarrollo sobrepasan los 2000 mm anuales, factores sísmicos catalogados como de alto impacto, por su ubicación en una área montañosa donde predominan estructuras geológicas, presencia de fallas, elementos que conjugados anticipan el terreno al desarrollo de amenazas entre ellas las relacionadas con el desplazamiento de material litológico.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la amenaza generada por fenómenos de remoción en masa en los barrios las Delicias y Centro, Municipio de Silvia, Departamento del Cauca. Periodo 2016?

2. JUSTIFICACIÓN

La zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en los barrios las Delicias y Centro, Municipio de Silvia, Cauca, se desarrolla debido al nivel de afectación, periodicidad y frecuencia que ostenta dicho espacio. El Municipio, actualmente presentan la necesidad de aprobación y actualización de su Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT), y a él la incorporación de la LEY/1523 del 2012 por la cual posee una fuerte reglamentación sobre la gestión y reducción del riesgo, es por eso que se hace necesario revisar la información existente en la línea base del contenido ambiental, recopilando en un documento el diagnóstico y la cartografía como insumo para la gestión del riesgo de desastres naturales presentes en los diferentes subsistemas que componen el PBOT.

De acuerdo a lo anterior, este trabajo, tiene como fin realizar la adecuación, complementación, recolección y actualización de la información de los factores de amenaza natural con que cuentan los barrios las Delicias y Centro, cuyo proceso se efectuó con la ayuda de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que por su agilidad, versatilidad, capacidad de información permite manejar una gran cantidad de variables relacionadas con este campo.

La zona objeto de estudio, es afectada por diversos tipos de fenómenos naturales, identificando algunos tipos de amenazas como inundaciones, deslizamientos, incendios forestales, que se ha ido intensificando a través del tiempo, generando mayor impacto sobre la población, causando grandes pérdidas humanas, de propiedad, infraestructura y postergando el desarrollo local, esto según las informaciones estadísticas disponibles del Consejo Municipal de la Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD), del Municipio de Silvia, Cauca.

La zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa se considera importante, por su aporte en la formulación de proyectos y programas relacionados con la gestión integral del riesgo dentro de la planificación del desarrollo sectorial, permitiendo identificar zonas de posible reasentamiento mediante la atención inmediatas de áreas amenazadas a nivel local en espacios rurales, proporcionando un diagnóstico de la situación actual de las zonas afectadas por fenómenos de remoción en masa en los barrios las Delicias y Centro, Municipio de Silvia, Cauca, que requieran un manejo prioritario para ser incorporadas dentro del PBOT del Municipio.

La realización del proyecto de zonificación de amenaza, posibilita el desarrollo eficiente de procesos de planificación territorial en áreas específicas afectadas por fenómenos de remoción en masa, viabilizando y fortaleciendo el Plan Local de Emergencias y Contingencias (PLEC) para dicho Municipio.

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se pretende que la comunidad local y que las entidades tanto públicas como privadas, puedan acceder a una fuente de información confiable, para la toma de decisiones, donde se establezca las áreas de amenaza por fenómenos de remoción en masa; por lo tanto los resultados se podrán aplicar como un instrumento de planificación y de desarrollo al Municipio, con miras a un ordenamiento territorial acorde con las condiciones y características físico naturales de dicho espacio geográfico.

Así mismo el contar con este tipo de investigaciones posibilitará el desarrollo de procesos de intervención sobre vulnerabilidad y riesgo, en el mediano y largo plazo. Finalmente el resultado de la zonificación de la amenaza, permite identificar el comportamiento de los fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, pretendiendo que la investigación se convierta en una alternativa que pueda ser acogida, replicada e implementada en otros espacios específicos del territorio municipal, en la evaluación de áreas afectadas por procesos similares.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Zonificar la amenaza por fenómenos de remoción en masa, en los barrios las Delicias y Centro, Municipio de Silvia, Departamento del Cauca.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización biofísica en el área de estudio.
- Identificar la cobertura y uso del suelo en el área de estudio.
- Identificar los tipos de fenómenos de remoción en masa en el área de estudio.
- Determinar los principales factores detonantes que intervienen en la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de estudio.
- Caracterizar y mapificar la amenaza por fenómenos de remoción en masa en el área de estudio.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO CONTEXTUAL

A través de su historia la sociedad ha sido afectada por la incidencia de amenazas naturales atribuidas como una consecuencia de castigo divino el cual era inevitable. Pero gracias al avance de los campos científicos y tecnológicos la humanidad identifica que los desastres se pueden prevenir, mediante la adopción de estrategias encaminadas a identificación de amenazas naturales, sin tener que dejar expuesta la vida y bienestar de las personas a merced de fuerzas extrañas, evitando grandes catástrofes sociales.¹

Los fenómenos de remoción en masa son catalogados como elementos potencialmente peligrosos, debido a sus efectos devastadores; por ello en los contextos Internacional, Nacional, Regional y Local, se ha mostrado interés frente al tema desarrollando investigaciones que permiten conocer y evaluar el comportamiento de la amenaza. De tal manera que a través de estudios programados se minimice mediante acciones planificadas de la amenaza, en las áreas urbanas y rurales. Así a continuación se nombran varios estudios considerados como aportes y antecedentes de referencia teórica y metodológica para el desarrollo de la presente investigación.

4.1.1. Contexto internacional.

Los fenómenos de remoción en masa se han convertido en un problema que afectan muchos países, elemento que ha impulsado a que en varios de ellos se realicen investigaciones relacionadas con la zonificación de su amenaza.

A nivel internacional el aporte de las amenazas por fenómenos de remoción en masa, es muy significativo como ejemplo de ello se menciona la siguiente: la Comisión Europea en su programa Europeo de Climatología y Riesgos Naturales (EPOCH), ha financiado proyectos como Ocurrencia y prevención de deslizamientos en la comunidad Europea, nuevas tecnologías para la valoración de riesgo de deslizamiento en Europa y el impacto de deslizamiento en el

¹ OBANDO, Jorge. Zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento las mesas. Nariño, Colombia, 2012. P 35.

ambiente montañoso: la identificación y mitigación de riesgos.² En el primero, se analizó la ocurrencia temporal de movimientos en masa y el papel desempeñado por los factores desencadenantes, mientras que en el segundo se elaboró un manual para el reconocimiento y caracterización de estos procesos y finalmente en el tercero, se desarrollaron técnicas de cartografía de susceptibilidad. Los tres se centraron en el adelanto de métodos para calcular y minimizar el riesgo. En este sentido, el proyecto GEST (Programa TMR de la Comisión Europea) ha extendido una metodología para incorporar el análisis del riesgo por deslizamientos en estudios de impacto ambiental, cabe resaltar que estos proyectos son a gran escala, debido a su financiación y su ubicación geográfica.

4.1.2. Contexto nacional.

La amenaza puede ser generada por diferentes fuentes; se destaca, la de origen natural producto netamente de la influencia de elementos físico sobre el medio, aquí se ubica la producida por fenómenos de remoción en masa, considerada como la principal causa de desastres en Colombia, debido a aspectos geográficos, geológicos y de relieve, que influenciados por condiciones climáticas hacen que el País, sea proclive a amenazas naturales. Precisamente haciendo alusión a ello, Omar Cardona Arboleda³ comenta lo siguiente: “lo abrupto de sus regiones montañosas y la acción de agentes antrópicos, biológicos y meteorológicos como la lluvia, los vientos y cambios de temperatura característicos de condiciones climáticas del trópico, ha hecho que Colombia sea altamente propensa a acción de eventos severos de erosión, deslizamientos aludes e inundaciones, debido a que la mayor parte de la población se encuentra asentada en centros urbanos localizados en zonas de amenaza”.

En Colombia varias Instituciones entre ellas: el Instituto Nacional de Geología y Minas (INGEOMINAS) y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), también se han encargado de liderar investigaciones en cuanto al tema de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, desarrollado proyectos en algunos municipios del territorio nacional, entre ellos: Zonificación de amenazas por

² BONACHEA PICO, Jaime. Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. España: Universidad de Cantabria. 2006. P 47.

³ CARDONA ARBOLEDA, Omar. Compilado por LAVELL Allan. Viviendo el riesgo comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Colombia. 1994. tercer Mundo editores, P. 84.

deslizamiento en el casco urbano del Municipio de Dolores Tolima.⁴ Trabajo orientado en la identificación de la amenaza aplicando métodos empíricos mediante la asignación al terreno de posibles probabilidades de ocurrencia de un deslizamiento. Su evaluación se efectúa directamente en campo y a criterio de especialistas, quienes por su experiencia, definen la susceptibilidad de las laderas a generación de movimientos en masa, tomando como base algunos factores detonantes en función de ciertas variables geoambientales.

4.1.3. Contexto regional.

A nivel regional los estudios realizados que involucren la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa, por ello entidades de orden departamental como la Corporación Regional del Cauca (CRC), resalta la importancia de la realización de este tipo de investigaciones. En el plan Departamental para la prevención y atención de desastres 2007-2017. Define estudios realizados en algunos Municipios del Departamento del Cauca y plantea la necesidad de efectuar varios de ellos; para efecto a continuación se nombra los principales trabajos desarrollados: inventarios de deslizamiento Departamental, el cual contiene informes sobre visitas puntuales de campo a Municipios afectados por la incidencia de fenómenos de remoción en masa. Y estudios a nivel Departamental, zonificación regional y sectorial por fenómenos de remoción en masa de la parte alta de la de la sub-cuenca del río Palace.

Como antecedente regional, se identifican los trabajos de grado por parte de profesionales de instituciones académicas entre ellas la Universidad del Cauca, en algunos Municipios del Departamento; como ejemplo de ello se nombra los siguientes. El proyecto de investigación titulado: “Análisis del riesgo por movimientos en masa en el barrio María Oriente, Municipio de Popayán”⁵ proyecto que consistió en analizar las condiciones de riesgo por movimientos en masa en el barrio María Oriente especificando algunos propósitos como: análisis y evaluación de los movimientos en masa, su funcionamiento y nivel de amenaza en la

⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGIA Y MINERIA INGEOMINAS. Zonificación de la amenaza por deslizamientos en el casco urbano del Municipio de Dolores Tolima. Bogotá, Colombia, 2003. P. 5.

⁵ YUDY, Natalia y KATHERINE, Escobar. Análisis de riesgo por movimientos en masa en el barrio maría oriente, Municipio de Popayán. Proyecto de investigación para optar el título de geógrafa. Popayán. Trabajo de grado Universidad del Cauca. 2005.

comunidad, y sus condiciones socioeconómicas y ambientales en el área de estudio para establecer la vulnerabilidad ante los movimientos en masa.

4.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

4.2.1. Remoción, movimiento o fenómeno en masa.

La investigación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, plantea la necesidad de conocer, investigar y describir procesos asociados para establecer bases conceptuales que permitan entender e interpretar el comportamiento de dichos procesos. Por ello a continuación se define remoción, movimiento o fenómeno en masa como “un conjunto de procesos denudativos relacionados con la deforestación del terreno y el desplazamiento o transposición más o menos rápida y localizada de diferentes volúmenes del suelo, de mantos completos de meteorización, incluyendo material del suelo, detritos, bloques y masas rocosas, cuesta abajo por incidencia de fuerzas de desplazamiento, a veces con participación mayor o menor del agua, del suelo, del hielo y otros agentes”⁶.

“Un movimiento en masa es un movimiento externo que tiene por agente de transporte el agua que impregna y dirige el material litológico pendiente a bajo”⁷.

El movimiento en masa típico, puede ser descrito y puntualizado teniendo en cuenta las características morfológicas de la masa desplazada y del terreno alrededor del movimiento, particularidades que definen los siguientes elementos principales:

- **Cabeza.** Parte superior del movimiento que se caracteriza por presentar una morfología irregular de escarpes y contra escarpes, con cimas planas y dispuestas en forma escalonadas.
- **Cuerpo.** Se presenta en la parte intermedia del movimiento en masa y se caracteriza por desarrollar una morfología en forma de depresión o cuneta, en donde se presentan concentraciones importantes de agua, saturado el material removido en forma de charcos o pequeñas lagunas según su extensión.

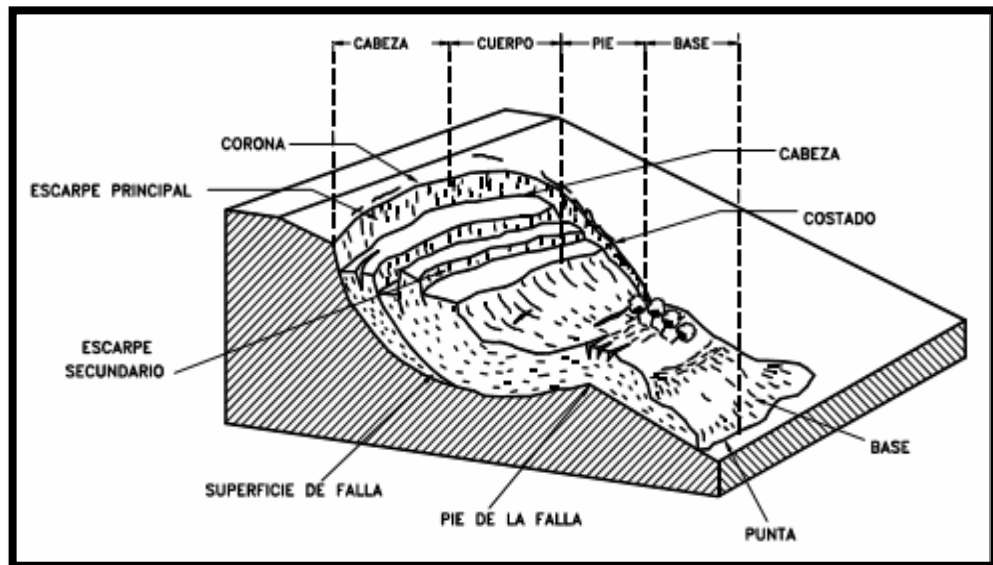
⁶ VILLOTA, Hugo. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá: 2d. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005. P. 32.

⁷ CROZIER 1986. Citado por Escuela de geología. Boletín de geología, Vol. 22, No 37. Bucaramanga: Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander, 2001. P. 40.

- **Pie.** Representa la parte inferior del movimiento en masa y se caracteriza por desarrollar una morfología abombada o protuberante con presencia de numerosas grietas.
- **Frente o Base.** Constituye la parte más inferior del movimiento en masa y se caracteriza por presentar una morfología ondulada y lobulada en abanico por la expansión del material deslizado sobre el terreno intacto⁸.

En la figura 1, se presenta la morfología de un movimiento de remoción en masa típico.

Imagen 1 Morfología de un movimiento en masa típico.



Fuente: Suárez Díaz, 2007.

Los fenómenos de remoción en masa son clasificados teniendo en cuenta sus principales características morfológicas. Así su clasificación varía según al autor, frente a ello la tipificación que se propone para la presente investigación es la descrita por VARNES en el año de 1978, quien identifica los fenómenos de remoción en masa más comunes, según el tipo de movimiento y material cuya terminología y definición son retomadas por Suárez Díaz Jaime y Vargas Cuervo

⁸ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Y OTROS. [En Línea]. Protocolo para remoción en masa. Bogotá, 2009. P. 9 En: www.google.com. (consultado ,06 abril2016). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/ProtocoloparalaRemocionenMasa.pdf>. p.16.

Germán. Por lo tanto en el cuadro 1, se definen los tipos de fenómenos de remoción en masa más comunes.

Tabla 1 Clasificación de los tipos de fenómenos o movimientos de remoción en masa.

Tipo de movimiento.		Tipo de Material.		
		Rocas	Suelos	
			Gruesos	Finos
Deslizamientos	Traslacional	Deslizamiento de Rocas.	Detritos	Tierra
	Rotacional			
Flujos		Flujos de Roca	Detritos	Tierras
Reptación			Reptación del Suelo	
Caídas		Caídas de Rocas	Detritos	Tierra
Volcamiento		Volcamiento de Rocas	Detritos	Tierra

Fuente. Varnes 1978.

Retomando la clasificación de los fenómenos de remoción en masa definida por Varnes, a continuación se precisa cada uno de ellos.

4.2.2. Deslizamientos.

Los deslizamientos son considerados como el descenso masivo y relativamente rápido de materiales a lo largo de una vertiente, su velocidad y su amplitud los convierten en fenómenos espectaculares, a veces catastróficos, susceptibles de afectar conjuntamente a decenas e incluso a centenares de millares de metros cúbicos de terreno. Como en todos los movimientos en masa, el desplazamiento de material se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento que facilita la actuación de la gravedad⁹.

Para categorizar un deslizamiento se debe tener en cuenta aspectos como movimientos de la masa desplazada y mecanismos de ruptura en asocio con la superficie sobre la que se desliza el material removido. En base a ello, los

⁹ COQUE, Roger. Geomorfología. Madrid: Alianza, 1984. P.117.

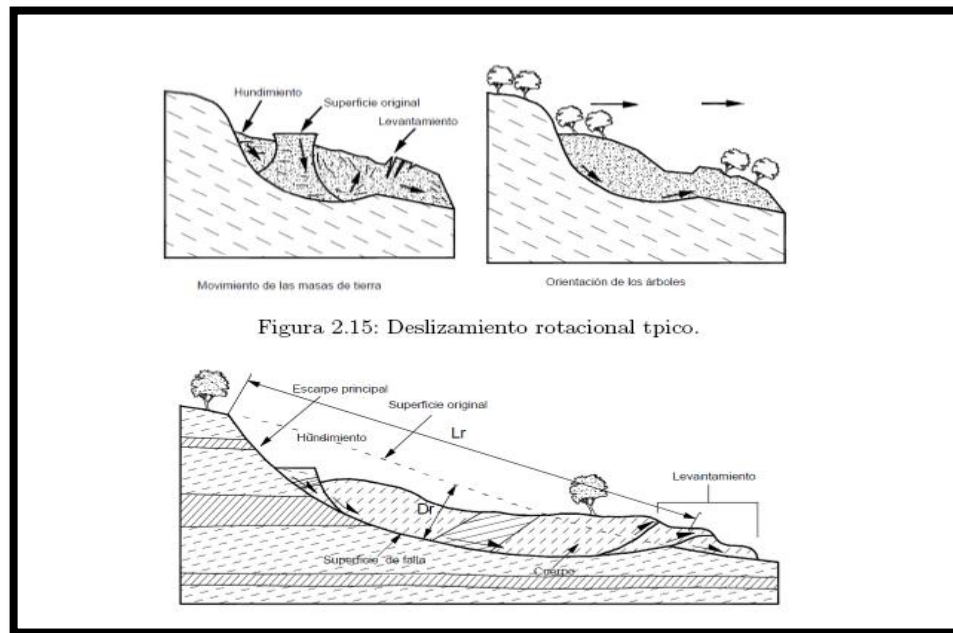
deslizamientos se pueden clasificar en dos subtipos: deslizamiento de tipo rotacional y traslacional, su definición y características se detallan a continuación.

En el deslizamiento rotacional, la superficie de falla es cóncava, hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie y transversal al deslizamiento. Posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento, el movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento. La cabeza del movimiento bascula hacia atrás y los árboles se inclinan, de forma diferente, en la cabeza y el pie del deslizamiento. En la mayoría de los desplazamientos rotacionales se forma una superficie cóncava en forma de cuchara.

Como dice Suárez Díaz¹⁰ los casos más conocidos de deslizamientos en los suelos arcillosos blandos con perfil profundo y en suelos arcillosos con perfiles meteorizados de gran espesor.

En la figura 2, se presenta un deslizamiento de tipo rotacional en una ladera.

Imagen 2 Deslizamiento de tipo rotacional.



Fuente: Suárez Díaz, 2007

¹⁰ SUAREZ DÍAZ, Jaime. [En Línea]. Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Escuela de Ingeniería Civil Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga Santander Colombia, 2002. P. 14 – 15. En: www.google.com. (consultado, 20 Marz.2016). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.erosion.com/p.5>.

De igual manera se define a los deslizamientos traslacionales como aquellos movimientos en los cuales la masa se desliza hacia afuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo.

En muchos desplazamientos de traslación, la masa se deforma o se rompe y puede convertirse en flujo, especialmente en las zonas de pendiente fuerte. Los movimientos de traslación son comúnmente controlados por superficies débiles tales como fallas, juntas, fracturas, planos de estratificación, foliación, "slickensides" o por el contacto entre la roca y los suelos blandos o coluviones¹¹.

Al contrario del deslizamiento rotacional el traslacional (En la figura 3) se distingue por la ausencia de varias superficies de ruptura, en consecuencia su origen hace referencia a una única área de desprendimiento muy superficial, que describe planos de despegue casi verticales.

Imagen 3 Deslizamiento de tipo traslacional.

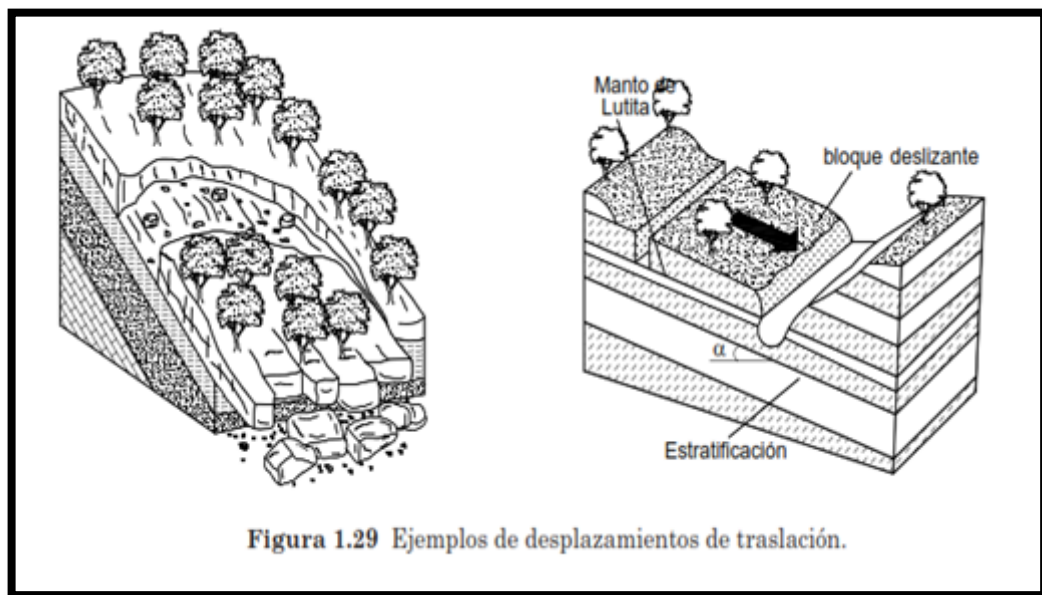


Figura 1.29 Ejemplos de desplazamientos de traslación.

Fuente: Suárez Díaz, 2007

¹¹Ibid., p.17.

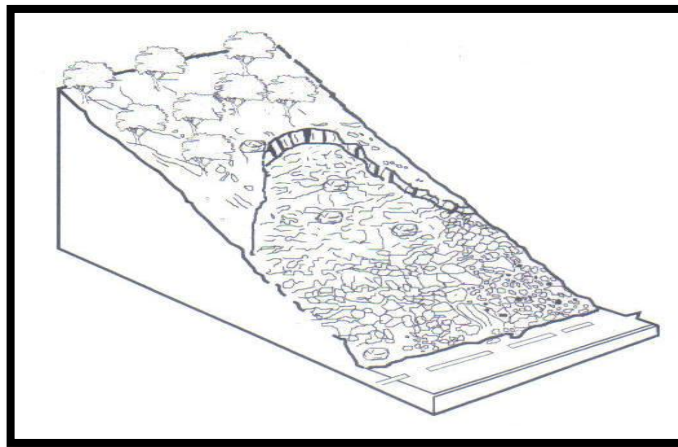
4.2.3. Flujos.

Otro tipo de fenómeno de remoción en masa lo constituyen los flujos. “en un flujo ocurren movimientos ya sea de partículas o bloques generalmente pequeños, contenidos en una masa la cual se mueve sobre la superficie del terreno. Este tipo de movimiento presenta deformaciones que hacen que la masa se comporte con características semejantes a las de líquidos viscosos”¹².

Los flujos, dependiendo de las características y propiedades físicas de la masa deslizante, pueden ser clasificados en: flujos de suelo o tierra y flujos de detritos. Se indica que para efectos de esta investigación, no se toma en cuenta a los flujos de lodo puesto que su análisis debe ser más detallado y merece un estudio particular por ello solo se nombra únicamente como información complementaria.

La morfología de un flujo de suelo o de tierra se presenta en la figura 4.

Imagen 4 Flujos de suelo o tierra.



Fuente: Varnes, 1978.

¹²Ibid., p. 21 – 25.

4.2.4. Residuos y detritos.

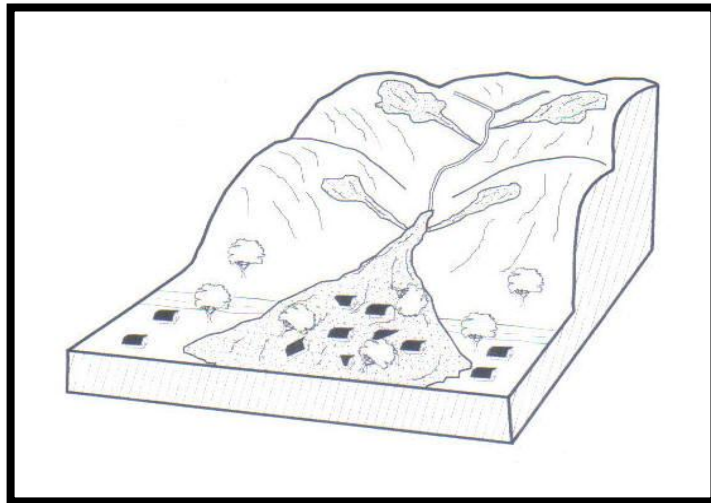
Dentro de la misma categoría de los flujos se particulariza el de residuos o detritos el cual se define como:

Un movimiento relativamente rápido que llega a ser extremadamente rápido compuesto de materiales gruesos con menos de 50% de finos. Por lo general un flujo de rocas termina en uno de residuos, los materiales se van triturando por el mismo proceso del flujo y se observa una diferencia importante de tamaños entre la cabeza y el pie del movimiento.

Generalmente los flujos de escombros o de detritos, contienen partículas de diferentes tamaños, árboles y material vegetal, así como diversos objetos arrastrados por el flujo. El flujo típico de detritos es una onda larga de materiales sólidos y líquidos entremezclados, que corren en forma constante, a través de un canal con algunas ondas menores superpuestas que se mueven a velocidades superiores a aquellas del flujo mismo¹³.

La morfología del flujo de detritos se puede apreciar en la figura 5.

Imagen 5 Flujos de detritos.



Fuente: Suarez Díaz, 2007.

¹³ Ibid., p. 16 - 17.

4.2.5. Caídas de rocas.

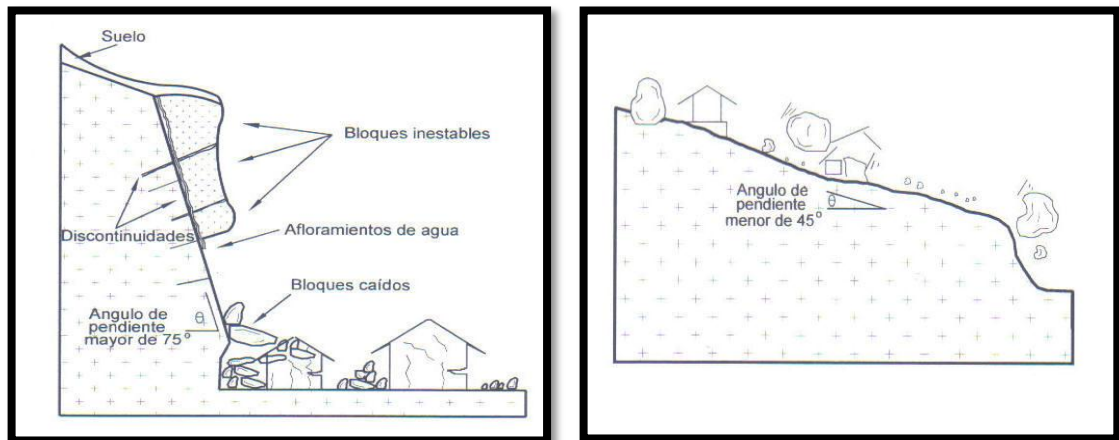
Siguiendo con la tipología de movimientos en masa, se conceptualiza las caídas, como:

El desprendimiento y caída de materiales del talud. En las caídas se desprende una masa de cualquier tamaño desde un talud de pendiente fuerte a lo largo de una superficie en la cual el desplazamiento de corte es mínimo o no seda.

Este desplazamiento se produce principalmente por caída libre, a saltos o rodando. Los caídos de suelos en escarpes semi-verticales, representan un riesgo importante para los elementos que están debajo del talud.

En la figura 6, se muestra la morfología de una caída de rocas.

Imagen 6 Caída de rocas, en diferentes ángulos de inclinación de la pendiente.



Fuente: Suarez Díaz, 2007.

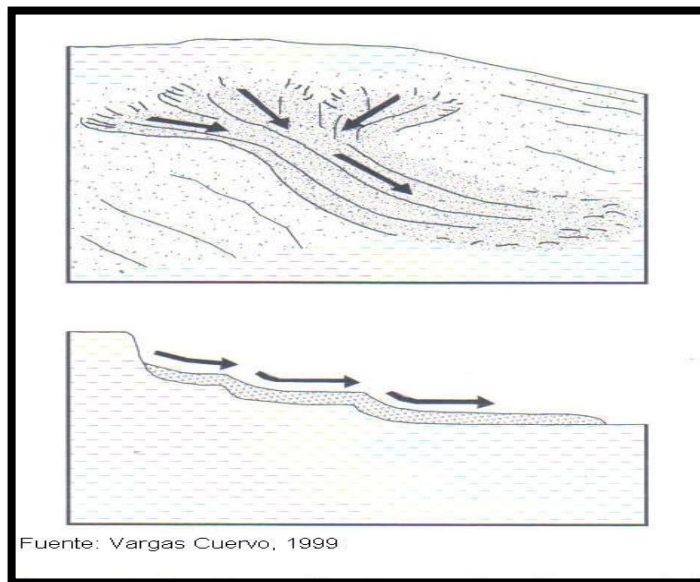
Descritos y caracterizados, los tipos de fenómenos de remoción en masa, deslizamientos (rotacional, trasnacional), flujos (de tierra, detritos) y caídas, a partir de los cuales se enfoca la investigación, es preciso definir y conceptualizar a manera de información complementaria los movimientos en masa: flujo de lodo, volcamiento y reptación.

4.2.6. Flujo de lodo.

Un flujo de lodo, “se caracteriza por alcanzar velocidades muy altas, posee gran fuerza de destrucción a su paso y contiene tres unidades morfológicas, la primera de ellas, el origen donde generalmente se identifica como un deslizamiento ya sea de tipo rotacional o traslacional. La segunda área intermedia, la cual se identifica como un canal por donde se dirige el material y finalmente una zona de acumulación donde descansa el flujo, formando un abanico de depósitos”¹⁴.

La morfología del flujo se presenta en la figura 7.

Imagen 7 Flujos de lodo.



Fuente: Vargas Cuervo, 1999.

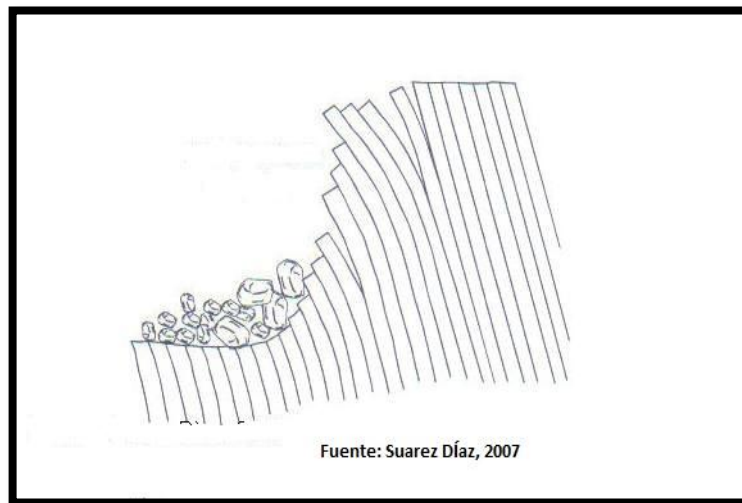
¹⁴ Ibid., p. 25.

4.2.7. Volcamiento.

Volcamiento: “movimiento producido sobre una ladera o talud, debido a colapsos de material rocoso por una heterogeneidad litológica y estructural. El movimiento se produce por acción de la gravedad y por rotación hacia adelante del material rocoso”¹⁵.

La morfología de los volcamientos se presenta en la figura 8.

Imagen 8 Volcamiento.



Fuente: Este Estudio.

4.2.8. Reptación.

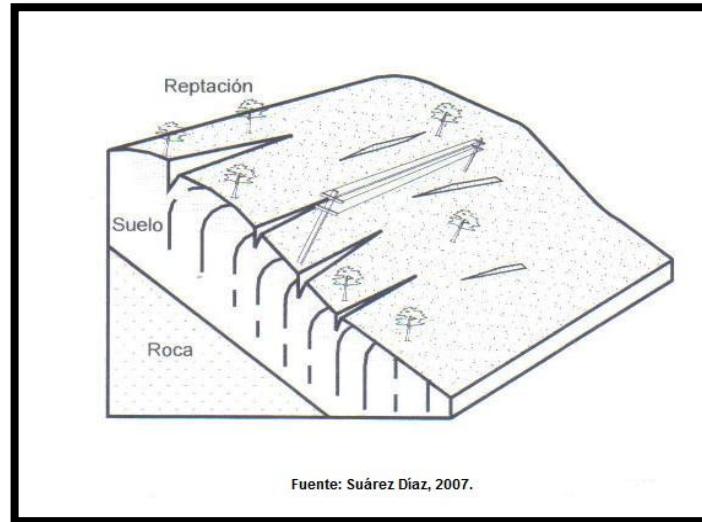
Finalmente se define la reptación “como el movimiento de suelo sub-superficial desde muy lento hasta extremadamente lento sin una superficie definida de falla, la profundidad del movimiento puede ser desde pocos centímetros hasta varios metros”¹⁶.

La figura 9 hace alusión a la morfología al fenómeno de reptación.

¹⁵ VARGAS CUERVO, Op. Cit., p. 64.

¹⁶ SUÁREZ DÍAZ, Op. Cit., p. 12.

Imagen 9 Reptación.



Fuente: Este Estudio.

Para lograr entender el mecanismo y proceso actual de cada tipo de fenómeno de remoción en masa, es necesario describir algunos aspectos que permitan caracterizar el movimiento en consecuencia Suárez¹⁷, define elementos que permiten obtener una caracterización de cada fenómeno de remoción en masa, entre ellos nombra el tipo de material, la humedad del material removido y estado de actividad actual de movimiento.

En función del tipo de material indica que un movimiento en masa puede estar compuesto por rocas duras y firmes como detritos y suelos con una significativa proporción de material grueso donde se cree que si más del 20% del material en peso es mayor de 2 milímetros de diámetro debe llamarse residuos o simplemente tierra, definidos todos aquellos materiales con más del 50% de finos pero con humedad relativa baja y sin consistencia líquida.

En contraste el material de un movimiento en masa también puede ser lodo el cual se caracteriza por su composición de más de 50% de material fino mezclado con alto contenido de agua que le da una consistencia líquida que permite su fluidez de manera rápida.

El estado de actividad es otro elemento que permite caracterizar un fenómeno de remoción en masa, ello admite clasificarlos en movimientos activos a aquellos fenómenos en masa que se están desplazando actualmente, reactivos los movimientos que nuevamente están activos de haber estado inactivos durante

¹⁷ Ibid., p. 27 – 29.

cierto periodo de tiempo, suspendidos considerados a aquellos que han estado activos durante los últimos ciclos estacionales, pero que no se están moviendo en la actualidad y relicto considerado a aquel movimiento que probablemente ocurrió hace varios años.

Para estudiar los fenómenos de remoción en masa es necesario identificar los factores detonantes, que “son aquellos que provocan o disparan, un evento, como el sismo o la lluvia en el caso de los deslizamientos, la deforestación y el modelado de laderas, suele ser factores contribuyentes de los deslizamientos”¹⁸. Su definición de indica a continuación.

La topografía, se constituye en el motor de los fenómenos de remoción en masa ya que son más notorios en áreas escarpadas de pendientes fuertes. Indicando que las zonas gradiente alta son muy propensas a sufrir movimientos en masa, más aun cuando con ella coincide la presencia de fuertes precipitaciones posibilitando que ocurra el desplazamiento de material de suelo.

Otro factor contribuyente en la generación de fenómenos de remoción en masa lo constituye la actividad antrópica; la presión que el hombre ejerce sobre los recursos naturales y la puesta en marcha de sistemas productivos como la agricultura, la ganadería extensiva y el emplazamiento de grandes obras de infraestructura; hacen que el terreno se vuelva vulnerable a la aparición de fenómenos de remoción en masa, debido a que el material litológico pierde su resistencia natural accionando por el desgaste, peso, vibraciones y otros efectos derivados de la actividad antrópica en superficie.

Es común notar como la gran mayoría de movimientos en masa ocurren a lo largo de las zonas de infraestructura especialmente en las vías de comunicación terrestre, donde el corte efectuado sobre el talud hace que el material se desestabilice y fracture ocasionando el desprendimiento del terreno.

