

DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD Y FACTORES  
DESENCADENANTES QUE ORIGINAN FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN  
MASA EN LA VÍA PANAMERICANA ENTRE LOS MUNICIPIOS DE ROSAS,  
SOTARÁ Y TIMBIO DEPARTAMENTO DE CAUCA

LINA LASSO REVELO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
SAN JUAN DE PASTO  
2017

DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD Y FACTORES  
DESENCADENANTES QUE ORIGINAN FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN  
MASA EN LA VÍA PANAMERICANA ENTRE LOS MUNICIPIOS DE ROSAS,  
SOTARÁ Y TIMBIO DEPARTAMENTO DE CAUCA

LINA LASSO REVELO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Geógrafa

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA  
SAN JUAN DE PASTO  
2017

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva del autor”

Artículo 1 del acuerdo No. 324 de Octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**San Juan de Pasto, 01 de Junio de 2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a este diplomado el haberme dado la oportunidad de mejorar mi conocimiento en mi carrera para aplicarlo en el mundo más cercano, a mis experiencias de vida y con mayor razón en mi vida profesional.

Doy Gracias a mi familia, en especial a mi madre y a mi novio Gustaf Jansson.

A mis compañeros que me colaboraron durante el diplomado.

Agradezco a los profesores Carlos Torres, Iván Córdoba, Andrés Velásquez, quienes con su conocimiento han aportado un valioso aprendizaje.

**Lina Lasso Revelo.**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	14
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
2. JUSTIFICACIÓN .....	18
3. OBJETIVOS .....	19
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	19
3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
4. MARCO REFERENCIAL .....	20
4.1 CONTEXTO INTERNACIONAL .....	20
4.2 CONTEXTO NACIONAL .....	22
4.3 CONTEXTO REGIONAL .....	23
5. MARCO CONCEPTUAL .....	25
6. MARCO LEGAL .....	27
7. METODOLOGÍA .....	30
7.1 FASE 1: REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA .....	30

7.2 FASE 2: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y METEOROLÓGICA.....	31
7.3 FASE 3: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN GEOMORFOLÓGICA Y TOPOGRÁFICA .....	31
7.4 FASE 4: IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DESENCADENANTES DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA .....	32
7.5 FASE 5: ELABORACIÓN DE ANÁLISIS MULTICRITERIO .....	32
7.6 FASE 6: SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN .....	32
7.7 ESQUEMA METODOLÓGICO.....	33
8. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y MORFOLÓGICA DE LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO .....	34
8.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	34
8.2 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA .....	34
8.3 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA.....	41
9. SUSCEPTIBILIDAD Y FACTORES DESENCADENANTES DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA VÍA PANAMERICANA ENTRE LOS MUNICIPIOS DE ROSAS, SOTARÁ Y TIMBÍO.....	45
9.1 COBERTURA VEGETAL .....	47
9.2. MAPA DE COBERTURAS VEGETALES .....	49
9.3. FACTORES DESENCADENANTES .....	52
9.3.1 Precipitación.....	52
9.3.2 Geomorfología.....	54
9.3.3 Pendientes .....	55
9.4 CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA.....	56
9.5 MAPA DE PENDIENTES .....	57

10. AFECTACIÓN SOCIOECONÓMICA POR CAUSA DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA .....	66
11. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO .....	68
11.1 IDENTIFICACION DE ZONAS CON MAYOR SUSCEPTIBILIDAD .....	73
12. CONCLUSIONES .....	75
13. RECOMENDACIONES .....	76
BIBLIOGRAFÍA .....	77
ANEXOS .....	80

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Descripción geológica .....	36
Cuadro 2. Descripción geomorfológica .....	44
Cuadro 3. Cobertura vegetal zona de estudio.....	49
Cuadro 4. Clasificación de pendientes.....	57
Cuadro 5. Clasificación de pendientes zona de estudio .....	63
Cuadro 6. Clasificación geológica según Mora Vahron .....	68
Cuadro 7. Clasificación de pendientes según Suarez.....	68
Cuadro 8. Ponderación normalizada y total .....	69

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Ubicación geográfica zona de estudio municipios Rosas, Sotará y Timbío departamento de Cauca .....	81
Anexo B. Unidades geomorfológicas municipios Rosas, Sotará y Timbío departamento de Cauca .....	82
Anexo C. Cobertura vegetal municipios Rosas, Sotará y Timbío departamento de Cauca .....	83
Anexo D. Pendientes zona de estudio municipios Rosas, Sotará y Timbío departamento de Cauca .....	84
Anexo E. Geología zona de estudio municipios Rosas, Sotará y Timbío departamento de Cauca .....	85
Anexo F. Área con mayor susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa municipios Rosas, Sotará y Timbío departamento de Cauca .....	86

## RESUMEN

Una de las amenazas más comunes en zonas de cordillera en el sur occidente de Colombia, es el fenómeno de remoción en masa, esta clase de eventos causan gran repercusión a nivel regional principalmente cuando se originan sobre vías de comunicación del orden nacional, como es el tramo de la vía Panamericana en los municipios de Rosas, Sotará y Timbío, departamento de Cauca, zona que a lo largo de los años se ha visto constantemente afectada por este tipo de eventos.

Los objetivos formulados en este documento están directamente relacionados con el análisis geológico, geomorfológico y topográfico, como también con aspectos climatológicos presentes en la zona de interés, con el fin de identificar factores desencadenantes que conllevan a la presencia de fenómenos de remoción en masa y que permitan por lo tanto, localizar geográficamente los sitios más propensos a este tipo de acontecimientos.

La metodología empleada en el desarrollo de la investigación es analítica – sintética; utilizando información de tipo cuantitativo sobre aspectos geológicos, geomorfológicos y climáticos del área de estudio, se obtuvo una visión y conocimiento más amplio de la geografía física del sector; de igual manera se consultó información sobre la dinámica socio espacial de los municipios que forman parte de la zona de interés con el propósito de identificar las consecuencias de tipo socioeconómico que generaría la ocurrencia de un evento de remoción en masa.

Considerando lo antes mencionado, esta investigación demuestra que la amenaza por remoción en masa, en un departamento como el Cauca, se encuentra presente debido a las condiciones topográficas y climáticas del mismo, lo que repercutiría en una afectación de tipo socioeconómico en los municipios que forman parte de la investigación.

## **ABSTRACT**

One of the most common threats in mountain areas in southwestern Colombia, is the phenomenon of mass removal, this kind of events cause great repercussion at the regional level mainly when they originate on national communication channels, as is the section of the Pan-American route in the municipalities of Rosas, Sotará and Timbío, department of Cauca, an area that has been constantly affected by this type of events over the years.

The objectives formulated in this document are directly related to geological, geomorphological and topographic analysis, as well as to climatological aspects present in the area of interest, in order to identify triggering factors that lead to the presence of mass removal phenomena and thus allow geographically locate the sites most prone to this type of events.

The methodology used in the development of the research is analytic - synthetic; Using information of quantitative type on geological, geomorphological and climatic aspects of the study area, a broader vision and knowledge of the physical geography of the sector was obtained; It was also consulted information on the socio-spatial dynamics of the municipalities that are part of the area of interest in order to identify the consequences of a socioeconomic type that would lead to the occurrence of a mass removal event.

Considering the aforementioned, this research shows that the threat of mass removal, in a department like Cauca, is present due to the topographic and climatic conditions of the same, which would affect a socioeconomic type in the municipalities that are part of the research.

## INTRODUCCION

La presente investigación aborda el tema de la susceptibilidad y factores desencadenantes de fenómenos de remoción en masa en la vía Panamericana entre los municipios de Rosas, Sotará y Timbío, departamento de Cauca, con el fin de aportar a la identificación y análisis de zonas propensas a esta clase de fenómenos.

Esta investigación tiene en cuenta que los fenómenos de remoción en masa, en la mayoría de los casos pueden generar impactos negativos a nivel socioeconómico en una región, puesto que, en algunos casos la magnitud de dichos eventos supera el grado de respuesta local, lo que ha generado que dichos eventos deban ser atendidos con recursos del orden nacional a causa de la afectación directa no solo a nivel local sino por las consecuencias económicas que puedan sucederse a nivel regional, que en el caso de la presente investigación podrían generarse por el cierre de la vía Panamericana dejando incomunicado el sur del país.

Actualmente, hablar sobre gestión del riesgo, significa identificar, prevenir y buscar la reducción de impactos negativos sobre una comunidad desde la identificación de una amenaza y sus factores de incidencia para su ocurrencia. Por tal razón, este documento, aborda dicha temática desde la óptica de identificación de zonas propensas al fenómeno de estudio.

Esta investigación presenta un interés académico enfocado principalmente en desarrollar un estudio sobre la identificación de factores climatológicos y geomorfológicos que inciden en el acontecimiento de un evento de remoción en masa sobre la vía Panamericana en el trayecto que ésta cubre a lo largo de tres municipios en la zona centro del departamento de Cauca, puntualizando los lugares más propensos a este tipo de fenómenos.

Además de lo anterior, se realiza una descripción geológica, geomorfológica, como también productiva de los municipios de interés a fin de obtener una visión más amplia sobre las repercusiones negativas que generaría un evento como el estudiado en la zona materia de investigación.

La ejecución del presente documento se desarrolló llevando a cabo una revisión bibliográfica detallada sobre la temática en cuestión, analizando el aspecto geológico y geomorfológico de la zona; tipo de pendientes existentes, cobertura vegetal y actividades económicas actuales en el área de estudio. Temática consultada a través de cartografía proveniente de institutos reconocidos a nivel nacional como el Servicio Geológico Colombiano, Instituto Geográfico Agustín Codazzi e información del ente territorial como Esquemas de Ordenamiento Territorial y Planes de Desarrollo.

En el departamento de Cauca, actualmente no se han desarrollado investigaciones de carácter académico acerca del fenómeno de remoción en masa para el área objeto de interés, desestimando con ello la amenaza existente sobre la vía Panamericana y las consecuencias que un evento de esta naturaleza causaría a nivel municipal y departamental ante el cierre de tan importante vía; razón por la cual, el presente documento enmarca su línea de investigación en Prevención de Desastres, haciendo especial énfasis en la amenaza, factores desencadenantes y repercusiones causados por un evento de esta naturaleza.

Esta investigación realiza como aporte desde la Geografía a manera de diagnóstico y de forma descriptiva, el estudio de la amenaza de remoción en masa, identificando espacialmente sitios propicios para el acontecimiento de esta clase de eventos y sus implicaciones a nivel municipal.

Para la ejecución de este proyecto de investigación no se recibió ayuda económica ni logística por parte de entidades o particulares; se realizó en su totalidad con recursos y disposición del investigador.

Por lo anterior, el presente documento de investigación reúne todas las partes necesarias en las que se explica la manera cómo se ejecutó la temática planteada, lo que permitió fijar unos lineamientos precisos de trabajo.

## 1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las principales zonas en Colombia propensas a sufrir fenómenos de remoción en masa se encuentran distribuidas en la cadena montañosa del país, especialmente en los departamentos de Antioquia, Tolima, Valle del Cauca, Caldas, Boyacá y Nariño por sus condiciones topográficas, geológicas e hidrológicas.<sup>1</sup>

En las últimas dos décadas los asentamientos en Colombia se han localizado en un alto porcentaje en zonas peligrosas, inseguras o con riesgo de amenazas naturales. Parte de este fenómeno se ha producido por diversas razones, entre ellas el crecimiento poblacional, el desplazamiento forzado, la desigualdad socio-económica y la localización de un número importante de centros poblados en zonas montañosas o de ladera.<sup>2</sup>

En la mayoría de los casos los eventos naturales ocurridos en nuestro país han generado consecuencias negativas para la población y la economía no solo de la región afectada sino a su vez, dichos eventos han repercutido a nivel nacional; muchos de estos pudieron ser evitados y minimizado su impacto, si en su momento se hubiera contado con estudios previos para determinar e identificar amenazas sobre la población y su respectiva afectación ante un evento natural.

Actualmente unos de los temas que ha cobrado mayor interés en materia de riesgo, amenaza y vulnerabilidad ambiental son los procesos de remoción en masa, en zonas donde el relieve, la geomorfología y los procesos tectónicos son recurrentes; cabe señalar que según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE para el año 2010 un 75% de la población colombiana se encuentra ubicada en la región andina.

El análisis de la amenaza por remoción en masa elaborado por el Servicio Geológico Colombiano – SGC, permite identificar que el departamento de Cauca posee un grado de amenaza por deslizamientos, desprendimientos y caída de rocas catalogado como “Muy Alta” principalmente en los municipios ubicados en la zona de cordillera.

Entre los municipios que forman parte de la presente investigación se encuentra el municipio de Rosas localizado a 41 kms de Popayán en la parte centro oriental del

---

<sup>1</sup> COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – CEPAL. Información para la gestión de riesgo de desastres estudio de caso de cinco países Colombia. Ciudad de México. 2007. p.53

<sup>2</sup> CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS LATINOAMERICANOS [online]. Amenaza por remoción en masa en Colombia. Disponible de internet: <http://ceelat.org/mapas/amenaza-por-remocion-en-masa-en-colombia/>

Departamento del Cauca con una extensión de 172 km<sup>2</sup>, conformado por 37 veredas, no es ajeno a eventos de remoción en masa este tipo de fenómeno se ha presentado en los últimos años al sur del municipio en la vereda de Párraga.

De igual manera el municipio de Sotará, localizado en la región centro del departamento de Cauca, posee una extensión de 517 Km<sup>2</sup>, dista a 41 Km de Popayán. La mayor parte del territorio es montañoso y su relieve corresponde a la cordillera central, Cuenca del río Patía; el manejo inadecuado de las aguas tanto residuales como lluvias, han incidido negativamente sobre los suelos, generando problemas de movimientos en masa, en zonas de fuertes pendientes.<sup>3</sup>

Por último, el municipio de Timbio que forma parte de esta investigación, ubicado en la zona centro del departamento de Cauca, presenta una topografía que favorece la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa debido en parte al inadecuado manejo de terrenos de alta pendiente.

Lo anterior y considerando la ubicación de estos municipios dentro del análisis de la amenaza por remoción en masa elaborado por el SGC, se califica a estos tres municipios objeto de la presente investigación con un grado de amenaza “Muy Alta” respecto a fenómenos de esta naturaleza.

La inexistencia de registros históricos sobre eventos de remoción en masa para los municipios de interés ha conducido a tener en cuenta evaluaciones sobre resultados de suelos, clima y geomorfología de los cuales se analizaron características como pendiente, la tectónica, la condición de humedad (Precipitación), información que ha sido a su vez validada con la comunidad a través de talleres participativos.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son los factores desencadenantes y qué áreas presentan mayor susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa sobre la vía Panamericana entre los municipios de Rosas, Sotará y Timbío, departamento de Cauca?

---

<sup>3</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE SOTARÁ. Plan de desarrollo municipal “Profesionalismo y compromiso con Sotará”. Paispamba. 2012. p. 28.

## 2. JUSTIFICACION

En el departamento de Cauca son frecuentes los procesos de erosión y los movimientos de remoción en masa, que generalmente se presentan en áreas montañosas, debido a características de alta pendiente, procesos geomorfológicos hidrogravitatorios, litologías predominantes y condiciones climáticas adversas.<sup>4</sup>

En las inmediaciones de la parte baja de la zona del Río Patía debido en parte a la escasa vegetación, el escurrimiento y la erosión pluvial se presentan afectaciones por eventos de remoción en masa más fuertes que en otras zonas del departamento; eventos que por ende ocurren también en los municipios de Rosas, Sotaró y Timbío; sin embargo cabe señalar que existen zonas que presentan fenómenos de remoción en masa y que se encuentran distantes de las antes mencionadas como es el caso de la vereda Piedra sentada en el municipio de Patía, Párraga en el municipio de Rosas y el sector aledaño al Río Quilcacé, municipios de Sotaró y Timbío.

Debido a la falta de estudios sobre este tipo de afectación no se ha podido hasta el momento determinar las áreas precisas propensas a eventos de remoción en masa, por lo tanto, no existe un diagnóstico de la situación actual que contribuya a la gestión integral del riesgo dentro de la formulación de medidas de contingencia y mitigación.

Por otra parte, las condiciones naturales de los municipios de Rosas, Sotaró y Timbío, asociadas a la alta pluviosidad y las fuertes pendientes presentes en la zona objeto de investigación crean un escenario propicio para que se desarrollen fenómenos de remoción en masa tales como deslizamientos, reptación y caída de bloques, causando a su vez pérdidas de cultivos y disminución de áreas de aprovechamiento.

Considerando lo antes mencionado, la finalidad principal de esta investigación es aportar a la identificación y análisis de zonas propensas a fenómenos de remoción en masa y también al estudio de factores desencadenantes que generan la presencia de dichos fenómenos especialmente en la vereda Párraga, municipio de Rosas respectivamente; como también en el sector del Río Quilcacé, municipios de Sotaró y Timbío, con el fin de plantear alternativas de manejo de recuperación de áreas afectadas contribuyendo a la conservación del medio ambiente y a la protección de comunidades, logrando con ello, identificar el comportamiento e impacto socioeconómico de los fenómenos de remoción en masa al interior de la zona objeto de estudio.

---

<sup>4</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA – CRC. Plan de Acción 2012 – 2105. Popayán. 2012. p. 59.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la susceptibilidad y factores desencadenantes que originan fenómenos de remoción en masa en la vía Panamericana entre los municipios de Rosas, Sotará y Timbío, departamento de Cauca.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer las características geológicas y morfológicas de la zona objeto de estudio.
- Evaluar la susceptibilidad y factores desencadenantes de fenómenos de remoción en masa en la vía Panamericana entre los municipios de Rosas, Sotará y Timbío, departamento de Cauca.
- Identificar la afectación socioeconómica por causa de fenómenos de remoción en masa en la zona objeto de investigación.
- Elaborar el análisis multicriterio de la zona objeto de estudio.

## **4. MARCO REFERENCIAL**

La ocurrencia de fenómenos naturales cercanos a sitios poblados ha suscitado por lo general situaciones de riesgo en las comunidades aledañas; es así como, en muchas ocasiones un evento de tipo natural es capaz de transformar un espacio geográfico claramente delimitado en zona de desastre cuantificable por la afectación estructural, económica, social.

Un fenómeno natural recurrente, en ocasiones devastador y causante de un gran impacto negativo es el fenómeno de remoción en masa generado por procesos erosivos el cual puede ser lento o rápido, involucrando grandes volúmenes de roca, suelo y escombros, generalmente se mueven sobre pendientes bajo la influencia de la gravedad.

Los fenómenos de remoción en masa incluyen derrumbes, caídas, desplomes, deslizamientos, soliflución y flujos de materiales no consolidados provocados por sismos, erupciones volcánicas o suelos saturados por agua de las lluvias. Las altas pendientes y los suelos desprovistos de una cobertura de vegetación protectora son algunos de los factores generadores del desprendimiento de material no consolidado.<sup>5</sup>

Actualmente el manejo de fenómenos de remoción busca a través de la gestión del riesgo integrar tres componentes principales como son: el conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo y el manejo de desastres, contribuyendo a la seguridad, bienestar y calidad de vida de las personas con miras a un desarrollo sostenible.

### **4.1 CONTEXTO INTERNACIONAL**

Los fenómenos de remoción en masa se han convertido en tema de investigación a nivel internacional debido a las afectaciones y repercusiones que causan a nivel no solo local sino también nacional. Es así como, se aúnan esfuerzos para analizar la ocurrencia de estos fenómenos, zonificación de áreas susceptibles e identificación de factores desencadenantes.

Por lo anterior, se han propuesto metodologías que permitan la delimitación de áreas susceptibles a remoción en masa como la propuesta por Claudia Espinoza Lizama, titulada: “Propuesta metodológica para establecer áreas de riesgo por

---

<sup>5</sup> CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA – CRC. Plan de Acción para la Atención de la Emergencia y la Mitigación de sus Efectos “PAAEME” en el área de jurisdicción de la C.R.C. Popayán. 2011. p. 21.

remoción en masa, Chile”<sup>6</sup>, que surgió del análisis de “Estudio de riesgo de sismos y maremotos para comunas costeras de la región del Bío Bío” y del “Estudio de riesgo – informe antisísmico PRC de Renaico, región de la Araucanía, Chile”, la necesidad de plantear una metodología para la delimitación de áreas susceptibles a remoción en masa aparece por la carencia de metodologías específicas que determinen de forma adecuada dichas áreas propensas a fenómenos de remoción en masa en los estudios antes citados.

En Centro América, se encuentra la “Metodología para elaborar mapas de susceptibilidad a procesos de remoción en masa, análisis del caso ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas”, elaborada por el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, este documento se diseñó como respuesta a los procesos de remoción en masa generados a partir de procesos de disolución y erosivos, que dan como resultado el desprendimiento de grandes bloques; eventos históricamente acontecidos en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Como producto se obtuvo un mapa de amenazas por procesos de remoción en masa determinando cinco niveles de amenaza en la zona urbana.<sup>7</sup>

Según los factores desencadenantes de los fenómenos de remoción en masa se han desarrollado investigaciones sobre éstos, es el caso de los movimientos de remoción en masa acontecidos por precipitaciones ligados a eventos de erosión fluvial como los que tuvieron lugar en la quebrada del Río Los Sosa, Provincia de Tucumán, Argentina, en los meses de verano del año 2001, que afectaron severamente a la ruta Provincial 307.<sup>8</sup>

En la citada investigación fue posible identificar parámetros con incidencia directa en el proceso de remoción en masa; la progresiva acumulación de agua de lluvias prolongadas y la intensidad de las tormentas, sumado a esto la acción antrópica efectuada de manera intencional y/o accidental. Cabe señalar que, no se desestimaron factores condicionantes como la litología y las pendientes de la zona.

En Chile, el denominado “Estudio de fenómenos de remoción en masa. Sector Niebla – San Ignacio comuna de Valdivia Xª Región”, analiza en forma general la estabilidad de los taludes existentes en el área de estudio, se estudian las características geológicas, geomorfológicas, climatológicas, hidrológicas y poblacionales del sector, identificando y analizando las zonas más propensas a

---

<sup>6</sup> LIZAMA ESPINOZA, Claudia. Propuesta metodológica para establecer áreas de riesgo por remoción en masa, Chile. Santiago. 2012. p. 146.

<sup>7</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO – UNAM. Metodología para elaborar mapas de susceptibilidad a procesos de remoción en masa, análisis del caso ladera sur de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Ciudad de México. 2017. p. 128.

<sup>8</sup> REVISTA DE LA ASOCIACIÓN GEOLÓGICA ARGENTINA [online]. Procesos de remoción en masa y erosión fluvial en la quebrada del río Los Sosa, provincia de Tucumán. Disponible de internet: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-48222003000200011](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222003000200011)

sufrir deslizamientos. Estos sectores se encuentran dentro del plano regulador comunal y en los últimos años han tenido un proceso creciente de asentamiento poblacional con el consiguiente aumento de riesgo para la integridad de las personas por Fenómenos de Remoción en Masa.<sup>9</sup>

## 4.2 CONTEXTO NACIONAL

Las investigaciones y estudios que aborden la temática de los fenómenos de remoción en masa cada vez cobran mayor interés, tanto a nivel institucional como a nivel académico son varios los aportes que existen; es el caso de la “Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa” del Servicio Geológico Colombiano, que describe los lineamientos metodológicos para realizar estudios de riesgo por movimientos en masa, aplicables en la mayoría de las cabeceras municipales y centros poblados pequeños y medianos de Colombia.<sup>10</sup>

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, también han adelantado investigaciones a través de propuestas metodológicas para identificar terrenos susceptibles a fenómenos de remoción en masa; en el “Modelo para el pronóstico de la amenaza en tiempo real”<sup>11</sup>, se definen técnicas a partir del análisis de variables climáticas como la precipitación entendida ésta como un factor desencadenante de deslizamientos.

En este punto, es necesario destacar que la primera vez que en Colombia un evento de deslizamiento obligó la evacuación y reubicación de la totalidad de la población de un casco urbano, fue en mayo de 1999. Como medida de prevención y atención de desastres se reubicó el municipio de San Cayetano en el departamento de Cundinamarca; ya que, por causa de movimientos en masa lentos durante los últimos cincuenta años y como consecuencia de la intensidad de lluvias durante el primer trimestre de 1999, el fenómeno de remoción en masa se aceleró colocando en riesgo a la población.<sup>12</sup>

---

<sup>9</sup> OPORTO GALLARDO, Benedicto René. Estudio de Fenómenos de Remoción en masa. Sector Niebla – San Ignacio comuna de Valdivia X<sup>a</sup> Región. Trabajo de grado Ingeniero Civil en Obras Civiles. Valdivia: Universidad Austral de Chile. Instituto de Obras Civiles. 2006. p. 6

<sup>10</sup> SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO – SGC. Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. 2015. p. 11.

<sup>11</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. [online]. Modelo para el pronóstico de la amenaza en tiempo real. Disponible de internet: [http://www.docentes.unal.edu.co/gvargasc/docs/PUBLICACIONES\\_RIESGOS/Modelo-pronosticoFRM.pdf](http://www.docentes.unal.edu.co/gvargasc/docs/PUBLICACIONES_RIESGOS/Modelo-pronosticoFRM.pdf)

<sup>12</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Movimientos en masa dañinos ocurridos en Colombia durante el Fenómeno Frío del Pacífico (La Niña) 1999 – 2000. Bogotá. 2000. p. 5

En el año 2010, el municipio de Gramalote en el departamento de Norte de Santander, fue destruido casi en su totalidad por un fenómeno de remoción en masa asociado al incremento en las precipitaciones; sin embargo, mediante un análisis más profundo se evidenció que existen otros factores desencadenantes como la geología del sector, presencia de fallas activas y los malos manejos de las aguas residuales que tuvieron influencia directa en éste hecho y que deben ser objeto de estudio para entender la dinámica de éste tipo de eventos.<sup>13</sup>

#### 4.3 CONTEXTO REGIONAL

El departamento de Cauca presenta erosión y movimientos de remoción en masa que regularmente acontecen en áreas montañosas, debido a la inclinación del terreno y que en algunos casos han estado relacionados con fenómenos climáticos asociados a alta precipitación.

A finales del año 2016, al occidente del municipio Buenos Aires, se presentaron deslizamientos como consecuencia del fuerte invierno que causó debilitamiento del terreno; así mismo, se reportaron deslizamientos en la vía que une a los municipios de Morales y Suárez.<sup>14</sup>

En el mes de agosto de 2016, siete personas murieron y dos quedaron desaparecidas por el deslizamiento de tierra en la vía que comunica a El Tambo con el corregimiento de Huisitó, departamento de Cauca a causa de fuertes lluvias en la zona.<sup>15</sup>

Por el momento no existen estudios o investigaciones que aborden el fenómeno de remoción en masa en los municipios de Rosas, Sotará y Timbío objeto de la presente investigación, es así como, en los Esquemas de Ordenamiento Territorial únicamente se hace alusión a las veredas donde se presentan dichos eventos.

Los municipios antes mencionados, actualmente se observan procesos de erosión, remoción en masa de pequeña a gran escala en especial en áreas elevadas con moderada a alta pendiente y moderada a alta intervención antrópica. Los principales movimientos de remoción en masa presentes en estos municipios son los deslizamientos en las zonas de la cordillera que suceden en épocas de

---

<sup>13</sup> CHINCHILLA VALLEJO, Juan David. Determinación de la Susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en Gramalote Norte de Santander. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bogotá.: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. 2015. p. 5.

<sup>14</sup> EL TIEMPO [online]. Emergencia por deslizamientos en zona rural del norte del Cauca. Disponible de internet: <http://www.eltiempo.com/colombia/cali/riesgo-de-avalancha-en-zona-rural-del-norte-del-cauca-38506>

<sup>15</sup> SEMANA. [online]. Deslizamiento de tierra en el Cauca deja al menos siete muertos. Disponible de internet: <http://www.semana.com/nacion/articulo/en-el-tambo-cauca-deslizamiento-de-tierra-deja-personas-muertas/504698>

lluvias, los principales daños están asociados a taponamiento de vías y a riesgo de desplome de viviendas construidas al borde de las mismas.

Es así como, a comienzos del año 2017, las fuertes lluvias registradas causaron en la vía que comunica los municipios de El Patía y Bolívar el deslizamiento de rocas obstaculizando por completo el paso de vehículos entre estos dos municipios.

Para el municipio de Rosas, el Esquema de Ordenamiento Territorial clasifica los fenómenos de erosión y remoción en masa como amenazas edáficas cuyos principales factores de incidencia son fenómenos climáticos sumados a éstos los tipos de suelo y pendiente que actúan como un activador de la erosión y de procesos de remoción en masa.<sup>16</sup>

La zona urbana del municipio de Timbío en algunos sectores presenta rasgos topográficos que favorecen la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa e inundaciones que eventualmente pueden afectarla. Durante la historia del municipio parece ser que las inundaciones del río Timbío representan los fenómenos naturales que han afectado de una manera más severa la población e infraestructura, especialmente de aquellas zonas aledañas al río Timbío y a la quebrada Chambio.