La alta pauta de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, sumado a la presencia de factores detonantes hace que las poblaciones se encuentren sujetas a la amenaza, elevado la incertidumbre para interactuar a diario con este tipo de fenómenos. Por ello para comprender el grado de afectación que un fenómeno de remoción en masa puede ocasionar sobre un espacio geográfico determinado, es conveniente evaluar la susceptibilidad o amenaza relativa del mismo.

¹⁸ DUQUE, ESCOBAR, Gonzalo. [En Línea]. Amenazas Naturales en los Andes de Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2007. P. 2. En: www.google.com. (Consultado 25 Abril 2016). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.digital.unal.edu.co/dspace/bitstream/10245/327/1/amn-and-colombia.pdf>.

4.2.9. Susceptibilidad.

La susceptibilidad entendida como: “el grado de predisposición que tiene un sitio a que en él se genere un evento dado, debido a la evolución propia de la amenaza y a sus condiciones intrínsecas, a la presencia de al menos un fenómeno detonante y de factores contribuyentes”¹⁹.

En términos generales la susceptibilidad se expresa como la facilidad con que un fenómeno pueda ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica que tan favorable o desfavorables son las condiciones de este para que puedan ocurrir deslizamientos.

Con el fin de establecer la categorización de la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, para el área de estudio, se toma la determinación definida por Sarkay y Kanungo. Adopta con el fin de caracterizar las zonas de susceptibilidad o amenaza relativa a los fenómenos de remoción en masa, independientemente del método de evaluación aplicado, la definición de cada una de ellas se presenta a continuación.

Susceptibilidad muy Alta. Laderas con zonas de falla, masas de suelo altamente meteorizadas y saturadas, discontinuidades favorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurra.

Susceptibilidad Alta. Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.

Susceptibilidad Moderada. Laderas con algunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde han ocurrido, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.

Susceptibilidad Baja. Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.

Muy Baja. Laderas no meteorizadas con discontinuidades desfavorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos²⁰.

En todo proceso de zonificación de amenaza la cartografía digital se considera como una herramienta indispensable en la solución de problemas incluyendo el análisis de las amenazas naturales, frente a ello se establece que “la cartografía

¹⁹ DUQUE, ESCOBAR, Op. cit., p. 2.

²⁰ Sarkay y Kanungo. Citado por: Suarez Díaz Jaime. Deslizamientos: Análisis geotécnico. Escuela de Ingeniería Civil Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga Santander Colombia, 2002. P. 535.

se constituye en un método conveniente para el estudio del medio ambiente, resultando particularmente aplicable al análisis de las problemáticas que se generan en el mismo con miras al ordenamiento y planificación del territorio.

Dentro del análisis cartográfico, “los Sistemas de Información Geográfica SIG, se consideran de uso y aplicación en cualquier campo que requiera el desarrollo de actividades relacionadas con métodos espaciales algunos de los campos más importantes en los cuales hoy se emplea la tecnología de los SIG, se encuentra el manejo de información en aspectos ambientales y de manejo de riesgos naturales²¹.

4.3. MARCO LEGAL

En Colombia sobre todo en la última década, el gobierno nacional se ha interesado en establecer e implementar políticas que impliquen el estudio de amenazas naturales. Frente a ello la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres menciona lo siguiente: “a raíz de las consecuencias de los desastres ocurridos especialmente a partir de la erupción del volcán nevado del Ruiz en 1985, el estado Colombiano busco desarrollar instrumentos y acciones para prevenir y mitigar los riesgos existentes. Fue entonces como se adoptaron estrategias de estado entre las que se destaca la creación de una legislación que permite que el País esté más preparado para afrontar los desastres”²².

En torno a ello se han generado varias legislaciones de estado que exponen la normatividad para Colombia que rige en torno al tema de la zonificación de las amenazas y riesgos cuyo contenido se define a continuación.

4.3.1. Constitución Política de Colombia 1991.

Establece mecanismos para promover el desarrollo y bienestar de las comunidades, por ello identifica derechos como el de gozar de un bienestar sano, aprovechamiento de recursos naturales, prevenir y controlar factores de deterioro ambiental, indicando que la planificación debe ser integral e incluya aspectos de desarrollo sostenible ya que el deterioro ambiental se encuentra directamente relacionado con la generación de amenazas. El estado Colombiano al incluir

²¹ ODÓÑEZ, Celestino y MARTINEZ, Roberto. Sistemas de Información Geográfica, aplicaciones prácticas con Idrisi 3.2 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales. México: Alfaomega. 2003 p. 3.

²² MINISTERIO DEL INTERIOR, DIRECCIÓN GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES DE COLOMBIA. Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. 2ed. Santafé de Bogotá: Olitocomputa, 2001. p. 23.

dentro de sus derechos la protección al ambiente enfatiza en prever la conservación de espacios seguros minimizando al máximo acciones de deterioro que finalmente terminan convirtiéndose en amenazas para la población.

4.3.2. Ley 46 de 1988.

Por la cual se crea y organiza el sistema para la prevención y atención de desastres. Contempla como objetivos de las instituciones públicas y privadas el cumplimiento de funciones, responsabilidades, esfuerzos y manejo oportuno tanto de recursos humanos, técnicos, administrativos y económicos para la prevención de desastres, en las fases de prevención manejo rehabilitación y reconstrucción. Establece como uno de sus principios, velar por el cumplimiento administrativo por parte de los entes territoriales al incluir aspectos como el manejo oportuno de los recursos técnicos y humanos, para crear conciencia de la inclusión y ejecución de estrategias que permitan desarrollar medidas tendientes a la prevención de las amenazas, facilita contar con mecanismos administrativos que permitan actuar en todas las fases de prevención así como en el monitoreo y seguimiento de las amenazas naturales.

4.3.3. Decreto 93 de 1998.

Por el cual se adopta el Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres (PNPAD) y define los objetivos, los principios, las estrategias y los programas de política nacional.

Los tres objetivos básicos de la política son: a) reducción del riesgo y prevención de desastres, b) respuesta efectiva en caso de desastre, c) recuperación rápida de zonas afectadas.

4.3.4. Decreto – Ley 919 de 1989.

Organiza el Sistema de Prevención y Atención de Desastres y establece la obligatoriedad de trabajar en prevención de riesgos naturales y tecnológicos, especialmente en disposiciones relacionadas con el ordenamiento urbano, las zonas de alto riesgo y los asentamientos humanos así como crea el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, determinando las responsabilidades, la estructura organizativa, los mecanismos de coordinación e instrumentos de planificación y financiación del sistema a escala nacional, regional y local. Este decreto incluye además el componente de prevención de desastres en los planes de desarrollo de las entidades territoriales y se define el papel de las Corporaciones Autónomas Regionales para asesorar y colaborar con las

entidades territoriales para los efectos de que trata el artículo sexto, mediante la elaboración de inventarios y análisis de zonas de alto riesgo y el diseño de mecanismos de solución.

4.3.5. Ley 99 de 1993.

Por la cual se crea el ministerio del medio ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).

4.3.6. La ley 99 de 1993.

Establece como fundamentos de la política ambiental, la prevención de desastres como materia de interés colectivo, por ello las medidas para evitar o mitigar sus efectos son de obligatorio cumplimiento. Reglamenta la prevención de desastres como componentes de utilidad colectiva, que implica tomar medidas para su prevención, indicando la zonificación de amenaza como etapa fundamental en todos los procesos de gestión del riesgo como mecanismos de planificación por parte de las entidades territoriales.

4.3.7. Ley 388 de 1997.

Por la cual se modifica la ley 9ª. De 1989, y la ley 3ª. De 1991 y se dictan otras disposiciones. Establece que el ordenamiento territorial debe estar inmerso en todo proceso de planificación, como mecanismo para promover por parte de las entidades territoriales el desarrollo y ordenamiento físico de los Municipios y áreas metropolitanas. La ley en algunos de sus capítulos instituye la realización de zonificaciones de amenazas, como base para el ordenamiento territorial. Así mismo identifica como determinantes de mayor jerarquía dentro del ordenamiento del territorio, las políticas directrices y regulaciones sobre prevención de amenazas y riesgos naturales. Señala la importancia de identificar localizar y establecer áreas de amenaza como estrategia en el manejo de zonas expuestas. Instituye que, el Plan de Ordenamiento Territorial deberá especificar la determinación y ubicación en planos de las zonas que representen alto riesgo para la localización de asentamientos humanos por amenazas naturales.

4.3.8. Decreto 93 de 1998.

Por el cual se adopta el Plan Nacional para la Atención y Prevención de Desastres. Fundamenta los determinantes del plan nacional, así como su competencia, para dirigir y orientar acciones de estado en concordancia con la sociedad civil, con el fin de prevenir y mitigar las situaciones de desastre y riesgo así como entender a comunidades vulnerables.

El Plan Nacional, otorga a las entidades territoriales la facultad de actuar de manera autónoma, en caso de calamidad, dentro de su área de jurisdicción, dotando de instrumentos administrativos que admiten desarrollar actividades tendientes a la recuperación de áreas afectadas.

4.4. MARCO ESPACIAL

El Municipio de Silvia está situado en el nor-este del Departamento del Cauca, al Sur Occidente de Colombia, entre las 2° 47'37'' y 2° 31'24'' de latitud norte y entre los 76° 10'40'' y 76° 31' 05'' de longitud al occidente del meridiano de Greenwich, sobre el flanco occidental de la cordillera Central. La Cabecera Municipal está ubicada entre el río Piendamó y la quebrada Manchay sobre los 02° 36' 50" norte y 76° 22' 58" al oeste, a 2600 m. de altitud. Su área es de 662.40 Km², según el IGAC y de 656.70 Km² según el sistema de Información utilizado para la elaboración del PBOT²³.

Su extensión total es de 662,4 klm², la altitud de la Cabecera Municipal (metros sobre el nivel del mar): entre 1.800 y 3.800 m.s.n.m. Limita al Norte con el Municipio de Jámalo y Caldono, al Oriente con Inzá, Paéz, Belalcázar, al Occidente con Piendamó, Cajibío, Caldono, al Sur con Totoró.

La división política-administrativa del Municipio de Silvia, Cauca (N), se indica en las tablas 2 - 3.

²³ PLANEACION MUNICIPAL DE SILVIA. Proyección urbana, Silvia cauca, 2002.

Tabla 2 División político administrativa del Municipio de Silvia Cauca.

Cabecera municipal	Ubicación geográfica	Municipio
SILVIA CAUCA	NORTE	Jámbalo y Caldone
	SUR	Totoro
	OCCIDENTE	Piendamó, Cajibío y Caldone
	ORIENTE	Inzá, Belalcázar y Paéz

Fuente: Este estudio.

Tabla 3 División político administrativa cabecera Municipal de Silvia, Cauca.

Sector Urbano Municipio de Silvia	Barrio
SILVIA CAUCA	La Esperanza
	Las Delicias
	San Agustín
	El Porvenir
	El Centro
	Caloto
	Boyacá
	Los Sauces
	Villa del Lago
	Las Acacias
	Chiman

Fuente: P.B.O.T. Silvia.

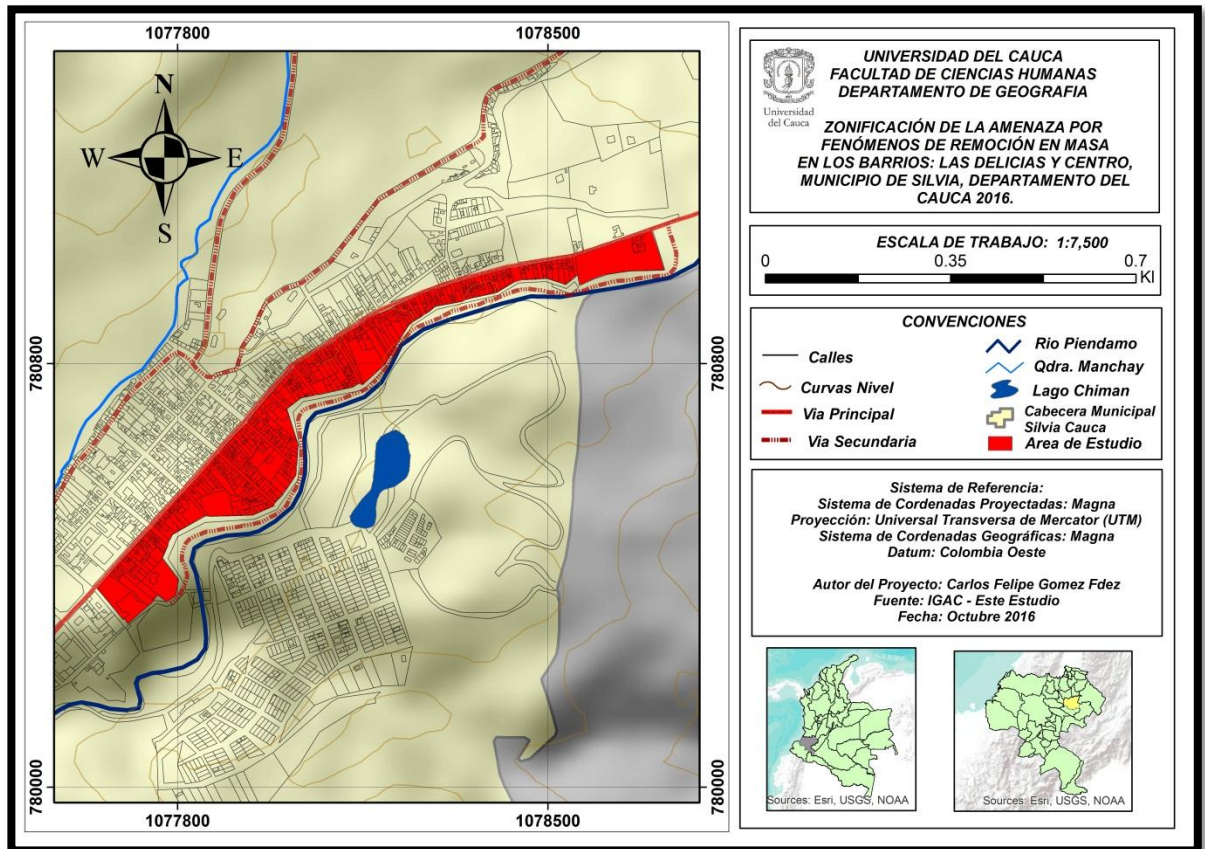
El Municipio de Silvia Cauca, está ubicada sobre el flanco occidental de la cordillera central; es por ello, que el municipio posee unidades fisiográficas de diferente material parental, creando paisajes diversos. La zona urbana corresponde a la parte media de las diferentes formas de altitudes de la cordillera central, la cual se encuentra entre los 2000 y 3000m de altitud.

La zona urbana se encuentra a 2600m de altitud y cuenta con varios afluentes hídricos, estos son: Quebrada el Alizal con una longitud de 735m, Guaragua con 1.495m, Quebrada Santa Clara: 1.618m de longitud, Quebrada Manchay con 1.585m de longitud, y el río Piendamó con 5.915m de longitud.

Aunque en la zona existen estos afluentes hídricos, el río Piendamó, principal objeto de estudio, ya que, según registros de entidades de socorro, causa el mayor número de desbordamiento de su cauce en temporadas de intensas lluvias afectando a los barrios las delicias y centro.

La zona urbana es recorrida por uno de sus tantos afluentes, el cual es objeto de estudio, pues en épocas de lluvia o en ocasiones de represamiento, su caudal aumenta considerablemente afectando los lugares por donde pasa.

Mapa 1 Ubicación de la zona de estudio, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



4.4.1. Sistema Político.

La organización y la participación de la población del Municipio de Silvia, Cauca está relacionado con las formas asociativas de la comunidad y también con las formas de vinculación de los habitantes al Estado y a otras instituciones, y por su puesto con los conflictos asociados al uso y apropiación territorial, en efecto se identifica, que fue creado como Municipio y cuenta con la siguiente Organización Político – administrativa: Alcaldía, Bancos, Colegios, hospitales, Planeación, Tesorería HUMATA, Junta administrativa local (JAL), Juntas de acción comunal, Junta de acueducto, Grupo sectorial, Grupos asociativos, Concejo Municipal, Notaria, Registradurida, Acueducto, Cedelca y Cuerpo de Bomberos.

4.4.2. Sistema Económico.

El Municipio de Silvia, Cauca, basa su economía en la agricultura y en la actividad pecuaria sin embargo prima la actividad agrícola como sustento de vida, en cultivos como la papa, mora, ajo, caña, yuca, maíz, plátano, frijol, cebolla, arveja, fique, habichuela, pimentón, tomate de árbol, trigo, ulluco, hortalizas, pasto y frutales (lulo, manzana, durazno, mora). En menor medida, se encuentra la producción pecuaria, en ganado y especies menores como cerdos, pollos, pavos.

Este territorio se especializa en la producción de fique, maíz y papa, se diferencia dos tipos de siembra el primero es en asocio y el otro libre. El primero, se intercala con árboles de tipo sombrío para cierto tipo de cultivos para el consumo interno de las familias, el segundo intenta aprovechar en gran medida solo la producción para la comercialización.

5. METODOLOGÍA

La investigación titulada “zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en los barrios las Delicias y Centro Municipio de Silvia, Departamento del Cauca 2016”, se enmarca dentro de la línea de investigación “Planificación Regional” y las sub-líneas “prevención de desastres y caracterización biofísica del espacio geográfico”, estipuladas dentro del programa de Geografía, de la Universidad del Cauca.

Para el desarrollo del proyecto fue necesaria la identificación de cinco fases metodológicas cuya ejecución permitió el cumplimiento de los objetivos planteados, la descripción de cada una de ellas se establece a continuación.

5.1. FASE UNO. CARACTERIZACIÓN FÍSICO NATURAL DE LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA CAUCA

En esta fase se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- **Identificación, recopilación, depuración y análisis de información secundaria y conocimiento del fenómeno amenazante.**

Para ello se realizó la revisión bibliográfica sobre fenómenos de remoción en masa, priorizando la visita a instituciones gubernamentales, como el Servicio Geológico Colombiano (SGC), (Instituto Colombiano de Geología y Minas INGEOMINAS), Instituto Nacional de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), Comité Regional de Prevención y Atención de Desastres Cauca (CREPAD), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Cuerpo de Bomberos de Silvia Cauca, Universidad del Cauca, Planeación Municipal de Silvia Cauca. De la visita institucional se adquirió, información teórica y técnica como cartografía base, sensores remotos, datos climatológicos, trabajos escritos.

- **Elaboración del mapa base digital a escala 1:7.500 y establecimiento del Sistema de Información Geográfica (SIG).**

Para llevar a cabo esta actividad se adquirió, las planchas topográficas a escala 1:25.000. No. 342II-C, 342II-D, 343I-C, 343I-D, 343II-C, en formato análogo que corresponden al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Las cuales se escanearon, para ser ordenadas, georeferenciada y digitalizadas. Para ello se recurrió al uso de los Sistemas de Información Geográfica SIG, mediante el manejo del software ArcGIS 10, donde se procedió a su correspondiente georeferenciación y digitalización espacial, representando información principalmente la relacionada con: curvas de nivel cada 10 metros, red de drenajes, carreteras y centros poblados.

- **Análisis de variables físico naturales.**

Se consideró pertinente la evaluación de las siguientes variables: geología, geomorfología, topografía, pendiente del terreno y precipitación (mensual, anual).

5.1.1. Análisis Geológico.

Se desarrollaron las siguientes actividades.

- **Exploración y caracterización de información sobre unidades geológicas presentes en el área de estudio.**

Procedimiento enfocado en la lectura de la plancha geológica, Silvia # 343 elaborada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), (anteriormente INGEOMINAS) en el año 2002, a escala 1:100.000 y exploraciones directamente en campo.

- **Elaboración del mapa de unidades geológicas a escala 1:25.000.**

De la información extractada de la plancha geológica, se digitalizaron las siguientes unidades geológicas: Complejo Quebrada Grande, (conjunto volcánico), sobre flujos de ceniza y sobre bloques de la formación Popayán. Los basaltos (Kcqv), el Complejo Ígneo Básico (Kcqv), las rocas y depósitos sedimentarios (Qal): depósitos aluviales, las de comparación andresítica (miembro polindara) y de la Formación Popayán se caracteriza por ser esencialmente volcánica y por

estar horizontalmente discordantes sobre formaciones anteriores. (Ngpfg), Depósitos de flujo de ceniza y bloques edad 4,5 años (Miembro Polindara). Su digitalización se efectuó mediante la utilización del Sistema de Información Geográfica (SIG), software ArcGIS 10, que permitió la caracterización geológica del área de estudio.

5.1.2. Definición de la topografía y pendiente del terreno.

Se desarrollaron las siguientes actividades:

- **Generación del Modelo Digital de Elevación (DEM), del área de estudio.**

Para su elaboración, se empleó la información topográfica correspondiente a las curvas de nivel cada 10 metros, donde mediante análisis espacial en el Sistema de Información Geográfica (SIG), software ArcGIS 10, se obtuvo una nueva capa de información, con los rasgos altitudinales más sobre salientes del relieve, Modelo Digital de Elevación DEM, (mapa 3).

- **Construcción del perfil topográfico del área de estudio.**

Su elaboración se obtuvo mediante análisis espacial de alturas, desplazamientos efectuados digitalmente en SIG, sobre el Modelo Digital de Elevaciones, cuyo procedimiento permitió obtener un perfil topográfico, corte longitudinal (figura 10).

- **Construcción del mapa de unidades de pendientes del terreno.**

Mediante análisis espacial del Modelo Digital de Elevación DEM, utilizando el Sistemas de Información Geográfico (SIG), se derivó el mapa de pendientes (mapa 4), el cual se calculó como la máxima tasa de cambio de la elevación del terreno por unidad de distancia, resultando una nueva capa de información raster en la que en cada celda tiene asociado un valor de pendiente, dicho valor fue reclasificado y categorizado en cinco niveles según su gradiente o ángulo de inclinación para ello se tomó la clasificación de la pendiente establecida por Suárez Díaz, (cuadro 4).

Finalmente se efectuó el análisis y caracterización espacial de cada unidad de pendiente identificada en el área de estudio.

Tabla 4 Clasificación de tipos de pendiente del terreno.

Clasificación	Pendiente en porcentajes (%)
Muy baja	0 – 15
Baja	15 - 30
Mediana	30 – 50
Alta	50 – 100
Muy Alta	> 100

Fuente: Suárez Díaz, 2002

5.1.3. Análisis Geomorfológico.

Se desarrollaron las siguientes actividades.

- **Análisis digital de figuras aéreas y Modelo Digital de Elevaciones del terreno DEM.**

La evaluación y definición de la geomorfología local partió de la interpretación de fotografías aéreas a escala 1:43.00, identificadas en el cuadro 5 y del proceso de análisis tridimensional del Modelo Digital de Elevaciones del área de estudio. La información con la cual se procedió a identificar, contrastar, delimitar y describir las unidades geomorfológicas correspondientes a los siguientes geosistemas: Volcánico y Denudacional.

- **Comprobación de resultados en campo y elaboración del mapa de unidades geomorfológicas.**

Se procedió a verificar, actualizar y contrastar información geomorfológica en campo, a fin de determinar las características de los diferentes ambientes morfogenéticos. La caracterización de cada unidad identificada se apoyó mediante análisis de archivos visuales tomados en campo. La definición espacial de cada unidad geomorfológica identificada, se consolidara mediante edición cartográfica en el Sistema de Información Geográfica (SIG). Donde se definirán las unidades geomorfológicas con su correspondiente leyenda (mapa 5).

Tabla 5 Catálogo de fotografías aéreas del área de estudio.

Número de Vuelo	Número de la Foto	Fecha de Vuelo	Altura en m.s.n.m.
C-2786	000230	24/06/2015	9400
C-2786	000238	15/07/2015	9400
C-2786	000239	15/07/2016	9400

Fuente: Banco de Imágenes, 2016 - IGAC

5.1.4. Análisis de la Precipitación.

Se desarrollarán las siguientes actividades.

- **Identificación de estaciones meteorológicas.**

Las estaciones se identificaron a partir de información suministrada por el Instituto Nacional de Hidrología, Meteorológica y Estudios Ambientales (IDEAM). Definiéndose para el área, tres estaciones climatológicas principales; identificadas en el cuadro 6.

Tabla 6 Catálogo de estaciones climatológicas y pluviométricas consideradas en el análisis de la precipitación.

INFORMACIÓN	ESTACIONES		
	SILVIA	PITAYO	PIENDAMÓ
Tipo	Pluviométrica	Climatológica y Pluviométrica	Climatológica
MUNICIPIO	SILVIA	PITAYO	PIENDAMÓ
LATITUD	2° 37' 40''	02° 42' N.	02°41' N.
LONGITUD	76° 17' 34''	76° 21' Oc.	76°32' W
ALTURA	2.650 mts.	2.500 mts.	1.840m
PERIODO	2010-2016	2010-2016	2010-2016

Fuente: IDEAM, 2010.

Estaciones a partir de las cuales se realizó el análisis de la precipitación total, anual y mensual, periodo evaluado durante los años 2010 a 2016. Procedimiento orientado a la evaluación estadística de datos numéricos, permitiendo graficar, interpretar y comparar el comportamiento de la precipitación para las estaciones Silvia, Pitayo y Piendamó, durante la serie temporal establecida.

5.2. FASE DOS. IDENTIFICACIÓN DE LA COBERTURA Y USO DEL SUELO EN LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA CAUCA

El levantamiento de la cobertura y uso del suelo, se desarrolló mediante la adopción de la metodología Corine Land Cover, desarrollada en Europa y adaptada para Colombia en el año 2008.

Metodología que se orienta en la consolidación de un inventario de ocupación de diferentes coberturas del suelo, de una forma técnica. Para el desarrollo de esta fase se implementaron las siguientes actividades.

- **Definición de escala base de interpretación y unidad mínima de mapeo.**

Basándose en la metodología Corine Land Cover, se determinó la escala de trabajo para el área de estudio en 1:10.000, por lo tanto se definió la unidad mínima de mapeo para las coberturas en 5 hectáreas, con el propósito de obtener la mayor cantidad de información posible.

5.2.1. Definición de la cobertura y uso del suelo.

Procedimiento que se llevó a cabo mediante análisis digital de fotografías aéreas e imágenes de satélite, para ello se utilizaron aerofotografías correspondientes a años, 2010, 20014 y 2016, vuelos C-2786 No- 000238 y vuelo C-2786 No-000239, a escala 1:10000 y una imagen satelital Landsat ETM 7, del año, 2006, previamente georeferenciada. El análisis satelital se efectuó mediante composición de bandas del espectro visible y combinación de falsos colores RGB bandas 1 a 7, todo el procedimiento de cotejo digital y combinación de bandas se llevó a cabo mediante el uso del SIG, donde se digitalizaron directamente sobre la pantalla las unidades de polígono correspondientes a las coberturas y uso según la clasificación Corine Land Cover, descrita en el cuadro 7.

Tabla 7 Leyenda Nacional de coberturas de la tierra, nomenclatura Corine Land Cover.

Territorios artificializados	Territorios agrícolas	Bosques y áreas semi-naturales	Superficies de agua
Zonas urbanizadas. (Tejido Urbano Continuo)	Cultivos. (Transitorios) Cultivos. (Agroforestales)	Bosques. (Bosque Denso)	Paso del rio Piendamó y Quebrada Manchay
	Áreas Agrícolas Heterogéneas. (Mosaico de Pastos con Espacios Naturales) (Mosaico de Pastos y Cultivos)	Bosque. (Fragmentado) (Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria)	Lago Chiman.
	Pastos	Bosque. (Bosque de Galería y Ripario).	

Fuente: Modificado de instructivo para el levantamiento y actualización de coberturas de tierra, Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2008.

- **Comprobación de la cobertura en campo.**

Mediante exploraciones en el terreno se verifico y actualizo las unidades o coberturas cartografiadas, para ello se inspecciono y comparo mediante tomas de puntos GPS e imágenes fotográficas, las unidades a las cuales les debía realizar cambios por imprecisiones generadas como consecuencia de la evolución de las mismas en el tiempo.

- **Ajuste de la interpretación de coberturas identificadas.**

Con los datos obtenidos en campo, se realizó un ajuste de capas correspondientes a las coberturas, a partir de las cuales se obtuvo la interpretación final actualizada sin errores de detalle respecto a las coberturas y usos del suelo para el área de estudio.

- **Presentación del mapa de coberturas finales.**

Actividad que comprendió la definición cartográfica del uso y cobertura del suelo, la cual se identifica en el mapa 5. Cuya leyenda de coberturas y uso se estableció, discriminando por gamas de colores según la correspondencia de cada una de las unidades clasificadas, definidas según la nomenclatura Corine Land Cover.

- **Descripción de cada unidad de uso y cobertura identificada.**

Información que se obtuvo del mapa de uso y coberturas y de reconocimiento en campo mediante inspección del archivo fotográfico, finalmente se consiguió la tipificación y caracterización detallada de la cobertura y uso del suelo en los barrios: las Delicias y Centro del Municipio de Silvia Cauca.

5.3. FASE TRES. IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA CAUCA.

Proceso que se efectuó, bajo el desarrollo de las siguientes actividades.

5.3.1. Recopilación de información sobre sucesos históricos relacionados con la ocurrencia de movimientos en masa en el área de estudio.

Para ello se indago principalmente con la comunidad de Silvia, sobre la presencia de algunos fenómenos en masa, así se obtuvieron datos respecto a las posibles causas y lugares específicos afectados. Para ello fue conveniente efectuar entrevistas con la comunidad local.

5.3.2. Identificación e inventario preliminar de fenómenos de remoción en masa.

El inventario preliminar de fenómenos de remoción en masa se realizó mediante interpretación de ortofotos correspondientes al año 2016, vuelos C-2786 No-000238 y vuelo C-2786 No-000239, a escala 1:10000. Digitalmente mediante el uso del SIG, se logró delimitar cada fenómeno en masa para su edición e incorporación al (mapa 6).

5.3.3. Comprobación, actualización y clasificación de los fenómenos de remoción en masa.

Mediante chequeo directo en campo, se procedió al reconocimiento y monitoreo de fenómenos de remoción en masa establecidos. Aspecto que permitió determinar su clasificación en tres categorías:

Deslizamientos (rotacional y traslacional), Flujos (suelos y detritos), y Caídas de Rocas. Así mismo se contrasto, complemento, actualizo e incorpore aquellos fenómenos en masa, que no fueron identificados en el proceso de fotointerpretación, para ello fue necesario cartografiar cada uno de los nuevos fenómenos en masa reconocidos, mediante mapeo directo en el terreno a través de la utilización del mapa topográfico y georeferenciación con sistema GPS, donde se localizaron los fenómenos en masa mediante definición de las coordenadas geográficas de cada fenómeno inventariado.

En cada fenómeno en masa cartografiado se establecieron puntos GPS, en la zona cabeza centro y base del movimiento de remoción en masa, tratando en lo posible de bordearlo en todo su perímetro, siendo necesario llevar una ficha de campo en la cual se consignó información relevante respecto a los fenómenos en masa observados, para ello se diseñó el formato de captura de información sobre fenómenos de remoción en masa.

5.3.4. Inventario y consolidación del mapa de fenómenos de remoción en masa.

Del proceso de comprobación y actualización se derivó el inventario total de fenómenos de remoción en masa, el cual incluye movimientos antiguos y actuales que se encuentran activos e inactivos, partiendo de la premisa que indica que “el conocer un evento pasado facilita determinar su comportamiento hacia el futuro”. Finalmente se definió el inventario, consolidado en el mapa final de distribución y localización espacial de fenómenos de remoción en masa en el área de estudio (mapa 7 y 8).

- **Descripción, caracterización y análisis de fenómenos de remoción en masa inventariados.**

Como resultado del proceso de análisis del mapa de distribución de fenómenos de remoción en masa y exploraciones directas en campo, se consolidó la caracterización individual y tipificación de cada fenómeno de remoción en masa localizado. Cada fenómeno en masa fue descrito haciendo énfasis en aspecto de localización geográfica, actividad del movimiento, humedad y tipo de material entre otros aspectos importantes.

5.4. FASE CUATRO. DETERMINACIÓN DE LOS PRINCIPALES FACTORES DETONANTES O CONDICIONANTES QUE INTERVIENEN EN LA GENERACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA CAUCA

Se consideró conveniente analizar los siguientes factores detonantes: Topográficos (evaluación de la pendiente), meteorológicos (evaluación de la precipitación) y actividades antrópicas. A continuación se describe el proceso de análisis por cada factor.

5.4.1. Factor pendiente del terreno.

Su estudio fue el resultado de la evaluación realizada previamente al mapa de pendientes, definido en la fase uno, (caracterización físico natural). Las actividades a seguir fueron las siguientes.

- **Selección y ubicación de los fenómenos de remoción en masa, cuya ocurrencia refleja de alguna manera su relación directa con la inclinación de la pendiente.**

Establecimiento del número de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa por categoría de pendiente evaluada.

El mapa de pendientes fue contrastado con la capa de fenómenos de remoción en masa, permitiendo definir estadísticamente la densidad de eventos en masa por categoría de la pendiente mediante la construcción de gráficos que muestran el número de eventos y áreas removidas por tipo de pendiente.

5.4.2. Factor Precipitación.

La finalidad de la evaluación de las lluvias fue establecer su relación general con algunos de los fenómenos en masa identificados en el área de estudio. Para ello se llevaron a cabo las siguientes actividades.

- **Selección, datación y ubicación de fenómenos de remoción en masa que posiblemente pudieron ser detonados por lluvias.**

Mediante el establecimiento de registros verbales, se definieron los movimientos en masa que posiblemente ocurrieron durante la presencia de lluvias copiosas,

para ello fue necesario recurrir a información entregada verbalmente por la comunidad de Silvia, Cauca y por las entidades locales encargadas de cumplir esta función que cuentan con archivos de información espaciotemporal sobre la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa para el área de estudio. Por lo anterior el análisis, que se presenta es muy general ya que se debió relacionar hechos locales con información y sucesos regionales, información que definió los periodos de tiempo en los cuales los efectos de la precipitación de la región andina tuvieron influencia de ondas climáticas frías como el fenómeno de la niña en Colombia, causante de la ocurrencia de la mayor parte de movimientos en masa en las regiones de Colombia, para ello se analizaron estudios de orden Regional.

- **Análisis de la información pluviométrica.**

La evaluación de la precipitación partió de la recopilación de datos multitemporales a nivel mensual y anual, de las estaciones climatológicas Silvia, Pitayo y Piendamó, cuyo análisis se estableció de manera general la relación de periodos lluviosos fuertes ocurridos durante la serie evaluada y su posible relación con la presencia de fenómenos de remoción en masa. Para ello se tuvo en cuenta periodos de muy húmedos concurridos en Colombia como consecuencia de la influencia de anomalías climáticas como el fenómeno de La Niña.

5.4.3. Factor Antrópico.

Se definieron las principales actividades que por acción del hombre produjeron la mayor tasa de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, entre ellas se analizaron la deforestación evidenciada en la presencia de coberturas del suelo y la construcción de obras de infraestructura terciarias (carreteras) en el área de estudio. Definiéndose la relación entre el número de eventos e influencia respecto a la actividad antrópica emplazada. Para ello fue conveniente recurrir a relatos verbales de la comunidad donde se indago mediante entrevista directa cual era la tasa de ocurrencia y el comportamiento de los sectores críticos afectados actualmente por fenómenos de remoción en masa antes y después del emplazamiento de la actividad antrópica.

Así mismo se elaboró gráficos que indican la tasa de ocurrencia de movimientos en masa versus algunas coberturas analizadas y el área removida en cada cobertura.

De la misma manera se planteó un análisis comparativo del número de fenómenos en masa ocurridos a lo largo de las principales carreteras del área de estudio.

5.5. FASE CINCO. CARACTERIZACIÓN Y MAPIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA CAUCA

El desarrollo de la presente metodología de Zonificación de la Amenaza se generara como adopción a la guía metodológica para estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, implementada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), y la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), quienes aplican en varios estudios esta guía²⁴.

Siguiendo el método empleado, la amenaza para el área de estudio fue definida en términos de susceptibilidad o amenaza relativa, donde los factores detonantes (precipitación, pendiente y actividad antrópica) se tuvieron en cuenta solo como elementos para establecer a criterios profesional y subjetivo la posible creación de escenarios de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, en caso de que cierto factor detonante llegara a suceder. Por lo anterior se establece que el resultado de la presente zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, se orientó en determinar mediante evaluación cualitativa o semi-cuantitativa la amenaza relativa o susceptibilidad, sin llegar a obtener valores numéricos absolutos de probabilidad de ocurrencia de un movimiento en masa. Ello orientado a la evaluación subjetiva a través de la cual se definió áreas con mayor o menor posibilidad de que en ellas se genere cualquiera de los tres tipos de fenómenos de remoción en masa incluidos en la presente investigación. En el Sistema de Información Geográfica (SIG), los mapas de amenaza relativa y de variables geoambientales se generaran mediante creación de ítems de amenaza en la tabla de atributos relacionada con cada cobertura temática evaluada, a esos ítems se les asignaron los grados de amenaza relativa de cada unidad cartográfica a los fenómenos de remoción en masa, finalmente se obtendrá el mapa de amenaza relativa de las variables geoambientales (geología, geomorfología, pendientes, cobertura y uso del suelo) a fenómenos de remoción en masa y se colorean los polígonos de cada unidad cartográfica del parámetro según el nivel de amenaza correspondiente (Alto, Moderado, bajo). Para el desarrollo de esta fase se llevaron a cabo las siguientes actividades.

²⁴ INGEOMINAS Y CRC, Op. Cit., p. 36-37.