En cuanto a los fenómenos de remoción en masa no se tiene referencia de la ocurrencia de eventos catastróficos, aunque el manejo inadecuado de terrenos de alta pendiente representa para el futuro un peligro inminente si se tiene en cuenta el proceso acelerado de urbanización de algunos de estos terrenos.<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE ROSAS. Esquema de Ordenamiento Territorial. Rosas. 2000. p. 100 - 102.

<sup>17</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE TIMBÍO. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Timbío. 2006. p. 37.

## 5. MARCO CONCEPTUAL

Considerando la naturaleza del objeto de estudio y su línea de investigación Prevención de desastres, es necesario contar con una clara definición de términos que permitan entender e interpretar toda aquella terminología utilizada y aplicada en la ejecución de la presente investigación, es así como, se entiende que, **Movimiento en Masa** “equivale a definiciones como procesos de remoción en masa, fenómenos de remoción en masa, deslizamientos o fallas de taludes y laderas. La terminología y clasificación de movimientos en masa para este documento es conforme a la *Guía para la evaluación de amenazas por movimientos en masa* propuesta por el Proyecto Multinacional Andino (PMA), adoptada por Colombia (PMA: GCA, 2007), en la que movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad.”<sup>18</sup>

Por lo anterior, un fenómeno de remoción en masa se identifica como una amenaza que puede causar impactos de tipo socioeconómico en el área de estudio, ya que, una **Amenaza** se define como: “Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de modo accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales. La caracterización de la amenaza debe incluir su ubicación, clasificación, magnitud o intensidad, y se evalúa en función de probabilidad de ocurrencia espacial y temporal. La magnitud o intensidad de la amenaza se pueden expresar en términos de volumen, área, velocidad, intensidad o energía.”<sup>19</sup>

Así mismo, en la presente investigación, cuando hablamos de amenaza se necesita además considerar el nivel de vulnerabilidad desde los aspectos económico, social y ambiental a los cuales se encuentra expuesta la comunidad en la zona objeto de investigación. Respecto a lo antes mencionado, **Vulnerabilidad** es la “Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.”<sup>20</sup>

---

<sup>18</sup> SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO – SGC. Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. Bogotá. 2015. p. 19.

<sup>19</sup> Ibid., p. 17

<sup>20</sup> Ibid., p. 20.

Por lo tanto, el análisis de vulnerabilidad es una plataforma para:

- El entendimiento de la utilidad de la información generada por diferentes fuentes institucionales y su aplicación a las vulnerabilidades.
- La construcción de información basada en variables e indicadores necesarios en la comprensión de las vulnerabilidades y de fácil réplica para autoridades locales.
- El trabajo interinstitucional y multidisciplinario de actores responsables de la información, de la gestión territorial y de desarrollo a escala nacional y municipal.<sup>21</sup>

Un evento de remoción en masa es una amenaza que genera un nivel de vulnerabilidad al interior de una comunidad, por lo tanto, en el área de estudio es de vital importancia definir el elemento de riesgo y medir el mismo de acuerdo a la afectación económica y al daño físico que cause. En este punto, es ineludible, según la temática planteada la definición de **Riesgo** entendido como: "Medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, salud, propiedad o el ambiente. Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a eventos físicos peligrosos de origen natural, socio natural, o antrópico no intencional, en un periodo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad. Según la manera como se defina el elemento de riesgo, el riesgo puede medirse según la pérdida económica esperada, según el número de vidas perdidas o según la extensión del daño físico a la propiedad."<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> SECRETARÍA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS. Propuesta metodológica, Análisis de vulnerabilidad a nivel municipal. Quito, 2012. p. 14.

<sup>22</sup> SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Op. cit., p. 19

## 6. MARCO LEGAL

Debido a la ocurrencia de fenómenos naturales con implicaciones sociales y económicas a nivel regional y nacional que en muchas ocasiones sobrepasan el nivel de respuesta de entes territoriales y deben ser atendidos con recursos de la nación; el gobierno nacional se ha interesado en formular e implementar políticas que aborden el estudio y la atención de la gestión del riesgo.

Es así como, la **Constitución política de Colombia de 1991**, en el artículo 79, hace especial énfasis a que *“Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano...”*, *“Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica...”*.<sup>23</sup>

**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, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

### **Título I: Fundamentos de la política ambiental en Colombia.**

**Artículo 1:** “... la prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento”<sup>24</sup>

**Ley 388 de Junio 18 de 1997:** Ley de ordenamiento territorial en Colombia, por la cual se modifica la ley 9ª de 1989 y la ley 3ª de 1991.<sup>25</sup>

Esta ley se fundamenta principalmente en la planificación física del territorio mediante acciones y procedimientos que permitan alcanzar un orden espacial en armonía con el medio ambiente, esto incluye la adopción de estrategias de actuación urbanística, reglamentación de usos del suelo y actividades complementarias entre otras disposiciones, regulando el ejercicio de la planificación en las entidades municipales y distritales encargadas de administrar el desarrollo físico espacial del territorio nacional.

---

<sup>23</sup> COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Constitución Política de Colombia. Bogotá. 1991. p. 14.

<sup>24</sup> *Ibíd.*, Ley 99 (22, diciembre, 1993). Por el 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, se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA – y se dictan otras disposiciones Bogotá. 1993. p. 1.

<sup>25</sup> *Ibíd.*, Ley 388 (24, julio, 1997). Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. Bogotá. 1997. p. 1.

La ley 388 de 1997 dentro de sus principios y objetivos generales se encuentra incluido el tema de atención de desastres. Esta política de desastres se fundamenta en varios de sus artículos los cuales deben de ser acogidos y aplicados por las entidades territoriales a la hora de realizar sus Planes de Ordenamiento Territorial.

**Ley 1523 de 2012:** Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. De acuerdo a la Ley 1523 de 2012, están bien definidas las instancias de gobierno para el Sistema Nacional de Riesgos de Desastres; para el ámbito regional y local, establece claramente las competencias a las gobernaciones y alcaldías, las cuales se señalan a continuación. Instancias de coordinación territorial. Los Consejos departamentales, distritales y municipales de Gestión del Riesgo de Desastres, son instancias de coordinación, asesoría, planeación y seguimiento, destinados a garantizar la efectividad y articulación de los procesos (Art. 27). En los departamentos, distritos y municipios con población superior a 250.000 habitantes, existirá una dependencia o entidad de gestión del riesgo, con rango igual o superior a jefe de oficina asesora y su objetivo será el de facilitar la labor del alcalde como responsable y principal ejecutor de los procesos de la gestión del riesgo en el municipio, coordinar el desempeño del consejo territorial respectivo, y coordinar la continuidad de los procesos de la gestión del riesgo, en cumplimiento de la política nacional de gestión del riesgo y de forma articulada con la planificación del desarrollo y el ordenamiento territorial municipal (Art. 29).<sup>26</sup>

La ley 1523; surge en virtud de la obligación que se les ha impuesto a las autoridades de proteger a los residentes colombianos en su integridad, derechos y en sus bienes. También tiene como fundamento las situaciones de calamidad pública que puedan ocurrir en virtud de un desastre, así como por ola invernal que afectó a Colombia en los años 2010 – 2011, por lo que fue necesario regular lo referente a recuperación y reconstrucción que debe surtirse una vez ocurrido un desastre.

La ley plantea los principios orientadores de la gestión de riesgo, como son protección, solidaridad, auto conservación, participación, diversidad cultural, etc. Igualmente se establecen las definiciones que se deben tener en cuenta para la aplicación e interpretación de la ley, entre las que resalta la reglamentación restrictiva, a través de la cual debe prohibirse taxativamente la ocupación permanente de áreas expuestas a peligro.

---

<sup>26</sup> Ibid., Ley 1523 (24, abril, 2012). Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. Bogotá. 2012. p. 20.

**Decreto 93 del 13 de Enero de 1998:** Por el cual se adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Afirma que todas las entidades y organismos públicos, privados y organismos no gubernamentales a los cuales la Dirección Nacional, solicite colaboración a fin de ejecutar el plan, estarán obligados a prestarla dentro del ámbito de su competencia y que los organismos de planeación del orden territorial deben tener en cuenta las orientaciones y directrices señaladas en el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, y contemplarán las disposiciones y recomendaciones específicas sobre la materia, en especial en lo que hace relación a los planes de desarrollo regional, departamental y municipal.<sup>27</sup>

---

<sup>27</sup> MINISTERIO DEL INTERIOR. Decreto 93 de 1998 (19, enero, 1998). Por el cual se adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá. p. 1.

## 7. METODOLOGIA

La ejecución de la presente investigación empleó un diseño metodológico basado en la utilización de una metodología Analítica – Sintética<sup>28</sup>, ya que, por medio del análisis y cruce de información cuantitativa, proveniente de institutos reconocidos a nivel nacional en temas geológicos, climatológicos y cartográficos, se logró llegar a los respectivos resultados que permitieron determinar la susceptibilidad y factores que originan el fenómeno de remoción en masa en los municipios de Rosas, Sotará y Timbío, departamento de Cauca; por medio del empleo de parámetros de información climática en sus elementos constitutivos se logró comprender la incidencia directa y su relación intrínseca con el área objeto de investigación.

Obtenidos los resultados esperados de la temática a tratar, se procedió a integrar por la síntesis toda la información cuantitativa analizada y revisada, definiendo la relación entre sí y su incidencia, permitiendo comprender de manera más amplia el fenómeno de remoción en masa en la zona objeto de estudio.

Así mismo, para llevar a cabo la identificación de factores desencadenantes y el nivel de susceptibilidad del área de estudio, se revisó información secundaria acorde con los objetivos planteados y se indagó con la comunidad sobre fenómenos de remoción en masa acontecidos en años anteriores.

La metodología propuesta se ejecutó en cinco fases así:

### 7.1 FASE 1: REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se revisó y recopiló información referente al tema de investigación planteado con el propósito de contar con un conocimiento más amplio acerca de la temática propuesta, para ello se consultó bibliografía acorde con la misma principalmente a nivel regional y nacional como también en el contexto internacional, permitiendo obtener información clara y confiable para ser empleada en el desarrollo de los objetivos formulados.

La revisión bibliográfica y recolección de información condujo a través de un procedimiento sistematizado consolidar el marco teórico de estudio teniendo en cuenta el alcance de la presente investigación, así mismo, se recopiló información de tipo geológico procedente del Servicio Geológico Colombiano - SGC, como también parámetros hidrometeorológicos a través del Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales – IDEAM para su interpretación y

---

<sup>28</sup> BERNAL, Cesar. Metodología de la investigación. Bogotá. 2010. p. 60.

procesamiento, lo que llevó a comprender como se genera un fenómeno de remoción en masa en el área objeto de estudio.

De igual manera, se consultó información acerca de las condiciones actuales de la zona a investigar considerando cuatro tipos de variables: geología, geomorfología, pendientes del terreno y topografía del sector.

Por lo anterior, al tener claro la manera de ejecución y alcances de los objetivos formulados en la presente investigación, se identificó el tipo de metodología y se dio inicio a elaborar ésta detallando sus respectivas fases de trabajo.

Es así, como se ejecutó un estudio de investigación que permite ser punto de referencia para futuras investigaciones que aborden la temática de eventos de remoción en masa mediante la identificación y zonificación de áreas propensas a este tipo de fenómenos y origen de sus causas.

## **7.2 FASE 2: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y METEOROLÓGICA**

Por medio del análisis de información de tipo geológico fue posible determinar las unidades geológicas que presenta el área de investigación, esto se llevó a cabo mediante la revisión de la plancha geológica 5-13 escala 1:500.000 del Atlas Geológico de Colombia, año 2007 del Servicio Geológico Colombiano - SGC, con lo cual se procedió a identificar las características geológicas de la zona objeto de estudio.

El análisis de información secundaria de parámetros meteorológicos suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, consignada en los esquemas de ordenamiento territorial de los municipios de interés, permitió comprender el comportamiento de la precipitación, dichos parámetros contribuyeron a la correcta interpretación y zonificación de áreas con mayor susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en el área objeto de investigación.

## **7.3 FASE 3: ANÁLISIS DE INFORMACION GEOMORFOLÓGICA Y TOPOGRÁFICA**

En esta fase se generó un Modelo Digital de Elevación (DEM), a partir del procesamiento de las imágenes de satélite ASTGTM\_N02W077 y ASTGTM\_N02W078<sup>29</sup>, obteniendo curvas de nivel cada 25 metros, logrando identificar y describir la geomorfología del sector a investigar, contrastando los

---

<sup>29</sup> EARTHDATA SEARCH. [online]. Disponible de internet: <https://search.earthdata.nasa.gov/>

resultados obtenidos con información geomorfológica regional contenida en POT's de los municipios que conforman el área de estudio.

Obtenido el DEM se procedió a crear un mapa de unidades de pendientes de terreno a lo largo de la zona de investigación comprendida entre los municipios de Rosas, Sotará y Timbío, clasificando cinco niveles según su ángulo de inclinación de acuerdo a la clasificación de pendientes establecida por Suárez Díaz.

#### **7.4 FASE 4: IDENTIFICACIÓN DE FACTORES DESENCADENANTES DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA**

Se desarrolló a través del análisis de información geológica, geomorfológica y climática, como también por medio de registros del acontecimiento de eventos de remoción en masa en el área de objeto de investigación; además se realizaron entrevistas de tipo no estructurado y recolección de testimonios orales que permitieron realizar una ubicación sobre los sitios afectados por este tipo de fenómenos y una identificación de factores desencadenantes que influyen de manera directa en el acontecimiento de estos.

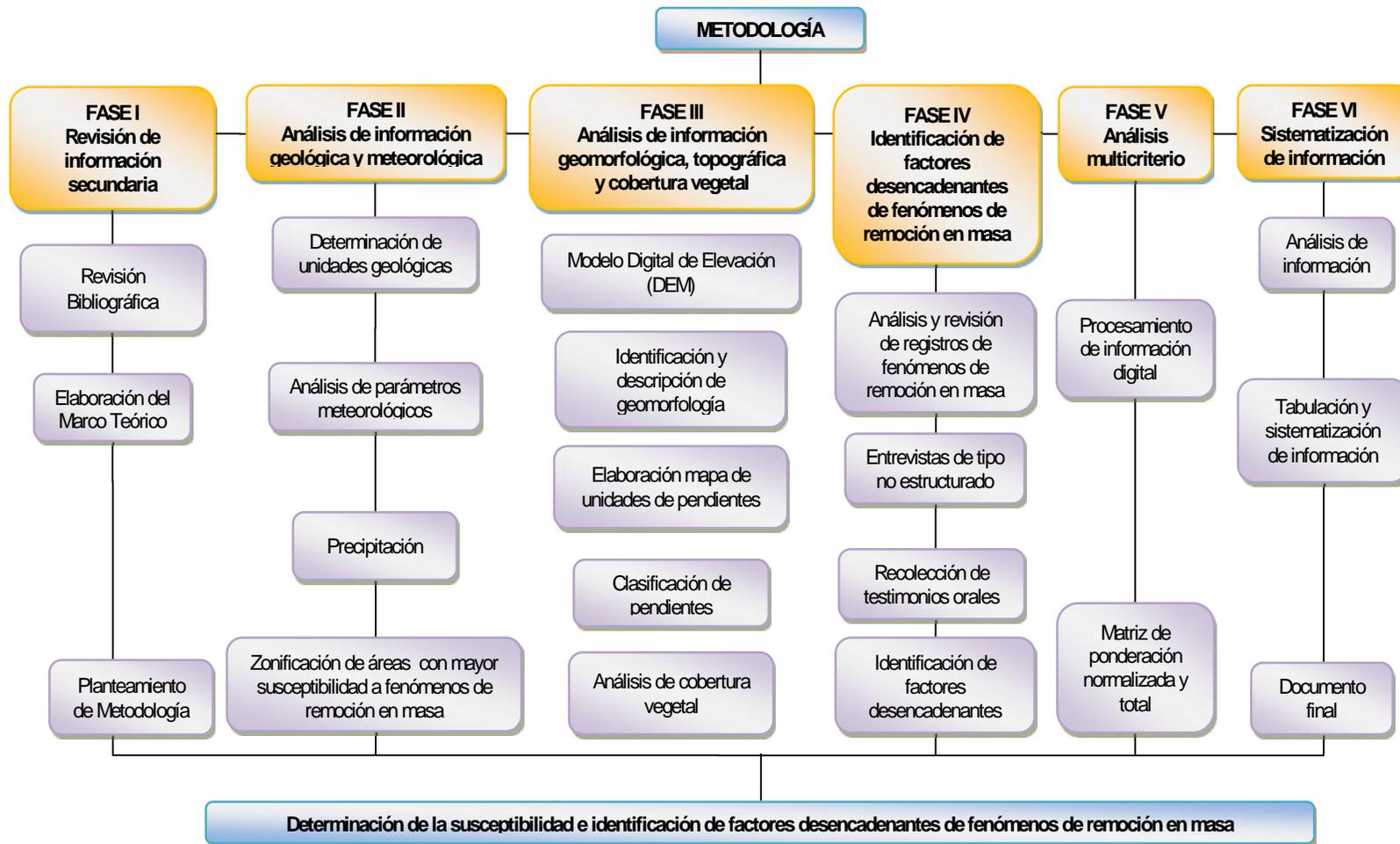
#### **7.5 FASE 5: ELABORACIÓN DE ANÁLISIS MULTICRITERIO**

Una vez obtenida toda la información de tipo digital correspondiente al área objeto de estudio respecto a la naturaleza misma del objeto a investigar, se desarrolló el procesamiento de cada una de las capas digitales obtenidas con el propósito de diseñar la matriz de ponderación normalizada y total para la zona de interés.

#### **7.6 FASE 6: SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACIÓN**

Se procedió a compilar los datos obtenidos como resultado de la ejecución de los objetivos propuestos con el fin de estructurar un documento final acorde con los parámetros establecidos de estructuración, redacción metodológica y técnica para su correspondiente presentación y evaluación.

## 7.7 ESQUEMA METODOLÓGICO



## **8. DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y MORFOLÓGICA DE LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO**

### **8.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

La zona objeto de investigación se encuentra ubicada en la parte centro del departamento de Cauca, al sur de la capital Popayán, comprende los municipios de Rosas, Sotará y Timbío, área que es atravesada por la vía Panamericana a lo largo de un trayecto de 40 kilómetros; a su vez ésta importante vía recorre un total de 13 veredas entre estos tres municipios. Anexo A.

### **8.2 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA<sup>30</sup>**

En el municipio de Timbío afloran rocas de diferente edad, origen y composición, afectadas muchas de ellas por fallas geológicas pertenecientes al sistema de Fallas de Romeral.

En la mayor parte del área del municipio aflora una secuencia continua y monótona de rocas de origen volcánico constituida fundamentalmente por tobas soldadas cubiertas por cenizas de caída y flujos de ceniza con espesores hasta de 8 m., procedentes de las erupciones de los volcanes Puracé y Sotará.

Esta secuencia representa la parte superior de la denominada Formación Popayán de edad plio-pleistoceno. Morfológicamente esta secuencia se caracteriza por desarrollar un paisaje suave, conformado por colinas bajas, redondeadas, con laderas de pendientes bajas y convexas.

Esta unidad cubre cerca del 85% del área del municipio extendiéndose desde el norte hasta las vertientes del río Quilcacé donde afloran rocas más antiguas.

La parte inferior de la Formación Popayán, constituida por un conjunto de rocas sedimentarias y volcánicas: conglomerados, areniscas, limolitas, ignimbritas y lahares, aflora en el fondo del valle del río Piedras y en la parte baja de la cuenca del río Timbío.

Estas rocas se presentan también en la ladera norte de la cuenca del río Quilcacé, al oriente de la quebrada Quilichao. Al sur del municipio, en la cuenca del río Quilcacé, entre la quebrada Quilichao y la carretera panamericana, en una franja

---

<sup>30</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE TIMBÍO. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Timbío. 2006. p. 30.

estrecha fuertemente influenciada por la actividad del sistema de Fallas de Romeral, afloran rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias más antiguas.

Las rocas sedimentarias hacen parte de la Formación Esmita, de edad Terciaria, la cual está constituida por una secuencia de limolitas, areniscas y conglomerados, con intercalaciones de rocas ígneas.

Las rocas ígneas corresponden a una secuencia de rocas volcanosedimentarias de edad Cretáceo inferior denominada Complejo Barroso-Amaime, el cual está conformado por limolitas, cherts, areniscas, basaltos, tobas y diabasas.

También se encuentra una secuencia de rocas ultrabásicas y básicas: peridotitas serpentinizadas, gabros y lavas, que representan bloques tectónicos asociados a la Falla Bolívar Almaguer perteneciente al sistema de Fallas de Romeral, razón por la cual normalmente están seriamente fracturadas lo que incide en la estabilidad de las laderas que conforman.

El municipio de Timbío es atravesado por una serie de estructuras (o fallas geológicas), paralelas de dirección nor - noreste perteneciente al sistema de Fallas de Romeral. Las fallas más importantes son Bolívar - Almaguer y Rosas - Julumito. La Primera es tal vez la que mayor efectos generan en el municipio, debido a los problemas de inestabilidad que ocasiona en la vía Panamericana entre el sector del Encenillo y Yescas.

El municipio de Rosas se encuentra localizado en el flanco occidental de la Cordillera Central. El núcleo de esta cordillera y su borde oriental están conformados por rocas tipo macizo pertenecientes al Escudo Guayanés, representados por neises cuarzo feldespáticos, anfibolitas y migmatitas; esta unidad esta suprayacida por metasedimentos paleozoicos, cuerpos intrusivos y volcánicos del Jurásico.

Su flanco occidental está conformado por secuencias Mesozoicas que están en contacto tectónico contra conjuntos metasedimentarios del Paleozoico, los cuales han sido denominados Grupo Cajamarca. Allí también existen rocas intrusivas de composición intermedia a ácida del Cretáceo Temprano y del Mioceno. Una cadena de volcanes del Terciario – Cuaternario, asociados a fallas regionales, ocupa las partes más altas de la Cordillera. Estos volcanes han dado el modelaje morfológico actual con sus actividades efusivas lávicas y piroclásticas. Algunos rasgos geomorfológicos demuestran que hubo eventos de glaciación, lagunares, fluviales y fenómenos de soliflucción acompañados por neolevantamientos y reactivación de las fallas, lo cual ayudó a la gran denudación Cuaternaria de dicha Tectónicamente la Cordillera Central esta limitada hacia el occidente por el sistema de fallas de Romeral, y al oriente por fallas transversales en el sector norte y falla inversa de ángulo alto en el sector sur. La falta de un mayor cubrimiento de la cartografía geológica, así como la carencia de fósiles,

dataciones radiométricas y estudios petrográficos han hecho que aún se tengan muchas incógnitas acerca de la estratigrafía y de la evolución tectónica de esta Cordillera. Sin embargo, existen trabajos geológicos locales y algunos regionales en los cuales se han planteado hipótesis sobre su evolución tectónica y su estratigrafía.<sup>31</sup>

Los municipios de Rosas y Sotará al igual que el municipio de Timbío comparten, debido a su proximidad, las mismas series de estructuras o fallas geológicas pertenecientes al sistema de fallas de Romeral, presentando similar inestabilidad en las laderas que conforman.

**Cuadro 1. Descripción geológica por extensión.**

<b>CPOB_CNMBR</b>	<b>Área en m<sup>2</sup></b>	<b>Hectáreas</b>	<b>Porcentaje</b>
N2VCc	22146089	2215	59
K2Vm4	6427265	643	17
NP?-Ma3	5457893	546	15
N1St	3277840	328	9
<b>TOTAL</b>		<b>3731</b>	<b>100</b>
Fuente: Esta investigación.			

Ver Anexo E.

<sup>31</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE ROSAS. Esquema de Ordenamiento Territorial. Rosas. 2000. p. 33.

Según enuncia la plancha geológica 5-13 escala 1:500.000 de INGEOMINAS, en la zona de estudio encontramos periodos, eras geológicas.

EON	ERA	PERIODO	EPOCA	EDAD	MILLONES DE AÑOS	COBERTURA GEOLOGICA	CARACTERISTICAS
FANEROZOICO	CENOZOICO	NEOGENO	PLIOCENO	PRACENCIANO	1,75-5,3	<i>N2VCc</i>	PLANTAS CON SEMILLAS, EVOLUCION DEL HOMBRE, CONECCION DE AMERICA DEL NORTE CON AMERICA DEL SUR A TRAVEZ DEL ISMO DE PANAMA
	CENOZOICO	NEOGENO	MIOCENO	SERRAVALIANO-LANGHIANO	5,3-23,5	<i>N1ST</i>	ELEVACION DE LOS ANDES
	MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR TARDIO	SANTONIANO-CONIACIANO	83-88	<i>K2VM4</i>	ALTA ACTIVIDAD TECTONICA Y VOLCANICA, DINOSAURIOS DOMINANTES
PROTEROZOICO	NEON-NEOPROTEROZOICO				540-1000	<i>Np?Ma3</i>	INICIO GLACIACION ESTURIANA-VARANGIANA, EL SUPERCONTINENTE PASA A CONVERTIRSE EN LAURASEA Y GONDWANA

Predominio por sector y extensión:

Vía Párraga - Rosas = *N2VCc*

Vía Rosas - Sotará = *K2Vm4*

Vía Sotará - Timbío = *N2VCc*

Sotará parte vía = *NP?Ma3*

*N2VCc*: Tobas e ignimbritas intercaladas con aglomerados, brechas, conglomerados, lodolitas, arenitas.

*K2Vm4*: Basaltos toleiticos, doleritas, picritas, tobas básicas y brechas volcánicas.

*Np?Ma3*: Esquistos anfibólicos, cuarzoserisiticos, cloríticos y talcosos, anfibolitas, algunas granatíferas, cuarcitas, metagabros, metadioritas, y serpentinitas.

*N1st*: Arcillositas – limolitas – arenitas – conglomerados.

En los tres municipios de estudio se encuentran:

**Rocas Ígneas:** Rocas formadas a partir de enfriamiento y cristalización del magma proveniente del interior de la tierra y que asciende a la superficie a través de grandes fisuras en las dorsales oceánicas, por los conductos de los numerosos volcanes activos o por las grandes grietas de la corteza terrestre, conocidas como fallas geológicas. Cuando el proceso de enfriamiento es lento se forman grandes cristales y dan origen a las rocas llamadas intrusivas o plutónicas. Si el movimiento del magma hacia la superficie es rápido, como en el caso de la erupción súbita de un volcán, no se forman los cristales y se origina una masa amorfa y compacta conocida como vidrio volcánico: las rocas resultantes de ese proceso dan origen a las rocas que se conocen como rocas efusivas o volcánicas.

**Rocas sedimentarias:** Estas rocas provienen de la alteración y fragmentación de otros tipos de rocas (ígneas, sedimentarias o metamórficas). Los fragmentos clásicos son transportados por diferentes agentes como el hielo, el viento, el agua o por efecto de la acción de la fuerza de gravedad y son depositados en forma de múltiples capas conocidas como estratos. Estos sedimentos posteriormente se compactan y cementan durante un proceso conocido como diagénesis y su posterior proceso de litificación, para dar origen a las rocas sedimentarias.