- **Definición de valores totales de superficie en hectáreas, respecto a la unidad cartográfica y el área afectada por cada tipo de movimiento en masa dentro de cada unidad cartográfica.**

Los valores de superficie para cada movimiento en masa como para cada unidad cartográfica, se obtuvieron contrastando la distribución de fenómenos de remoción en masa con cada una de las variables geoambientales. El proceso se efectuó mediante sobre posición geométrica de capas o coberturas espaciales en el Sistema de Información Geográfica (SIG), donde mediante análisis de unión geométrica, los polígonos de las coberturas base mapas índice de las variables geoambientales, fueron cortados con los polígonos superpuestos pertenecientes a la capa de distribución espacial de fenómenos de remoción en masa. Procedimiento que permitió obtener la superficie total por unidad cartográfica de parámetro y la superficie total acumulada de movimientos en masa medida en hectáreas, información que se anexo en cuatro matrices de susceptibilidad correspondiente a cada variable geoambiental analizada (cuadro 11, 12,13 y14).

- **Definición de la amenaza relativa de variables geoambientales con respecto a cada uno de los tipos de movimientos en masa.**

Determinados los valores peso de cada variable geoambiental, estos fueron ordenados estadísticamente en términos de amenaza relativa, siguiendo las categorías de amenaza que se identificaron en el cuadro 12. La definición de los intervalos de clase se efectuó a través de los cálculos estadísticos de clasificación numérica, utilizando para ello herramientas de reclasificación estadística de datos continuos en el Sistema de Información Geográfica (SIG), para ello se consideró la media y la desviación estándar de los datos por medio de la construcción de histogramas de clasificación que indican la distribución de frecuencias respecto a los valores analizados. Los datos fueron ajustados en cinco categorías de amenaza relativa permitiendo especificar niveles desde nula a muy alta.

- **Definición de la amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa.**

Procedimiento que se llevó a cabo mediante operaciones de adición geométrica en el Sistema de Información Geográfica, unión de cuatro capas de polígonos (amenaza relativa de variables geoambientales) y almacenaje en una capa resultado (amenaza relativa total del terreno a cada tipo de fenómenos de remoción en masa), cobertura resultante la cual preserva atributos pertenecientes a las cuatro coberturas cruzadas. Así se efectuó de manera individual la unión de capas de amenaza relativa de variables geoambientales respecto a cada tipo de fenómeno de remoción en masa (deslizamientos, flujos, caídas de rocas) y la

adición de valores cuantitativos de amenaza en la tabla de atributos resultante, obteniéndose la amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa.

La amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa, fue el resultado del proceso de sobre posición de polígonos; con ello se determina las relaciones de inclusión que permiten establecer, para cada parámetro la correlación que existe entre los valores asignados y la superficie por unidad de remoción. Finalmente se obtiene la amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tres tipos de fenómenos de remoción en masa al sumar digitalmente las cuatro coberturas de amenaza relativa, la tabla de atributos de la cobertura resultante contiene los ítems con los valores de amenaza de cada una de las coberturas temáticas cruzadas.

6. CARACTERIZACIÓN BIOFISICA DE LOS BARRIOS LAS DELICIAS Y CENTRO, CABECERA MUNICIPAL DE SILVIA, CAUCA 2016.

6.1. GEOLOGÍA

La información geológica del Municipio de Silvia, Cauca considerada para la investigación es la producida por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), (anteriormente INGEOMINAS), de acuerdo con su plancha 343 Silvia, a escala 1:100.000, de la cual fueron tomadas las unidades correspondientes al municipio y conservando la escala.

Posterior mente fueron descritas las unidades según el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Información que muestra el tipo de rocas donde se desarrollan las actividades humanas, cuál de ellas es más susceptible a procesos de remoción en masa y procesos erosivos y su potencial económico.

La carta geológica del Servicio Geológico Colombiano (SGC), No 343 de Silvia, relaciona los diferentes tipos de rocas que constituyen la cordillera Central, en el sector, destacándose principalmente las polimetamórficas y se detectan varias fases metamórficas en partes superpuestos.

El casco urbano de Silvia, se encuentra sobre basaltos del complejo Quebrada Grande, sobre flujos de ceniza y sobre bloques de la formación Popayán. Los basaltos (Kcqv) se encuentran fracturados y cubiertos por una pátina oscura que da un color negro y produce suelos limosos de color marrón.

De acuerdo con los informes geológicos de Orrego y Paris (1991) y de Torres, Ibáñez y Vásquez (1992), en la zona afloran rocas del complejo Quebrada Grande y de la Formación Popayán.

6.1.1. Complejo quebrada grande.

El Complejo Quebrada grande aflora en un área de 68,2 km², distribuidos en una franja de dirección norte sur, ubicada entre la población de Silvia (D4) y la localidad de El Hato (B4). También aflora como ventanas rodeadas por los

depósitos fluviovolcánicos de la Formación Popayán, al norte y oeste de la población de Totoró y al este de la Falla Silvia - Pijao (E3, F3, G2, G3).

Se encuentra dividido en dos conjuntos litológicos y sus límites son fallados. La falla de San Jerónimo pone en contacto al complejo con rocas del complejo Cajamarca al E, la falla Pijao Silvia con el complejo Arquía.

El conjunto ígneo básico (Kcqy): en la cabecera municipal de Silvia aflora en un área de 26,791 hectáreas, conformado por basaltos y diques de diabasa que afloran en la superficie de color verde grisáceo con textura y amigdalares de texturas almohadilladas, observándose intercalaciones de rocas sedimentarias y tobas básicas.

“la composición mineralógica de los basaltos y diabasas es plegioglasa y piroxenos (augita-pigeonita) alterados, como minerales secundarios se presentan la actinolita, clorita, albita, epidota, sericita, calcita, cuarzo en vinilla, minerales opacos y precnita. Estos minerales secundarios estarían indicando alteración metamórfica pre-orogénica o de fondo oceánico. (Orrego, et al., 1991)”²⁵. De igual forma, en este se encuentra cubierto en parte por rocas volcánicas del Cenozoico Tardío. Sus rocas han desarrollado foliación cerca de las fallas por el metamorfismo dinámico.

El conjunto sedimentario (Kcqs), está conformado por limolitas arcillosas carbonáceas y en menor proporción, areniscas grauváquias o feldespáticas, chert y delgados niveles de rocas básicas.

Las limolitas se componen de cuarzo, arcilla clorita, óxido de hierro, materia orgánica y ocasionalmente biotita o sericita: Las arcillolitas contiene minerales de arcilla y materia carbonáceas; la arenisca feldespática de granos de rocas básicas, plagioclasa, cuarzo, calcita y en menor proporción granos de feldespato potásico; el chert de cuarzo microcristalino, óxido de hierro, pirita y calcita de origen secundario. El conjunto en general muestra estructuras de metamorfismo dinámico, presenta estratificación laminar, fina rítmica y gradada.

²⁵ ALCALDIA MUNICIPAL DE SILVIA. Plan de Manejo Parte Alta de la Sub Cuenca Piendamó. Corrientes de Segundo Orden. Silvia. Enero, 2003.

6.1.2. Formación Popayán.

El territorio se ve expuesto a **depósitos de flujos de cenizas y bloques (Ngpfg)**: Depósitos de flujo de ignimbritas (Ngpfg), Depósitos piroclásticos y volcanoclásticos, se están conformando y rellenando las cabeceras y partes medias de los principales ríos, como el Palacé, Cofre, Piendamó, Ovejas y Quichaya.

Se caracteriza por ser esencialmente volcánica y por estar horizontalmente discordante sobre formaciones anteriores. Las rocas principales que la componen son las lavas, dacitas y andesitas, las cuales están constituidas por ortopiroxenos y menor cantidad de olivino, hornblenda y biotitas.

Se localiza en la parte noreste de la zona, allí se encuentran: “depósitos de flujo de ceniza y bloques, de edad de 4.5 años (Ngpfg). En la cabecera Municipal de Silvia aflora un área de 424,863 hectáreas. Los depósitos de ceniza y bloques contienen generalmente materiales de tipo andesítico ocasionalmente rocas metamórficas y basaltos, por alteraciones de la ceniza se origina arcillas ocasionalmente de color blanco”²⁶.

6.1.3. Lavas de composición andesítica (Ngpl).

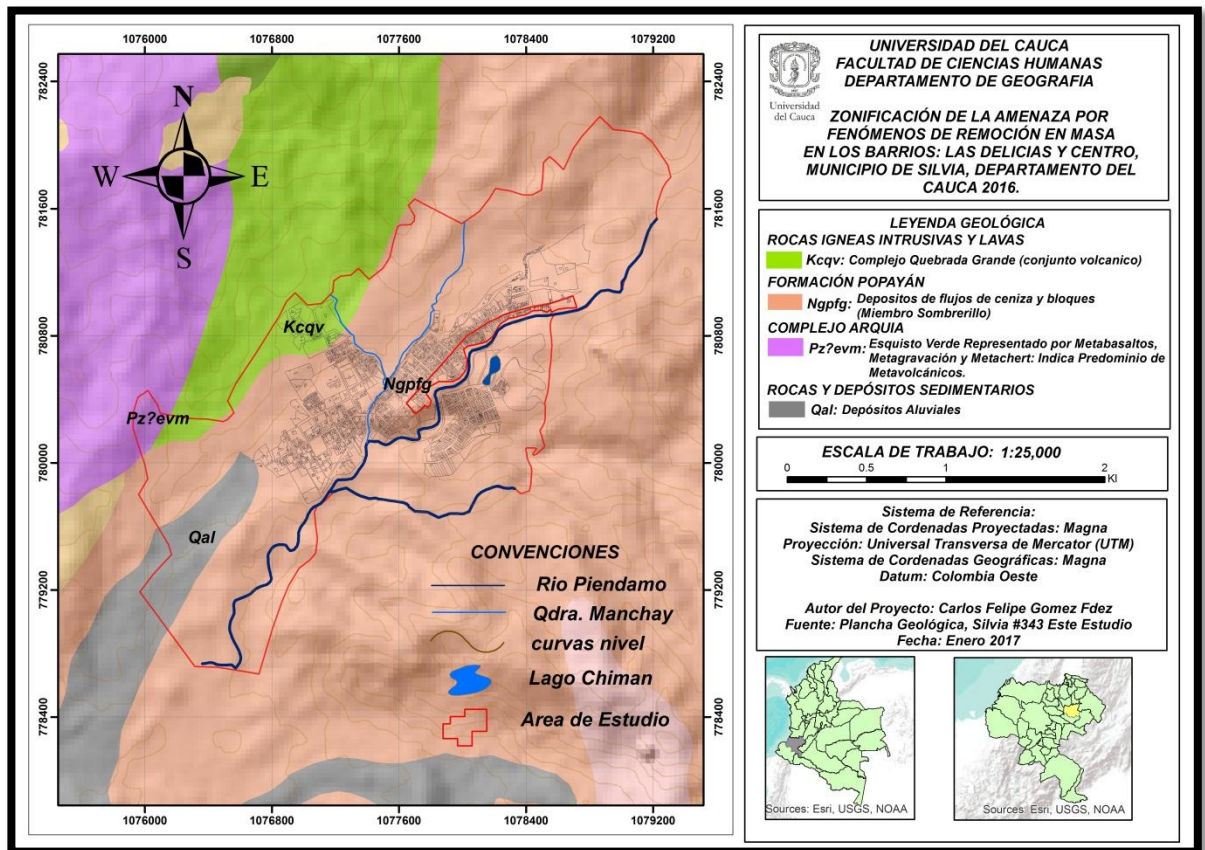
Se encuentra en la cima de la cordillera Central, constituido por flujos de lava andesítica, dando una forma de cono volcánico o caldera ubicada en el Páramo Gabriel López. Los afloramientos se presentan en la transversal Totoró -Polindara-Portachuelo correspondiente a la sección tipo (Torres, 1997). Al oriente se encuentran algunos depósitos en la población de Silvia Cauca, Las lavas andesítica tienen textura porfirítica a afanítica, color gris oscuro, constituidas por cristales de hornblenda, plagioclasa (oligoclasa) maclada y zonada, y biotita, además se presenta augita. La matriz es microcristalina de plagioclasa y piroxeno.

6.1.4. Depósitos aluviales (Qal):

En la cabecera Municipal de Silvia aflora un área de 29,708 hectáreas. Los depósitos aluviales se presentan asociados a los cauces actuales y márgenes de los principales drenajes de los dos flancos de la Cordillera Central y corresponden a depósitos de gravas, arenas y arcillas. Su forma es alargada y en algunos casos conforman terrazas con alturas variables (Qt).

²⁶ ALCALDIA MUNICIPAL DE SILVIA. Plan de Manejo Parte Alta de la Sub Cuenca Piendamó. Corrientes de Segundo Orden. Silvia. Enero, 2003.

Mapa 2 Geología, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia Cauca.



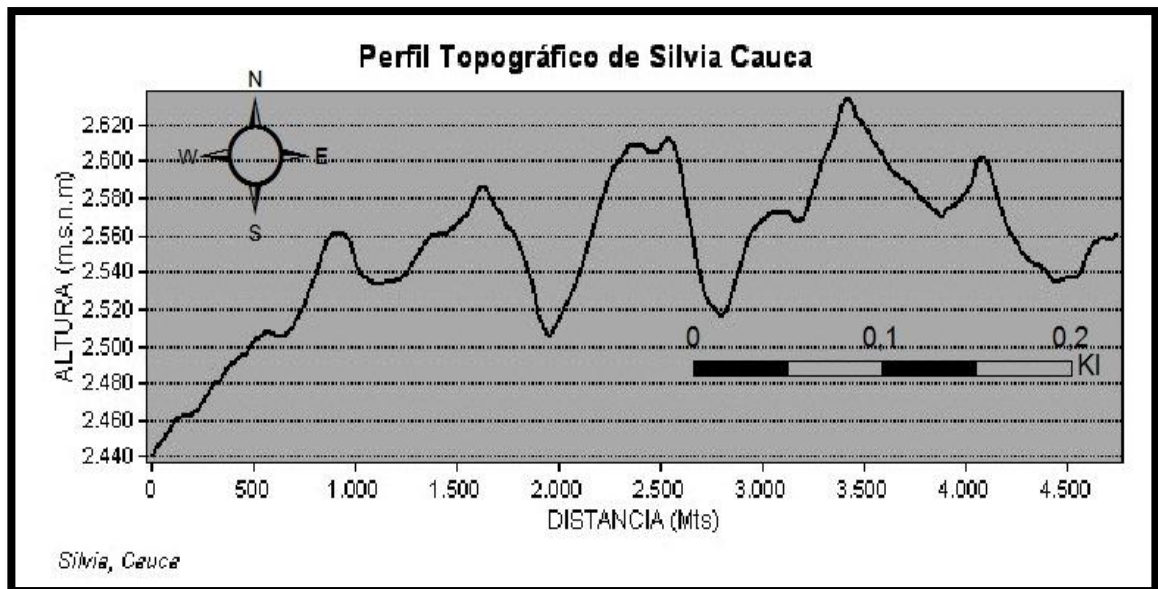
6.2. TOPOGRAFÍA Y PENDIENTE DEL TERRENO

6.2.1. Topografía.

En la cabecera municipal, es posible encontrar alturas desde los 2420 a 2660 m.s.n.m. configurando relieves planos a escarpados, sin embargo se considera que a nivel general el terreno es plano ya que no contiene pendientes pronunciadas en la zona urbana, características geomorfológicas propias de relieves y estructuras tectónicas.

El perfil topográfico del área de estudio (figura 10) y el Modelo Digital de elevación del Terreno DEM (mapa 3), evidencia la existencia de alturas menores al Oeste del Municipio de Silvia, Cauca, entre los 2.420 y 2.460 m.s.n.m. cuyo relieve pauta la figura de formas variadas entre las que se destacan pequeños cerros residuales, cuchillas y depresiones, que en su gran mayoría surgieron como consecuencia del corte transversal ocasionando por la red de drenajes sobre el basamento geológico, procesos climáticos erosivos y por presencia de algunas estructuras tectónicas locales, entre ellas las fallas Silvia-Pijao y el Crucero. Sucesivamente se observa hacia los 2.500 y 2.560m.s.n.m. Una superficie que indica la existencia de áreas planas, lugar donde se localiza el centro poblado de Silvia Cauca, cuyo relieve obedece a una formación geomorfológica de terrazas fuertemente disertadas de origen volcánico. Por otro lados se puede apreciar que en la parte media, las fuentes hídricas se ubican sobre zonas planas, diferenciándose un poco de la parte sur, notándose el descenso de altitud de la pendiente convirtiendo a esta zona, en un valle encauzado y franqueado por montañas, en donde difícilmente se podrían deducir los cambios en el relieve.

Imagen 10 Perfil topográfico, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca. Corte longitudinal de occidente a oriente.

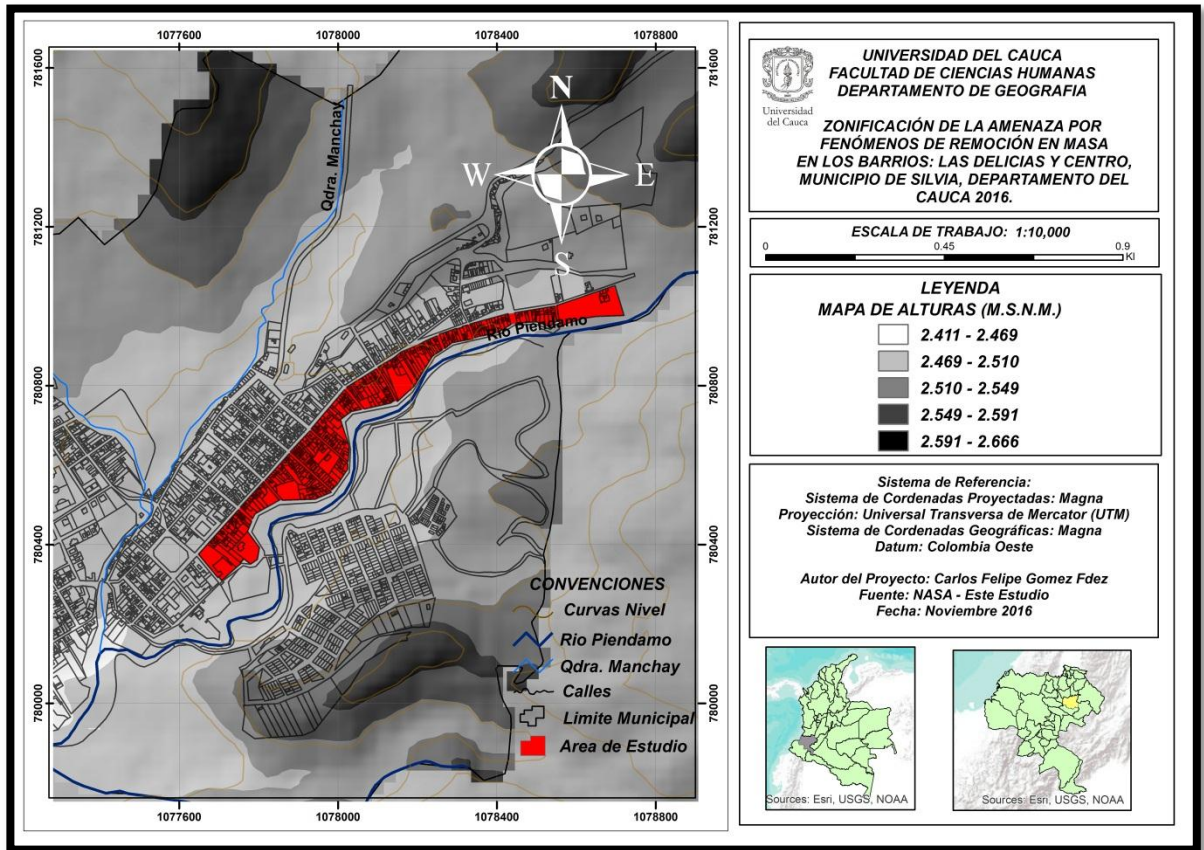


Fuente: Este Estudio.

En la superposición de la zona urbana con el MDT, se puede ver que la parte media, se presenta amenazas por inundación, ya como se describió anteriormente, es un terreno plano y al producirse inundaciones o desbordamientos de algunas de las fuentes hídricas, afectarían a la infraestructura que está ubicada en sus cercanías.

Esta descripción se ajusta de manera precisa sobre el río Piendamó y la Quebrada Manchay, ubicadas en la parte plana, apreciación que confirma una vez más, el grado de amenaza que presenta este sector.

Mapa 3 Modelo digital de elevación DEM, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



6.2.2. Pendiente del Terreno.

El análisis morfométrico del área de estudio, define la pendiente, como el cálculo de la gradiente de inclinación del terreno respecto a su plano horizontal y en la zonificación de la amenaza, es importante determinar su relación como generadora de fenómenos de remoción en masa, puesto que se considera directamente proporcional a la ocurrencia de dichos movimientos.

Teniendo en cuenta que en el Municipio de Silvia, Cauca, la topografía es compleja se ha elaborado el mapa de pendientes cuya realización partió de análisis espacial del Modelo Digital de Elevación (DEM), obteniéndose la caracterización de las unidades de pendiente del terreno para el área con mayor o menor grado de inclinación.

Respecto a la clasificación presentada (cuadro 4), se especificaron y caracterizaron para el área de estudio cinco clases de pendientes que se discriminaron según su ángulo de inclinación en porcentajes así: muy alta, alta, moderada, baja y muy baja, cuya descripción se establece a continuación.

- **Pendiente Muy Alta:**

En la cabecera municipal de Silvia, Cauca podemos encontrar inclinación igual o mayor a 100%, con orientación sur de la zona de estudio, espacialmente configura la rivera del cauce del río Piendamó y la Quebrada Manchay, donde el corte provocado por la red hídrica, ha ocasionado que se dibuje una topografía de laderas fuertemente escarpadas, que sirve de límite entre taludes, que bordean las unidades geomorfológicas entre ellas las terrazas. Así mismo es notable la presencia de dicha categoría de pendiente en alturas por encima de la cota de 2.580 m.s.n.m.

Las zonas de pendiente muy altas, se encuentran constituidas por suelos de origen volcánico producto de flujos y caída, suelos muy deleznable poco consolidados geológicamente pertenecientes a la formación denominada lavas y piroclastos y complejo Quebrada Grande, limitando hacia el occidente con la falla Silvia-Pijao. Aun cuando su topografía no ofrece mayores bondades, se ha dado paso en ella a la instauración de actividades humanas entre estas la agricultura de ladera y pastoreo, a la construcción de carreteras, aspecto que ha acrecentado el desarrollo de fenómenos de remoción en masa, eventualmente como consecuencia del emplazamiento de cultivos y del corte y desestabilización de los taludes para la construcción de carreteras.

- **Pendiente Alta:**

Se configura en el área de transición a zonas de pendiente muy alta, presenta inclinación mayor o igual a 50 y menos de 100%, con orientación sureste de la zona de estudio, altitudinalmente se ubican entre los 2.550 - 2.570 m.s.n.m. Forman parte del área geomorfológica perteneciente a la unidad de laderas

moderadamente escarpadas zonas de relieve montañoso, geológicamente se encuentra en la formación perteneciente a lavas y piroclastos. A pesar de las condiciones morfométricas de alta pendiente, actualmente se desarrollan en ella, procesos de colonización espacial, identificándose la instauración de actividades agropecuarias y la construcción de vías secundarias, vías que presentan grandes condiciones de inestabilidad puesto que se encuentran construidas sobre rocas metamórficas y sedimentarias principalmente esquistos y arcillolitas que por sus características de plasticidad son proclives al desarrollo intensivo de fenómenos de remoción en masa.

- **Pendiente Media:**

Comprende ángulos de inclinación mayores a 30 y menores a 50%, con orientación sureste del área de estudio se ubica entre los 2.510 - 2540m.s.n.m, dentro de esta categoría se pueden encontrar pequeños valles intramontanos los cuales son aprovechados por los agricultores para el establecimiento de parcelas de cultivos y ganadería intensiva.

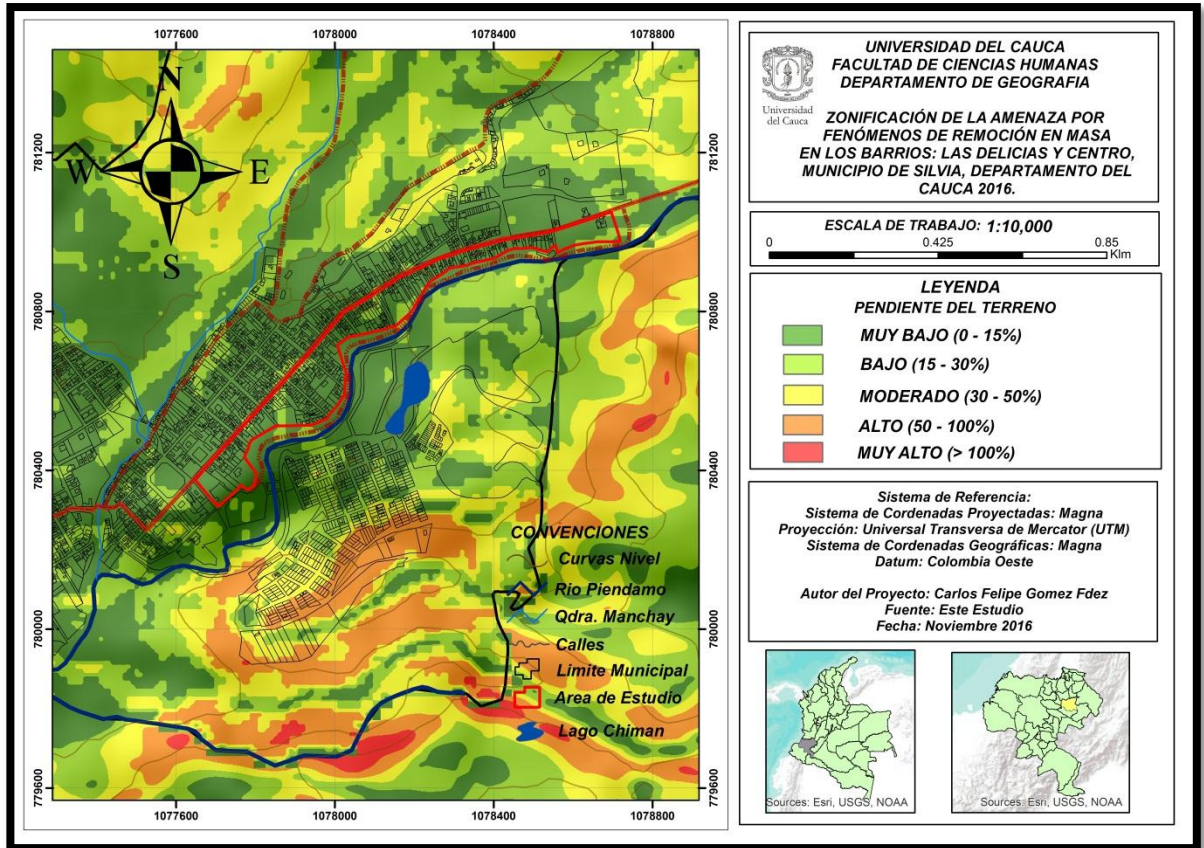
- **Pendiente Baja:**

Una de los rangos predominantes para el área de estudio lo configura la pendiente entre 15 - 30%, se encuentra altitudinalmente entre alturas de los 2.470 - 2.500m.s.n.m, de orientación plana. La pendiente presenta zonas de relieve dominados por la presencia de flujos de piroclastos, lo que indica un modelado de relieve suavizado, su geología revela presencia de formaciones como las unidades de flujo de lodo y flujos piroclásticos al igual que lavas y piroclastos, lo cual ha favorecido el establecimiento de áreas con infraestructura de viviendas que aun cuando su denominación obedece a zonas rurales, estas indican un marcado patrón de asentamientos y concentración poblacional dando actividades agropecuarias principalmente ganadería extensiva y cultivos transitorios como la mora, fresa y tubérculos.

- **Pendiente Muy Baja:**

Para el área de estudio lo configura la pendiente entre 0 - 15%, y se encuentra altitudinalmente entre alturas menores a 2.460m.s.n.m, de orientación plana ubicada en el centro poblado de Silvia Cauca. Geológicamente pertenece a la formación flujos de lodo y flujos piroclásticos se indica que por sus características de relieve este tipo de pendiente ha dado paso al establecimiento de áreas con infraestructura de viviendas que obedece a zonas rurales, con actividades de ganadería, pastoreo y cultivos.

Mapa 4 Unidades de pendiente del terreno, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



6.3. TECTÓNICA

El municipio de Silvia, igual que el departamento de Cauca, está ubicado en una zona de gran actividad sísmica, ya que este se encuentra sobre el sistema de falla Cauca-Romeral, estando presentes en este caso, las fallas de: San Jerónimo, Silvia-Pijao, falla Crucero Occidental, falla la estrella y falla Crucero.

La zona de estudio, está sobre la falla Silvia-Pijao al oriente y un ramal de esta al occidente, interviniendo en la estructuración del paisaje y en la amenaza por movimientos sísmicos, ya que es considerada como una de las más activas del sistema. Esta falla presenta “una importante actividad neo-tectónica que se hace evidente por grandes deslizamientos asociados, desplazamientos de depósitos recientes, desplazamientos en suelos húmedos, facetas triangulares, quiebres de terreno, desplazamiento o alineamiento de corrientes de agua. Históricamente este sistema de fallas ha presentado una alta actividad sísmica con predominio de sismos de intensidad media a alta (7 a 9)”²⁷.

Teniendo en cuenta los diferentes estudios que se han realizado, estos coinciden en que el municipio tiene un alto grado de amenaza, clasificando lugares de toda clase (cuencas hidrográficas, centros poblados, cultivos, entre otros) como espacios con alta vulnerabilidad, ya que si se presentara un sismo, podría obtener una magnitud considerable para ocasionar grandes daños.

Según el PBOT del Municipio, las cuencas que presentan mayor susceptibilidad por cárcavamiento, movimientos en masa e inundación y que han sido objeto de algún tipo de estudio preliminar son: sub cuenca río Piendamó, las microcuencas de las quebradas La Llorona, La Colorada, Quebrada Manchay y sus afluentes.

Sin embargo, estas afirmaciones son producto de los estudios generalizados que se hicieron para la ejecución del Plan básico de Ordenamiento del municipio, pues actualmente, la zona no posee los equipos tecnológicos que permiten conocer el comportamiento técnico para determinar los cambios que se realicen en la estructura interna de la tierra y para tener en cuenta los efectos que sobre las construcciones pueda tener la propagación de ondas sísmicas a través de los estratos de suelos subyacentes, cuando se presenta un sismo.

²⁷ PLAN BASICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Municipio de Silvia Cauca, Año. 2.000.

6.4. GEOMORFOLOGÍA

El área cubierta por la Plancha 343 Silvia presenta una alta diversidad de geoformas relacionadas con fenómenos erosivos y agradacionales, que pueden ser agrupadas en tres tipos de unidades geomorfológicas: unidades agradacionales de origen fluvial, fluviovolcánico, lacustre y glacial; unidades de origen estructural y estructural Denudacional, y unidades de origen Denudacional y volcánico Denudacional.

Los principales ríos que drenan el área, como Moras, Ullucos, Malvasá, Piendamó, Negro, Páez y Palacé, así como corrientes menores, presentan un fuerte control estructural que caracteriza el drenaje de la región.

A nivel general, Silvia está ubicada sobre el flanco occidental de la cordillera central; es por ello, que el municipio posee unidades fisiográficas de diferente material parental, creando paisajes diversos. La zona urbana corresponde a la parte media de las diferentes formas de altitudes de la cordillera central, la cual se encuentra entre los 2.400 a 2.800 m de altitud.

Para esta zona, en el Plan de Manejo de la cuenca de la Parte Alta del río Piendamó, la clasificación que más se asemeja a la descripción, es la siguiente:

“pie de ladera de clima frío húmedo: corresponde al pie de los flancos o faldas de las laderas de relieve ondulado con pendientes cortas e irregulares, se presentan materiales heterométricos y heterogéneos, mezclados con cenizas volcánicas, se presenta alta acumulación de materia orgánica”.

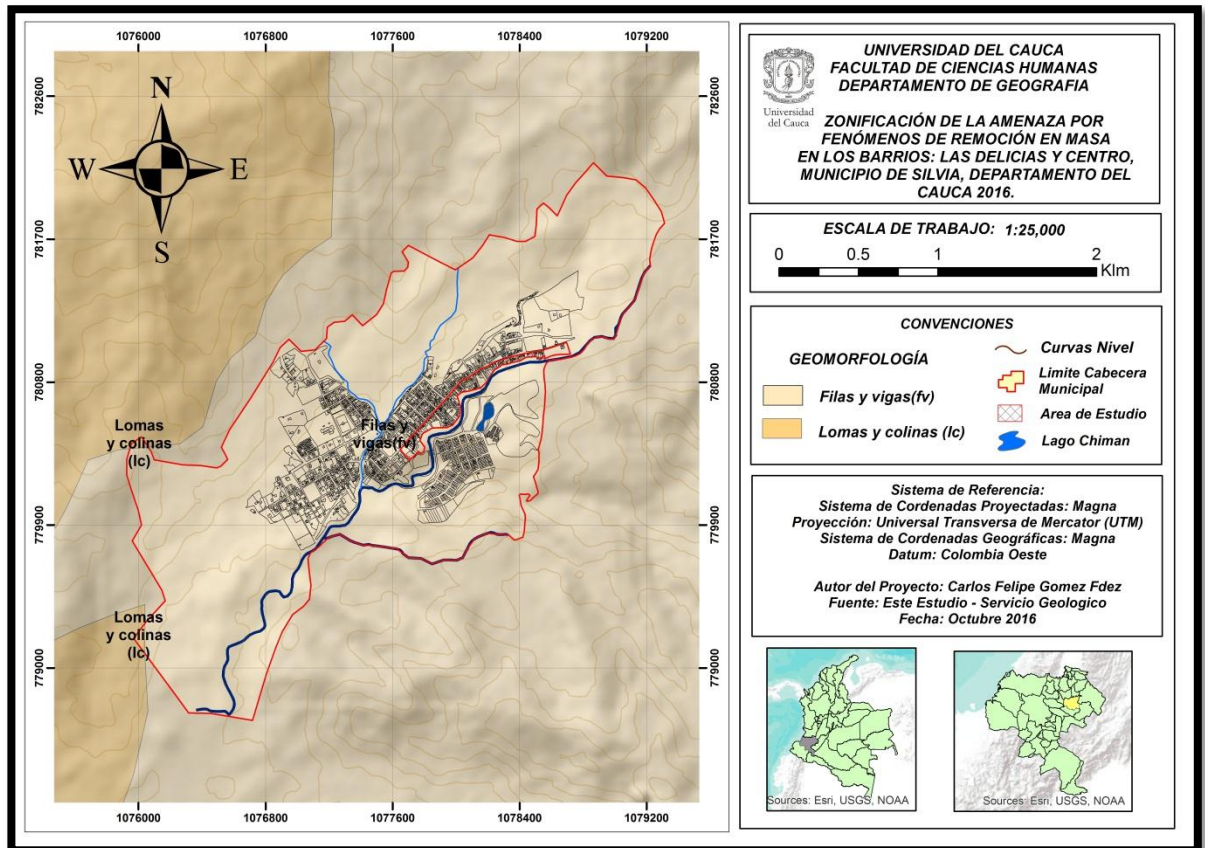
Según Zinck (1980) y Villota (1991), P.B.O.T, estos valles se caracterizan, por sus formas alargadas, estrechas y planas las cuales se intercalan en dos áreas de relieve más alto que se forman por material y sedimentos longitudinales y laterales transportados por corrientes de agua que constituyen su eje, y que actualmente están cubiertos por pastizales producto de la actividad agropecuaria. En los fondos de los valles se encuentran las vegas de los ríos que en el caso del municipio se encuentran muy cortos. Los valles más importantes que se forman, son: Piendamó, Manchay, Ovejas y Palo.

Otras de las características sobresalientes de estos valles aluviales, son los paisajes formados por las terrazas, “que se asocian a las vegas, conformando mesas o geoformas tabulares y limitados por un escarpe. Estas se encuentran en el municipio desde el páramo hasta el piso Bioclimático Subandino”²⁸.

²⁸ PLAN BASICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Municipio de Silvia Cauca, Año. 2.000.

El P.B.O.T describe estos paisajes así: “pequeños, de topografía inclinada los cuales están formados al pie de colinas o montañas. Su deposición proviene de material arrastrado por las corrientes de agua, o transportada loma abajo hasta los cauces por incidencia de la gravedad. Aun cuando muchas de estas áreas presentan buenas condiciones de fertilidad en sus suelos y la pendiente es alta, se generan fenómenos de inestabilidad en las laderas, los cuales se ven favorecidos por la presencia de obras de infraestructura civil como las vías”.

Mapa 5 Geomorfología, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



6.4.1. Morfodinámica.

Para la zona de estudio, se presentan procesos morfodinámicos asociados a los cambios producidos por la naturaleza y realizados por el hombre en el medio, estos cambios, generalmente se evidencian en las afueras de la zona urbana o en los lechos de las fuentes hídricas.

En cuanto a fenómenos de remoción en masa (FRM), el P.B.O.T manifiesta que estos se presentan en todo el municipio con diferente intensidad y magnitud, suelen ser consecuencia de otros fenómenos como flujos de suelos, asociados con unidades de rocas no consolidadas como algunos miembros de la Formación Popayán.

Según el Servicio Geológico Colombiano, el sector de quebrada Manchay y el paso del río Piendamó, se encuentra afectada por un fuerte proceso de meteorización y erosión, acelerado por acciones antrópicas, además en la zona urbana se puede apreciar que el cauce del afluente de la quebrada presenta altas pendientes longitudinales, la cual sumado a la forma del lecho y las altas precipitaciones, favorecen el origen de pequeños flujos de lodos (chorriaderas) que arrastran material de las laderas que profundizan y amplían el lecho.