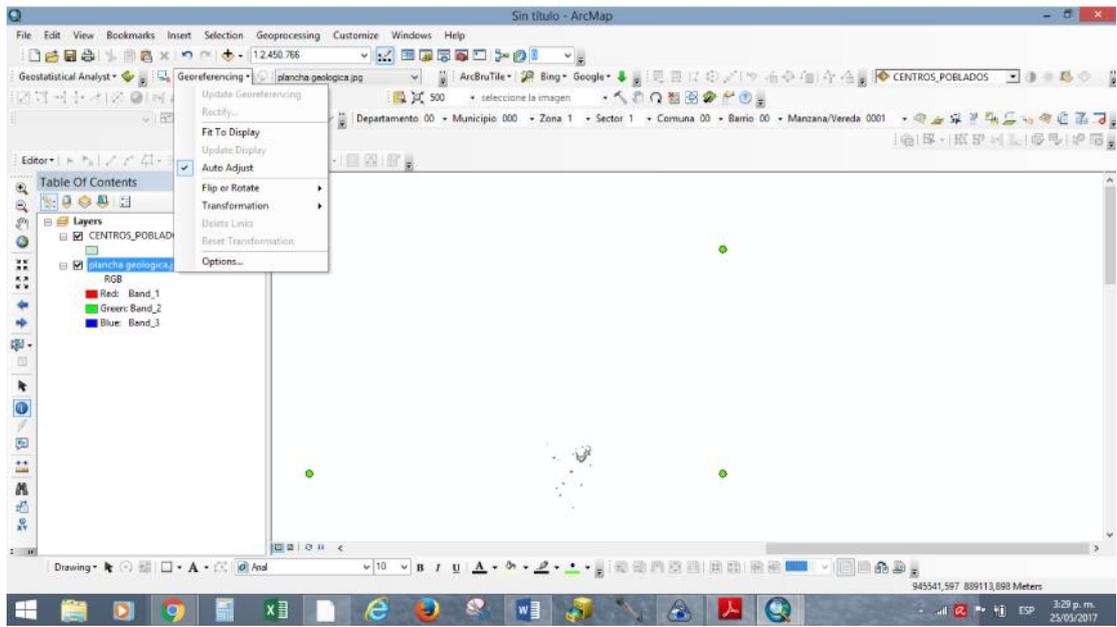
**Rocas metamórficas:** Son las rocas formadas como producto de la acción de las altas presiones, altas temperaturas y el efecto de fluidos calientes que se ejerce sobre las rocas preexistentes. El proceso metamórfico implica la modificación física y química de la roca original, dando como resultado una roca de composición mineralógica y química de la roca original, dando como resultado una roca de composición mineralógica y química de aspecto diferente a la roca de donde se ha derivado.<sup>32</sup>

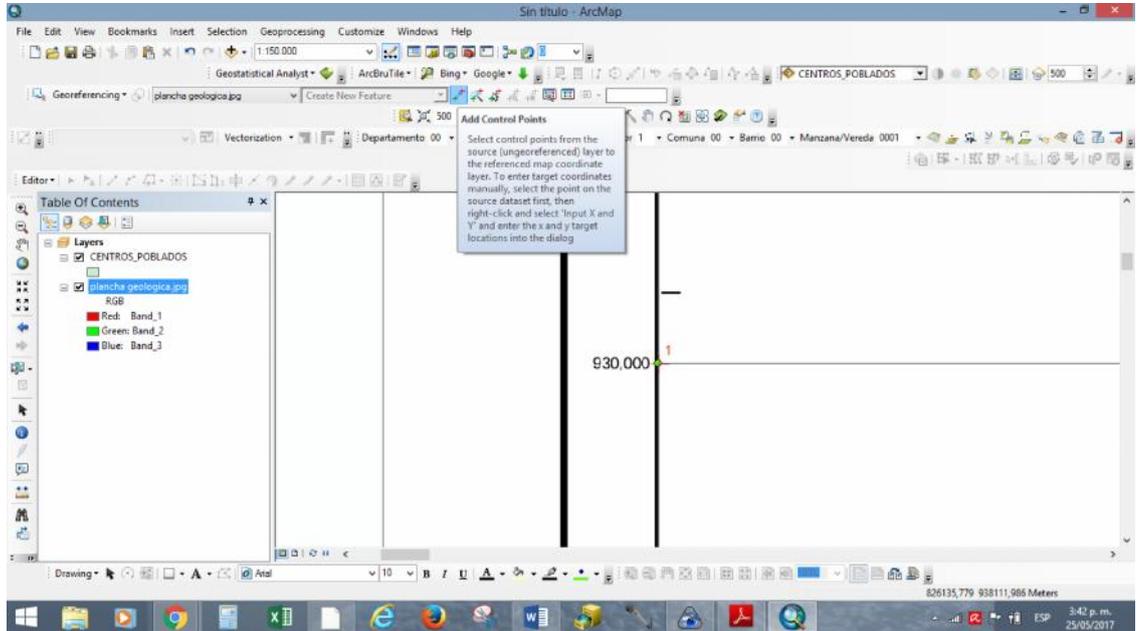
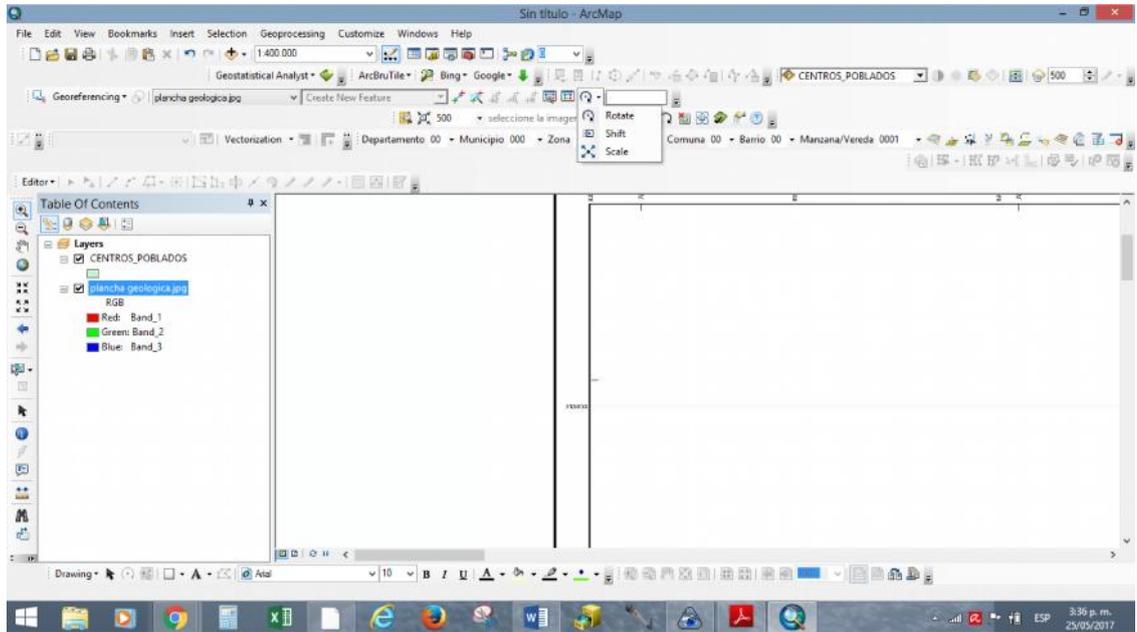
**Sistema de Fallas Romeral:** Este sistema separa rocas de formación y el ambiente oceánico de las de origen continental. Se encuentra en el margen occidental de la Cordillera Central y sigue un rumbo suroeste\_noroeste, prolongándose desde el territorio Ecuatoriano en el extremo sur, hasta el mar Caribe en el Norte. Su edad de formación se cree data del Cretáceo inferior afectando Rocas desde el Paleozoico hasta los depósitos Cuaternarios más recientes. Atraviesa toda la Cordillera Central, posee una estructura que afecta las rocas y las debilita causando derrumbes y deslizamientos.

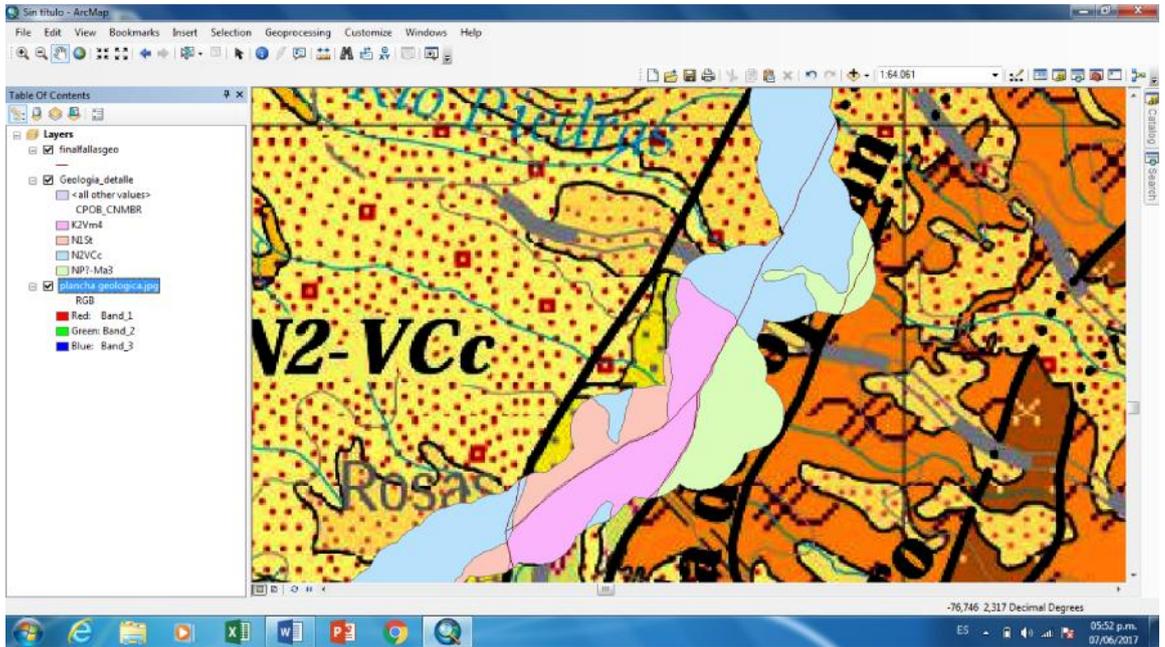
**Falla Julumbito:** Se considera como una de las fallas más Occidentales del Sistema Romeral, Al sur del Cauca pone en contacto Rocas de la Molasa terciaria, bloque occidental, contra una secuencia volcánica-básica, sedimentaria cretácea, lado Oriental. Esta falla contiene zona de brechas y milonitas.

---

<sup>32</sup> SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO – SGC. Atlas geológico de Colombia. Plancha 5-13, escala 1:500.000. Bogotá. 2007.







Representa la zona del municipio en la que más fuerte actúa los procesos morfodinámicos de denudación, destacándose la presencia de procesos de remoción en masa, caída de bloques, inestabilidad en taludes y erosión difusa y concentrada.<sup>33</sup>

Por su ubicación sobre el flanco occidental de la cordillera Central, el municipio de Rosas se caracteriza por un relieve general quebrado, compuesto por montañas, colinas, lomeríos, escarpes, dejando reducidas áreas donde la pendiente puede ser ligera o leve (< 5 %).

Entre las geoformas presentes en el municipio de Rosas está el Lomerío en rocas sedimentarias y volcánicas (EE4c) y (SE4c), con una litología de Conjunto de Sedimentitas (Epiclastitas) y Roca Volcánica (TQpg).

Presenta la unidad una pendiente entre el 12 y 25% cortas e irregulares bien drenadas, con drenaje subdendrítico. Erosión hídrica laminar de fuerte a, muy fuerte, reptación y cárcavas y deslizamientos. Poseen un tipo de disección muy fuerte.

Colinas bajas en rocas sedimentarias, presentan una litología de Conjunto de Sedimentitas (Epiclastitas) y Roca Volcánica (TQpg), constituidas por una secuencia de Epiclastitas con aporte de material volcánico.

Generalmente presentan laderas de largas a medias irregulares con cimas aguda, son excesivo a bien drenadas con drenaje dendrítico y paralelo de ligera a fuerte, tipo de disección ligera a fuerte. La erosión es hídrico laminar, en surcos y deslizamientos en masa.<sup>34</sup>

El municipio de Sotaró comprende la unidad fisiográfica Andina perteneciente a las cordilleras Central y Occidental y sus valles interandinos Cauca y Patía. En esta región se encuentra el Macizo Colombiano, donde se desprende la cordillera Oriental y en sus cumbres nacen grandes ríos, entre ellos: el Caquetá, el Cauca y el Magdalena. La cordillera Central está constituida por rocas metamórficas de estructura laminar y de rocas ígneas producto de las erupciones de los volcanes Sotaró, Huila y Puracé. Las formas del relieve tienen su origen en el interior de la tierra, como resultado de los movimientos tectónicos, la expansión, la contracción o la transformación del material incandescente (Magma) que permiten la construcción de relieves de gran altura, en algunos lugares, y la formación de amplias depresiones en otras.

---

<sup>33</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE TIMBÍO. Op. cit., p. 33.

<sup>34</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE ROSAS. Op. cit., p. 46.

La mayor parte del territorio es montañoso y su relieve corresponde a la cordillera central, Cuenca del río Patía. El relieve es fuertemente inclinado a fuertemente quebrado con pendientes de 7, 12, 25, 50 y hasta 75%.<sup>35</sup>

Por medio de la revisión de información del SIG-OT en formato shape, se visualizó y analizó el mapa de geopedología; considerando el nuevo modelo para interpretación de suelos de la CIAF, de acuerdo con Villota es posible jerarquizar la zona Rural.

Provincia Fisiográfica: corresponde a una región natural, constituida por conjuntos de unidades genéticas de relieve con relaciones de parentesco topográfico y geológico.

Las relaciones Topográficas son a nivel regional, y las relaciones espaciales tienen que ver con la disposición de la unidad en el contexto medioambiental.

#### ESTRUCTURAS GEOLOGICAS:

- Cordillera Occidental
- Cordillera Oriental
- Serranía Baudó y Darién

#### ESCUDOS O CRATONES:

- Basamiento del Guainía Vaupés y Serranía de Naquén.
- Serranía de la macarena y Chiribiquete

Parentesco Litológico: Se refiere si son rocas volcánicas, plutónicas, metamórficas.

El parentesco geo-genético: Procesos geomorfológicos endógenos y exógenos mayores que originaron plegamiento, volcanismo, denudación, sedimentación fluvial linear torrencial, sedimentación erosión simultánea. Sedimentación fluvial tranquila.

Los nombres básicos de los grandes paisajes; Relieve montañoso, relieve colinado o lomerío, altiplanicie, altiplano, altillanura, superficie de aplanamiento, piedemonte, planicie o llanura y valle.

**Montaña Fluvio Gravitacional:** Estos suelos tienen amplia distribución en la parte Andina del departamento del Cauca y ocupan una parte de las Cordilleras Occidental, Central y Centro Oriental.

---

<sup>35</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE SOTARÁ. Plan de desarrollo municipal “Profesionalismo y compromiso con Sotará”. Paispamba. 2012. p. 21.

En la parte Andina se encuentran suelos con relieves ondulados quebrados y derivados de una diversidad de materiales geológicos, compuestos de rocas sedimentarias, ígneas, metamórficas que abarcan edades desde el Paleozoico, hasta el Terciario. Son suelos que se han formado en condiciones húmedas, muy húmedas y pluviales de todos los pisos térmicos. Su evolución, va de moderada a baja, son bien drenados, de texturas finas a medias a medias, en algunos lugares con texturas finas a medias, en algunos lugares con texturas gruesas, pedregosidad superficial y fertilidad de baja a moderada.

**Altiplanicie Estructural Erosional:** Es una Planicie puesta en posición alta por afectos tectónicos corresponde a un relieve plano o suavemente ondulado o inclinado, limitado en uno o varios de sus bordes por taludes empinados y localizados a diferentes alturas. Fueron ocupadas por lagos y pantanos desde el final del terciario. Durante el levantamiento de la cordillera de Los Andes en el Plioceno, recibieron aportes Glacio Lacustres, glacio volcánicos y volcánicos. Los procesos sedimentarios ocurridos durante la última Glaciación colmataron gran parte de dichos lagos, dando como resultado superficies planas, conocidas actualmente como Altiplanos. Las formaciones superficiales que se encuentran en los altiplanos están constituidas por depósitos lacustres (arcillas, limos, arenas y turba). Incluye todas las llanuras antiguas que han sufrido un levantamiento tectónico y se encuentran generalmente formadas por capas (estratos horizontales) de sedimentos y o materiales volcánicos, con indicios de meteorización y procesos degradacionales (erosión).