Los movimientos de remoción en masa son antiguos, reactivados y recientes; los cuales presentan cicatrices entre 10 - 50m , 30m de ancho, una profundidad promedio de hasta 1m; de igual forma, estos desencadenan deslizamientos que muestran forma de cóncava hacia arriba, los cuales generalmente se producen en zonas con pendientes pronunciadas y son ocasionados por acciones antrópicas, especialmente las relacionadas con la fabricación de ladrillos, realización de cauces provisionales para el funcionamiento de algunos molinos, desviando el cauce normal del río, la deforestación y expansión de la frontera agrícola.

“el proceso de cárcavamiento es una manifestación de escurrimiento hídrico superficial de mayores y más graves consecuencias en la degradación de suelos. Se manifiesta por la presencia de enormes incisiones o zanjones por donde circula el agua libremente entallando la vertiente y arrastrando las tierras. En términos generales los fenómenos relacionados observados, obedece a la mala acción del hombre sobre los suelos básicamente para transformar formaciones arbustivas en tierras agropecuarias sin las medidas de manejo y control adecuadas”²⁹.

La erosión, es otro de los procesos que se presentan en la zona, la cual ha generado una degradación del suelo y remodelación del relieve, producto de la escorrentía, vientos, arrastre de material rocoso entre otros. En la zona, estos fenómenos están asociados generalmente a la minimización de la llanura de inundación, expansión de la frontera agrícola (pata de vaca), taponamiento y desvío de los cauces del río y sistema de drenaje y el uso inadecuado de

²⁹ PLAN BASICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Municipio de Silvia Cauca, Año. 2.000.

los pasos de agua ya sea en predios o en las carreteras y caminos, convirtiéndose en factores que aumentan su impacto.

6.5. PRECIPITACIÓN

La precipitación en Colombia, se encuentra influenciada por factores como la latitud, altitud, el relieve, cercanía a las masas oceánicas y la vegetación, que determina la distribución espacial de las lluvias en cada una de las regiones del País, “Así el valor anual de la precipitación en sus regiones es diferente con un promedio de 3.000 mm aproximadamente. El 88% del área total del país registra lluvias superiores a 2.000mm al año”³⁰.

Para el área de estudio se determinó que la precipitación se encuentra influenciada por el relieve (la precipitación varía con la altitud). Por una parte se evidencia la influencia de las masas de aire cálido y con escasa humedad ascienden convenientemente desde la vertiente hidrográfica del río Piendamó que cumple la función de transportar aire desde zonas de baja presión proveniente de altitudes menores, hasta zonas de alta presión por encima de los 3.000m.s.n.m. Estas masas de aire se enfrían y depositan la poca humedad en las laderas de las vertientes.

Las características pluviométricas del área de estudio, se establecieron a partir del análisis e interpretación de valores totales de precipitación a nivel mensual y anual, periodo comprendido desde el año 2015 a 2016, correspondiente a las estaciones de Silvia, Pitayo y Piendamó, descritas en el cuadro 6, administradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

La estación de Silvia, se encuentra a una altura de 2.650m, a los **2° 37' 40''** de altitud y a los **76° 17' 34''** de longitud. Según el PBOT, los datos de variaciones, se establecen entre diversos periodos, estudiando los cambios que se han producido desde el 2000 hasta el año 2016. A través de este análisis se llegó a las siguientes conclusiones:

- El año más lluvioso entre los periodos de tiempo del 2010 al 2016, se presentó en dos años diferentes, el primero de ellos, fue en el 2011 con 2.039mm, siendo este el más alto, debido a que en este año afectó el fenómeno de la niña en todo el país.

³⁰ MARIN. Citado por: MAYORGA MARQUEZ, Ruth. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar el título de Magister en meteorología. Bogotá. Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.2003. p.15.

- Y, el segundo periodo que fue en el año 2012, con 1.765mm, un año después, pero con intensidad más baja pero con afectación sobre la cabecera municipal de Silvia Cauca, con remociones en masa.

De igual forma, se establecieron los periodos más secos, como consecuencia de las altas temperaturas, es decir, que las precipitaciones disminuyeron y se presentaron ocasionalmente. Para este caso, el periodo más seco que existió fue en el año 2015.

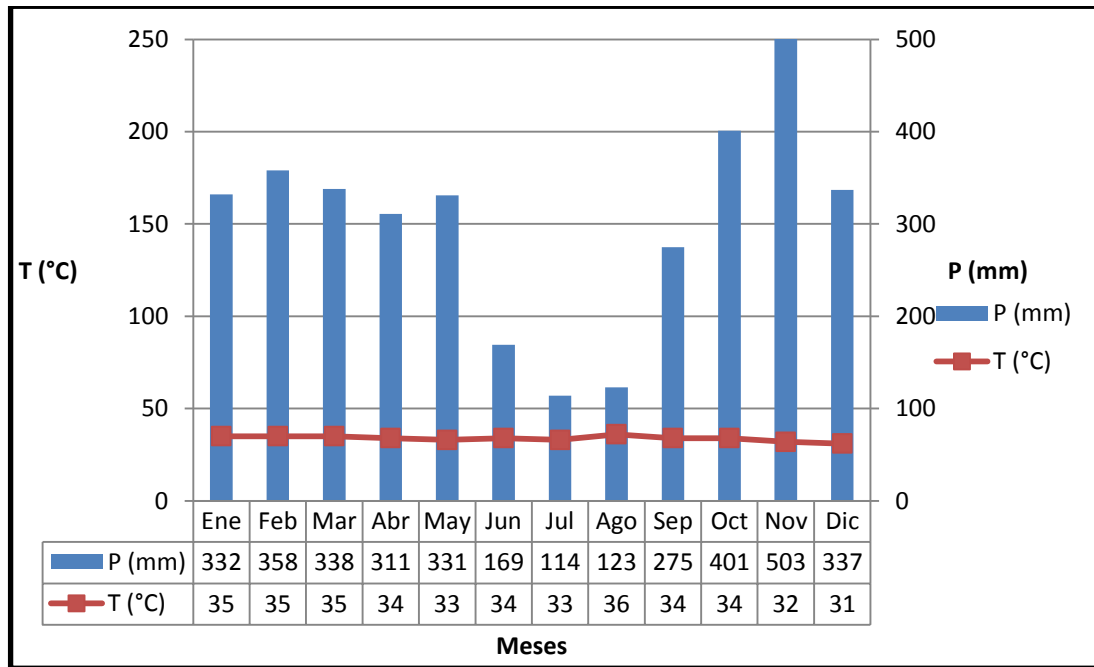
Para el 2015 se registraron 307mm, afectando no solo al municipio de Silvia Cauca, sino a todo el país, por el paso alargado que tuvo el fenómeno del niño en dicha región, lo cual demuestra la variación en el clima, a comparación con los datos que dimos a conocer anteriormente.

Tabla 8 Datos mensuales de precipitación. Estación de Silvia. 2016

SILVIA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agt	Sep	Oct	Nov	Dic	V. Anual
Medios	118,0	114,9	133,4	147,5	104,4	46,8	28,0	22,0	53,9	182,5	201,8	151,4	1304,7
Máximos	332,0	358,0	338,0	311,0	331,0	169,0	114,0	123,0	275,0	401,0	503,0	337,0	503,0
Mínimos	0,0	1,0	2,0	19,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	62,0	0,0	0,0

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Gráfico 1 Climograma estación de Silvia.



Fuente: Este Estudio - IDEAM.

Se evidencia que el régimen de precipitación y temperatura que prevalece en la zona de estudio es el bimodal, definido por dos periodos lluviosos y dos secos al año y como se puede observar en el gráfico, los meses en donde se presentó mayor precipitación fue en Noviembre (503,0 mm), el más alto, con una temperatura de 32°C, y Octubre (401mm) y Febrero (358 mm), sin embargo, aunque los valores de los últimos tres meses son los que más se destacan, también se puede observar que para los meses de Marzo y Diciembre, se presentan fuertes precipitaciones con el descenso de la altitud, las cuales disminuyen en los meses siguientes. De igual manera, se observa que los meses más secos son Julio y Agosto, siendo Julio el mes más seco de todos con un mínimo de (114 mm), con una temperatura promedio de 33°C.

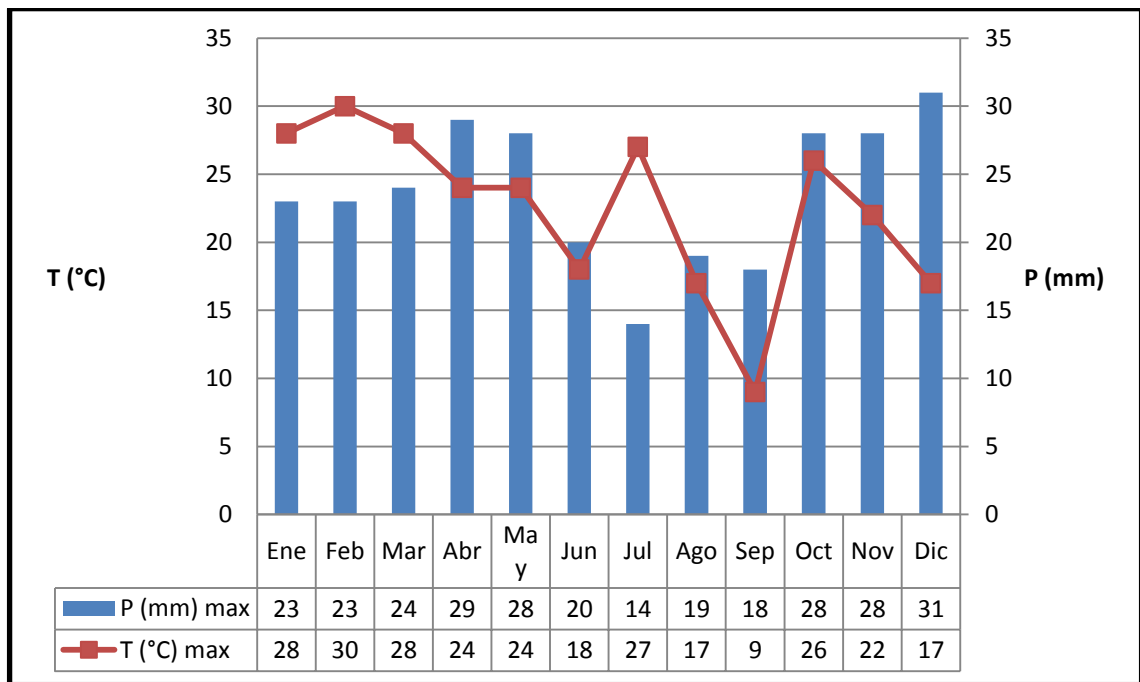
Otros de los datos que se tuvieron en cuenta fueron los de Pitayó, la cual se encuentra a los 2500mts, a los 02° 37' de latitud norte y a los 76° 21' de longitud occidental. El periodo que se analiza, está comprendido entre los años 2015 a 2016, estos datos son los más actuales que se conocen por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Tabla 9 Datos mensuales de precipitación. Estación de Pitayó.

PITAYÓ	Ene	Feb	Mar	Abr	Ma y	Jun	Jul	Ag o	Sep	Oct	No v	Dic	V. Anual
Medios	10,0	10,0	12,0	13,0	10,0	6,0	5,0	4,0	6,0	15,0	16,0	13,0	122,0
Máximo s	23,0	23,0	24,0	29,0	28,0	20,0	14,0	19,0	18,0	28,0	28,0	31,0	31,0
Mínimos	0,0	1,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	8,0	0,0	0,0

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Gráfico 2 Climograma estación de Pitayó.



Fuente: Este Estudio.

El gráfico que se obtiene de la estación de Pitayó, evidencia que los meses con altas precipitaciones son: Diciembre (31,0 mm), con una temperatura de 17°C, y Abril (29,0 mm), con una temperatura de 24°C, seguido de Noviembre y octubre con (28,0 mm), y los meses más secos se observan que se dan en Julio (14 mm), con una temperatura de 27°C, y agosto (19 mm) con una temperatura de 17°C.

Esta información se consolida, con los datos de los máximos que se encuentran en el cuadro No 9, en donde se observa que los niveles máximos que se han alcanzado, se han presentado en los mismos meses.

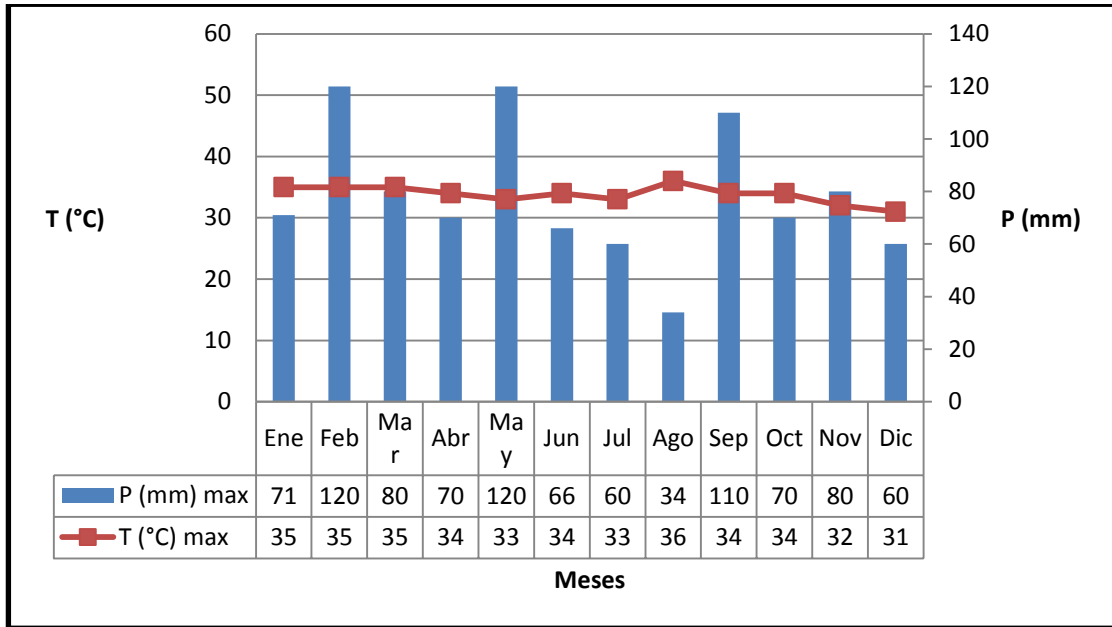
Otro de los datos que se tuvieron en cuenta fueron los de la estación de Piendamó, la cual se encuentra a los 1.840mts, a los 02° 41´ Latitud Norte, y a los 76° 32´ de Longitud Occidental. El periodo analizado está comprendido entre los años 2015 a 2016, con datos confiables por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Tabla 10 Datos mensuales de precipitación. Estación de Piendamó.

PIENDAM O	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ag o	Sep	Oct	Nov	Dic	V. Anual
MEDIOS	26, 4	27,3	27, 1	30, 1	26,3	15, 8	10, 8	8,3	18,5	32, 0	33, 0	28, 6	23,7
MAXIMOS	71, 0	120, 0	80, 0	70, 0	120, 0	66, 0	60, 0	34, 0	110, 0	70, 0	80, 0	60, 0	120,0
MINIMOS	0,0	1,0	2,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10, 0	10, 0	0,0	0,0

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Gráfico 3 Climograma estación de Piendamó.



Fuente: Este Estudio.

El gráfico obtenido de la estación de Piendamó, evidencia que los meses con altas precipitaciones son: Febrero (120 mm), con una temperatura de 35°C y Mayo (120 mm), con una temperatura de 33°C, como las más altas, seguido de Septiembre (110 mm). De igual manera se puede notar que para los meses de Marzo y Noviembre se presenta un promedio considerable de precipitación con (80,0 mm), con una temperatura de 32°C. Esta información se consolida, con los datos de los máximos que se encuentran en el cuadro No 10, en donde se observa que los niveles máximos que se han alcanzado, se han presentado en los mismos meses de las estaciones anteriores.

Teniendo en cuenta los datos de las tres (3) estaciones, se puede notar el comportamiento de las precipitaciones es similar en cuanto al tiempo en que se presentan, sin embargo, la intensidad de las mismas que registraron en la estación de Silvia, es mayor que la registrada en Pitayó, probablemente esto se deba al cambio en el comportamiento climático a nivel global y a las prácticas inadecuadas en el manejo de los recursos naturales, eso hace que las lluvias durante el año en el territorio de Silvia, como en las laderas Caucanas del Valle del Río Cauca sea bimodal, porque pertenece al régimen ecuatorial de montaña, con dos máximos de lluvias, producidos por los pasos de la Zona Intertropical de Convergencia (lluvias zenitales), intercalados por dos meses lluviosos, uno al inicio del año y otro a finales.

En toda el área se presenta una distribución de épocas cálidas y frías de tipo bimodal, los meses de junio a agosto son los de verano. El régimen de lluvias también es de carácter bimodal, los meses más lluviosos son de enero a marzo y de octubre a diciembre.

En conclusión, el comportamiento de las precipitaciones en la alta montaña de Silvia y sus alrededores define la temporada más seca a mediados del año, como ocurre en las zonas montañosas del centro y norte de Colombia, donde parte de junio, julio y agosto son los meses más secos del año. Para la zona paramuna en mención el ejemplo de Gabriel define también a septiembre como el mes más seco del segundo semestre. Por ser este último el de transición entre el tiempo de los "páramos" y la segunda temporada de lluvias zenitales.

Finalmente, el Alisio en su descenso de la Cordillera Central se torna secante y en su desplazamiento hacia el noroccidente absorbe la humedad, impidiendo las precipitaciones sobre la Fosa Cauca Patía, el altiplano de Popayán, estos vientos tan sentidos, especialmente en agosto, son los que favorecen la temporada de vientos.

7. DEFINICIÓN DE LA COBERTURA Y USO DEL SUELO EN LOS BARRIOS LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA, CAUCA

La cobertura referida a la que se encuentra distribuida en un espacio geográfico, surgida a partir de ambientes naturales o como consecuencia de la intervención antrópica la cual da lugar a la formación de ambientes artificiales, en ambos sentidos su distribución ocupa una porción determinada del espacio geográfico, que es aprovechable en términos de satisfacción de necesidades humanas, lo que se conoce como uso del suelo.

En unos casos el uso inadecuado del suelo se ve reflejado en la aparición de serios problemas ambientales, que desencadenan en la generación de amenazas, entre ellas las referidas al surgimiento de fenómenos de remoción en masa relacionados con la degradación del uso como consecuencia de los cambios de cobertura y vocación inapropiada del uso de la tierra. Por lo tanto el conocer la cobertura y el uso del suelo se define como el mecanismo más eficiente para establecer el ordenamiento de una región.

La definición y el análisis de las coberturas y usos del suelo en el área de estudio, se definieron en base a la metodología Corine Land Cover adaptada para

Colombia, clasificación a partir de la cual, se elaboró el mapa de uso y cobertura del suelo para los barrios: las Delicias y Centro del municipio de Silvia Cauca.

Según el Sistema Nacional de Parques Naturales de Colombia la Metodología Corine Land Cover “es un procedimiento para levantamiento e inventario homogéneo de la ocupación de uso con características técnicas específicas y que tienen como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos, sobre la cobertura y uso del territorio”³¹.

Adoptada dicha metodología para este estudio, se aclara que las formas de uso de la tierra que se definen, caracterizan y describen en el presente trabajo se relacionan directamente con las coberturas identificadas, definiéndose cuatro grupos que se asocian con el uso y coberturas generales estas son:

Territorios artificializados, territorios agrícolas, bosques y áreas semi-naturales y superficies de agua cada uno de ellos agrupa varias unidades de cobertura que constituyen cada categoría.

7.1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS

El territorio artificializados comprende la superficie ocupada por ciudades, poblaciones y áreas periféricas que están siendo incorporadas al proceso de urbanización o de cambio de uso de suelo, para ser destinadas a fines comerciales y de servicios, esencialmente forman parte las siguientes unidades de cobertura.

7.1.1. Tejido urbano discontinuo.

Identificado como el espacio conformado por infraestructura construida que cubre artificialmente la superficie del terreno de manera dispersa y continua debido a que el resto del área se encuentra cubierto por vegetación.

En el área de estudio, se destaca la superficie ocupada por infraestructura, servicios públicos y equipamientos básicos esencialmente viviendas unifamiliares, vías adoquinadas menores de 50m de diámetro, acueducto alcantarillado, energía eléctrica, áreas deportivas y educativas, relacionadas con actividades de

³¹ MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Instructivo para el levantamiento y actualización de cobertura de la tierra en las áreas de parques nacionales. Bogotá. 2008. P. 6.

transporte terciario local, habitad y oferta de bienes y servicios primarios (comercio, saneamiento básico, salud y educación,).

El P.B.O.T, establece un uso del suelo para la zona urbana, la cual se diferencian claramente, dependiendo de la utilización asignada por la comunidad.

SERVICIO Y COMERCIO: la conforman los establecimientos cuyos objetivos principales, son los de satisfacer las necesidades de la población y se ubican alrededor del centro: hoteles, droguerías, restaurantes, tiendas de artesanías y supermercados.

MÚLTIPLE: lugares que suelen ser residenciales, pero en algunas ocasiones se convierten en zonas de servicio y comercios o espacios combinados, es decir, residencial y comercial, graneros, cafeterías, restaurantes entre otros.

RECREACIONAL: espacios dedicados al libre esparcimiento de la comunidad local o extranjera. Existe una cancha de fútbol y el lago chiman.

VIVIENDA: es la que predomina y posee un estilo moderno, pues la vivienda tradicional de bareque poco a poco se ha dejado de lado por la construcción en cemento, ejemplo de esto son los dos barrios de la zona de estudio.

ESPACIO PÚBLICO: es el uso destinado para actividades o para la congregación de la comunidad. Generalmente, son espacios que se destacan por su orden o belleza, o por algún rasgo en especial. En la zona solo existe el parque central, lago Chiman, parque infantil, ubicado al lado del hotel comfandi.

En la figura 11, se ilustra la zona urbana, pertenecientes al centro poblado de Silvia Cauca, donde se identifica, el tejido urbano discontinuo ya que el patrón de asentamiento y la infraestructura existente muestra un área urbana dispersa, cubierta en algunos sectores por presencia de vegetación arbórea.

Imagen 11 Centro poblado de Silvia, Cauca.



Fuente: Este Estudio.

7.2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS

El territorio agrícola definido como el espacio geográfico ocupado que se ha destinado para la producción de alimentos y materia prima. Dentro de este grupo se establece la unidad de cobertura cultivos transitorios.

7.2.1. Cultivos Transitorios.

Cobertura referida a aquellos cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de solo unos pocos meses, como por ejemplo el maíz, fresa, mora, arracacha, hortalizas y tubérculo. Para el área de estudio esta unidad se encuentra localizada hacia el extremo sur y este de la cabecera municipal,

cubriendo una extensión de 1,581Ha. Especialmente rodeando el área correspondiente al sector del paso del río Piendamó.

La unidad de cultivos transitorios se encuentra altitudinalmente entre los 2.490 a 2.510m.s.n.m. Se caracteriza por presentar pendientes bajas entre los 15 y 30%, definiéndose una zona plana con laderas por el paso del río Piendamó, creando un ambiente propicio para el establecimiento de actividades de agricultura. Este sector aporta un gran porcentaje a la población local. Puesto que se establece gran variedad de cultivos como la fresa, plantas medicinales, mora y flores, las cuales abastecen el mercado local y en menor porción algunos mercados regionales.

En la figura 12, se ilustra los cultivos de maíz en el barrio las delicias, zona de estudio Silvia Cauca. Donde se identifica la cobertura de cultivos transitorios al costado del cauce del río Piendamó.

Imagen 12 Cobertura de cultivos transitorios, zona de estudio barrio las Delicias y Centro, Silvia, Cauca.



Fuente. Este Estudio.

7.2.2. Pastos.

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías

definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace. Hacia la parte sur del área de estudio se destaca la superficie ocupada por la cobertura de pastos, esta unidad cubre una extensión de 8,858Ha. La cobertura de pastos limpios se encuentra altitudinalmente entre los 2.480 y 2.520m.s.n.m. Se caracteriza por poseer pendientes bajas de 15 a 30%, definiendo zonas planas por el paso del río Piendamó.

En la figura 13, ilustra la cobertura de pastos, frente a los barrios las delicias y centro de la zona de estudio, cabecera municipal de Silvia Cauca.

Imagen 13 Pastos.



Fuente: Este Estudio.

7.2.3. Pastos Arbolados.

Cobertura correspondiente a pastos que corresponden las tierras cubiertas con hierba densa dominada principalmente por gramínea, tierras que esencialmente son dedicadas a pastoreo permanente por un periodo de dos o más años.

Hacia el área norte, sur y este del área de estudio se destaca las superficies ocupadas por coberturas de pastos arbolados, donde se estructuran potreros con presencia de árboles, distribuidos en forma dispersa dedicados principalmente a pastoreo extensivo de ganado y caballos. La unidad cubre una extensión de 61,857Ha. La cobertura de pastos arbolados se encuentra altitudinalmente entre los 2.490 y 2.570m.s.n.m. Se caracteriza por poseer pendientes bajas a medianas entre 15 a 50%, definiendo zonas de ladera moderada, geomorfológicamente pertenecientes a formaciones de terrazas y flujos piroclásticos. Se indica como la principal pastura tradicional la constituye el pasto kikuyo (*penisetum clandestinum*), aunque en el momento se ha dado paso a la siembra de forrajes y pastos de corte entre ellos Malalfalfa y botón de Oro, los cuales no se constituyen de gran relevancia puesto que su extensión es dispersa en forma de parcelas que no superan la hectárea de cultivo. Mezclados entre las pasturas se encuentran especies de árboles nativos, que quedan como vestigio de lo que antes muy seguramente fue una cobertura de árboles homogénea que se ha fragmentado para dar paso al establecimiento de zonas de pastoreo, de igual forma se observa vegetación foránea entre ellas arboles de Eucalipto, Acacia, Pino y Ciprés que en la mayoría de casos son empleados como sombrío para el ganado y en otros se han dejado como setos vivos en el linderamiento de parcelas.

En la figura 14, se ilustra la cobertura de pastos arbolados frente a la zona de estudio, barrios las delicias y centro, cabecera Municipal de Silvia Cauca.

Imagen 14 Pastos arbolados.



Fuente: este Estudio.

7.2.4. Mosaico de Pastos y Cultivos.

Dentro del territorio ocupado sobre salen las áreas agrícolas heterogéneas, cuyo patrón de cobertura se refiere a aquellas unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales. En la zona de estudio, fue posible evidenciar dicha unidad que incluye el suelo ocupado por la presencia de cultivos cuya producción es anual de tipo transitorio, la unidad se localiza al suroeste de la zona de estudio, en jurisdicción del centro poblado de Silvia Cauca.

La unidad de mosaico de pastos y cultivos, se caracteriza por encontrarse altitudinalmente entre los 2.480 a 2.570 m.s.n.m. con una topografía dominada por relieve de pendientes medianas a altas entre los 30 y 100%, geomorfológicamente pertenecientes a laderas escarpadas, estas tierras son ocupadas por cultivos de subsistencia dedicados a agricultura migratoria anual de tipo transitorio, principalmente producción de cultivo de papa, cebolla y avena, así como practicas agropecuarias, predominando la presencia de potreros dedicados al pastoreo extensivo de ganado lechero.

En la unidad Mosaicos de Pastos y Cultivos, el suelo se encuentra muy deteriorado, como consecuencia de los conflictos de uso, escasa profundidad de los mismos y la pendiente del terreno, acompañado de la fuerte deforestación, mediante la utilización de técnicas inapropiadas de cultivos como el desmonte y quemado de la cobertura vegetal, sin ninguna practica de conservación, lo que ha provocado el desarrollo de procesos erosivos por acción de lluvias torrenciales, que transportan el material desde las partes altas erosionando aún más los suelos.

En la figura 15. Se ilustra la cobertura Mosaicos Pastos y Cultivos frente a la zona de estudio de los barrios las delicias y centro, cabecera Municipal de Silvia Cauca.

Imagen 15 Mosaico de pastos y cultivos.



Fuente. Este Estudio.

7.3. BOSQUE Y ÁREAS SEMI-NATURALES.

La unidad de bosque y áreas semi-naturales, es definida mediante la identificación de varios tipos de coberturas vegetales, en las cuales el factor o elemento predominante que las caracteriza lo constituye la vegetación de tipo boscoso arbustivo o herbáceo, con y sin ningún tipo de intervención. Así mismo en esta unidad se incluye las coberturas representativas de territorios constituidos por suelos desnudos, afloramientos rocosos y arenosos cuyo origen surge como resultado de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos.

Para el área de estudio la cobertura predominante dentro de la mencionada unidad es el bosque, comprendido como el área natural o semi-natural donde predominan elementos arbóreos, siendo posible identificar coberturas de bosque natural denso, bosque de galería y ripario,

7.3.1. Bosque Natural Denso.

Esta unidad, se encuentra constituido por una comunidad vegetal dominada típicamente por elementos arbóreos, que no ha sido intervenida o su intervención ha sido escasa por lo cual no se ha alterado su conformación original.

El bosque natural denso alto de tierra firme es la cobertura localizada hacia el sur de la zona de estudio.

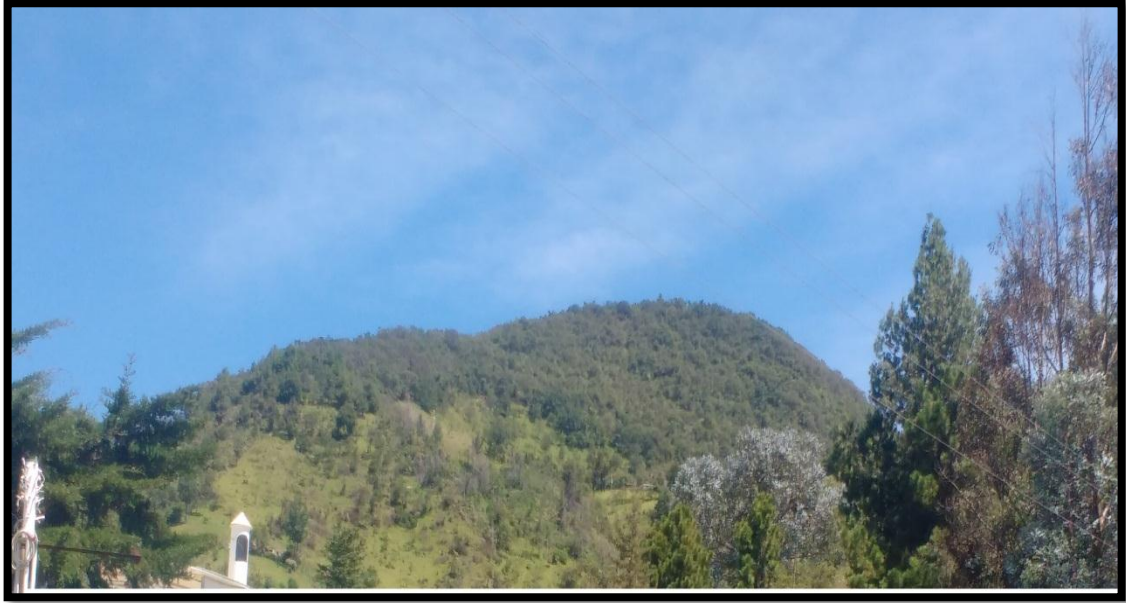
La cobertura se encuentra altitudinalmente desde la cota 2600m.s.n.m hasta el límite altitudinal su ubicación se hace más representativa sobre las laderas de cerros con pendientes altas a muy altas entre 50 y >100%, lo cual ha favorecido la conservación de la cobertura natural, actualmente la zona es considerada de gran importancia ecológica con objetivos de conservación natural y paisajística.

En la unidad de bosques predomina el bosque de niebla, se identifica coberturas bien conservadas de especies arbóreas de fustes medianos a gruesos estratos de árboles y arbustos entre 5 a 10mts.

En algunos sectores se destaca que a pesar que la vegetación muestra intervención puesto que en los últimos años la presencia sobre este ecosistema se aumentó notoriamente debido a la expansión de la frontera agrícola ello en consecuencia del auge de plantaciones de uso no ilícito, especialmente el cultivo de amapola, se evidencia que crecen de forma vigorosa y natural especie como motilón silvestre, encino, mano de oso, arrayan y helechos.

En la figura 16. Se evidencian las coberturas de bosque natural, donde la vegetación ha alcanzado su clímax máximo o madurez. Se aprecian arboles de fustes medianos y algunos arbustos.

Imagen 16 Unidad de bosque natural denso.



Fuente: este Estudio.

7.3.2. Bosque de Galería y Ripario.

Para el área de estudio se identificó la unidad de bosque de galería y ripario, referido a la cobertura conformada por especies arbóreas, ocupando las márgenes de los principales cursos de agua. Esta unidad se ubica al ser y este del área de estudio, bordeando los flancos izquierdos y derecho del paso del río Piendamó. En ellas la vegetación bordea los drenajes naturales, configurando franjas de bosque ripario, espacios que se encuentran como vestigios de la existencia de grandes masas de vegetación que ahora se encuentran separadas por la presencia de pastos como resultados del acelerado proceso de deforestación, principalmente por la creación de zonas de pastoreo e instauración de cultivos, la especie arbórea que predomina en esta unidad son robles, pino, eucalipto, encino, laurel, y motilón silvestre.

Por las características del entorno geográfico donde se encuentra y el acelerado proceso de crecimiento agropecuario reflejado en la constante deforestación, observándose actualmente evidencias de parches de desmonte de la cobertura natural al interior de esta unidad, por ello se prevé que en unos años el bosque ripario actual tiende a ser reducido a una franja insignificante a lo que es peor a desaparecer por completo si no se toman las medidas necesarias que permitan su protección.

En la figura 17. Es posible evidenciar la unidad de bosque ripario en el área de paso del río Piendamó, se observa como la zona de pastos ha terminado por fragmentar la cobertura natural reduciendo a una franja muy limitada.

Imagen 17 Cobertura de bosque de galería y ripario.



Fuente: Este Estudio.

7.4. SUPERFICIES DE AGUA.

El hablar de superficies de agua se refiere a todas aquellas fuentes hídricas, que pueden encontrarse de forma permanente, intermitente o estacional. En todo caso esta unidad agrupa la categoría de aguas continentales referida a todos los cuerpos y causes de agua situados en el interior del continente.

Dentro de esta cobertura para el área de estudio se encontró entre los cuerpos de agua susceptibles de ser cartografiados a las zonas ocupadas por ríos y lagos cuyas características se identifican a continuación.

7.4.1. Ríos.

El paso del río Piendamó por la zona de estudio, hace identificarlo como el principal detonante en cuanto nos referimos a remoción en masa, ya que con una longitud de 87Km. Presenta forma irregular con dirección Este - Oeste. Presenta alteraciones permanentes de los drenajes superficiales especialmente en la zona por donde pasan los barrios las delicias y centro de la población de Silvia Cauca, en los meses de invierno su caudal sube, desbordándose y afectando a los barrios de la zona de estudio, de igual manera la implementación de cultivos y destrucción del bosque, altera la calidad de las aguas en sus características físicas, químicas y biológicas, las aguas de escorrentía que llegan al cauce del río Piendamó son afectadas por los fertilizantes que en las zonas altas son cultivadas.

En la figura 18, es posible evidenciar el paso del río Piendamó por los barrios las delicias y centro del municipio de Silvia Cauca, se observa como el río Piendamó ha ido erosionando los límites con la zona de estudio.

Imagen 18 Río Piendamó.



Fuente: Este Estudio.

7.4.2. Lago Artificial.

Se considera a los que son creados por el ser humano para sus necesidades. Esta unidad fue posible identificarla en el área de estudio, el lago chiman en la zona del barrio que lleva su mismo nombre; tiene forma de pescado, cuyo ojo es una pequeña isla. Dicho lugar, ofrece un espacio para el descanso, la recreación, el deporte, y la pesca deportiva, acompañado de un paisaje espectacular.

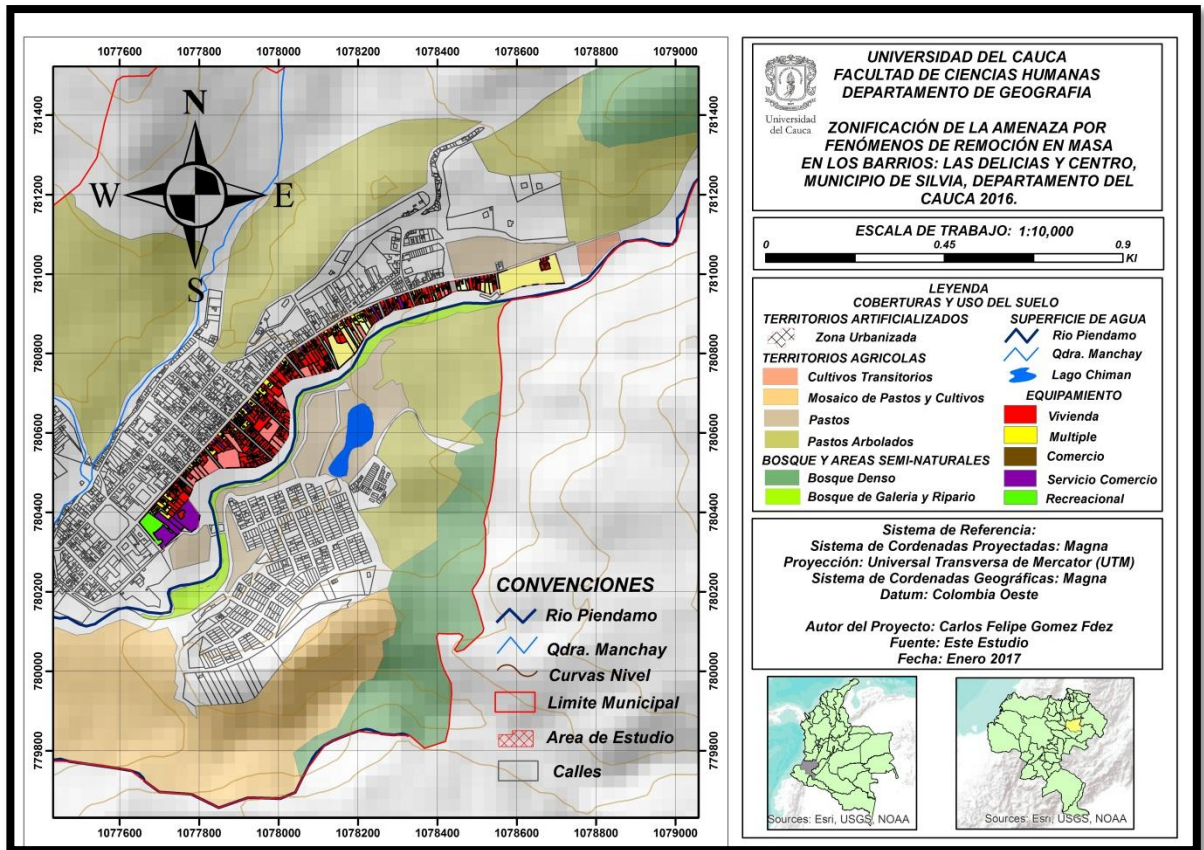
En la figura 19, se evidencia el lago Chiman, frente a los barrios las delicias y centro zona de estudio, Municipio de Silvia Cauca.