## Cuadro 2. Descripción geomorfológica.

Paisaje	Hectáreas	Porcentaje
Montaña Fluvio Gravitacional	3013	80,7
Altiplanicie Estructural Erosional	717,8	19,2
<b>Total</b>	<b>3730</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Sistema de Información Geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial SIG-OT.

Ver Anexo B.

## **9. SUSCEPTIBILIDAD Y FACTORES DESENCADENANTES DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN LA VÍA PANAMERICANA ENTRE LOS MUNICIPIOS DE ROSAS, SOTARÁ Y TIMBÍO**

La susceptibilidad de deslizamientos depende de las condiciones topográficas y geológicas de un área específica y de los eventos ocurridos en el pasado. La gravedad puede mover los materiales térreos sólo cuando es capaz de vencer la resistencia del material que le impide moverse. Es claro, entonces, que cualquier factor que reduzca esta resistencia hasta el punto donde la gravedad pueda intervenir, contribuye al movimiento de masa.<sup>36</sup>

Dentro de la ejecución de la presente investigación se consideró lo consignado en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de Rosas, el cual presenta un análisis de información secundaria de informes periodísticos y técnicos acerca de los diferentes deslizamientos y fenómenos de inestabilidad que han afectado históricamente a este municipio, estableciendo la recurrencia de estos fenómenos.

Es así como, por medio de un análisis integral se establecen las diferentes categorías de acuerdo con la intensidad de la amenaza por deslizamientos incluyendo las siguientes temáticas:

- Análisis de documentación e información geológica.
- Identificación de metodologías de susceptibilidad de la unidad geológica en estudio.
- Escogencia y orden de parámetros a utilizar.

De igual manera, existen factores en la zona objeto de estudio que favorecen los procesos de remoción en masa como son: Naturaleza de los materiales, Factores topográficos, Factores Climáticos, Condiciones de humedad de los materiales y Factores biológicos.

Los factores antes mencionados, han sido directamente responsables de deslizamientos, como el ocurrido en 1999 en la vereda Loma Grande, municipio de Rosas donde se hundió un área considerable de 100 m<sup>2</sup>, en un suelo saturado por lluvias, con una pendiente del 25 al 50%. Este tipo de fenómenos también se han presentado hacia la parte centro y sur occidente del municipio, en suelos con pendiente de moderada a fuerte, sumado a un periodo de lluvias constante.

El municipio de Rosas, cuenta con una categorización de amenazas por deslizamiento, definidas como amenaza alta, media o moderada y baja.<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES DE EL SALVADOR. Memoria técnica para el mapa de susceptibilidad de deslizamientos de tierra de El Salvador. San Salvador. 2004. p. 5

<sup>37</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE ROSAS. Esquema de Ordenamiento Territorial. Rosas. 2000. p. 110.

Dentro de la Amenaza Alta, se encuentran áreas que presentan deslizamientos o procesos de inestabilidad activos, que se evidencian en agrietamientos del suelo y de construcciones, ubicando en esta categoría el casco urbano del municipio. Tectónicamente estas zonas se asocian a los corredores de las fallas principales que hacen parte del sistema de Romeral. La acción antrópica es alta en estas zonas provocando inestabilidad, la apertura de vías de comunicación (Vía Panamericana y Vía Rosas la Sierra) y las técnicas de pastoreo y cultivos misceláneos que deterioran los suelos y favorece la acción de procesos erosivos.

A partir del análisis de los fenómenos naturales considerados como amenazas, se puede concluir que el municipio de Rosas, ha sido afectado por diferentes procesos de inestabilidad que se reactivan periódicamente, en especial en épocas invernales, afectando áreas con diferente intensidad, entre ellas algunas zonas ubicadas en el casco urbano.

Debido a la presencia de fallas geológicas en algunos casos activas, que atraviesan de sur a norte el municipio se desencadenan procesos de inestabilidad en las áreas del corredor de falla.

La presencia y coincidencia de fenómenos detonantes de procesos de inestabilidad y de remoción en masa obliga a los habitantes del municipio de Rosas, gobierno municipal y organizaciones civiles a generar una “cultura de la prevención” dentro de un marco técnico donde se tenga claridad de conceptos como la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo con el fin de minimizar los impactos producidos por los fenómenos naturales considerados como amenazas.<sup>38</sup>

La vía Panamericana, comprendida entre los municipios de Rosas, Sotará y Timbío, materia de investigación, presenta problemas de tipo geológico asociados a deslizamientos por presencia de flujos de lodo con deslizamientos de tierra y roca; estos últimos se encuentran asociados a la zona de falla de Romeral, la cual es un área de inestabilidad.

En el municipio de Timbío, desde el punto de vista geológico las formaciones asociadas a la parte superior de la Formación Popayán, forman un relieve colinado, suavemente ondulado a ondulado, normalmente con pendientes bajas, menores al 20%. Estos terrenos tienen una susceptibilidad baja a desarrollar fenómenos de remoción en masa, aunque en situaciones excepcionales pueden ocurrir deslizamientos en áreas sometidas a precipitaciones fuertes y prolongadas, o donde el manejo inadecuado de las laderas, por la intervención humana, acelere o detone la ocurrencia de dichos fenómenos.

En el territorio municipal existen ciertas zonas que por sus características topográficas, geológicas y morfodinámicas, tienen tendencia a desarrollar con

---

<sup>38</sup> Ibíd., p. 111.

alguna regularidad procesos de remoción en masa. Estas zonas corresponden a las partes bajas de las cuencas del río Timbío, Piedras y Robles, donde precisamente las corrientes de agua han disectado más profundamente las rocas de la Formación Popayán, formando laderas más largas, convexas, con inclinaciones que varían entre el 15 – 25 y 35 %.

Localmente se encuentran deslizamientos activos de dimensión variable, que afectan vías, cultivos y potreros. También es común observar cicatrices de antiguos movimientos de remoción en masa que indican la inestabilidad de estas laderas. La zona de mayor inestabilidad corresponde al área donde se encuentran los sectores del Encenillo y Yescas, ubicados al sur del municipio, donde los rasgos geológicos, morfológicos y morfodinámicos, favorecen la frecuente ocurrencia de fenómenos de remoción en masa que han puesto y ponen en peligro la población e infraestructura asentada en el lugar.

En general toda la zona es muy inestable, presentándose frecuentemente deslizamientos de extensión variable, flujos de lodo y de escombros, reptación y caídas de rocas. Esta situación representa una amenaza alta para la población, infraestructura y economía del sector, por lo cual se debe vigilar permanentemente para evitar la ocurrencia de daños severos en el futuro.<sup>39</sup>

El sector que ocupa la vía Panamericana, se encuentra ubicado en una zona que es afectada por el sistema de fallas activas del Romeral que se extiende a lo largo del flanco occidental de la cordillera central y por la falla Cauca-Patía ubicada en el flanco oriental de la cordillera occidental.

Este sector es permanentemente amenazado por fenómenos de remoción en masa. Las pendientes de ángulo alto, la meteorización de las rocas, el mal uso del suelo, la tala irracional de bosques, el fracturamiento de las rocas, la zona de fallas, la falta de técnica y la mala planificación de las explotaciones mineras, y el régimen de lluvias son factores que causan deslizamientos y otros fenómenos de remoción en masa.<sup>40</sup>

## **9.1 COBERTURA VEGETAL**

La vegetación ejerce influencia sobre la evolución del suelo a través de su protección contra la erosión. Su influencia se asocia con el clima en cuanto a su interrelación con la temperatura, la humedad y transpiración.

---

<sup>39</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE TIMBÍO. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Timbío. 2006. p. 37.

<sup>40</sup> ESTRADA, Hernando., MENESES, Edwin., CAICEDO, Javier. Carretera Panamericana Popayán – Pasto. Evaluación técnica y económica preliminar sitios de falla. Popayán. 2011. p. 3.

Las diferentes extensiones que ocupa una cobertura en un lugar determinado obedecen a la capacidad de transformación de las sociedades humanas sobre el medio e indican la clase de economía regional practicada e infieren sobre el sistema productivo empleado.

En el caso de la presente investigación, en la zona de estudio la remoción en masa se presenta en conjunto de la gravedad y el agua en áreas montañosas, bajo suelos inestables.

El sistema de clasificación (CORINE – Coordination Information Environment), surge en Europa en el año 1985 para la recogida, coordinación y coherencia de la información sobre la situación del medio ambiente en la Unión Europea. El sistema de clasificación CORINE Land Cover permitió identificar en la presente investigación el área cultivable; Bosques y Áreas Seminaturales, donde se identifica las grandes superficies de pastos y áreas con o sin vegetación.

En tal sentido, se hace necesario el desarrollo de un catálogo de objetos geográficos para una mejor comprensión de los términos usados en cada región o localidad, referentes a las categorías de cobertura y usos de la tierra, propios en cada una de ellas; a nivel mundial, esta metodología se aprueba en Europa en el año 1985 y se comienza a implementar en 1990.

En este estudio por medio de la interpretación de imágenes satelitales e información digital tipo shape y trabajo de campo, se identificaron cinco unidades de clasificación, empleando información digital con fuente SIG-OT.

Por lo anterior, es posible deducir que en los tres municipios existe de mayor a menor importancia:

1 -. Vegetación secundaria: Vegetación de baja altura, que generalmente es producto del proceso de sucesión de pastos o cultivos, hacia coberturas arbóreas; se encuentran rastrojos y cobertura vegetal en estado de sucesión temprano. Representa el 7.1% de las tierras del país.

2 -. Cultivos anuales o transitorios: Los cultivos transitorios de clima cálido como el arroz, sorgo y algodón.

3 -. Cultivos semipermanentes y permanentes: Tierras dedicadas a cultivos cuyo ciclo vegetativo es superior a un año y donde se producen varias cosechas sin necesidad de volver a plantar. Caña de azúcar, caña panelera, frutales, plátano, banano.

4 -. Pastos: Espacios abiertos, denominados por gramíneas de bajo porte y talla, que pueden ser pastos limpios, arbolados, enmalezados, o en rastrojados, los cuales tienen como principal uso el pastoreo del ganado bovino. Representa el

15.2 % del territorio Colombiano. El Pasto es después del bosque la cubierta más extendida del país.

5 -. Áreas Agrícolas heterogéneas: Áreas que presentan mezcla de diferentes tipos de cultivos, a manera de mosaicos de cultivos anuales o permanentes, pastos y cultivos; cultivos, pastos y espacios naturales.

6 -. Boques Plantados: Corresponde a pinos y eucaliptos, que se han plantado con propósitos comerciales para la fabricación de pulpa de papel o para diversas actividades de aserríos. La mayor cobertura se ubica en el departamento del Cauca y valle del Cauca.

**Cuadro 3. Cobertura vegetal zona de estudio.**

Cobertura	Hectáreas	Porcentaje
Vegetación secundaria	2222,1	59,5
Cultivos anuales o transitorios	645,3	17,2
Cultivos semipermanentes y permanentes	419,1	11,23
Pastos	296	7,93
Áreas agrícolas heterogéneas	132,5	3,55
Bosques plantados	15,6	0,42
<b>Total</b>	<b>3730,9</b>	<b>100 %</b>

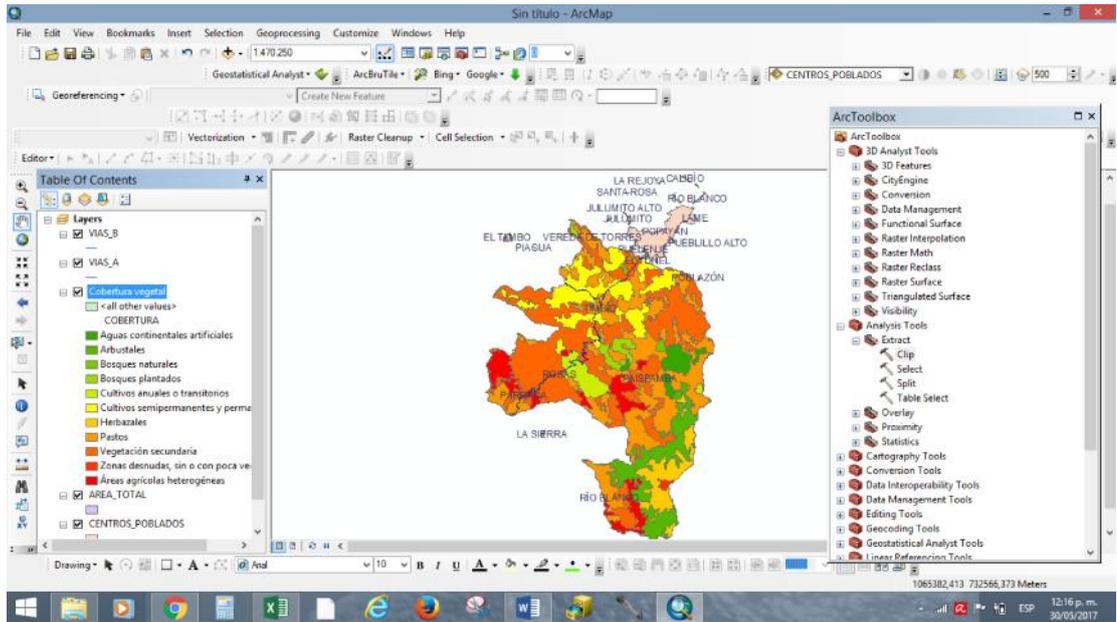
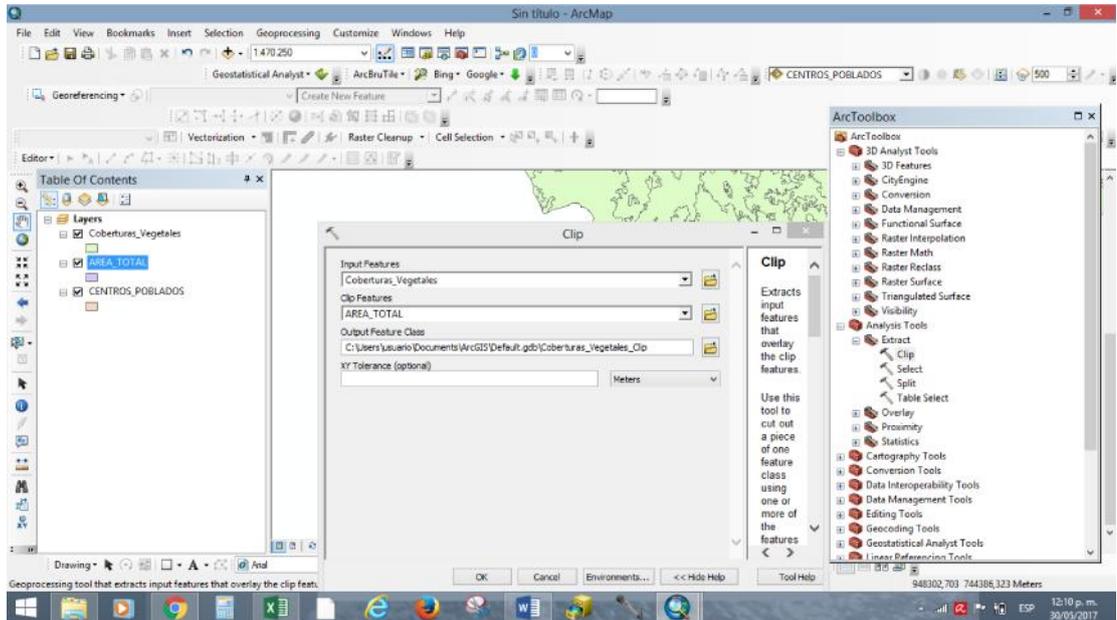
Fuente: Sistema de Información Geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial SIG-OT.