Imagen 19 Lago Chiman.



Fuente: Este Estudio.

Mapa 6 Coberturas y uso del suelo, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



8. CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LOS BARRIOS: LAS DELICIAS Y CENTRO, SILVIA, CAUCA

Actualmente en el área de estudio existen algunos registros históricos sobre fenómenos de remoción en masa en particular, puesto que en el municipio de Silvia Cauca funciona una estación de cuerpos de Bomberos y la alcaldía municipal, donde llevan un consolidado de eventos históricos relacionado con fenómenos naturales que afectaron a la población de Silvia, Cauca. Estos registros fueron seleccionados para el año 2015 y 2016.

- 19/07/2015. Barrió las Delicias. Rodamiento de rocas, deslizamiento por saturación del terreno. Afectación a dos casas una de bareque y piso de cemento y la segunda con muros de ladrillo y piso de cemento. Coordenadas Norte 782475,059. Este. 1086644,757. Altura 2510m.s.n.m. alta probabilidad de deslizamiento durante épocas de lluvia, casas ubicadas en zona de riesgo.
- 12/03/2016. Barrió las delicias y centro. Desbordamiento del río Piendamó margen derecho aguas abajo, afecta una casa con muros de adobe y piso de cemento, con coordenadas Norte. 782401,925. Este. 1086749,762. Altura. 2698m.s.n.m. amenaza alta por desbordamiento del río Piendamó, se presenta desbordamiento durante épocas de lluvias afectando casas de los barrios las delicias y centro.

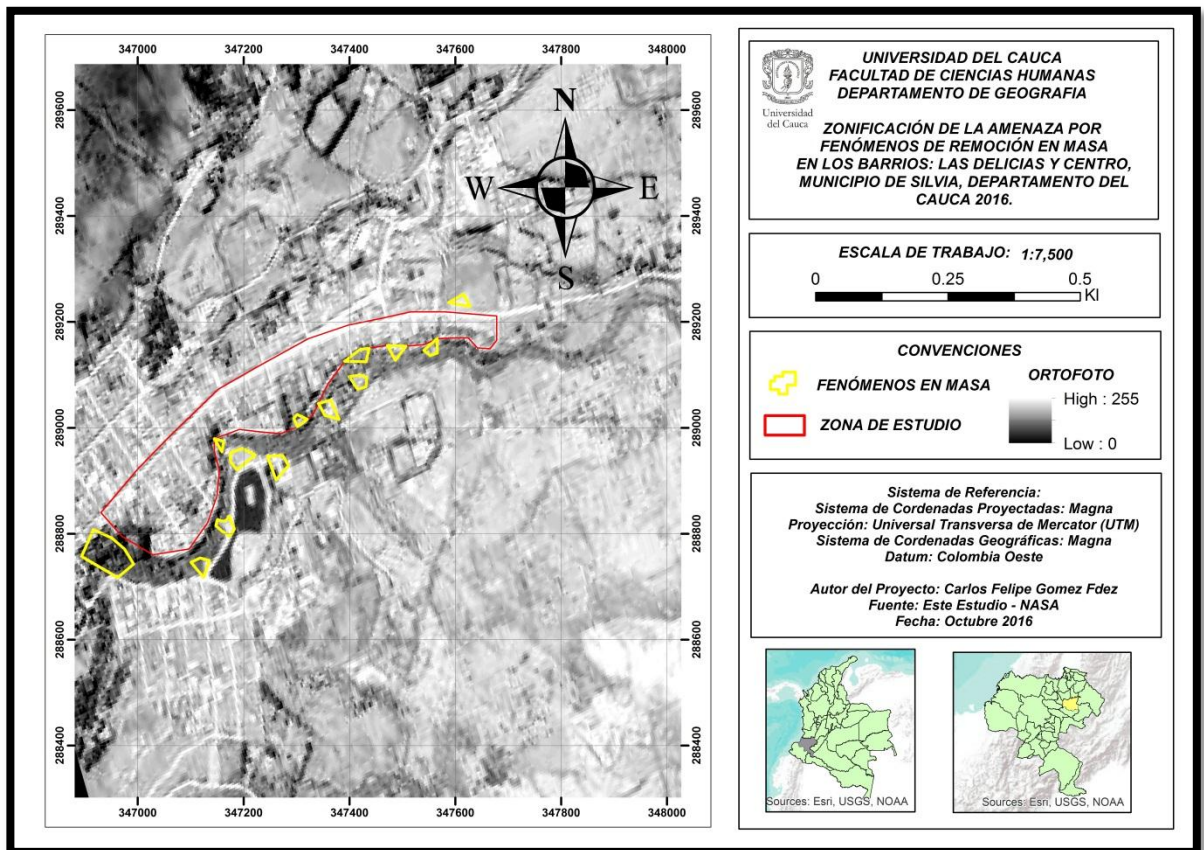
En el proceso de identificación de los fenómenos de remoción en masa, se determinó el incremento de procesos degradacionales debido esencialmente a factores y actividades antrópicas, determinándose en el área de estudio la presencia de tres tipos básicos de fenómenos de remoción en masa: deslizamientos (traslacionales, rotacionales), flujos (de detritos, suelos y tierra) y caídas (roca). En la ortofoto establecida en el mapa 7, se identifica los fenómenos de remoción en masa inventariados, en la imagen satelital se observa para los deslizamientos como estos muestran características entre ellas parches de color claro que las diferencian del resto de la superficie que lo rodea, forma irregular alargada o semi oval dependiendo del tipo de deslizamiento, patrones que permitieron su identificación y comprobación en campo. En concordancia con cada fenómeno identificado en la figura aérea, se prosiguió a su contraste y clasificación en campo, incluyéndose nuevos fenómenos inventariados, mediante digitalización de puntos de GPS. El procedimiento permitió el establecimiento del inventario final de fenómenos de remoción en masa para el área de estudio, este se establece en los mapas 8 y 9, distribución y localización de fenómenos de remoción en masa.

El clasificar y observar en campo cada fenómeno en masa inventariado permitió relacionar sus características principales entre ellas: localización, tipificación,

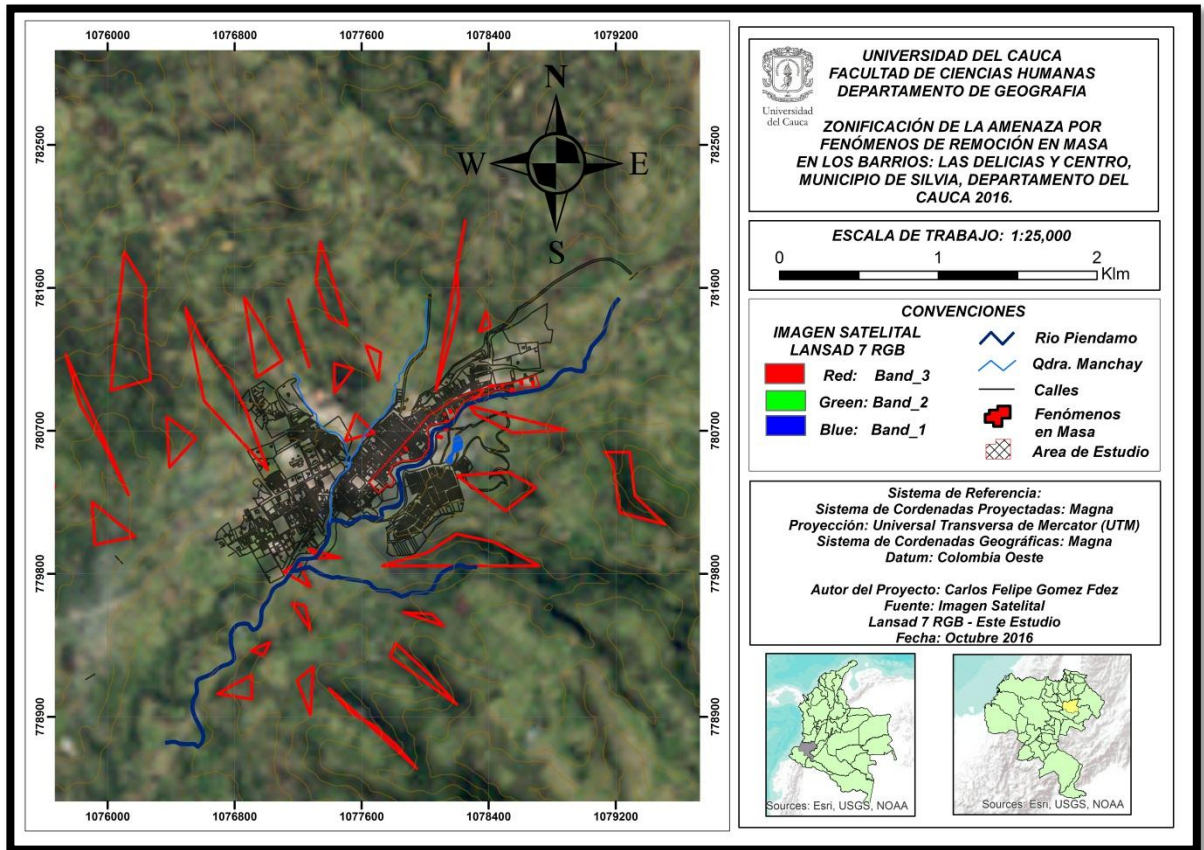
descripción general, posibles factores detonantes, clasificación por tipo, actividad movimiento, elementos en riesgo, entre otros elementos.

Del proceso de identificación de cada movimiento en masa inventariado se constituyeron y describieron los procesos de mayor relevancia en función de su representatividad como ejemplo tangibles de cada movimiento, los cuales fueron identificados principalmente alrededor de cuencas hidrográficas, carreteras y en laderas de pendientes altas.

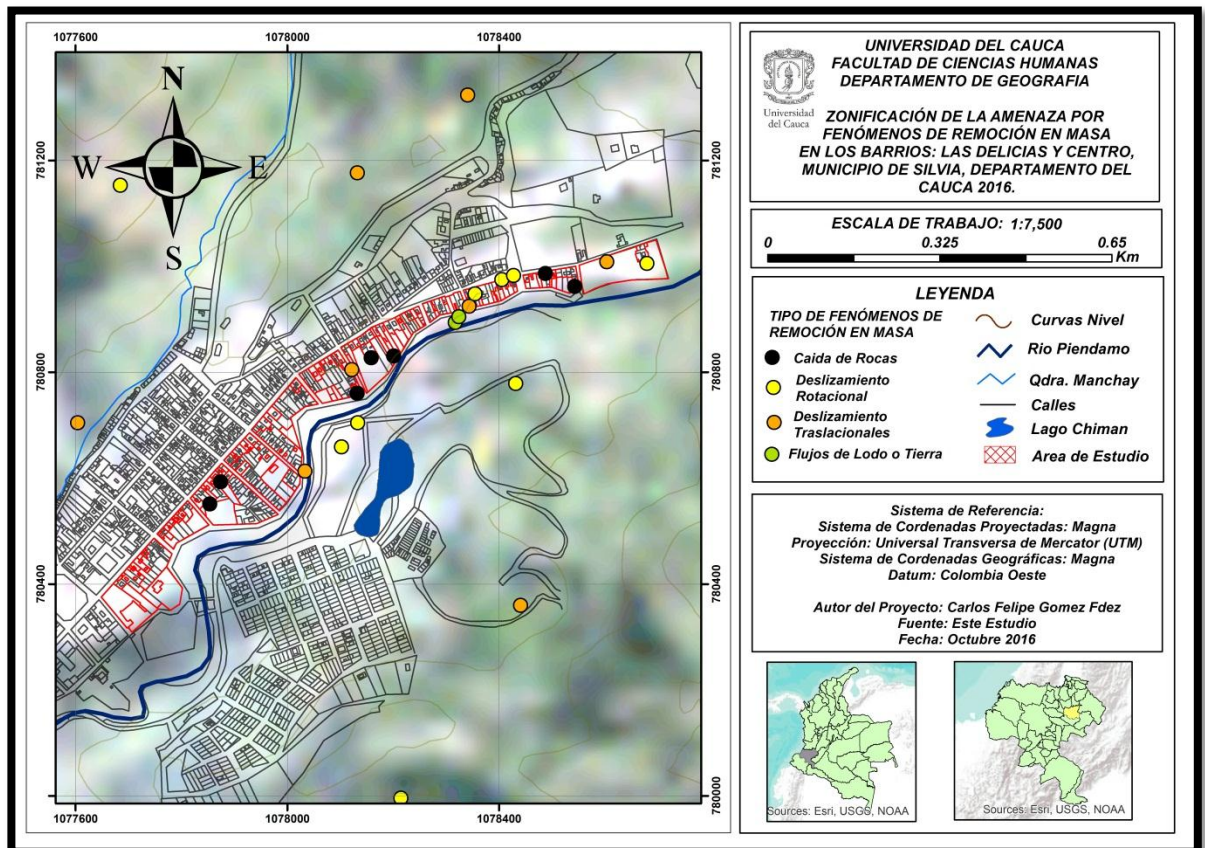
Mapa 7 Delimitación aéreo fotográfica de fenómenos de remoción en masa, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



Mapa 8 Distribución de fenómenos de remoción en masa, Municipio de Silvia, Cauca.



Mapa 9 Localización puntual de fenómenos de remoción en masa, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



A continuación se presentan los fenómenos de remoción en masa que por sus características se consideraron como ejemplos representativos claros de cada tipo de movimiento, sin que ello signifique que los demás movimientos en masa, presentes en el área, los cuales no se describen, carezcan de importancia.

8.1. DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos se constituyen en el más común de los fenómenos de remoción en masa presentes en el área de estudio, el inventario indica un total de 22 eventos cartografiados, de los cuales 15 hacen alusión a deslizamientos, representando un área afectada de 69,75 Hectareas, lo que significa que el 80% de la zona se encuentra perturbada por alguna de los dos subtipos de deslizamientos estudiados, mientras que tan solo un 20% restante obedece al área alterada por flujos y caídas de roca.

Siguiendo con la identificación de los fenómenos de remoción en masa a continuación se establecen los principales movimientos identificados.

8.1.1. Deslizamientos Traslacionales.

Para el área de estudio se identifican y describen los siguientes deslizamientos traslacionales más relevantes en la zona de estudio.

- 12/01/2016: Deslizamiento por saturación de agua en áreas de pendiente mediana. Río Piendamó, barrió las delicias, casco Urbano Silvia Cauca. Coordenadas: Norte. X=346869.433. Y=288730.531. Altitud. 2490m.s.n.m. el predio se ubica en un área de pendiente media, la saturación del terreno en épocas de lluvia genera derrumbes que pueda causar represamiento en el río Piendamó poniendo en riesgo el barrio las delicias del casco urbano de Silvia. También se evidencia la tala de árboles maderables para dar paso principalmente al pastoreo de ganado, adicionalmente se observaron procesos de reptación y agrietamiento del terreno. Por otro lado se evidencia descarga de aguas grises directamente al talud.
- 09/02/2016: Deslizamiento con presencia de escorrentía superficial por falta de drenajes en la vía Silvia-jámbalo. Barrió las delicias casco urbano de Silvia Cauca. Las viviendas son de muros de adobe y piso de cemento. Coordenadas, Norte. X=347559.593. Y=289139.911. Altura. 2511m.s.n.m. casa propietaria. Uvaldina

Paja Hurtado habitan 2 adultos; casa propietario Luis Miguel Hurtado, habitan 5 niños y 2 adultos; casa propietario Misael Paja Muelas, habitan 2 adultos, durante la época de invierno hay escurrimiento del agua de la vía que satura el terreno generando deslizamientos hacia el costado de las tres viviendas.

- 28/03/2016. Deslizamiento en el casco urbano de Silvia Cauca, barrió centro. Coordenadas Norte. X=346890.009 Y=288772.111. Altura. 2491m.s.n.m. se evidencia viviendas sobre la franja protectora del río Piendamó, se observa socavación de taludes por intervención de viviendas. Sectores con muchos escombros en las laderas del río Piendamó.
- 13/05/2016. Casco urbano de Silvia cauca, barrió las delicias. Deslizamiento por desbordamiento del río Piendamó. Coordenadas. Norte. X=347049.345 Y=288791.994. Altura. 2494m.s.n.m. vivienda de Lina Anacona, habitan 2 adultos y 2 menores de edad, la tapida de la casa se ubica aproximadamente a 1,5 metros del borde del río Piendamó y el talud tiene una altura de 3.0 mts. construcción en mampostería.
- 25/05/2016. Deslizamiento en la parte sur del barrio las delicias, afectando el flanco derecho del río Piendamó se trata de un deslizamiento activo y reactivo ocurrido sobre terrazas fuertemente disertadas de pendiente media a alta su activación se debe a las fuertes temporadas de lluvias. Coordenadas. Norte. X=347149. 436. Y=288883.186. Altura. 2494m.s.n.m.
- 16/11/2016. Deslizamiento en la parte sur del barrio las delicias, con afectación al talud de la vía secundaria entre el río Piendamó y el barrio las delicias. Con coordenadas Norte. X= 347138.322. Y=288983.613. Altura. 2499m.sn.m.

8.1.2. Deslizamiento Rotacional.

La superficie del deslizamiento ocurre internamente en el material, de forma aproximadamente circular o cóncava. Las salidas de las superficies circulares de rotura pueden ocurrir en diferentes partes de un talud. La velocidad de estos movimientos varía de lenta a moderada y se ve acelerada generalmente con lluvia excesiva.

Estos efectos amenazantes se dan en el área de los barrios las delicias y centro, zona objeto de estudio, las cuales afectan algunas viviendas y que tienen relación directa con las temporadas de lluvia o de invierno en el municipio, lo cual demuestra que las fuertes precipitaciones son los detonantes para que este tipo de fenómenos de remoción en masa de tipo hidrogravitatorio se den en esta zona de pendientes moderadas.

Para el área de estudio se identifican y describen los siguientes deslizamientos rotacionales más relevantes.

- 06/12/2016. El movimiento de tipo reptación con un desplazamiento relativo lento y una velocidad de movimiento muy lenta, se evidencia por el abombamiento que sufre el muro de gaviones que se encuentra como obra de contención para la estabilización del mismo, el material desplazado se ve muy lento pero se considera su actividad por el anterior mencionado, sus coordenadas son Norte. X=347148.434. Y= 288939.260. Altura 2496m.s.n.m.
- 06/12/2016. El movimiento se observa con un desplazamiento relativo lento y rápido alternados al igual que la velocidad del movimiento, el material desplazado está compuesto principalmente por suelos residuales, se considera que el terreno se encuentra fuertemente influenciado por la acción antrópica y debido a esto se encuentran rellenos en ciertas partes del área de influencia del movimiento. Con coordenadas Norte. X=347371.341. Y=289126.421. Altura. 2506m.s.n.m.
- 06/12/2016. Es un movimiento que combina los fenómenos de reptación y flujo de acuerdo a las condiciones generales del entorno, comportándose como flujo rápido en los periodos de alto nivel de precipitación y como reptación a lo largo del tiempo en que no se encuentran las condiciones de saturación del terreno necesarias para el flujo. Se observa un desplazamiento relativo lento y rápido alternado al igual que la velocidad de movimiento, el material desplazado está compuesto principalmente de suelo residual y fragmento de roca. Con coordenadas Norte. X=347421.923. Y=289153.107. Altura. 2507m.s.n.m.

8.2. FLUJOS

Para el área de estudio este tipo de fenómenos de remoción en masa no es tan notorio como el caso de los deslizamientos, pero fue posible evidenciar la presencia de un flujo de suelo o de tierra y uno de detritos en los barrios las delicias y centro zona de estudio.

8.2.1. Flujo de Suelo o de Tierra

- 06/12/2016. Se identificó un proceso constituido por un flujo de suelo o tierra, ocurrido sobre la vía secundaria entre el río Piendamó y los barrios las delicias y centro, el movimiento se compone de material de suelos blandos, poco permeables y moderadamente mojados, contienen suficiente agua para compactarse de forma casi fluida, es evidente la presencia de agua que sale del

material y se encharca en varios lugares de la masa desplazada. El movimiento fue reconocido en las coordenadas Norte. X=347175.067. Y=289005.876. Altura. 2500m.s.n.m.

- 06/12/2016. Es un movimiento de flujo de detritos con un desplazamiento relativo lento, el material desplazado está compuesto principalmente de suelos residuales y fragmento de rocas meteorizada, el movimiento se encuentra sobre roca sedimentaria medianamente meteorizada, se considera que es un movimiento activo intermitente donde periodos de inactividad se sigue a periodos de avance progresivo, con la lluvia como primer factor detonante. El movimiento fue reconocido en las coordenadas Norte. Y=347696.187. Y=289183.224. Altura 2518m.s.n.m.

8.3. CAÍDAS DE ROCAS

- 06/12/2016. Caída de rocas vía secundaria de los barrios las delicias y centro. Se identificó un fenómeno de caída de rocas, reconocido en el terreno hacia el sur del área de estudio. Con coordenadas Norte. X=347340.595. Y=289083.295. Altura. 2504m.s.n.m. El proceso inestable y activo se encuentra compuesto por material de rocas andesítica muy fracturadas con características de alta disgregación de fragmentos irregulares, donde el desplazamiento del material se produce principalmente por caída libre de rocas desde el talud, conduciendo por la pendiente alta.

Tabla 11 Fenómenos de remoción en masa identificados y geo referenciados con puntos GPS, barrio las Delicias y Centro, cabecera Municipal de Silvia, Cauca.

Localización fenómenos remoción en masa.(FRM)	Tipo	Estado	Coordenadas
FRM1. Casa propietaria. Uvaldina Paja.	Deslizamiento Traslacional.	Activo Intermitente.	Norte. X=347559.593 Y=289139.911
FRM2. Predio Intervenido.	Deslizamiento Traslacional.	Activo Progresivo.	Norte. X=346869.433 Y=288730.531
FRM3. Predio Intervenido.	Deslizamiento Traslacional.	Activo Progresivo.	Norte. X=346890.009 Y=288772.111
FRM4. Casa propietaria Lina Anacona.	Deslizamiento Traslacional.	Activo Intermitente.	Norte. X=347049.345 Y=288791.994
FRM5. Barrió las Delicias.	Deslizamiento Traslacional.	Activo Intermitente	Norte. X=347149.436 Y=288883.186
FRM6. Barrió Centro.	Deslizamiento Rotacional	Activo Lento	Norte. X=347148.343 Y=288939.260
FRM7. Barrió las Delicias.	Deslizamiento Rotacional.	Activo Intermitente.	Norte. X=347371.341 Y=289126.421
FRM8. Barrió las Delicias.	Deslizamiento y Flujo.	Activo Progresivo.	Norte. X=347421.923 Y=289153.107

FRM9. Sobre la vía secundaria barrios las delicias y centro.	Flujo de Suelo o Tierra.	Activo Progresivo.	Norte. X=347175.067 Y=289005.876
FRM10. Sobre la vía secundaria, final barrió las delicias.	Flujo de Suelo o Tierra.	Activo Intermitente.	Norte. X=347696.187 Y=289183.224
FRM11. Sobre la vía secundaria barrios las delicias y centro.	Caída de Rocas.	Activo Progresivo.	Norte. X=347340.595 Y=289083.295

Fuente: Este Estudio.

En la zona de estudio, se identificaron procesos de deslizamiento de tipo rotacional y traslacional, flujos de lodo - detritos y caída de rocas. Algunos de estos, son el resultado de acciones naturales del medio ambiente como la lluvia, los vientos la escorrentía, sin embargo para este caso, no se descarta la acción del hombre sobre el medio, principalmente a las riberas del río Piendamó y sus quebradas aledañas.

En la zona de estudio, se evidencian procesos erosivos, predominando la erosión laminar alta, dando resultado a la pérdida del suelo por acciones de las lluvias y por efecto de la escorrentía superficial en la zona. La acción de estos procesos, desencadenan otros fenómenos como los flujos de lodo agrietamientos y hundimientos, ubicados espacialmente en el área.

Los procesos que se manifiestan, intervienen en la ocurrencia de inundaciones, ya como se puede observar en la cartografía, suceden en zonas aledañas a las fuentes hídricas, exactamente en los barrios las Delicias y Centro, convirtiéndose en zonas de amenaza y de vulnerabilidad, ya que generalmente las inundaciones traen consigo otros procesos, como deslizamientos, arrastre de toda clase de material entre otros que generan la transformación, pérdida del paisaje, y la afectación de los elementos que allí se encuentran.

9. FACTORES CONDICIONANTES O DETONANTES QUE INTERVIENEN EN LA GENERACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN LOS BARRIOS LAS DELICIAS Y CENTRO, MUNICIPIO DE SILVIA, CAUCA

Para el área de estudio se identificaron tres factores condicionantes o detonantes que intervienen en la generación de fenómenos de remoción en masa, aspecto que surgió como producto de la observación y comparación directa en campo, por lo tanto se consideraron los siguientes factores detonantes: pendiente del terreno, precipitación y actividades antrópicas, como los más influyentes en la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa cuyo análisis y evaluación comparativa se presenta a continuación.

9.1. RELACIÓN PENDIENTE DEL TERRENO VERSUS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Factor que ha favorecido la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, ello se evidencia en las áreas de ladera que muestran varios rasgos antiguos y actuales procesos gravitacionales, lo cual indica la influencia que ejercen las pendientes en la generación de movimientos en masa en función de la gradiente o Angulo de inclinación, que conjugan y condicionan los procesos en cuanto a su tipo y magnitud.

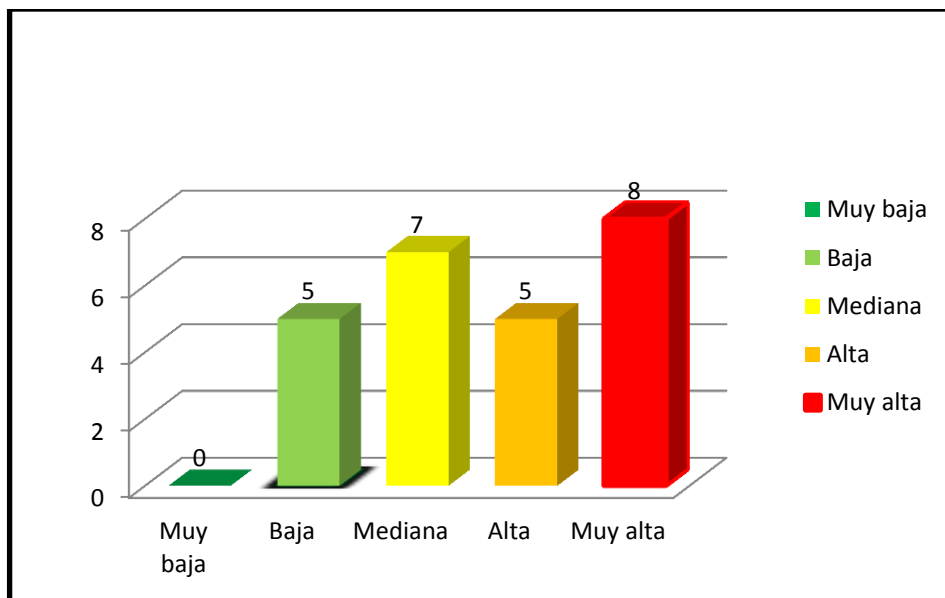
En el diagnostico físico natural elaborado, se define para el área de estudio la presencia de cinco categorías de pendiente (muy baja, baja, mediana, alta, muy alta), las cuales se describieron dependiendo de su gradiente de inclinación y de su ubicación geográfica dentro del área de estudio. De ello se evidencio que en los barrios las delicias y centro el 53% de sus alrededores la superficie se encuentra ocupado por pendientes altas a muy altas (entre 50 y más del 100% de inclinación), hecho que evidencia la presencia de 13 fenómenos de remoción en masa de tipo rotacional y traslacional en montañas y ríos aledaños, parte norte y sureste de la zona de estudio.

El área de pendiente media ocupa el 13% del área de estudio, con 7 eventos registrados mientras que en la zona de pendiente baja a muy baja a las cuales les corresponden el 34% del área total, presenta 5 eventos registrados de remoción en masa en los barrios las delicias y centro, por el paso de la rivera del rio Piendamó.

En el grafico 4 se muestra la relación entre el número de fenómenos de remoción en masa y el tipo de pendiente, lo que indica la influencia en la formación masiva de fenómenos de remoción en masa a partir de las áreas de pendiente medias (>30%). Se evidencia que la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa es directamente proporcional a la inclinación de las pendientes, es decir entre mayor sea la gradiente más alto será el número de fenómenos de remoción en masa.

En el caso de los valores altos correspondientes a pendientes altas (50 - 100%) y muy altas (>100%), la influencia es más notoria, ello se debe a que este tipo de pendientes se encuentran en áreas geomorfológicas dominadas por laderas moderadas y fuertemente escarpadas y en terrazas fuertemente disertadas donde los taludes son muy verticales configurando pendientes muy fuertes, el tipo de fenómeno en masa predominante en esta categoría son los deslizamientos principalmente de tipo traslacional.

Gráfico 4 Relación entre el número de fenómenos de remoción en masa por categoría de pendiente, en los barrios las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.

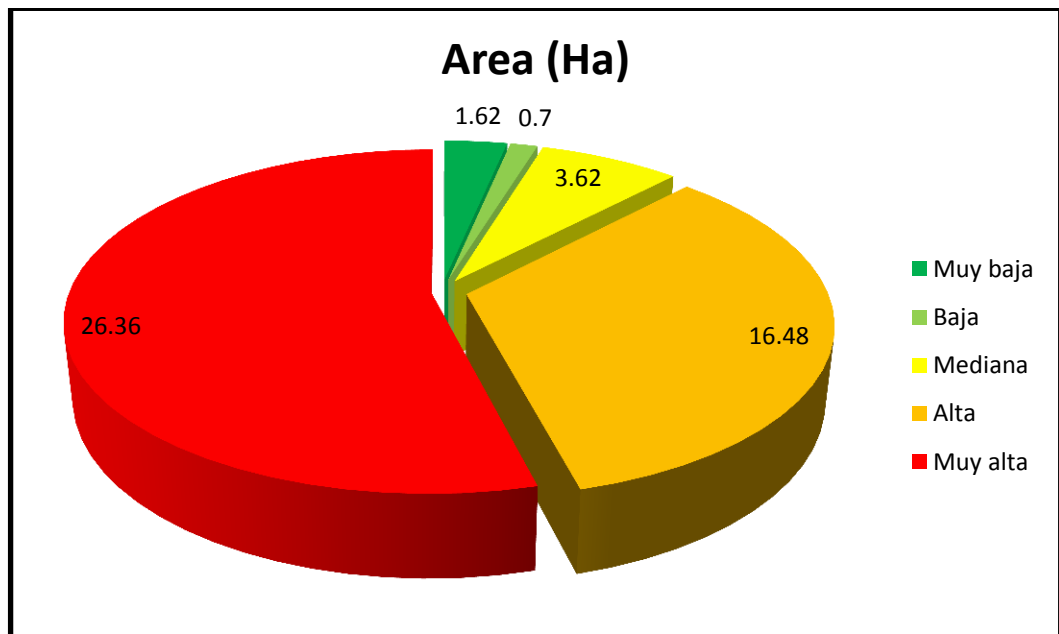


Fuente. Este Estudio.

En el grafico 5, se establece el área afectada como la suma de todos los tipos de fenómenos en masa identificados en las cinco categorías de pendiente. En él se observa como la mayor porción del área dispuesta la ocupan las pendientes muy altas con 26.36 hectáreas equivalentes al 54% de área afectada, le sigue las

pendientes altas con 16.48 hectáreas correspondientes al 34%, las pendientes medianas con 3.62 hectáreas equivalentes al 7% del total, finalmente se tiene la pendiente baja o muy baja con 0.7 y 1.62 hectáreas, correspondientes al 1 y 4% restante respectivamente. Llama la atención que en las zonas de pendiente muy baja el área de afectación sea mayor que en la pendiente baja, este hecho se explica puesto que el área de estudio se identificaron algunos tipos de eventos los cuales aun cuando su generación se establece en áreas de alta y mediana pendiente estos depositan su material en áreas de pendiente muy bajas, dando por hecho que la zona afectada se muestre relativamente mayor que en los sectores inmediatamente anteriores. A las condiciones geomorfológicas y la verticalidad de la pendiente se suma el hecho de la intervención antrópica sobre todo en áreas de pendientes altas a muy altas ha sido muy severa en el área de estudio durante los últimos cinco años. Las zonas de pendiente se encuentran deterioradas casi al límite de su capacidad natural ello se debe a la instauración de sistemas productivos como la agricultura de ladera y el establecimiento de vías de comunicación terciaria (carreteras y caminos) que en ninguno de los casos el tipo de relieve donde se emplazan cumplen con la vocación de uso para el establecimiento de este tipo de actividades.

Gráfico 5 Superficie en hectáreas por fenómenos de remoción en masa según la categoría de pendiente en los barrios las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



Fuente: Este Estudio.

9.2. RELACIÓN PRECIPITACIÓN VERSUS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Para propósitos de esta investigación se analizó de manera general el comportamiento de la precipitación en el área de estudio y su posible relación con algunos fenómenos de remoción en masa, sin que con ello se pretenda establecer un umbral cuantitativo que permita instaurar la relación matemática de la cantidad de lluvia detonante de movimientos en masa.

La precipitación se considera uno de los factores que más se asocia a la inestabilidad de las laderas debido a que la mayor parte de los fenómenos de remoción en masa ocurren después de lluvias fuertes o durante periodos lluviosos prolongados. Lográndose establecer para el área de estudio que el mayor efecto producido por las lluvias se presenta por saturación de los suelos, debido a procesos de infiltración, donde la presión que ejerce el agua sobre los poros del material hace que se reduzca la capacidad de la ladera y por ende estas tiendan a fallar, como consecuencia de ello se produce la activación de múltiples fenómenos de remoción en masa. No obstante y debido a la falta de información que permitiera identificar las lluvias como detonantes de fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, a continuación se hace alusión a algunos aportes y estudios de autores que establecen la relación de ciertos periodos de lluvias ocurridos en Colombia y su analogía con la ocurrencia de movimientos en masa. Hechos que de manera general y para fines de esta investigación se han asociado con algunos eventos de remoción ocurridos en el área de estudio. Por ello se aclara que el análisis de la precipitación con factores detonantes de fenómenos de remoción en masa que se plantea en esta investigación, es muy general y en ningún momento pretende definir un umbral estadístico de lluvias desencadenantes de movimientos en masa en la zona de estudio.

“En Colombia las causas de los eventos desastrosos son meteorológicas en un 96% y concuerdan con su régimen pluviométrico, el cual es uno de los más abundante del mundo. El 56% de dichas causas se le atribuye a la lluvia prolongada, el 37% a lluvias intensas pero de corta duración y en menor porcentaje a las tormentas tropicales o huracanes”³².

Estableciéndose que: “en la región andina la precipitación actúa como detonante de fenómenos dañinos como deslizamientos de tierra”³³.

Frente a ello se establece que en Colombia “se hace evidente el incremento de la ocurrencia de los deslizamientos lo mismo que la intensidad de daños,

³² CASTELLANOS, R. Citado por: MAYORGA MARQUEZ, Ruth. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar el título de magíster en meteorología. Bogotá Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.2003.p. 15.

³³ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM, Op.Cit., p.1.

especialmente cuando bajo las condiciones del fenómeno de la niña ocurren los eventos”³⁴.

El número de eventos en masa en Colombia durante la llegada del fenómeno frío (Niña), durante los años 2010 a 2016, se incrementa especialmente durante los meses de enero y diciembre, alcanzando un nivel máximo de 91 a 87 eventos respectivamente para los dos meses del año. De igual manera se presenta el número de movimientos en masa dañinos ocurridos durante el mismo periodo y bajo influencia del mismo fenómeno climático en los principales departamentos de Colombia.