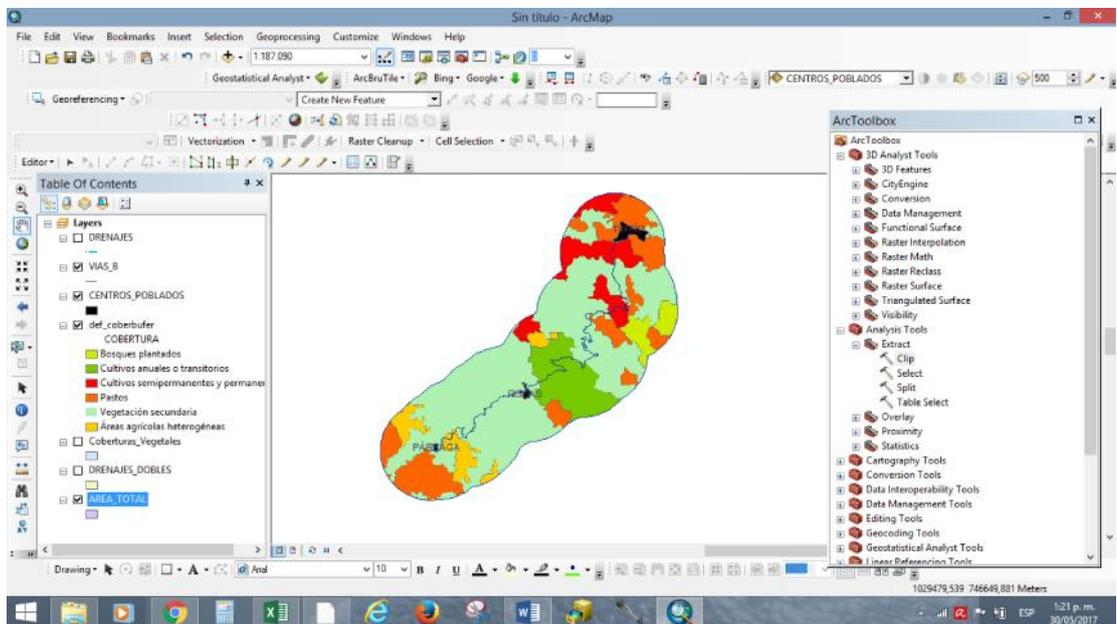
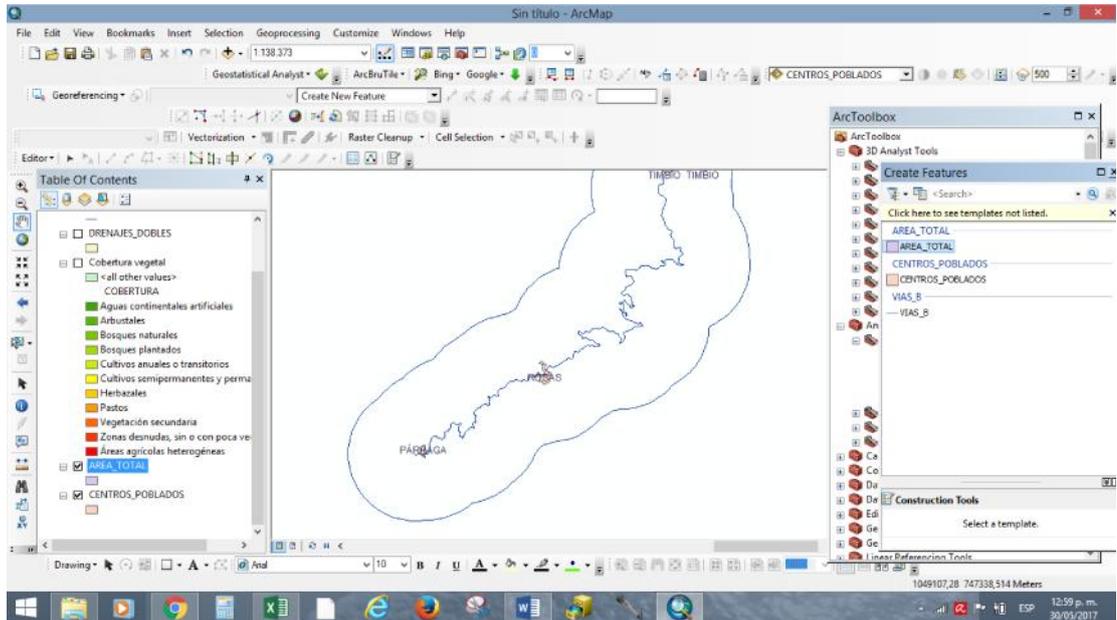
## 9.2 MAPA DE COBERTURAS VEGETALES

En la elaboración de este mapa se empleó la capa digital correspondiente a coberturas vegetales del SIG-OT.<sup>41</sup> Anexo C.

Como primer paso, se cargan las capas del área de estudio, después nos dirigimos a Arc tool box, analisis tools extract, y se selecciona la herramienta clip.

<sup>41</sup> SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA PLANEACIÓN Y EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL. SIG-OT. [online]. Disponible de internet: [http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames\\_pagina.aspx](http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames_pagina.aspx)





### **9.3 FACTORES DESENCADENANTES**

Partiendo de la ubicación geográfica de la vía Panamericana en el tramo comprendido entre los municipios de Rosas, Sotará y Timbío, es posible identificar desde el punto de vista climatológico y geomorfológico factores desencadenantes que influyen directamente en la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, entendidos como procesos morfodinámicos, los cuales son característicos por desprendimientos de suelos o pequeños deslizamientos relacionados o asociados al sobre pastoreo y a la apertura de vías, o a la elaboración de banqueros antitécnicos. Estos fenómenos ocurren especialmente en época de invierno cuando las precipitaciones fuertes y prolongadas producen la sobresaturación del suelo.

#### **9.3.1 Precipitación**

Los factores climáticos inciden de manera directa en la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa ya que, éstos pueden presentarse en cualquier clima, pero tiende a ser más fuerte en zonas con lluvias fuertes y prolongadas. Esto por saturación o humedecimiento de los materiales porosos o intensamente fracturados.

Así mismo, los procesos de erosión, influyen mucho en los procesos de meteorización, humedad y temperatura. En este caso la radiación solar, el calentamiento de las masas de aire próximas a las superficies de los continentes son de gran importancia por su ubicación.

El ciclo Hidrológico hace que con la evaporación y evapotranspiración de la humedad, de los ríos, vegetación y suelos, se produzca el ascenso a la atmósfera del vapor de agua y la formación de nubes; su dispersión por acción de los vientos y condensación produce precipitación y su posterior desplazamiento cuesta abajo en forma de escorrentía.

El agua es en muchos casos un agente indispensable al llenarse los poros con agua, la cohesión se reduce por efecto de la tensión capilar, mientras la fricción disminuye por el efecto florante (ley de Arquímedes). El agua hace aumentar el peso del material que resulta en un vector más grande, a lo largo de la pendiente; la humedad del suelo influye en la susceptibilidad de un desplazamiento.

En el proceso de erosión, existe una interacción de la lluvia y suelos, se sabe que un aguacero es capaz de provocar una erosión mas fuerte que otras lluvias juntas; la erosividad es la capacidad de una lluvia para producir erosión del material superficial de terrenos. El impacto de agua sobre la roca, es responsable del desprendimiento de partículas, que posteriormente se transportan debido a la escorrentía de agua. Se introduce un valor límite de erosividad 25 mm por hora.

La erodabilidad es la susceptibilidad del suelo a la erosión; es decir las propiedades físicas y químicas del suelo.

De acuerdo a información meteorológica suministrada por el Comité Departamental de Cafeteros del Cauca y el IDEAM, de las estaciones Manuel Mejía 1700 m.s.n.m (San Joaquín Tambo), Aeropuerto Guillermo León Valencia 1750 m.s.n.m (Popayán), Paispamba 2450 m.s.n.m. Saladito 1820 m.s.n.m. Salinas 2450 m.s.n.m. Estrellas 2430 m.s.n.m. y Párraga 1290 m.s.n.m, son las estaciones más cercanas a la zona de estudio, pese a encontrarse la mayoría de ellas por fuera de los límites municipales que conforman el área de interés reportan una precipitación anual entre 1000 y 2000 mm año.

No obstante de acuerdo con los registros pluviométricos de la estación meteorológica Manuel Mejía (Tambo), la precipitación media multianual en los últimos 43 años fue de 2052,4 y la media mensual de 169 mm. La lluvia media mensual en la zona de estudio varía entre 45 mm y 337 mm.

Los histogramas correspondientes presentan tendencias similares. Julio y Agosto suelen ser los meses más críticos de los periodos de verano, tanto así, que algunas veces la escasez de lluvias en dichos meses ha afectado de alguna manera, en forma negativa, las actividades agropecuarias de la zona.

La distribución anual de la precipitación, está influenciada notoriamente por la circulación Intertropical de los vientos del sur, ocasionando la presencia de dos periodos lluviosos que ocurren generalmente en los meses de marzo – mayo y octubre – noviembre, y dos periodos secos en los meses de Julio a Septiembre y Enero - Febrero.

En el segundo semestre del año, ocurren los periodos climáticos más intensos, destacándose Noviembre como el más húmedo del periodo lluvioso con una precipitación promedio de 333.7 mm, y julio el mes más seco del periodo de verano con una precipitación promedio de 46.6 mm, en tanto que en el primer semestre ocurren los mismos periodos climáticos de forma moderada, en los cuales se destaca el mes de Abril como el de mayor precipitación del periodo lluvioso con un promedio de 198.8 mm, y febrero como el mes más seco del periodo de verano.<sup>42</sup>

Según los registros pluviométricos de la estación más cercana al área de estudio (Saladito Sotará), la precipitación media multianual en los últimos 9 años fue de 1821.6. La lluvia media mensual en la zona varía entre 28.7 mm y 282.3 mm.

En esta zona la temporada de lluvias comienza básicamente en el mes de Octubre y termina en el mes de Abril; para ésta época de lluvias, ocurre el 81% de la lluvia

---

<sup>42</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE TIMBÍO. Op. cit., p. 49

anual. El mes más lluvioso del año corresponde a Noviembre, con 223.8 mm (promedio de las cuatro estaciones de la zona).

La temporada de lluvias está directamente relacionada con la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa sobre la vía Panamericana en el tramo comprendido entre los municipios de Rosas y Timbío, razón por la cual y de acuerdo a registros periodísticos y relatos orales se han presentado deslizamientos y desprendimientos de material en los meses del año con mayores niveles de precipitación.

### **9.3.2 Geomorfología**

En la zona objeto de investigación es claramente visible una geoforma dominante montañosa, clasificada como una Unidad de Relieve Montañoso, este tipo de unidad se caracteriza por presentar un relieve moderado a abrupto que se desarrolla sobre rocas metamórficas, volcánicas y sedimentarias del Terciario y Cretáceo, correspondientes a las Formaciones Popayán, Esmita, Complejo Barroso Amaime y Complejo Arquía. La disección es moderada a alta, con valles en V abierta y cerrada y U abierta. En esta unidad se diferencian las siguientes unidades geomorfológicas de terreno:

#### **Unidad Montañosa Denudacional – Estructural**

Se localiza en la zona sur del municipio de Timbío en límites con el municipio de Sotará y parte norte del municipio de Rosas, específicamente en la cuenca del río Quilcacé y Piedras, Se caracteriza por presentar laderas estructurales, normalmente largas y rectilíneas, controladas por fallas, y filos largos, sinuosos y agudos.

Presenta condiciones topográficas muy fuertes con pendientes mayores a 40%, en esta zona se destaca la presencia de procesos de remoción en masa, caída de bloques, inestabilidad en taludes y erosión difusa y concentrada.

Los principales deslizamientos de tierra y roca se encuentran asociados a la zona de Falla de Romeral, la cual es un área de inestabilidad representada por zonas de rocas trituradas, grietas en el suelo y subsuelo, zonas de cizalla, deslizamientos, agrietamientos en las casas etc. Morfológicamente los deslizamientos exhiben un paisaje ondulado producido por movimientos complejos o mixtos de las masas rocosas, entre ellos del tipo plástico. Allí existen muchas interfaces transicionales desde reptación, asentamientos, movimientos de material meteorizado y de rocas frescas producidos por deslizamientos planares y rotacionales. La mayoría de los deslizamientos han afectado a las rocas del

subsuelo y se ha observado que las pendientes han jugado un papel importante en esos movimientos.

Algunas masas se componen de una mezcla caótica de suelo arcilloso con cantos o bloques de rocas metamórficas, aunque a veces los materiales involucrados en movimientos de reptación son más homogéneos en composición.

La zona de deslizamientos muy recientes abarca un área aproximada de 25 Km, los principales deslizamientos que han creado problemas graves en el tramo de la carretera Panamericana entre Timbío - Rosas y en el carretable Rosas - La Sierra son: Deslizamiento del río Piedras – Quebrada Boquerón y Deslizamientos de Urayaco – Yescas.

Las causas de estos deslizamientos son bastante complejas, pero la principal de ellas tiene relación directa o indirecta a la actividad reciente del Sistema Romeral. Por observaciones de campo se dedujo que la resultante del movimiento de esos deslizamientos es más o menos perpendicular a la dirección de las líneas de falla y que ellos se desplazan en un sentido Este - Oeste. Otras posibles causas que podrían explicar el origen de los deslizamientos en el área son: 1. - Pendiente de las laderas. 2. - Cambios climáticos. Los períodos de intenso invierno o lluvias pueden promover iniciación o reactivación de los movimientos. 3.- Deslizamientos provocados por el hombre.