En el municipio de Silvia Cauca el análisis de la precipitación tanto a nivel mensual como anual, indica la presencia de un régimen pluviométrico alto durante la mayor parte del año, algunos de ellos coincidentes con la llegada del fenómeno frío del pacífico la niña, de los cual se infiere que la mayor parte de los deslizamientos pasados y actuales ocurridos en el área de estudio pudieron ser ocasionados como consecuencia del avance de dicha alteración climatológica, que en toda Colombia en varios periodos de tiempo ocasiono fenómenos de remoción en masa siendo el causante de grandes emergencias. Aun cuando lo ideal sería contar con datos más precisos que permitieran establecer las causas de los deslizamientos en el área de estudio y su relación con la precipitación, las investigaciones realizadas a nivel regional por entidades como el IDEAM, son confiables y pueden constituirse como un aporte desde el estudio del clima regional pudiendo ser saciadas a algunos acontecimientos del comportamiento del clima a nivel local.

Frente a lo expuesto y haciendo una relación con el área de estudio se contrasto los datos de precipitación para los periodos nombrados y se definió que las estaciones de Silvia, Pitayó y Piendamó durante los años correspondientes al periodo entre 2015 a 2016, registrando valores de precipitación entre 1.300 y 3.000mm anuales, que acertadamente coinciden con los costes más altos de toda la serie evaluada. De ahí se infiere que en el área de estudio no escampo a la inclemencia del fenómeno de la niña y por ende seguramente muchos de los fenómenos de remoción en masa identificados en el área de estudio tuvieron orígenes con dicho fenómeno climático.

Para el área de estudio los registros de fenómenos de remoción en masa con relación a la precipitación, existen registros por el cuerpo de bomberos del municipio y recopilación de algunos relatos verbales de la comunidad quien apporto información muy valiosa como la siguiente.

Frente a algunos de los deslizamientos registrados localizados sobre la carretera secundaria que comunica los barrios las delicias y centro con el barrio chiman y el resto del municipio se indica que los hechos pudieron coincidir con la presencia de lluvias en la

³⁴ Gonzales y otros. Citado por: MAYORGA MARQUEZ, Ruth. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar el título de magíster en meteorología. Bogotá Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.2003.p. 81.

zona, se establece que el deslizamiento ubicado en la carretera secundaria coordenadas ($x=347559.593$ $Y=289139.911N$), a la altura de 2511m, el cual según relatos de la comunidad, sucedió en temporada invernal aproximadamente en el mes de noviembre del año 2015, ocasionando taponamiento de la vía por depósitos de material, el cual se precipito sobre toda la carretera el deslizamiento que aún se encuentra activo y aumenta su magnitud cada año con las llegadas de las lluvias.³⁵

Siguiendo con la recopilación de la información que permita asociar los deslizamientos con la presencia de lluvias en la zona de estudio. Se identifica el deslizamiento rotacional ubicado en la carretera principal que conduce al resguardo de guambia ($X=347680.977$ $Y=289256.179$ N), con una altura de 2521m, el cual según habitantes de este sector sucedió, durante la ocurrencia alrededor de un mes casi constante de copiosas precipitaciones nocturnas en el mes de febrero del 2016.³⁶

Según registro de información meteorológica analizada para las estaciones de Silvia, Pitayó y Piendamó, precisamente los años de ocurrencia de los dos eventos coinciden con las mayores precipitaciones registradas, donde se estableció que en el año 2016, la estación de Silvia localizada en el área más cercana a los dos deslizamientos, obtuvo un dato máximo de 401,0 y 503,0mm, de lluvia anuales respectivamente para el año 2016. Precisamente para estos periodos de tiempo Colombia se enfrentaba nuevamente a otro de los inviernos más fuertes ocasionados por la incidencia del fenómeno de la niña, predominando en toda la zona andina la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, especialmente en el Departamento del Cauca, lo que significa que dichos deslizamientos sí pudieron ser causados como consecuencia de la influencia de la precipitación en la zona de estudio.

En tanto que la evaluación de la precipitación máxima en 24 horas como agente detonante, se concluye que para las dos estaciones analizadas, Pitayó y Piendamó, la presencia de lluvias máximas en 24 horas se encuentra en el rango entre 31 y 120mm respectivamente para los dos meses más lluviosos (Febrero y Diciembre), lo cual reflejaría aguaceros de corta duración pero de alta intensidad que sería un indicador de lluvia detonante de deslizamientos en la zona de estudio.

Cabe destacar que el área de estudio se encuentra dominada por el régimen climático bimodal con predominio de lluvias orográficas de baja intensidad pero de larga duración, que saturan el suelo gracias al proceso de escorrentía superficial que solo se logra con lluvias prolongadas y por ende termina por generar movimientos en masa.

³⁵ ENTREVISTA con Liliana del Socorro Obando, 2016.

³⁶ (ENTREVISTA con José Demetrio Carlos, 2016.

Frente a la ocurrencia de movimientos en masa relacionados con las lluvias orográficas se establece que: “los deslizamientos que implican movimientos de grandes volúmenes de material requieren de un gran volumen de agua en una duración relativamente larga que contribuya a la saturación del suelo. Estas precipitaciones son de tipo orográfico. De otra parte, es necesario evaluar las condiciones iniciales de humedad del suelo ya que el movimiento de tierra puede desencadenarse por lluvia de intensidad insignificante si esta se precipita en un área de lluvias prolongadas”³⁷.

Po lo tanto se afirmarí que la “distribución de deslizamientos en Colombia, coinciden con la distribución bimodal de la precipitación que predomina en la zona andina”³⁸.

De esta manera se comprueba que al menos en un porcentaje mínimo de deslizamientos en el Municipio de Silvia Cauca, son ocasionados por la presencia de lluvias ya que en base al registro y análisis estadístico de la serie evaluada concerniente a las estaciones de Silvia, Pitayó y Piendamó, el área de estudio se encuentra sujeta a la presencia de lluvias prolongadas durante la mayor parte del año como consecuencia del régimen bimodal y la alternancia de anomalías climáticas estacionarios a nivel global que repercuten en el clima local, como el fenómeno frío del pacifico (Niña).

9.3. RELACIÓN ACTIVIDAD ANTRÓPICA VERSUS FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Las actividades humanas en los últimos 5 años en el área de estudio, han causado cambios notables en las laderas de las montañas de la cabecera Municipal de Silvia Cauca, el más significativo es la deforestación que según pobladores de dicho sector, destruyo varias hectáreas de bosque alto en veredas y resguardos como Ambaló, Usenda, Guambia y Kisgo, sucede desde hace alrededor de 6 años, como consecuencia de implementación de cultivos de uso no licito, principalmente la siembra de amapola, actualmente el cultivo de amapola termino por deforestar varias zonas boscosas posibilitando que después de la siembra, estas hayan sido utilizadas para el pastoreo de ganado significando un incremento en el desarrollo de procesos erosivos.

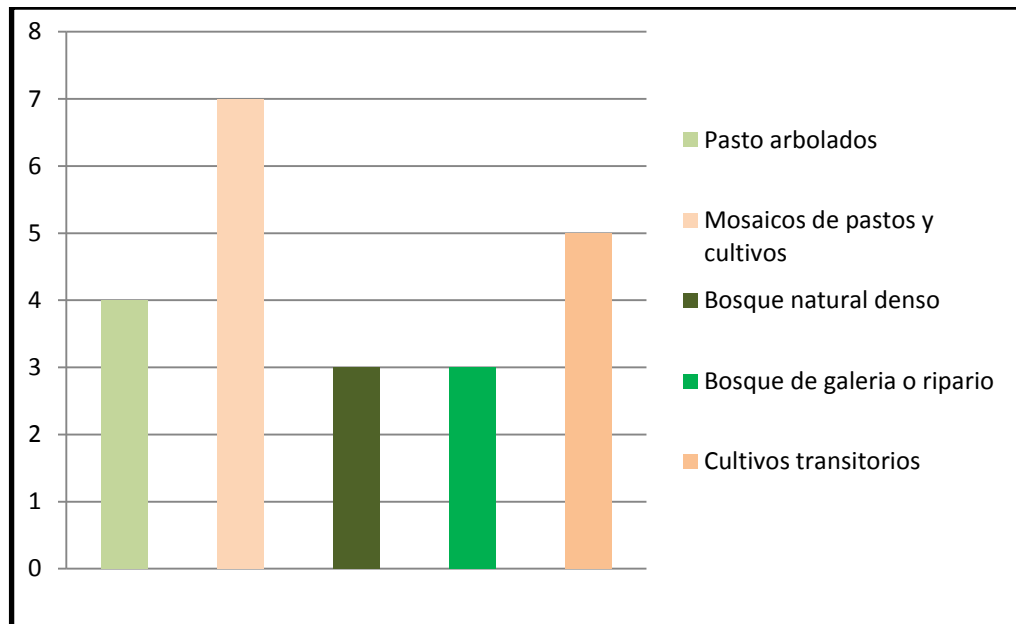
³⁷ Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Citado por: MAYORGA MARQUEZ, Ruth. Determinación de umbrales de lluvias detonantes de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar el título de Magister en meteorología. Bogotá. Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.2003.p.58.

³⁸ Ibid., p. 63.

De los 22 fenómenos de remoción en masa, localizados en el área total de 121,636 hectáreas, 4 eventos afectaron en un área de 60,324 hectáreas pertenecientes a la cobertura de pastos arbolados, con una densidad de 0,066 eventos de remoción en masa por cada hectárea de superficie, en tanto que para la cobertura de mosaicos de pastos y cultivos un total de 7 eventos afectaron a 27,318 hectáreas. Infiriéndose una densidad de 0,256 eventos por hectárea catalogada como la tasa de densidad de superficie más elevada en relación a las demás coberturas. En comparación con la cobertura de bosque natural denso, en el cual se registraron 3 eventos en un área total de 22,039 hectáreas con una densidad de 0,136 eventos de remoción en masa por cada hectárea de superficie, la cobertura de bosque de galería o ripario con 5 eventos registrados en un área total de 2,495 hectáreas con una densidad de 2,04 eventos de remoción en masa por cada hectárea de superficie y finalmente la cobertura de cultivos transitorios con 3 eventos registrados afectando un área total de 0,576 hectáreas.

En el grafico 6, es posible observar como el número de eventos se incrementa a partir de los efectos de la intervención del hombre, obsérvese como la vegetación ubicada en áreas de bosque natural denso la cual actualmente se encuentra en una zona de recuperación en buen estado, demuestra que protege el suelo frente a cualquier tipo de proceso erosivo a pesar que la mayor parte de la vegetación en el área de estudio se localiza en zonas de pendiente alta. En contraste con ello, el número de fenómenos en masa sigue en aumento en concordancia con la intervención del hombre sobre las coberturas vegetales, finalmente se observa un numero notorio en la taza de ocurrencia de movimientos en masa en la cobertura de mosaico de pastos y cultivos, alcanzando 7 eventos, en orden descendente le sigue la cobertura de cultivos transitorios con 5 eventos, donde la intervención humana ha sido demasiado fuerte terminando por generar un desequilibrio en la resistencia de los materiales del suelo debido a la implementación de sistemas agropecuarios poco amigables con el suelo, en consecuencia se ha incrementado la ocurrencia de procesos erosivos sobre todo en las zonas de ladera que se encuentran sin cobertura natural expuesta a la acción de agentes erosivos con consecuente definición de fenómenos de remoción en masa.

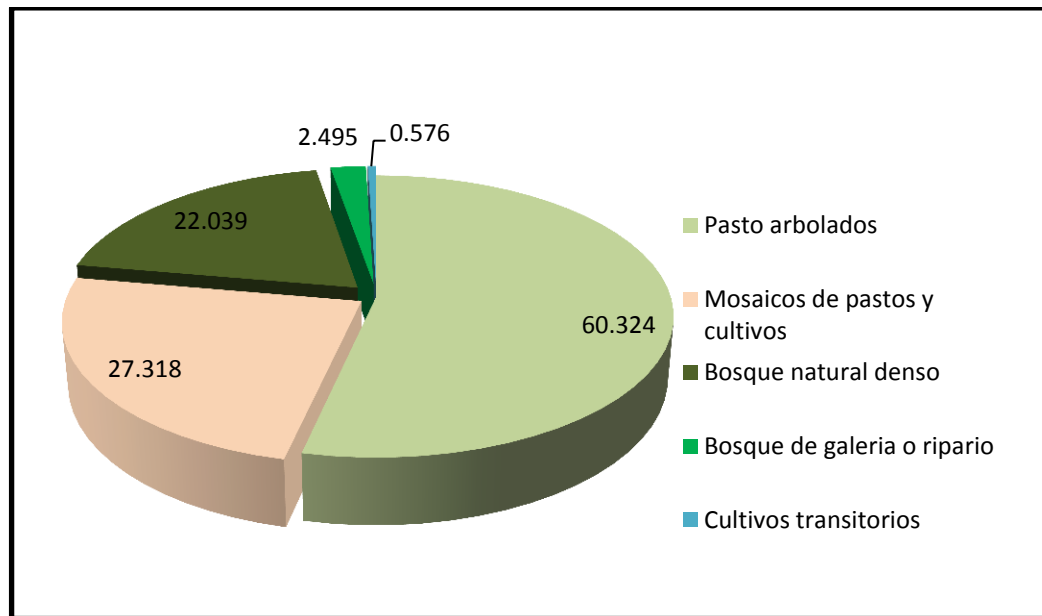
Gráfico 6 Relación entre en número de eventos y las coberturas del suelo, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia Cauca.



Fuente: Este Estudio.

En el grafico 7, es posible apreciar al área afectada en cada cobertura donde es evidente el mayor valor lo ostentan las coberturas surgidas por acción de la intervención del hombre sobre el medio natural ellas son: la cobertura de mosaico de pastos arbolados y mosaico de pastos y cultivos.

Gráfico 7 Superficie en hectáreas afectadas por fenómenos de remoción en masa, según el tipo de cobertura del suelo, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



Fuente: Este Estudio.

Por otro lado es evidente la intervención que ha sufrido la zona de laderas en los barrios las delicias y centro, como consecuencia del corte generado para la construcción de vías de interconexión terciaria como la que comunica los dos barrios zona de estudio con la cabecera municipal del centro poblado, que favorecen la generación de procesos gravitacionales en la zona.

La cuantificación de los procesos gravitacionales relacionados con la dinámica generada por el hombre sobre todo en la construcción de carreteras y caminos en el área de estudio permitió inferir su ocurrencia en cerca de 2 eventos de remoción en masa, distribuidos a lo largo de la carretera de dicha zona a estudiar.

10. CARACTERIZACIÓN Y MAPIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN LOS BARRIOS LAS DELICIAS Y CENTRO, CABECERA MUNICIPAL DE SILVIA, CAUCA

10.1. ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA RELATIVA A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

La zonificación de la amenaza relativa por fenómenos de remoción en masa, permitió definir, la susceptibilidad del terreno a la generación de fenómenos de remoción en masa. Para su modelamiento se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG), (software ArcGIS 10.), donde se cruzó digitalmente la cobertura de fenómenos de remoción en masa (Mapa 8), con las coberturas temáticas índice, geología (mapa 2), pendiente (mapa 4), geomorfología (mapa 5), cobertura y uso del suelo (mapa 6).

El procedimiento dedujo la unión geométrica de las coberturas de polígonos, permitiendo que la capa base (mapa temático índice), sea cortada en la intercepción con el polígono superpuesto (capa de distribución de fenómenos de remoción en masa). Así las nuevas coberturas resultantes preservaron los atributos de cada cobertura cruzada. Aspecto que permitió valorar la superficie de cada unidad cartográfica y el área afectada por tipo de proceso de remoción en masa involucrado.

10.1.1. Análisis estadístico univariado de variables geoambientales.

Se estableció el valor cuantitativo de la superficie total en hectáreas de cada unidad temática y la superficie acumulada por procesos en masa por unidad cartográfica, mediante el establecimiento de matrices de amenaza relativa (cuadros 11, 12, 13 y 14). Una vez determinados los valores de superficie correspondientes, se calculó los costes de peso o amenaza relativa en porcentajes para cada unidad cartográfica de acuerdo con el tipo de fenómeno de remoción en masa, procedimiento que se efectuó mediante el uso de la ecuación denominada como:

$$P\% = S1n * 100 / S.$$

Dónde:

P= Peso de la unidad cartográfica de parámetros respecto al tipo de movimiento en masa analizado.

S1n= Superficie acumulada del movimiento en masa de cualquier tipo, medido en hectáreas, por cada unidad cartográfica evaluada.

S= Superficie total acumulada de la unidad cartográfica de parámetros en hectáreas.

Definidas las relaciones de peso en porcentajes para las diferentes unidades temáticas, los valores obtenidos fueron ponderados en términos del grado amenaza relativa. Los rangos de amenaza, se definieron basándose en un análisis estadístico de clasificación de datos numéricos correspondiente al porcentaje de peso inicial, valores que fueron espaciados y de manera iterativa se calcularon los secciones vacías hasta formar grupos con el número de clases de amenazas deseadas, en este caso se definieron cinco clases, distribuidas en conjuntos con valores desde 0 hasta 1

Definidos los intervalos de clase, se asignaron los valores cuantitativos de amenaza relativa a cada unidad cartográfica de acuerdo con el tipo de fenómenos de remoción en masa, cada valor fue categorizado cualitativamente en niveles de amenaza relativa, estableciéndose que “no existe un estándar internacional para la calificación de la amenaza. Los términos utilizados incluyen desde la amenaza muy baja hasta la amenaza muy alta”³⁹. Atendiendo a ello, se consideraron cinco niveles de amenaza desde la nula hasta muy alta los cuales son presentados en la tabla 12.

10.1.2. Amenaza relativa de variables geoambientales con respecto a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa.

Para definir la amenaza relativa de cada variable geoambiental (geología, geomorfología, pendiente, cobertura y uso del suelo), a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa (deslizamiento, flujo y caída de roca).

A cada mapa índice de variables geoambiental, se asignó una tabla de atributos un nuevo ítem, con el valor o grado numérico de amenaza relativa siguiendo los valores o grados de amenaza que para cada unidad cartográfica se establecen en los cuadros 11, 12, 13 y 14.

Posteriormente se asignó a cada unidad el nivel de amenaza y la simbología de colores correspondiente, siguiendo los parámetros establecidos en la tabla 12.

Lo anterior permitió la consolidación de los mapas, de amenaza relativa de variables temáticas a cada uno de los fenómenos de remoción en masa. Que

³⁹ SUÁREZ, Op. cit., p. 380.

brindan información respecto que unidades es más susceptible a removerse dentro de cada variable geoambiental. Así a continuación se define la amenaza relativa de variables geoambientales a cada tipo de fenómeno de remoción.

Tabla 12 Categoría de amenaza relativa de variables geoambientales con respecto a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa.

Categoría amenaza relativa				
Valor o Grado de Amenaza	Intervalos de Clase		Niveles de Amenaza	Símbolo
1	0	0,05	MUY BAJA	
2	0,05	0,14	BAJA	
3	0,14	0,23	MODERADA	
4	0,23	0,60	ALTA	
5	0,60	1,0	MUY ALTA	

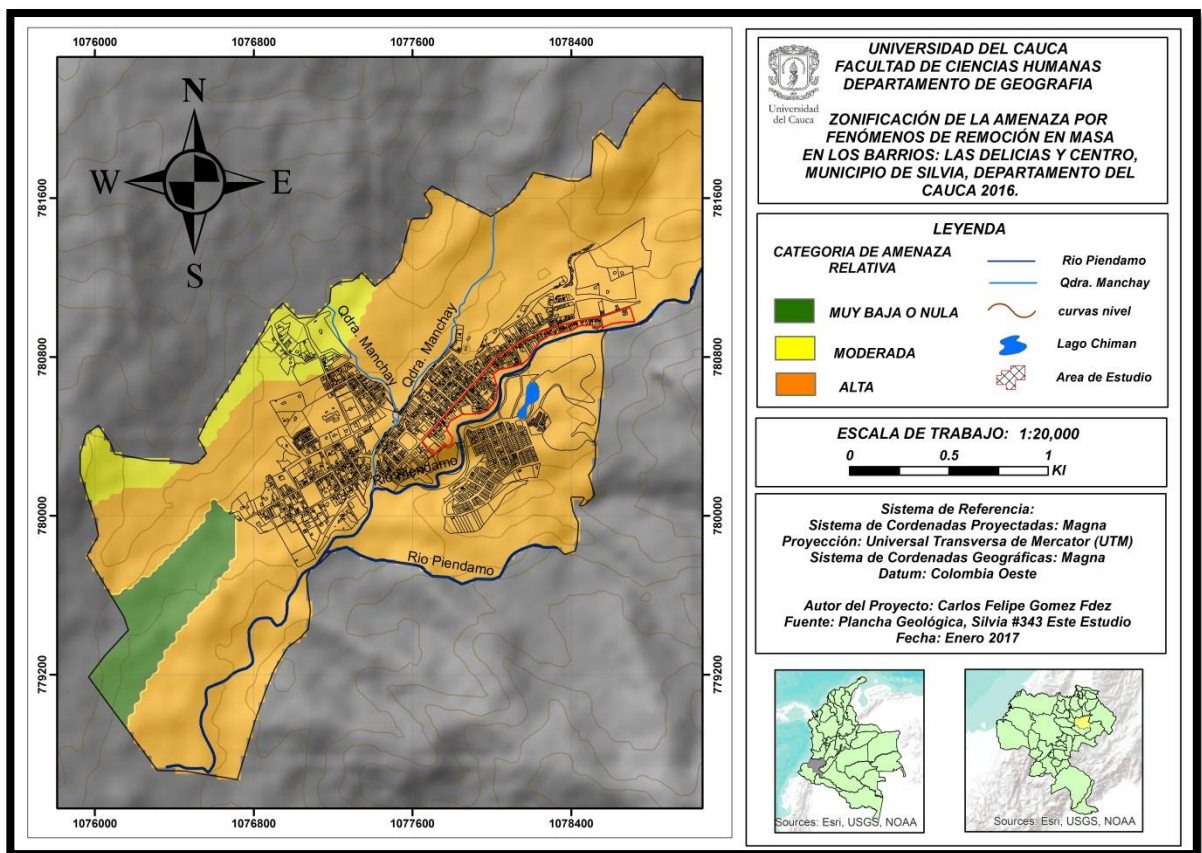
Fuente: Este Estudio.

- **Amenaza relativa de unidades geológicas a los fenómenos de remoción en masa (mapas 10, 11,12).**

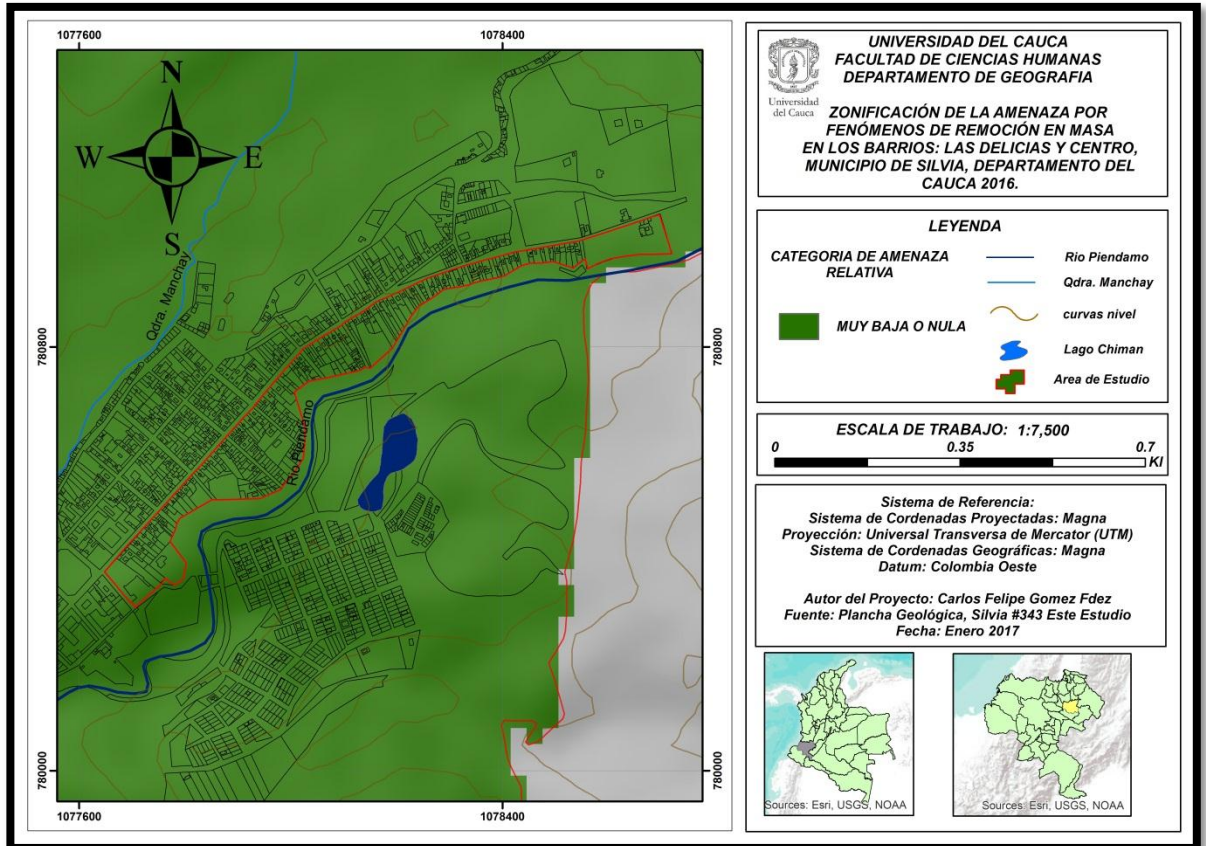
En la variable geológica la unidad que más alto grado de amenaza o peso representa a los deslizamientos, es la unidad de Formación Popayán (Ngpfg), depósitos de flujo de ceniza y bloques, con un valor de amenaza grado cuatro (ALTA), con área removida por deslizamiento de 25,82 hectáreas distribuidas en tan solo una unidad de área de 424,86 Ha. representando el 0,60% del peso respecto a todas las unidades. En orden decreciente continúan las unidades de Complejo Arquía (Pz?evm) esquistos verdes representado por Metabasalto e indica predominio de metavolcánicos, con un grado de amenaza 3 (MODERADA), con un área removida de 0,012 hectáreas por deslizamientos distribuidas en tan solo una unidad de área de 5,34 Ha. representado en 0,22% del peso respecto a todas las unidades, en la misma categoría se encuentra el complejo quebrada grande (Kcqv) (conjunto volcánico) con un valor de amenaza grado 3

(MODERADA), con un área removida de 4,02 hectáreas distribuidas en tan solo una unidad de áreas de 26,79 Ha. representando el 0,15% del peso respecto a todas las unidades. La unidad que más bajo grado de amenaza tiene es depósitos aluviales (Qal), con un grado de amenaza 1 (MUY BAJA O NULA), sin ningún área removida por deslizamiento. Así mismo se indica que para los dos tipos de fenómenos restantes (flujos y caídas), todas las unidades geológicas pertenecen a grado uno (MUY BAJA O NULA) en donde no hay fenómenos de flujo y caídas en la zona objeto de estudio.

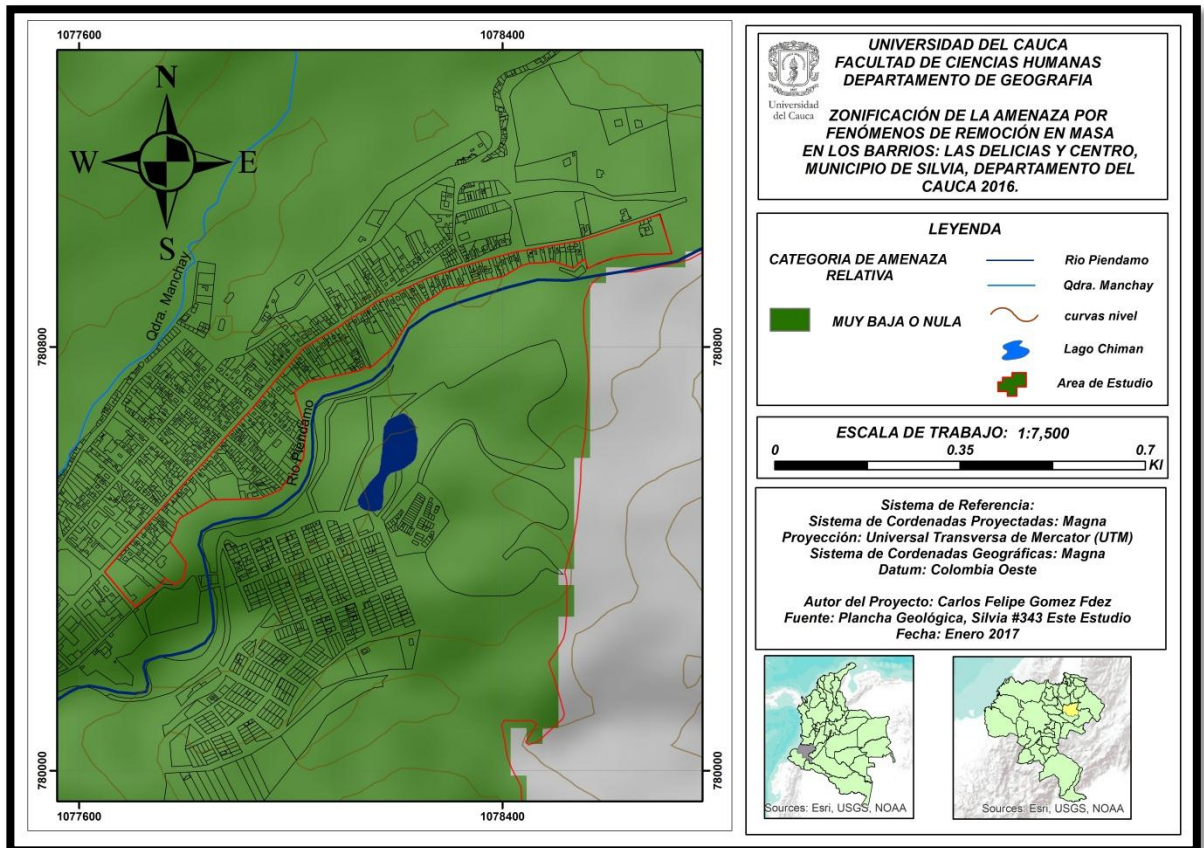
Mapa 10 Amenaza relativa de unidades geológicas a deslizamientos, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



Mapa 11 Amenaza relativa de unidades geológicas a flujos de suelo - detritos, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia Cauca.



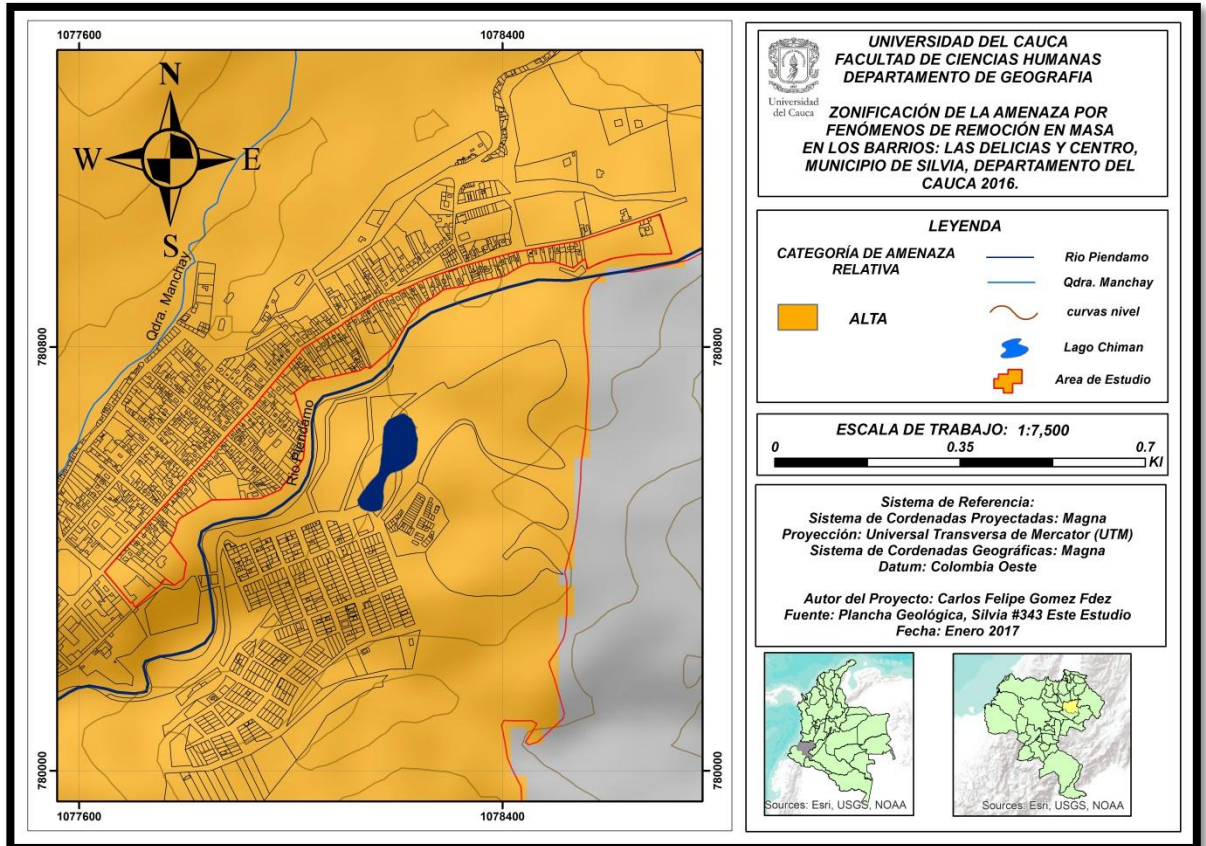
Mapa 12 Amenaza relativa de unidades geológicas a caídas de rocas, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



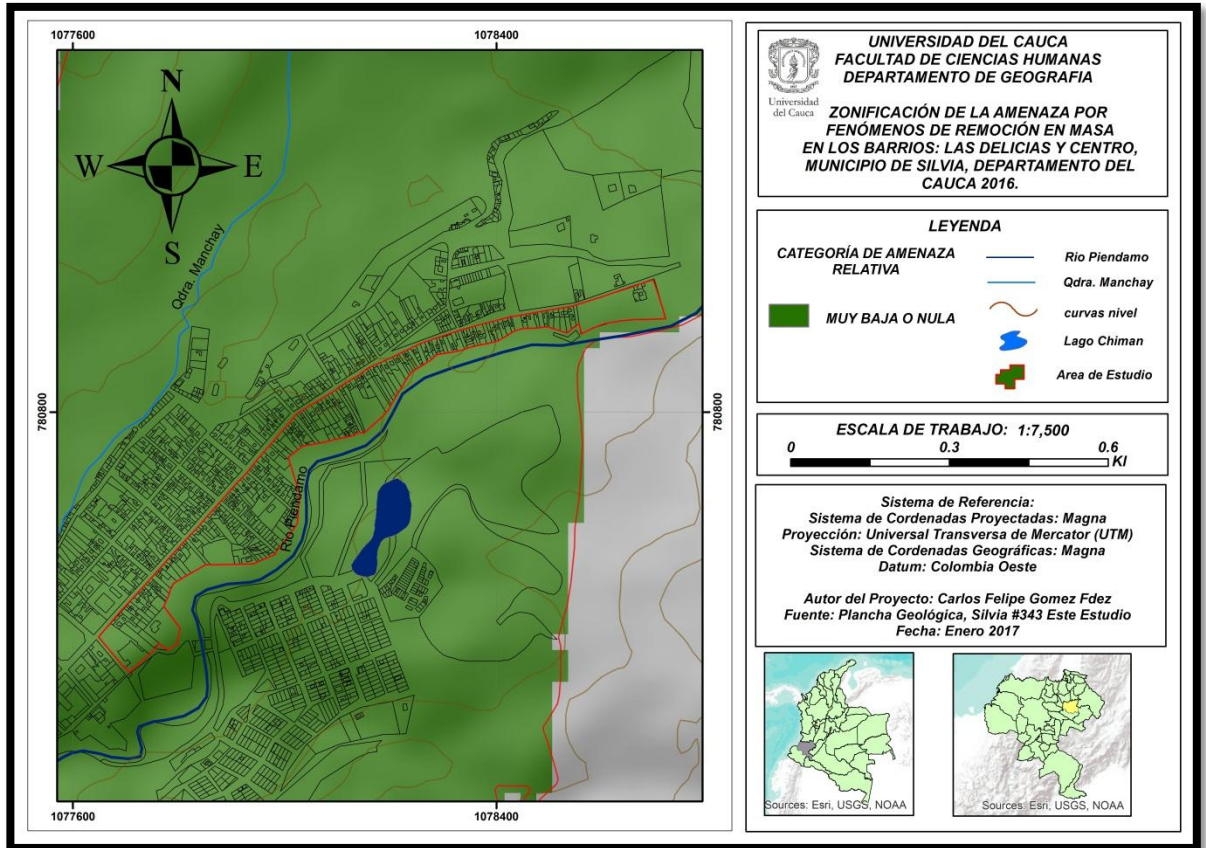
- **Amenaza relativa a unidades geomorfológicas a fenómenos de remoción en masa mapas (13, 14 y 15).**

La geomorfología se encuentra representada en la zona de estudio en dos unidades, de las cuales la que mayor grado de amenaza representa hacia los deslizamientos es Filas y vigas (Fv), ostenta un valor de amenaza cuatro (ALTA), con un área removida por deslizamiento de 26,06 hectáreas distribuidas en tan solo una unidad de área de 485,53 ha representado el 0,53% del peso respecto a todas las unidades. En orden decreciente de amenaza le siguen las unidades de Lomas y colinas (Lc), donde se observa que esta unidad representa niveles de amenaza muy baja o nula con un valor de amenaza grado uno, en donde se registraron algunos deslizamientos pero sin afectación alguna a la población. Para los flujos y detritos las unidades de Filas y vigas (Fv), ostenta un valor de amenaza uno (MUY BAJA O NULA), con área removida por flujo de 0,025 hectáreas distribuidas en tan solo una unidad de área de 485,53 Ha representado el 0,05% del peso respecto a todas las unidades. En orden decreciente de amenaza le siguen las unidades de Lomas y colinas (Lc), donde se observa que esta unidad representa niveles de amenaza muy baja o nula con un valor de amenaza grado uno, donde no se registraron flujos de suelo. Finalmente para las caídas de rocas en las unidades de Filas y vigas (Fv), ostenta un valor de amenaza uno (MUY BAJA O NULA), con un área removida por caída de roca de 0,086 hectáreas distribuidas en tan solo una unidad de área de 485,53 ha representado el 0,01% del peso respecto a todas las unidades. En la unidad de Lomas y colina (Lc), se observa que en esta unidad representa niveles de amenaza muy baja o nula con un con un valor de amenaza grado uno donde no se registraron caídas de rocas.

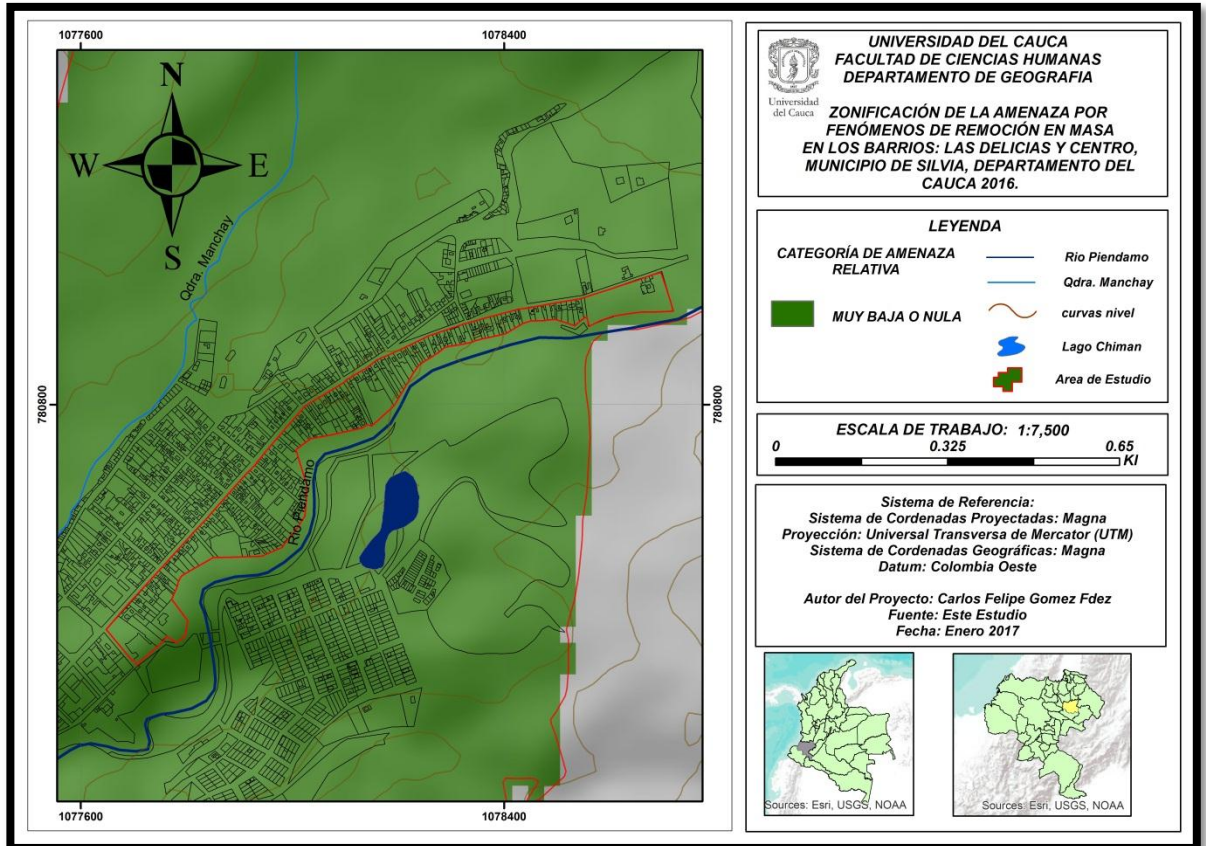
Mapa 13 Amenaza relativa de unidades geomorfológicas a deslizamientos, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



Mapa 14 Amenaza relativa de unidades geomorfológicas a flujos de suelo - detritos, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



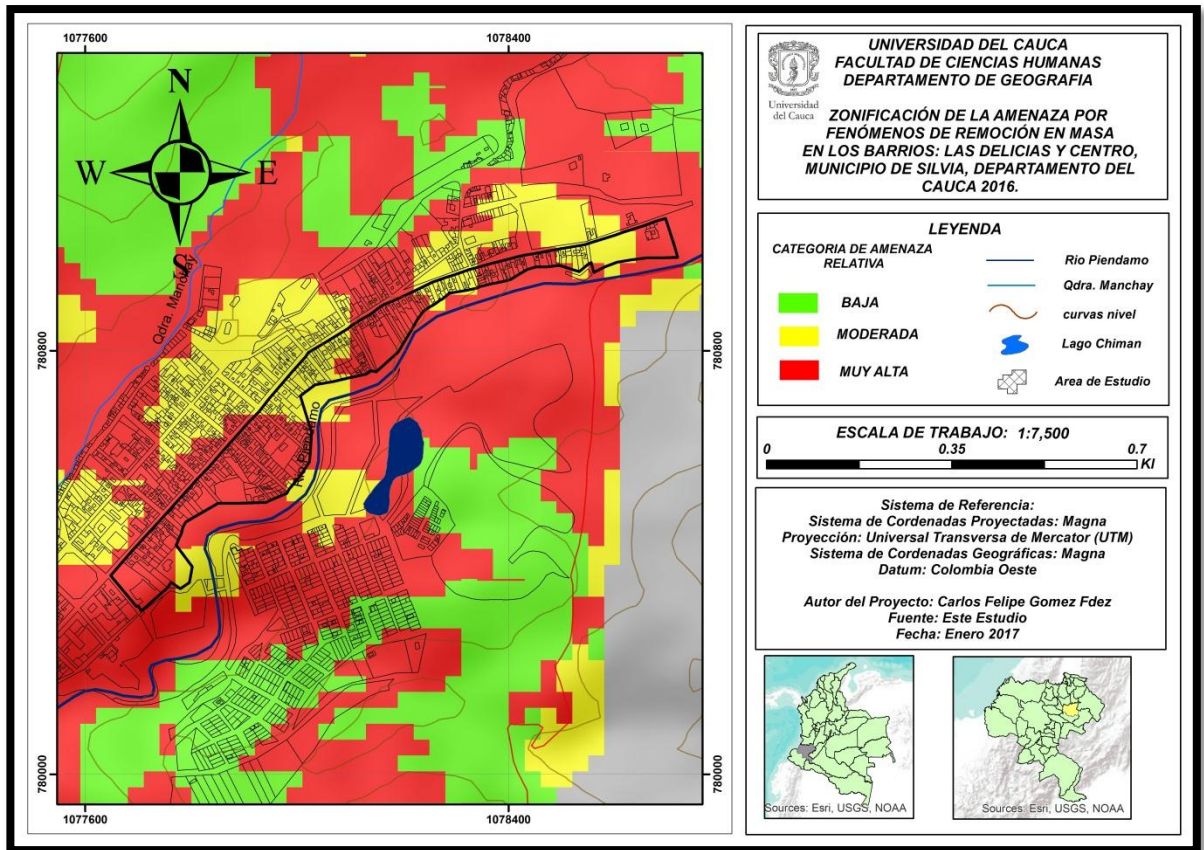
Mapa 15 Amenaza relativa de unidades geomorfológicas a caídas de rocas, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



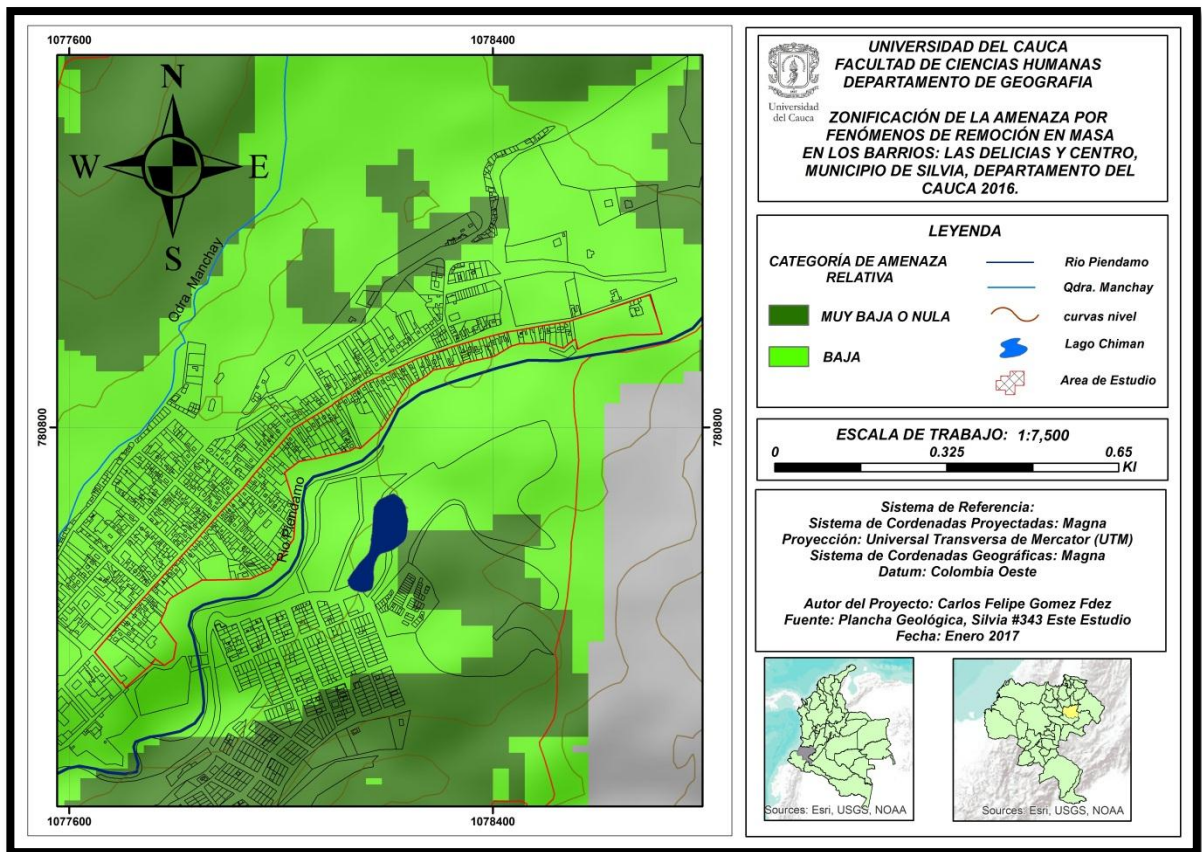
- **Amenaza relativa de unidades de pendiente del terreno a fenómenos de remoción en masa (mapas 16, 17, 18).**

Para el caso de la amenaza de las pendientes a los fenómenos de remoción en masa a deslizamientos, la categoría donde más se registran deslizamientos lo ocupa las pendientes altas y baja con un promedio de área removida de 10,5 y 20,21 hectáreas, categorizada como amenaza 5 (MUY ALTA), distribuidas en tan solo una unidad de área de 16,47 y 245,71 hectáreas representado el 0,63 y 0,82% del peso respecto a todas las unidades. Lo sigue la pendiente muy baja con un rango de tres (MODERADO), con un promedio de área removida de 20,25 hectáreas, distribuidas en tan solo una unidad de área de 101,46 Ha. Representado en 0,19% del peso a todas las unidades. En contraste el menor valor de amenaza a deslizamientos lo ostenta la pendiente moderada y muy alta categorizada como amenaza 2 (BAJA), con un promedio de área removida de 19,44 Y 0,012 hectáreas. Distribuidas en tan solo una unidad de área de 138,81 y 0,088 Ha. Representando el 0,14 y 0,13% de peso respecto a todas las unidades. En tanto que para el caso de fenómenos de remoción en masa relacionados con flujos y caídas, el mayor nivel de amenaza para el primer tipo de fenómeno se encuentra en la pendiente muy baja o nula y baja con un promedio de área removida de 0,008 y 0,017 hectáreas, categorizadas como amenaza 2 (BAJO), distribuidas en tan solo una unidad de áreas de 101,46 y 245,71 Ha. Representando el 0,07 y 0,06% del peso respecto a todas las unidades. Para el caso de la amenaza de las pendientes a los fenómenos de remoción en masa a caídas de rocas, la categoría donde más se registran caídas de rocas lo ocupa la pendiente muy baja con un promedio de área removida de 0,067 hectáreas categorizada como amenaza dos (baja), distribuidas en tan solo una unidad de área de 101,46 hectáreas representando el 0,06% del peso respecto a todas las unidades.

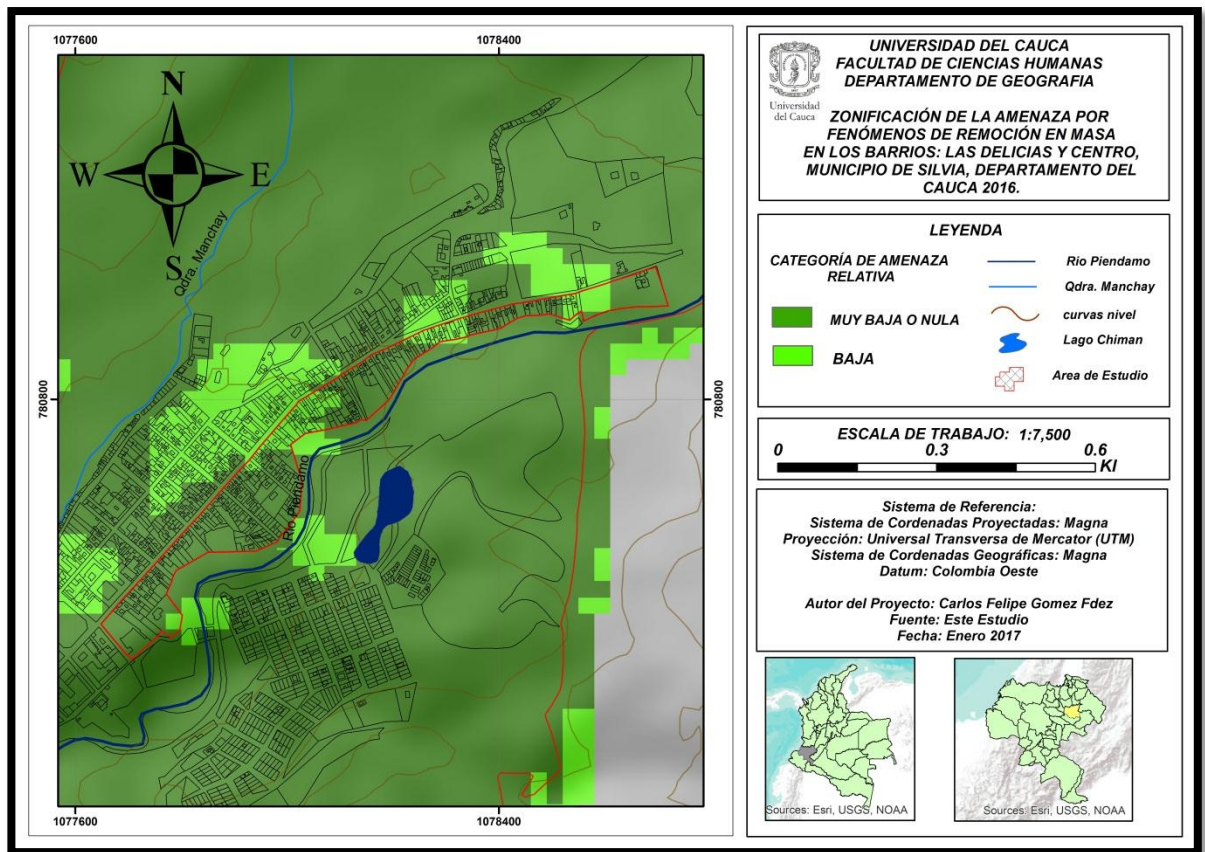
Mapa 16 Amenaza relativa de unidades de pendiente a deslizamientos, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



Mapa 17 Amenaza relativa de unidades de pendiente a flujos de suelo - detritos, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



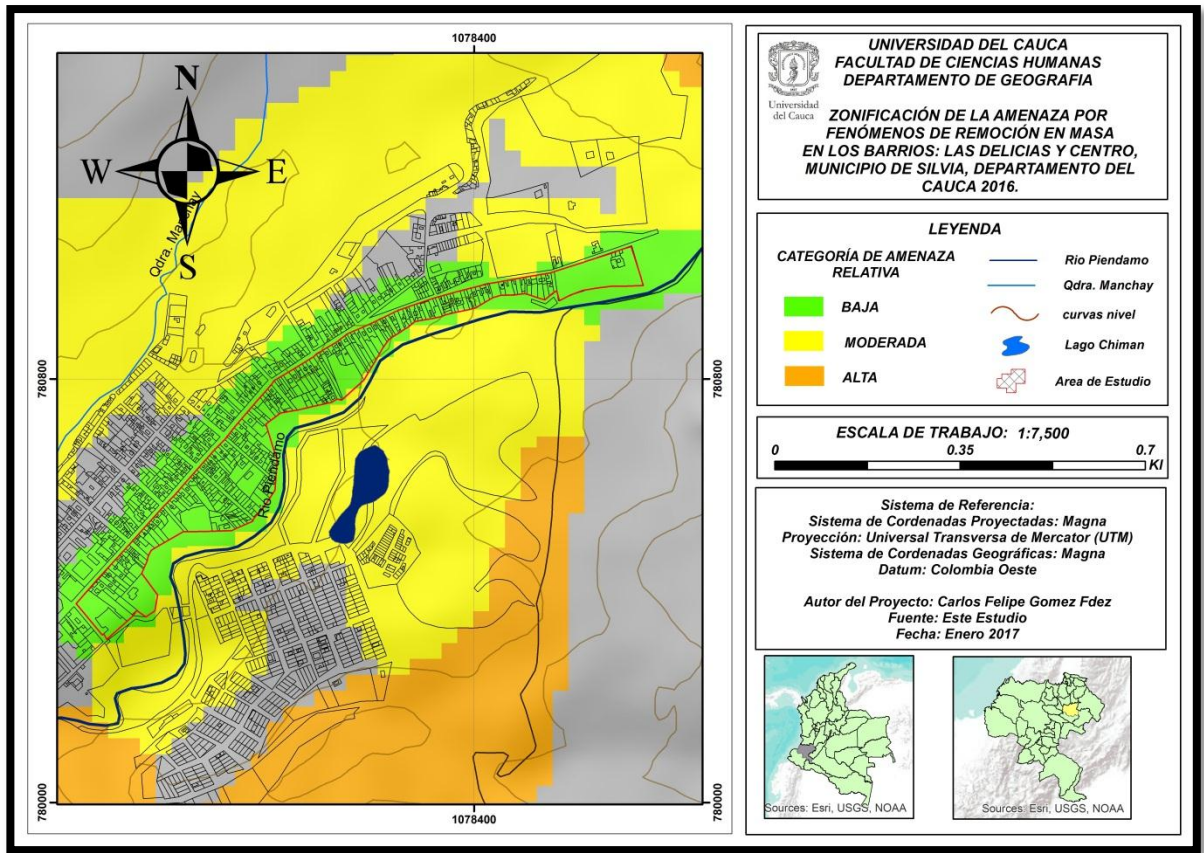
Mapa 18 Amenaza relativa de unidades de pendiente a caídas de rocas, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



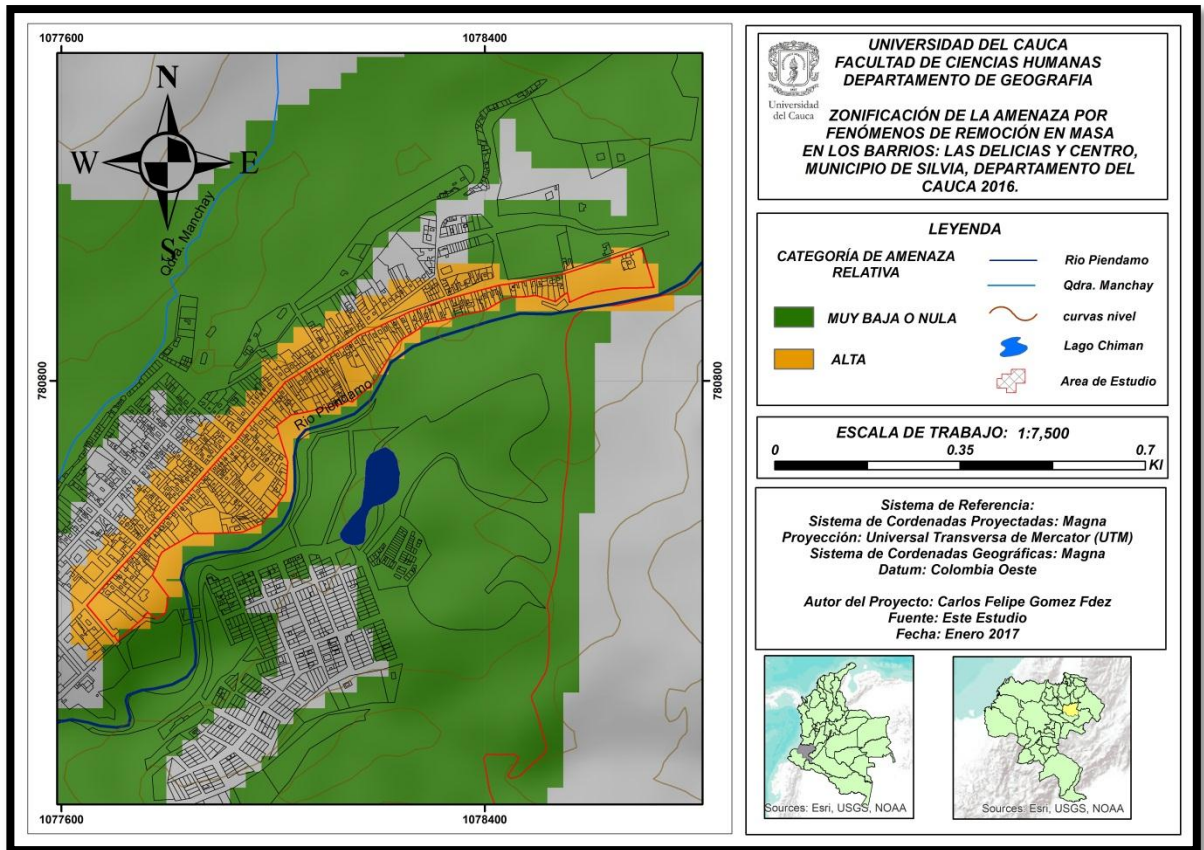
- **Amenaza relativa de unidades de uso y cobertura del suelo a fenómenos de remoción en masa (mapas 19, 20, 21).**

Para el área de estudio el análisis de amenazas específica, de la variable uso y cobertura del suelo indica que la mayor categoría de amenaza grado 4 (ALTA), respecto a deslizamientos, se ha dado a la unidad de bosque denso y mosaico de pastos y cultivos que cuenta con una superficie removida de 11,9 y 7,91 hectáreas distribuidas en un total de 22,03 y 27,31 Ha, lo cual significa un porcentaje del 0,54% y 0,28% respecto a las demás unidades. Le sigue la unidad de bosque de galería y ripario, pastos y pastos arbolados con igual categoría de amenaza grado 3 (MODERADA), respecto a deslizamientos, con una superficie removida de 0,055, 0,154 y 13,95 hectáreas distribuidas en un total de 2,42, 8,94 y 60,32 hectáreas, lo cual significa un porcentaje del 0,22%, 0,17% y 0,23% respecto a las demás unidades. Le sigue la unidad de cultivos transitorios y barrió Delicias y Centro con una categoría de amenaza de grado 2 (BAJA), con una superficie removida de 0,022 Y 0,096 hectáreas, distribuidas en un total de 1,61 Y 8,99 hectáreas, lo cual significa un porcentaje del 0,13% y 0,10%, respecto a las demás unidades. Las demás unidades se encuentran representadas por valores de amenaza inferiores, por lo cual no se entra a su descripción detallada. Respecto a la amenaza específica asía flujos se identificó que el valor máximo categorizado es 4 (ALTA), respecto a flujos, con una superficie removida de 0,025 hectáreas distribuidas en un total de 8,99 Ha. Lo cual significa un porcentaje de 0,27% respecto a las demás unidades. Para los fenómenos de caídas de rocas la mayor categoría de amenaza es grado cinco (muy alta), se le ha otorgado a la unidad de barrio las Delicias y Centro con una superficie removida de 0,086 hectáreas distribuidas en un total de 8,99 hectáreas, lo cual significa un porcentaje del 0,95% respecto a las demás unidades. Las demás unidades se encuentran representadas por valores de amenaza inferior, por lo cual no se entra en su descripción detallada ya que las demás unidades se encuentran en una categoría de amenaza grado 1 (MUY BAJA O NULA), donde no se encontraron más de 1 evento a cartografiar.

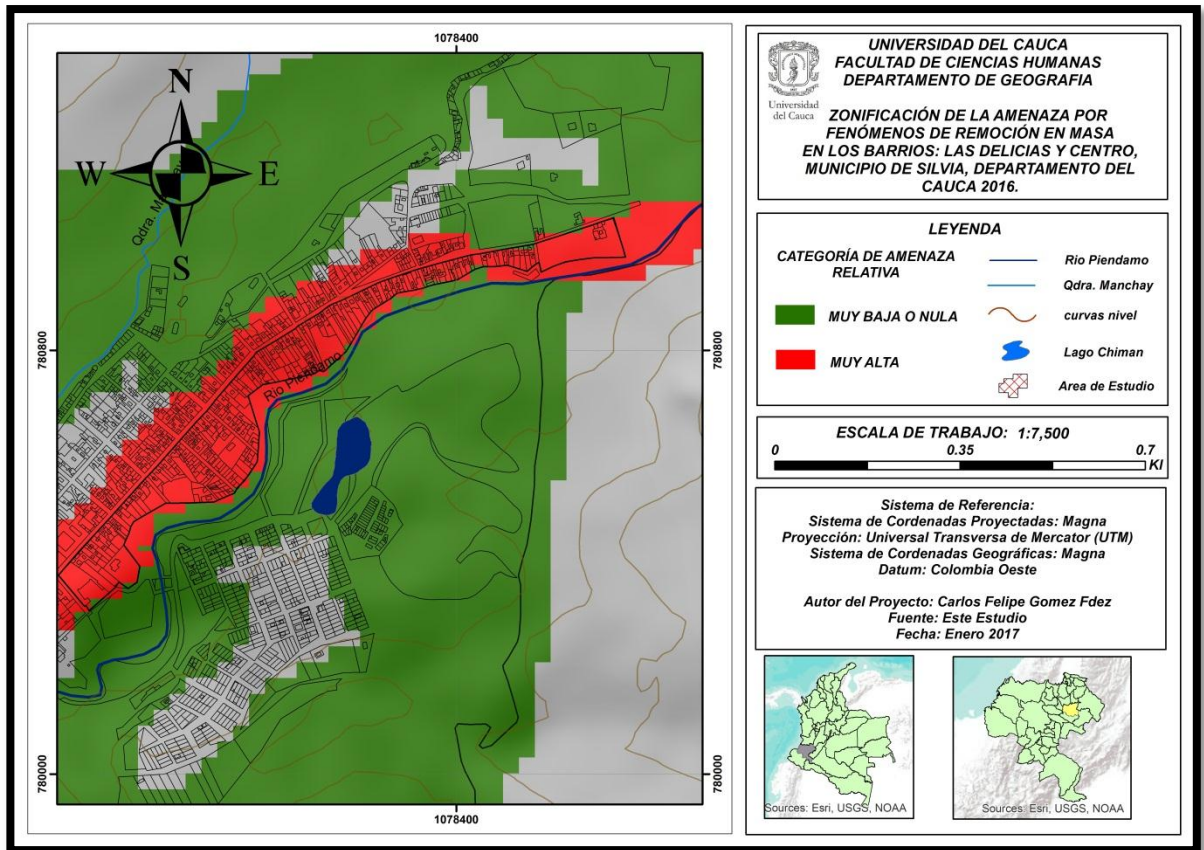
Mapa 19 Amenaza relativa de unidades de cobertura y uso a deslizamientos, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



Mapa 20 Amenaza relativa de unidades de cobertura y uso a flujos de suelo - detritos, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



Mapa 21 Amenaza relativa de unidades de cobertura y uso a caídas de rocas, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



10.1.3. Amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa.

Para el establecimiento de la amenaza relativa total del terreno a cada uno de los fenómenos de remoción en masa, se hizo uso del Sistema de Información Geográfica, donde se sumaron de manera independiente mediante sucesivas operaciones de unión geométrica, las coberturas correspondientes a los mapas de amenaza específica de variables geoambientales elaborados para cada uno de los tres tipos de fenómenos de remoción en masa (deslizamientos, flujos y caídas de roca). Los mapas de amenaza relativa total del terreno a cada uno de los fenómenos de remoción en masa resultantes brindan información del nivel de peligrosidad por cada tipo de movimiento en masa. A continuación se presenta la definición de la amenaza relativa total del terreno a cada uno de los fenómenos de remoción en masa.

- Amenaza relativa total del terreno a deslizamientos. Para la definición de la amenaza relativa total del terreno a deslizamientos, se sumó digitalmente las coberturas de amenaza relativa:

Unidades Geológicas a deslizamientos (mapa 10), +

Unidades Geomorfológicas a deslizamientos (mapa 13) +

Unidades de pendiente a deslizamientos (mapa 16) +

Unidades de cobertura y uso a deslizamientos (mapa 19).

La nueva cobertura resultante (mapa 22), contiene atributos pertenecientes a las cuatro coberturas cruzadas, en la cual una vez definida la relación entre coberturas los valores iniciales se recodificaron en términos de amenaza relativa.

Establecida la amenaza relativa total del terreno a deslizamiento se efectuó el análisis comparativo de las zonas de amenaza presentes en el área de estudio, caracterizándose cinco categorías de amenaza relativa por deslizamientos, las cuales se ordenan descendentes de peligrosidad, se distribuyen alrededor de toda la zona de estudio, estas se identificaron y caracterizaron así.

Zona de amenaza relativa muy alta: la zona de amenaza muy alta corresponde a los sectores afectados por la presencia de deslizamientos activos, en este sector predominan las pendientes muy altas mayores a 100% en su ángulo de inclinación, evidenciándose materiales litoarenosos, de suelos muy meteorizados principalmente arenisca y arcilla pertenecientes a la formación de depósitos de flujos de ceniza y bloques (Ngpfg), susceptible de generar futuros deslizamientos, se resalta que en esta zona se encuentra un 50% de los deslizamientos respecto al total, en su gran mayoría de tipo traslacional.

La zona de amenaza muy alta por presencia de deslizamientos, ocupa una extensión de 22,56 hectáreas, localizadas principalmente hacia el sur-este, área alta y media de las principales cuencas hidrográficas entre ellas el río Piendamó y algunos afluentes menores como la quebrada Manchay.

La magnitud de los deslizamientos registrados evidencia la generación secuencial de nuevos eventos en que en la mayoría de los casos se presentara de forma súbita sin evidencia previa de inestabilidad del material, ocasionando destrucción sobre todo en aquellas áreas localizadas en los flancos pertenecientes a las vertientes de las mencionadas cuencas hidrográficas.

Zona de amenaza relativa alta: se encuentra localizada hacia el norte, y sureste del área de estudio, ocupando un área de 38,35 hectáreas. Constituyen el 30% de los deslizamientos generadores de amenaza entre eventos de tipo traslacional y rotacional. Se ubican en zonas de pendiente con ángulos de inclinación entre 50 a 100%. Se presenta en áreas con condiciones geológicas y geomorfológicas que ofrecen poca inestabilidad, sectores concernientes a la formación geológica de depósitos de flujos de ceniza y bloques (Ngpfg). La zona se encuentra surcada en algunas partes por algunos afluentes del paso del río Piendamó y la quebrada aldeaña Manchay.

Zona de amenaza relativa moderada: esta zona de amenaza ocupa 22,51 hectáreas distribuidas en toda la zona de estudio, con un 19% del total de los deslizamientos ocurridos en la zona. Se indica que esta categoría de amenaza predomina entre el límite de los escarpes que bordean las áreas geomorfológicas pertenecientes a las unidades de filas y vigas (Fv), donde el porcentaje de inclinación de las pendientes se determina entre el 30 y 50%, se evidencia la presencia de dicha categoría en área con cobertura desde el bosque de galería o ripario hasta la zona de estudio barrio Delicias y Centro, donde la pendiente es principalmente moderada, es probable la ocurrencia de deslizamientos a mediano plazo, ya que en la actualidad se registra la presencia de algunos movimientos puntuales en la zona de estudio, que pueden ser considerados como precursores de nuevos desplazamientos del terreno, se encuentran principalmente en las riveras del río Piendamó a su paso por la zona de estudio afectando y erosionando sus suelos en épocas de intensas lluvias, alterando la inestabilidad del material ocasionando destrucción sobre todas aquellas áreas localizadas en los flancos pertenecientes a la vertiente mencionada.

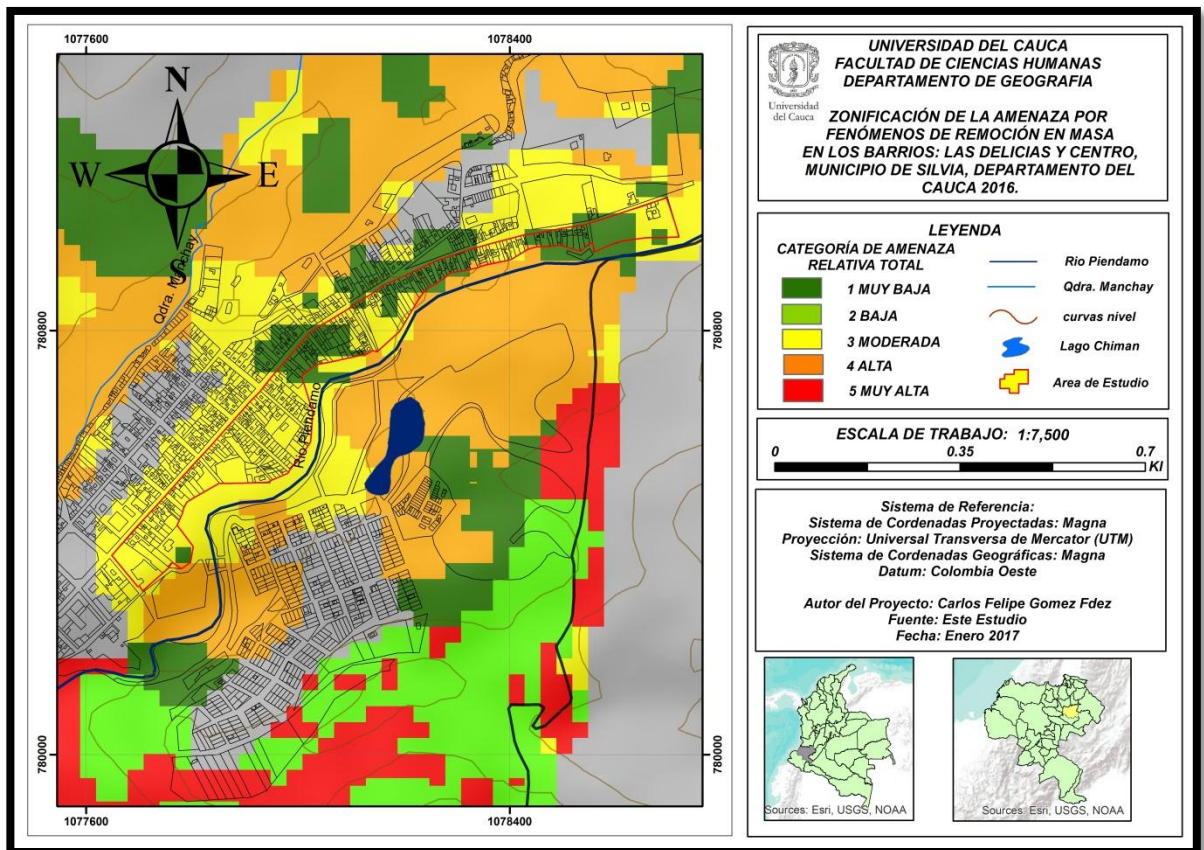
Zona de amenaza relativa baja: constituye la zona de amenaza, donde existen escasos deslizamientos considerados entre el 1% del total del área de estudio, abarca una extensión de 24,10 hectáreas, distribuidas principalmente hacia las coberturas de pastos arbolados, la pendiente en estos sectores no supera el 15% en su ángulo de inclinación, se constituyen aquellas áreas semi-planas de topografía ondulada, donde la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es muy insipiente aun cuando no se descarta la posibilidad de la ocurrencia de

desplazamientos de baja importancia que de llegar a suceder ocasionaría daños menores a la población y actividades ligeras al entorno geográfico.

Zona de amenaza relativa nula a muy baja: en esta zona no existen evidencias de deslizamientos previos, por lo tanto el grado de amenaza es muy bajo y sin amenaza, abarca una zona de 22,13 hectáreas, correspondientes a las áreas cubiertas por coberturas de pastos y cultivos, zonas de valles intramontanos, donde la pendiente no supera los 5% en su ángulo de inclinación.

Las evidencias demuestran que en este sector la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es muy baja y si llegar a suceder su impacto no ocasionaría ningún inconveniente para la población y el medio natural de la zona de estudio.

Mapa 22 Amenaza relativa total del terreno a deslizamientos, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



- Amenaza relativa total del terreno a flujos. Para la definición de la amenaza relativa total del terreno a flujos, se sumó digitalmente las coberturas de amenaza específica:

Unidades Geológicas a Flujos (Mapa 11) +

Unidades Geomorfológicas a Flujos (Mapa 14) +

Unidades de Pendientes a Flujos (Mapa 17) +

Unidades de Coberturas y Uso a Flujos (Mapa 20).

La nueva cobertura resultante (mapa 23), contiene atributos pertenecientes a las cuatro coberturas cruzadas, en la cual una vez definida la relación entre coberturas los valores iniciales se recodificaron en términos de amenaza relativa.

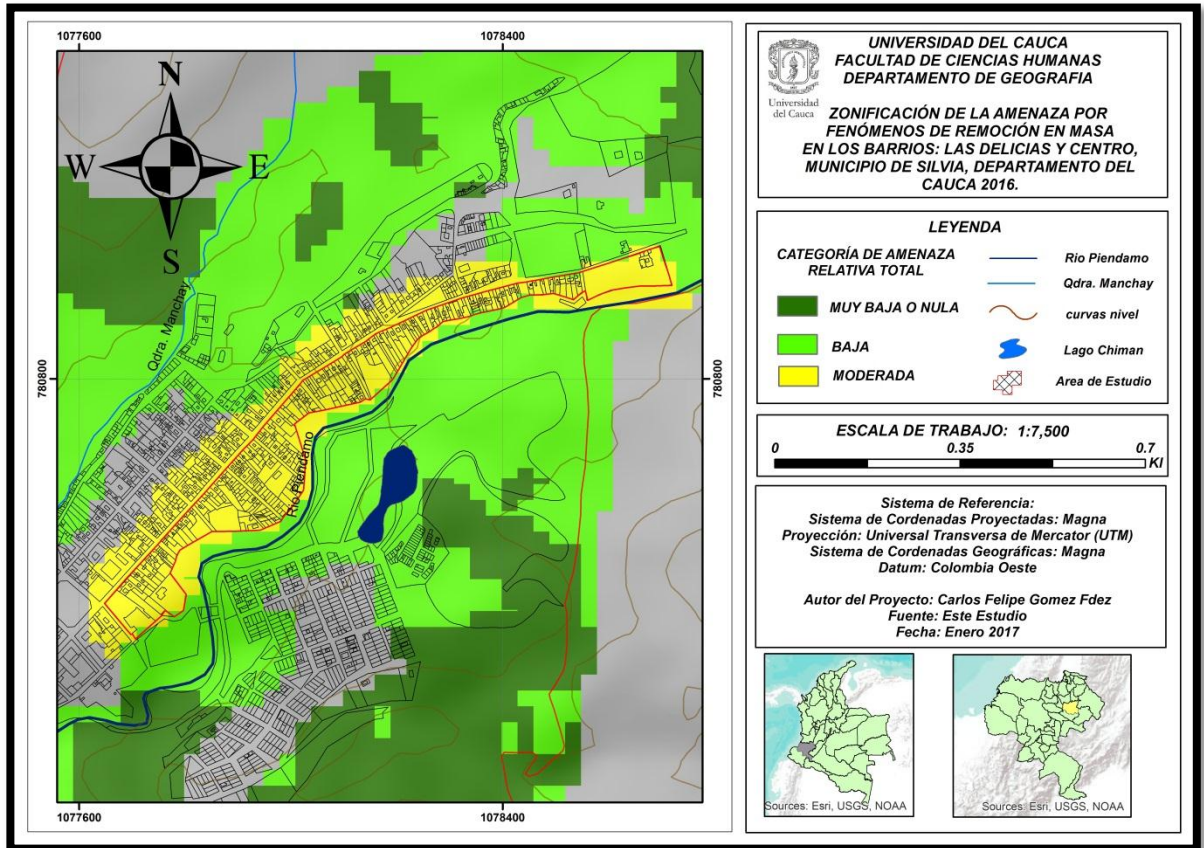
Establecida la amenaza relativa total del terreno a flujos suelo - detritos, se efectuó el análisis comparativo de las zonas de amenaza presentes en el área de estudio, caracterizándose una categorías de amenaza relativa por flujos suelo - detritos.

Zona de amenaza relativa nula a muy baja: la zona de amenaza relativa nula a muy baja ocupa una extensión de 50,70 hectáreas. Se encuentra principalmente en áreas planas zonas altas de terraza con pendientes menores a 10 grados de inclinación, localizado en la partes media de la zona de estudio, la escasa influencia de flujos en este sector establece la baja posibilidad de que estos tipos de eventos puedan presentarse y si llegasen a suceder se catalogaría como terciario puesto que sus efectos no ocasionarían resultados notorios que alteren las actividades de desarrollo y la vida de las comunidades que habitan en este sector.

Zona de amenaza relativa baja: la zona de amenaza relativa baja ocupa una extensión de 70,34 hectáreas. Se encuentra principalmente en zonas de bosque denso y pastos y cultivos en zonas principalmente planas con pendientes menores a 8 grados de inclinación, la escasa incidencia de flujos en este sector establece la baja posibilidad de que este tipo de eventos puedan presentarse.

Zona de amenaza relativa moderada: se encuentra en toda la zona de estudio barrió las Delicias y Centro sector con topografía moderada que en su mayoría no superan los 15 grados de inclinación. Esta categoría ocupa una extensión de 8,73 hectáreas, se evidencia también la ocurrencia frente a la formación de flujos menores secundarios de regular importancia por su bajo tamaño.

Mapa 23 Amenaza relativa total del terreno a flujos de suelo - detritos, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



- Amenaza relativa total del terreno a caídas de roca. Para la definición de la amenaza relativa total del terreno a caídas de rocas, se sumó digitalmente las coberturas de amenaza relativa.

Unidades Geológicas a caídas de rocas (Mapa 12) +

Unidades Geomorfológicas a caídas de rocas (Mapa 15) +

Unidades de Pendiente a caídas de rocas (Mapa 18) +

Unidades de Cobertura y Uso a caídas de rocas (Mapa 21).

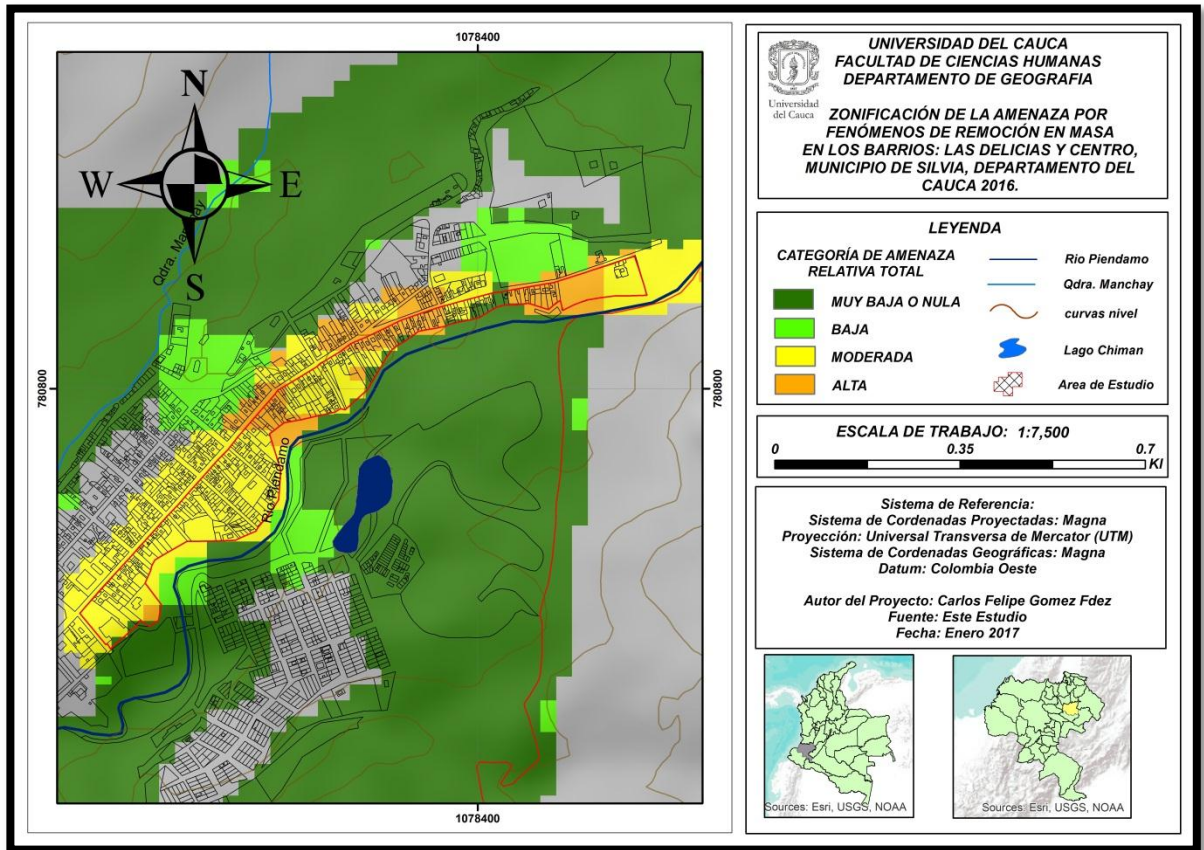
La nueva cobertura resultante (mapa 24), contiene atributos pertenecientes a las cuatro coberturas, en la cual una vez definida la relación entre coberturas los valores iniciales se recodificaron en términos de amenaza relativa.

Establecida la amenaza relativa total del terreno a caídas de rocas se efectuó el análisis comparativo de las zonas de amenaza presente en el área de estudio, caracterizándose dos categorías de amenaza relativa por caídas de rocas se identificaron y caracterizaron así.

Zona de amenaza relativa muy alta. La zona de amenaza muy alta por caídas de rocas se constituye en los sectores donde domina la pendiente muy alta con ángulos de inclinación mayor a 100%, principalmente para el área de estudio se identificó esta categoría de amenaza cubriendo una zona de 28,99 hectáreas, ubicada principalmente en el sector sur-occidente de la zona objeto de estudio, precisamente en las unidades geomorfológicas de terrazas fuertemente disertadas, donde se localiza la carretera secundaria que une los barrios las delias, centro y el barrio chiman, el mayor grado de amenaza se evidencia sobre la base del talud de las terrazas fuertemente disertadas, definiendo áreas de impacto directo por rocas precipitadas en caída libre, que podría afectar a carreteras y zonas de alta montaña.

Zona de amenaza relativa moderada. La zona de amenaza relativa moderada se distribuye en una superficie de 7,46 hectáreas, localizadas en algunas casas que a su fondo terminan sobre la ribera del río Piendamó, también en la parte sur de la zona objeto de estudio, así como en algunos sectores de las coberturas de pastos y cultivos, en este último la amenaza no se cierne sobre la población ya que es una zona deshabitada.

Mapa 24 Amenaza relativa total del terreno a caídas de rocas, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



10.1.4. Amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa.

La amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa, se obtuvo al igual que en la generación de los mapas de amenaza relativa total del terreno a cada tipo de fenómeno, mediante modelamiento en el Sistema de Información Geográfica, ejecutando sucesivas operaciones de cruce de capas espaciales donde se sumaron digitalmente las coberturas correspondiente a amenazas relativa total del terreno a deslizamientos (mapa 22), amenaza relativa total del terreno a flujos (mapa 23), amenaza relativa total del terreno a caídas de rocas (mapa 24). La cobertura resultante contiene atributos correspondientes a las tres coberturas cruzadas, en la cual se sumaron valores y se recodificaron en niveles de amenaza, obteniéndose categorías o rangos presentadas en el mapa final (mapa 25).

Posteriormente se fusiono en el SIG, los polígonos adyacentes de la cobertura resultante que contiene el mismo valor de amenaza, procedimiento que permitió crear una nueva capa de amenaza relativa total del terreno, donde se agrupan los valores pertenecientes a cada categoría de amenaza, produciéndose la eliminación de bordes comunes, los cuales se disolvieron para unir los polígonos en uno mayor. La distribución espacial de las zonas de amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa se identifica en el mapa 25.

El mapa final de amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa, indica la probabilidad de ocurrencia de los tres tipos de movimientos de remoción en masa (Deslizamientos, Flujos y Caídas de Rocas), con las cuatro variables geoambientales involucradas (Geología, Geomorfología, Pendiente, Uso y Cobertura del Suelo). De ello se definió para el área de estudio cinco zonas de amenaza relativa total del terreno la cual se establece a continuación.

Zona de amenaza relativa muy alta. La zona de amenaza relativa muy alta, se considera como el área de afectación continua y secuencial de fenómenos de remoción en masa los cuales actualmente se encuentran en estado activo y en donde la posibilidad de movimientos en masa es muy alta en caso de ocurrir lluvias intensas u otro factor detonante. En el área de estudio corresponde a las zonas de topografía con pendientes fuertes a muy fuertes cubriendo una superficie de 3,61 hectáreas, que constituyen el 8% del total del área de estudio.

En esta zona el material de los suelos es muy susceptible a desarrollar movimientos en masa, se encuentra directamente influenciada por la unidad geológica de depósitos de flujo de ceniza y bloques (Ngpfg). La razón para que sea catalogada esta área como de amenaza muy alta se debe al tipo de litología que define los suelos arenosos muy propensos por su baja cohesión y alta

capacidad de fracturamiento a la generación de fenómenos de remoción en masa y la alta tasa de fenómenos encontrados actualmente.

Esta categoría de amenaza se encuentra distribuida en dos sectores geográficos que presentan restricciones asociados a sitios críticos por su alta incidencia de fenómenos en masa. El primero de ellos ubicado hacia el suroeste sobre las márgenes hídricas tributarias, principalmente en la cuenca del río Piendamó.

En esta zona el mayor peligro por fenómenos de remoción en masa se evidencia sobre la población local y las obras de infraestructura como puentes que se encuentran expuestas de manera directa a los efectos generados por la remoción. Se resalta que en este sector se ubica la vía secundaria que une a los dos barrios objeto de estudio con el resto del pueblo de Silvia, Cauca.

Zona de amenaza relativa alta. La zona de amenaza relativa alta corresponde a las áreas sujetas a la generación de fenómenos de remoción en masa pero no de forma continua, donde el intervalo de ocurrencia de movimientos en masa no es periódico sino más bien esporádico en ciertos intervalos de tiempo. Para el área de estudio esta zona corresponde a la región donde predomina el relieve por pendientes altas, de laderas moderadamente a fuertemente escarpadas, geología predominante compuesta por depósitos de flujo de ceniza y bloques (Ngpfg) y con una cobertura predominante a mosaico de pastos y cultivos. Esta zona cubre una superficie de 3,48 hectáreas, que constituyen el 18% del total del área de estudio, dispersándose predominantemente hacia el suroeste de la zona objeto de estudio.

Zona de amenaza relativa moderada. Se consideró las zonas de amenaza relativa moderada como las áreas donde la actividad de la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa es poco frecuente y solo se presentan activación moderada de ciertos deslizamientos antiguos relictos cuya actividad y magnitud no reviste gran relevancia. Para el área de estudio se identificó esta zona de amenaza, en sectores dominado por una topografía de pendientes medias, cubre una extensión de 19,63 hectáreas distribuidas en sectores de las partes altas de las principales microcuencas, que constituyen el 28% del total del área de estudio.

Zona de amenaza relativa baja. La zona de amenaza relativa baja le corresponde a las áreas que no muestran evidencias previas de formación de fenómenos de remoción en masa, pero en donde no se descarta la posibilidad que estos ocurran en un futuro o cuya ocurrencia pueda evolucionar en la formación de episodios que permitan incrementar el nivel de amenaza relativa, dado que estas áreas se encuentran sujetas a la evolución geográfica espacial del medio físico.

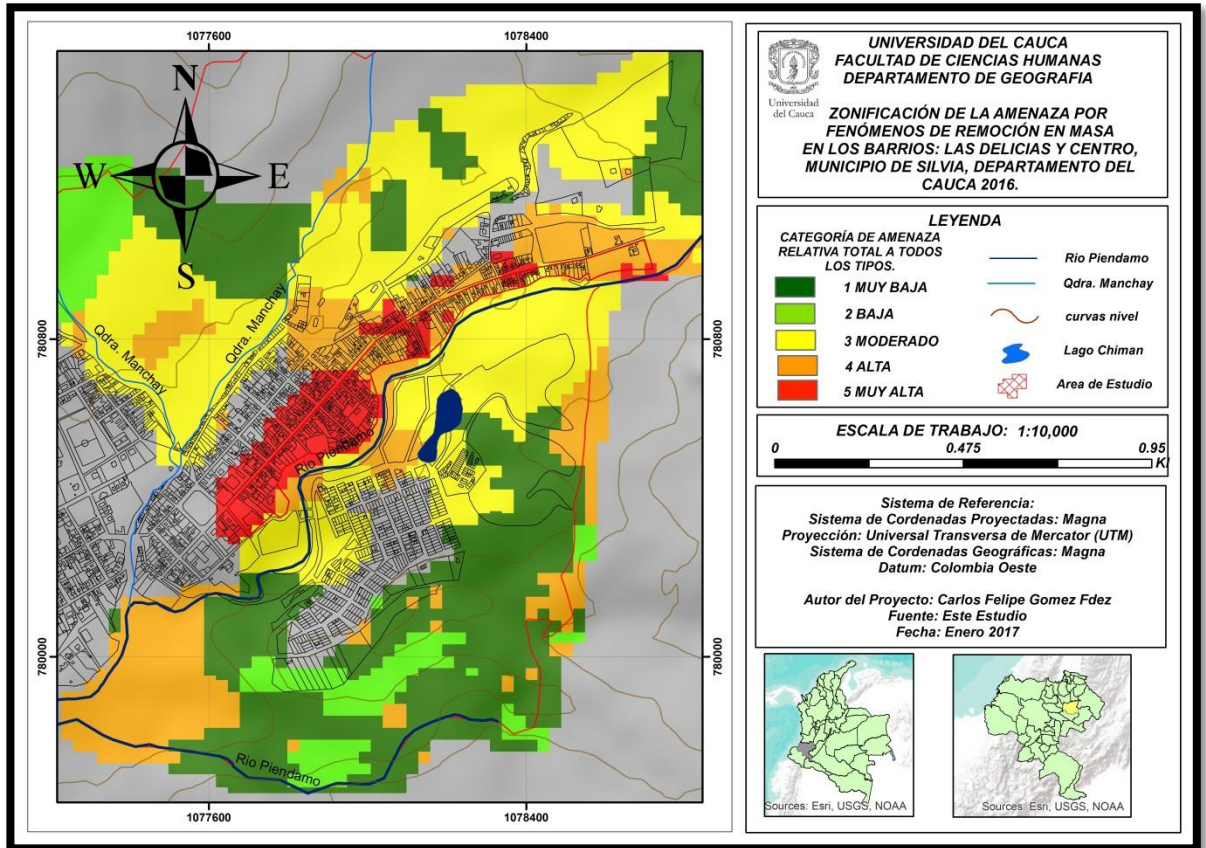
Para el área de estudio esta categoría ocupa una extensión de 7,79 hectáreas, que representan el 19% del total del área de estudio, se encuentra en coberturas de bosque arbolado y en partes bajas de la zona objeto de estudio. Sobre la susceptibilidad de los barrios las delicias y centro, se resalta que dentro de la categoría de amenaza baja podría incluirse el sector sur del centro poblado, área

final entre la terraza principal de taludes que a la evolución de la misma podría considerarse puesto que en el sector se encuentra sometido a dinámica de asentamiento poblacional urbano.

Zona de amenaza relativa nula a muy baja. La zona de amenaza relativa muy baja o nula, se determinó en sectores que no muestran ninguna evidencia precedente de ocurrencia o actividad de fenómenos de remoción en masa, ello fundamentado en las características actuales de la zona, regidas por el alto nivel de estabilidad del medio físico, siendo casi improbable que se desarrollen movimientos en masa en un futuro próximo. Para el área de estudio se identificó dicha categoría de amenaza, cubriendo una superficie de 0,49 hectáreas, representadas en el 25% del total de la cabecera municipal, geomorfológicamente influenciado por zonas planas de terrazas altas que no superan el 5% de pendiente, terrenos suavizados por la presencia de flujos, con una cobertura predominante de pastos arbolados que cataloga a esta zona como una de la menos inestable presentando condiciones favorables que repelen cualquier oportunidad de formación de fenómenos de remoción en masa en cualquiera de los tres tipos de movimientos estudiados.

Se resalta que en los barrios las Delicias y Centro, cabecera municipal de Silvia, Cauca, se ubica en una zona de amenaza de moderada a alta, tomando como partida el condicionante de que aquí se ubica una gran parte de la población que conforma la cabecera municipal y que cualquier eventualidad anomalía relacionada con amenazas de los tipos de fenómenos de remoción en masa estos podrían desestabilizar la estructura espacial y económica del sector, por ello se establece que las condiciones físicas de este sector lo catalogan como un lugar no idóneo para el establecimiento de actividades de infraestructura urbana, debido a la construcción de viviendas en las riberas del río Piendamó, y si se realizan se debe tener en cuenta las medidas de planificación urbana y del medio físico incluyendo la categorización de la amenaza herramienta base de todo proyecto de planificación del medio físico.

Mapa 25 Amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa, barrio las Delicias y Centro, Cabecera Municipal de Silvia, Cauca.



11. CONCLUSIONES

- ❖ Los resultados obtenidos en los mapas de amenaza relativa del terreno fueron validados en campo y se contrastaron las áreas de amenaza identificadas, con el mapa final de amenaza el cual fue cruzado con el mapa de fenómenos de remoción en masa quedando demostrado que las zonas con mayor número de fenómenos de remoción en masa efectivamente coincidieron con las áreas críticas delimitadas en el mapa de amenazas relativa final, como zonas de amenaza relativa muy alta a alta.
- ❖ La implementación del método estadístico univariado en el estudio de los fenómenos de remoción en masa, fue una alternativa muy acertada puesto que permitió la valoración de la amenaza relativa o susceptibilidad de cada factor intrínseco del terreno frente a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa, siendo ventajoso puesto que admitió de forma rápida y confiable la evaluación y definición de las zonas de amenaza relativa total del terreno.
- ❖ El uso del Sistema de Información Geográfica (SIG), es una herramienta indispensable en la definición de la amenaza por fenómenos de remoción en masa puesto que agiliza al máximo el procesamiento de datos espaciales, permitiendo la manipulación de las diferentes cobertura temáticas, precisando de forma rápida el modelamiento espacial entre capas temáticas y permitiendo tomar decisiones acertadas y confiables.
- ❖ Los fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, se encuentran directamente relacionados con la Geomorfología, las Pendientes, la Geología y la Cobertura del Suelo, elementos que inciden en un 90% en la formación de movimientos en masa, ya que queda demostrado que la mayoría de fenómenos de remoción en masa se produjeron en áreas con condiciones de topografía agreste de suelos blandos meteorizados, con suelos incipientes desprovistos de coberturas naturales.
- ❖ Se estableció que los deslizamientos se presentan de forma permanente en zonas de pronunciadas pendientes altas a muy altas con ángulos de inclinación entre 50 y 100%, las caídas de rocas en ángulos de pendientes dominantes muy altas por encima de 100% y los flujos en pendientes medianas a bajas entre 15 y 30%.
- ❖ El área de estudio, se encuentra sometida a intensas precipitaciones entre 500 milímetros mensuales en su etapa más crítica durante dos periodos al año sistema bimodal. Así mismo se determinó que los periodos más críticos de exceso de lluvias que enfrentó el área de estudio durante la serie evaluada obedecieron a la incidencia de ondas estacionarias y eventos climáticos globales anormales como el fenómeno de la Niña, aumentando las posibilidades de generación de fenómenos de remoción en masa que por saturación del material de los suelos

acrecientan las probabilidades de ocurrencia de movimientos en masa. Así mismo se definió que el déficit de lluvia durante la serie evaluada estuvo condicionado por el paso de ondas estacionarias como el fenómeno de la Niño, donde la menor precipitación se encuentra por debajo de los 0 milímetros mensuales para el mes más seco.

- ❖ Para los barrios las Delicias y Centro del municipio de Silvia, Cauca, según el mapa de amenaza relativa total del terreno, actualmente se cataloga como un espacio inseguro por presentar niveles de amenaza de moderada a muy alta, ello significa que su planificación y ubicación actual no cumple con los criterios para una futura expansión urbana sin ningún peligro de presentar movimientos en masa, por lo tanto la población que se encuentra asentada en dicho espacio geográfico se encuentra expuesta a eventualidades relacionados con estos fenómenos, sin que se pueda destacar la posibilidad que a futuro se activen nuevos fenómenos consecuencia de una desordenada planificación urbana.
- ❖ La localización puntual de los fenómenos de remoción en masa, muestra un marcado patrón de movimientos lineales paralelo a la red de drenaje en la zona. Estableciéndose senderos de remoción en masa, principalmente a lo largo del margen del río Piendamó y quebrada Manchay.
- ❖ El cambio de vocación de uso de los suelos sobre áreas eminentemente forestales, para el establecimiento de actividades agropecuarias ha ocasionado deterioro de los mismos reflejado en la aparición de procesos erosivos que finalmente terminaron por generar fenómenos de remoción en masa en toda el área de estudio.
- ❖ La zonificación de la amenaza relativa que se presenta para el área de estudio, brinda información fundamental, para los procesos de toma de decisiones, ya que establece la posibilidad de conocer la respuesta del medio físico frente a la formación de fenómenos de remoción en masa; la zonificación entonces se establece como el mecanismo que permite contar con información objetivas de áreas puntuales propensas que por sus características actuales (niveles de amenaza) requieran interés prioritario para ser incorporadas dentro de los planes programas y proyectos relacionados con la prevención de amenazas en el desarrollo físico espacial de la cabecera municipal de Silvia, Cauca.

12.RECOMENDACIONES

- Dado a los resultados obtenidos en la presente investigación se invita a la Administración Municipal, instituciones de interés y a la Academia, a replicar esta metodología en otros puntos del territorio municipal que en la actualidad enfrentan la problemática de los fenómenos de remoción en masa y que carecen totalmente de estudios confiables a una mejor escala de análisis que permitan actuar frente al conocimiento de las áreas de amenaza relativa por este tipo de procesos.
- Se recomienda a la administración Municipal de Silvia, Cauca a través de la oficina de planeación y a aquellas instituciones involucradas en la planificación, ordenamiento territorial y la atención de desastres, que contemplen la posibilidad del monitoreo de las áreas que en este estudio se clasificaron como amenaza relativa muy alta, alta y media, teniendo en cuenta la importancia de generar y obtener información con el mayor detalle con mejor escala de detalle posible debido a que este estudio logró identificar aquellas zonas de amenaza a una escala general, esto con el fin de tomar medidas de prevención, de control y mitigación para dar aviso temprano a las comunidades en situación de vulnerabilidad sobre nuevos fenómenos de remoción en masa que puedan ocurrir.
- Con base los resultados que se obtuvieron en esta investigación, se recomienda que en todo proceso físico de planificación territorial local que se pretenda desarrollar en la cabecera municipal de Silvia, Cauca, se debe tener en cuenta, los criterios de amenaza relativa, presentados en este estudio observando y respetando las zonas de amenaza relativa muy alta a alta, con el fin de mejorar y preservar los proyectos y obras encaminados a la búsqueda del desarrollo físico espacial de dicho entorno.
- Se recomienda prevenir al máximo los factores de deterioro ambiental entre ellos la deforestación en zonas de alta pendiente, por el contrario se debe alentar a reforestar a aquellas áreas desprovistas de vegetación, mediante la siembra de coberturas nativas protectoras, sobre todo en aquellos sectores de las principales cuencas y micro cuencas que se encuentran altamente intervenidas entre ellas la cuenca del río Piendamó, quebrada Manchay, para proteger las laderas de procesos de erosión y así evitar la formación de fenómenos de remoción en masa futuros, para lograrlo se deberá recurrir a la normatividad ambiental que rige para Colombia en torno a la protección de ecosistemas terrestres. En las zonas identificadas como de amenaza relativa alta a muy alta, se recomienda tomar medidas correctivas que aseguren la estabilidad de los sectores afectados y en caso contrario se deben tomar composturas tendientes a la conservación y promoción como áreas de protección natural.
- El conocer la amenaza relativa de los barrios las Delicias y Centro frente a la formación de fenómenos de remoción en masa, abre las posibilidades de

implementación de programas y proyectos relacionados con la gestión del riesgo, por ello se recomienda que sería de suma importancia ya que se cuenta con el presente estudio, que la alcaldía municipal de Silvia Cauca considerara implementar al Plan Local de Emergencias y Contingencias (PLEC), por fenómenos de remoción en masa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ALCALDIA MUNICIPAL DE SILVIA. *Plan de Manejo Parte Alta de la Sub Cuenca Piendamó. Corrientes de Segundo Orden. Silvia. Enero, 2003. . (s.f.).*
- BONACHEA PICO, Jaime. Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. España: Universidad de Cantabria. 2006. P 47. .
- CARDONA ARBOLEDA, Omar. *Compilado por LAVELL Allan. Viviendo el riesgo comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Colombia. 1994. tercer Mundo editores, P. 84. (s.f.).*
- CASTELLANOS, R. Citado por: MAYORGA MARQUEZ, Ruth. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar el título de magíster en meteorología. Bogotá Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.2003.p. 15.
- COQUE, Roger. *Geomorfología. Madrid: Alianza, 1984. P.117. (s.f.).*
- CROZIER 1986. Citado por Escuela de geología. *Boletín de geología, Vol. 22, No 37. Bucaramanga: Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander, 2001. P. 40. (s.f.).*
- DUQUE, ESCOBAR, Gonzalo. [En Línea]. *Amenazas Naturales en los Andes de Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2007. P. 2. En: www.google.com. (Consultado 25 Abril 2016). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.digital.unal.edu.c>. (s.f.).* Obtenido de o.
- ENTREVISTA con José Demetrio Carlos, h. d. (Octubre de 2016). (C. Gomez, Entrevistador)
- ENTREVISTA con Liliana del Socorro Obando, h. d. (Octubre de 2016). (G. Carlos, Entrevistador)
- GONZALES y otros. Citado por: MAYORGA MARQUEZ, Ruth. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar el título de magíster en meteorología. Bogotá Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.2003.p. 81. .
- INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGIA Y MINERIA INGEOMINAS. *Zonificación de la amenaza por deslizamientos en el casco urbano del Municipio de Dolores Tolima. Bogotá, Colombia, 2003. P. 5. (s.f.).*
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METERELOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM, *Op.Cit., p.1. (s.f.).*

- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Citado por: MAYORGA MARQUEZ, Ruth. Determinación de umbrales de lluvias detonantes de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar el título de Magister en meteorología. Bogotá. Trabajo de grado Universidad Nacional . (s.f.). Obtenido de de Colombia.2003. p. 58.*
- MARIN. Citado por: MAYORGA MARQUEZ, Ruth. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar el título de Magister en meteorología. Bogotá. Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.2003. p.15. .
- MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Instructivo para el levantamiento y actualización de cobertura de la tierra en las áreas de parques nacionales. Bogotá. 2008. P. 6. .
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Y OTROS. [En Línea]. Protocolo para remoción en masa. Bogotá, 2009. P. 9 En: www.google.com. (consultado ,06 abril2016). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.parquesnacionales.gov.co/>. (s.f.). Obtenido de PNN/portel/libreria/pdf/protocoloparalaremociónenmasa.pdf. p 16.*
- MINISTERIO DEL INTERIOR, DIRECCIÓN GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES DE COLOMBIA. Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. 2ed. Santafé de Bogotá: Olitocomputa, 2001. p. 23. (s.f.).*
- OBANDO, Jorge. Zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento las mesas. Nariño, Colombia, 2012. P 35.
- ODÓÑEZ, Celestino y MARTINEZ, Roberto. Sistemas de Información Geográfica, aplicaciones prácticas con Idrisi 3.2 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales. México: Alfaomega. 2003 p. 3. . (s.f.).*
- PLAN BASICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Municipio de Silvia Cauca, Año. 2.000. (s.f.).*
- PLANEACION MUNICIPAL DE SILVIA. Proyección urbana, Silvia cauca, 2002.
- SARKAY Y KANUNGO. Citado por: Suarez Díaz Jaime. Deslizamientos: Análisis geotécnico. Escuela de Ingeniería Civil Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga Santander Colombia, 2002. P. 535. . (s.f.).*
- SUAREZ DÍAZ, Jaime. [En Línea]. Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Escuela de Ingeniera Civil Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga Santander Colombia, 2002. P. 14 – 15. En: www.google.com.(consultado, 20 Marz.2016). <http://www.erosion.com/p.5>. (s.f.).*
- VARGAS CUERVO, Op. Cit., p. 64. (s.f.).*

VILLOTA, Hugo. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá: 2d. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005. P. 32. (s.f.).

YUDY, Natalia y KATHERINE, Escobar. Análisis de riesgo por movimientos en masa en el barrio maría oriente, Municipio de Popayán. Proyecto de investigación para optar el título de geógrafa. Popayán. Trabajo de grado Universidad del Cauca. 2005. (s.f.).

ANEXOS.

Cuadro 11. Matriz de amenaza relativa de las unidades geomorfológicas a los fenómenos de remoción en masa.

		Superficie acumulada de procesos por unidad en hectáreas			Porcentaje peso de las unidades geológicas a los FRM			Grado de Amenaza relativa para cada unidad		
Unidad cartográfica.	Superficie total por unidad	Deslizamiento	Flujo	Caídas	Deslizamiento (Rotacional - Traslacional) (%)	Flujos (Lodos, Detritos). (%)	Caídas (Rocas) (%)	Deslizamientos	Flujos	Caídas
Lomas y Colinas (Lc)	1,167	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Filas y vigas (Fv)	485,53	26,06	0,025	0,086	0,53	0,05	0,01	4	1	1

Total	486,697	26,06	0,025	0,086						
--------------	----------------	--------------	--------------	--------------	--	--	--	--	--	--

Cuadro 12. Matriz de amenaza relativa de las unidades de cobertura y uso del suelo a los fenómenos de remoción en masa.

		Superficie acumulada de procesos por unidad en hectáreas			Porcentaje peso de las unidades geológicas a los FRM			Grado de Amenaza relativa para cada unidad		
Unidad cartográfica.	Superficie total por unidad	Deslizamiento	Flujo	Caídas	Deslizamiento (Rotacional - Traslacional) (%)	Flujos (Lodos, Detritos). (%)	Caídas (Rocas) (%)	Deslizamientos	Flujos	Caídas
Bosque de galería y ripario	2,42	0,055	0	0	0,22	0	0	3	1	1
Bosque denso	22,03	11,9	0	0	0,54	0	0	4	1	1

Cultivos transitorios	1,61	0,022	0	0,016	0,13	0	0,99	2	1	5
Mosaico de pastos y cultivos	27,31	7,91	0	0	0,28	0	0	4	1	1
Pastos	8,94	0,154	0	0	0,17	0	0	3	1	1
Pastos arbolados	60,32	13,95	0	0	0,23	0	0	3	1	1
Barrio Delicia y Centro	8,99	0,096	0,025	0,086	0,10	0,27	0,95	2	4	5
Laguna	0,89	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Total	132,51	34,08	0,025	0,10						

Cuadro 13. Matriz de amenaza relativa de la pendiente del terreno a los fenómenos de remoción en masa.

		Superficie acumulada de procesos por unidad en hectáreas			Porcentaje peso de las unidades geológicas a los FRM			Grado de Amenaza relativa para cada unidad		
Unidad cartográfica.	Superficie total por unidad	Deslizamiento	Flujo	Caídas	Deslizamiento (Rotacional - Traslacional) (%)	Flujos (Lodos, Detritos). (%)	Caídas (Rocas) (%)	Deslizamientos	Flujos	Caídas
Pendiente muy Baja	101,46	20,25	0,008	0,067	0,19	0,07	0,06	3	2	2
Pendiente Baja	245,71	20,21	0,017	0,075	0,82	0,06	0,03	5	2	1

Pendiente Moderada	138,81	19,44	0	0	0,14	0	0	2	1	1
Pendiente Alta	16,47	10,5	0	0	0,63	0	0	5	1	1
Pendiente muy Alta	0,088	0,012	0	0	0,13	0	0	2	1	1
Total	502,53	70,41	0,025	1,42						

Cuadro 14. Matriz de amenaza relativa de las unidades geológicas a los fenómenos de remoción en masa.

		Superficie acumulada de procesos por unidad en hectáreas			Porcentaje peso de las unidades geológicas a los FRM			Grado de Amenaza relativa para cada unidad		
Unidad cartográfica.	Superficie total por unidad	Deslizamiento	Flujo	Caídas	Deslizamiento (Rotacional - Traslacional) (%)	Flujos (Lodos, Detritos). (%)	Caídas (Rocas) (%)	Deslizamientos	Flujos	Caídas
Complejo Quebrada Grande	26,79	4,02	0	0	0,15	0	0	3	1	1
Depósitos de Flujo de Ceniza y Bloques	424,86	25,82	0,025	0,086	0,60	0,05	0,02	4	1	1

Esquisto Verde representado por Metabasalto, indica predominio de Meta volcánicos	5,34	0,012	0	0	0,22	0	0	3	1	1
Depósitos Aluviales	29,70	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Total	486,69	26,091	0,025	0,086						