Hacia la década de los 90 del siglo pasado, hubo problemas graves en la carretera Timbío - Rosas provocados por reactivación de los deslizamientos de Piedras - Boquerón y Urayaco - Yescas. Esta reactivación sucedió cuando se hacían trabajos de ampliación y rectificación de la vía, posiblemente por un incremento en el desequilibrio de las masas al obtener cortes más altos en la construcción de nuevos taludes. 4.- Otra de las causas son los frecuentes temblores y terremotos que suceden en Colombia.<sup>43</sup>

### **9.3.3 Pendientes**

La remoción en masa puede presentarse en cualquier clima, pero tiende a ser más fuerte en zonas con lluvias fuertes y prolongadas. Esto por saturación o humedecimiento de los materiales porosos o intensamente fracturados, donde influye el proceso de Meteorización el cual determina el balance entre la meteorización y la erosión.

Entre más empinado sea un terreno, mayor será el riesgo de remoción en masa y mayor la posibilidad de una continua meteorización física.

---

<sup>43</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE ROSAS. Esquema de Ordenamiento Territorial. Rosas. 2000. p. 134.

Meteorización física: La cual abarca procesos de fragmentación o desintegración de la roca, determinados por cambios de temperatura efectos de crecimiento de raíces leñosas, el viento y agua congelada en las grietas, aplicando la matriz por el peso según la naturaleza de los materiales, la composición mineralógica, homogeneidad, cohesión, dureza, permeabilidad, tamaño y forma de los elementos.

La remoción en masa existe en cualquier pendiente, existen hasta de 1 grado según (Goosen, 1972), sin embargo se concentra en pendientes relativamente fuertes como simple consecuencia de un mecanismo de la gravedad. El vector del peso del material paralelo a la pendiente será más grave que en pendientes suaves. La remoción en masa ocurre en toda clase de material, cierto material es más susceptible que otros.

#### **9.4 CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS DE REMOCIÓN EN MASA**

Metodología de Suárez (1998), se deben considerar cuatro etapas diferentes en la clasificación de los movimientos:

- Etapa de deterioro o antes de la falla, durante la cual el suelo está esencialmente intacto.
- Etapa de falla, caracterizada por la formación de una superficie de falla o el movimiento de una masa importante de material.
- Etapa post-falla, incluye los movimientos de la masa involucrada en un movimiento de masa desde el momento de la falla y hasta el preciso instante en el cual se define totalmente.
- Etapa de posible reactivación en la cual pueden ocurrir movimientos que pueden considerarse como una nueva falla, e incluye las 3 etapas anteriores.

Considerando lo anteriormente descrito, encontramos 5 grados de pendiente, en la clasificación el número 5 será el nivel de más alto grado y el de menor grado tendría la asignación de 1.

Lo que podemos deducir es que cartográficamente se observan similitudes de acuerdo de clasificación en lugares donde han ocurrido eventos de remoción en masa para la zona objeto de investigación.

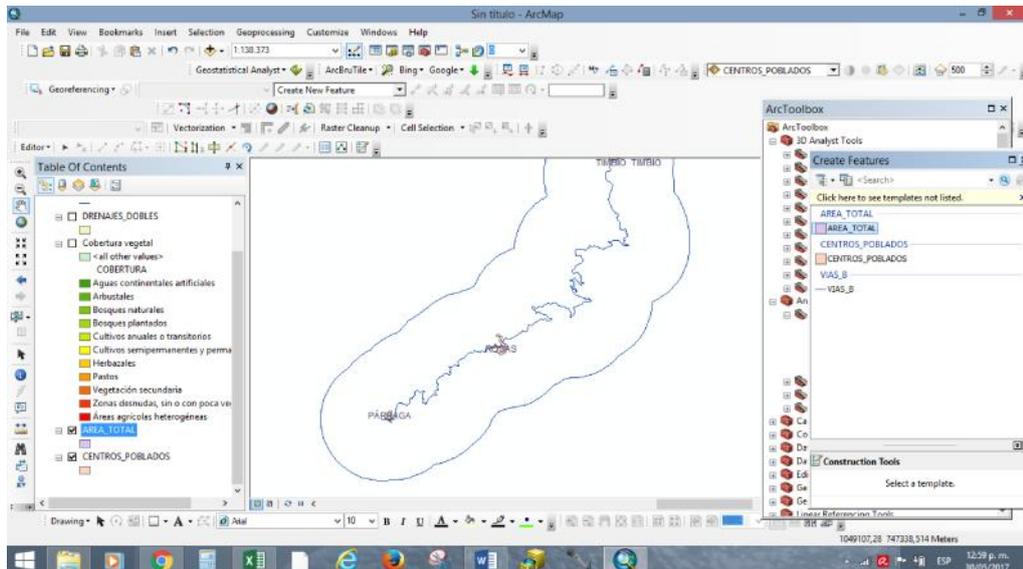
Clasificación	Susceptibilidad	Pendiente
1	Muy Baja	0 – 5 %
2	Baja	15 – 30 %
3	Mediana	30 – 50 %
4	Alta	50 – 100 %
5	Muy Alta	Más de 100 %

Fuente: Suárez Díaz.

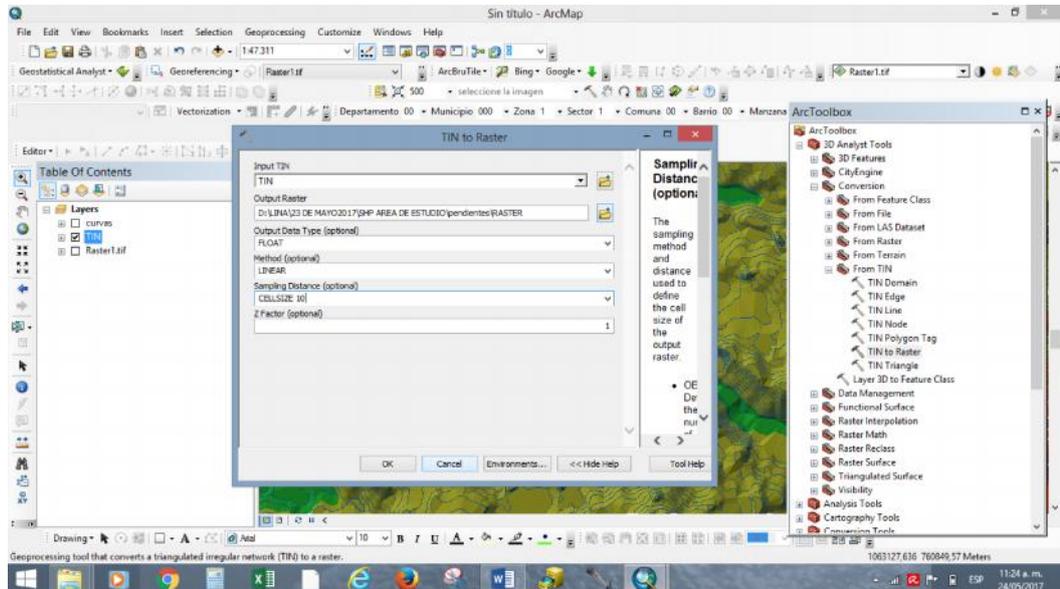
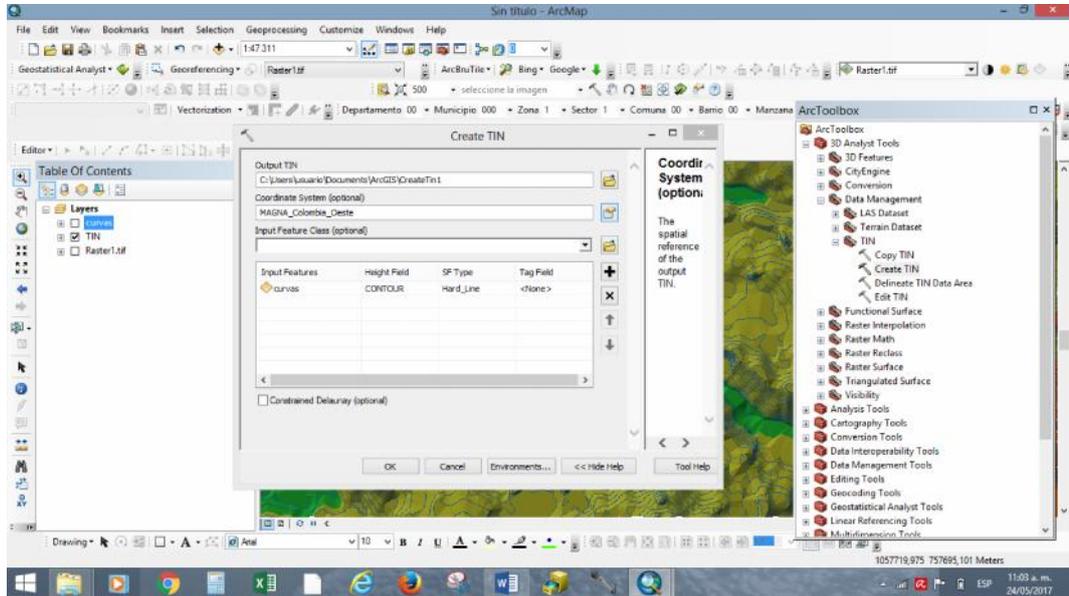


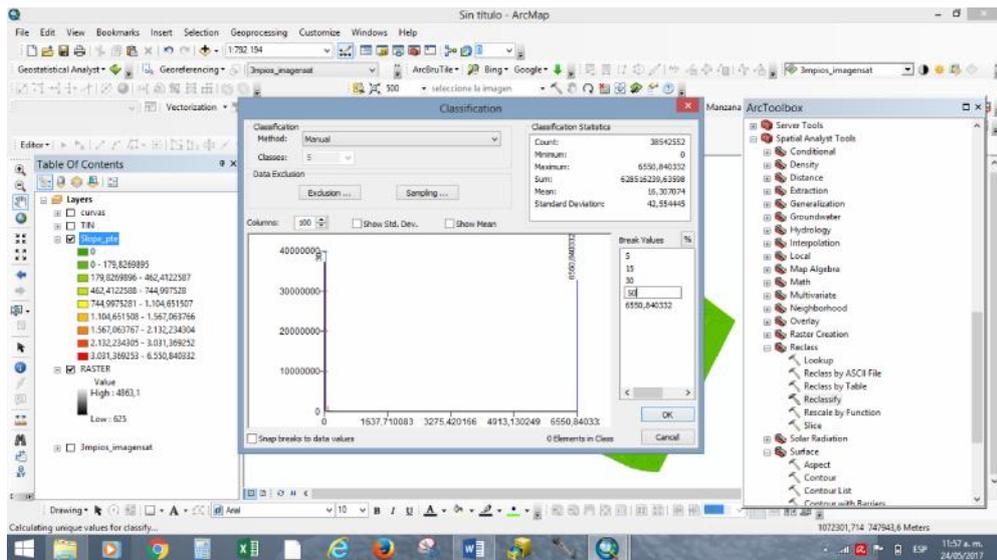
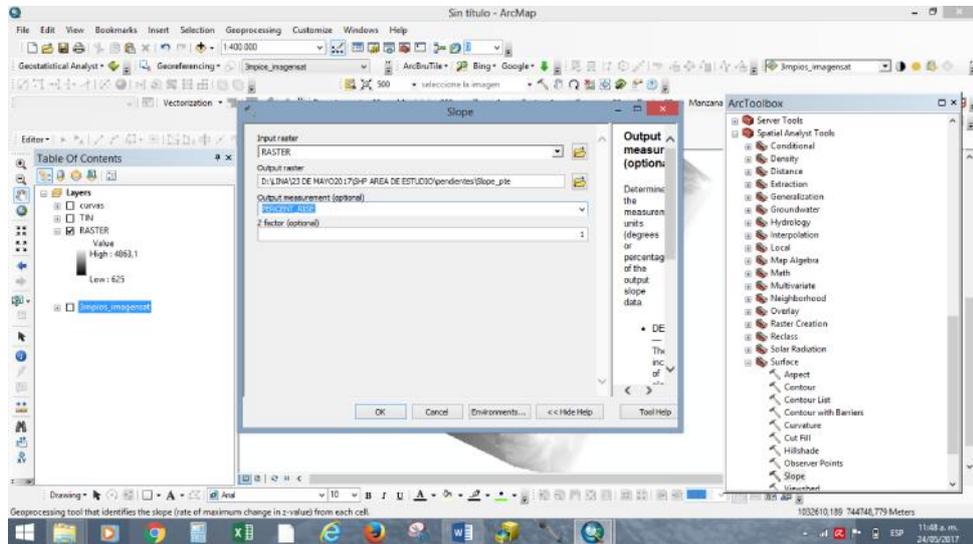


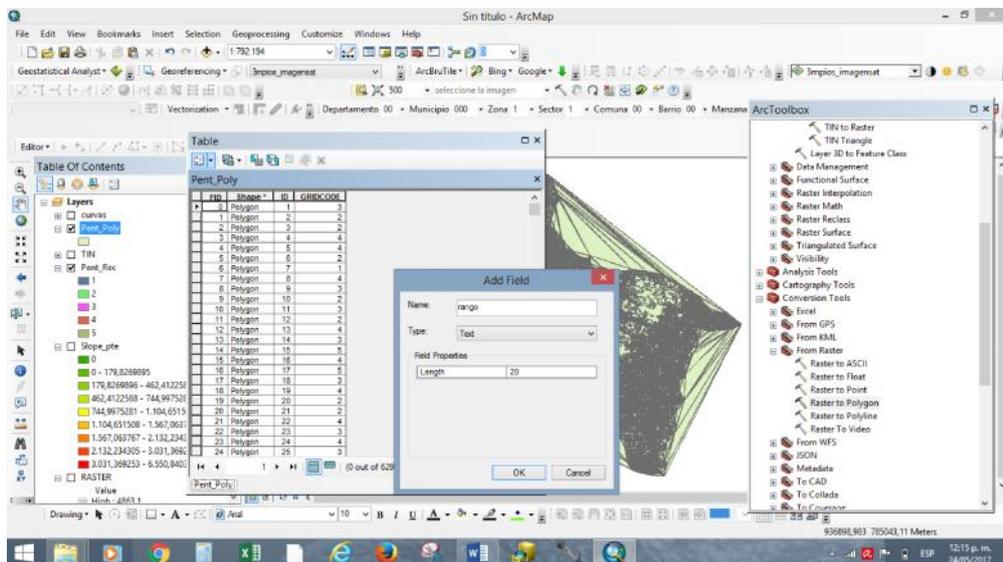
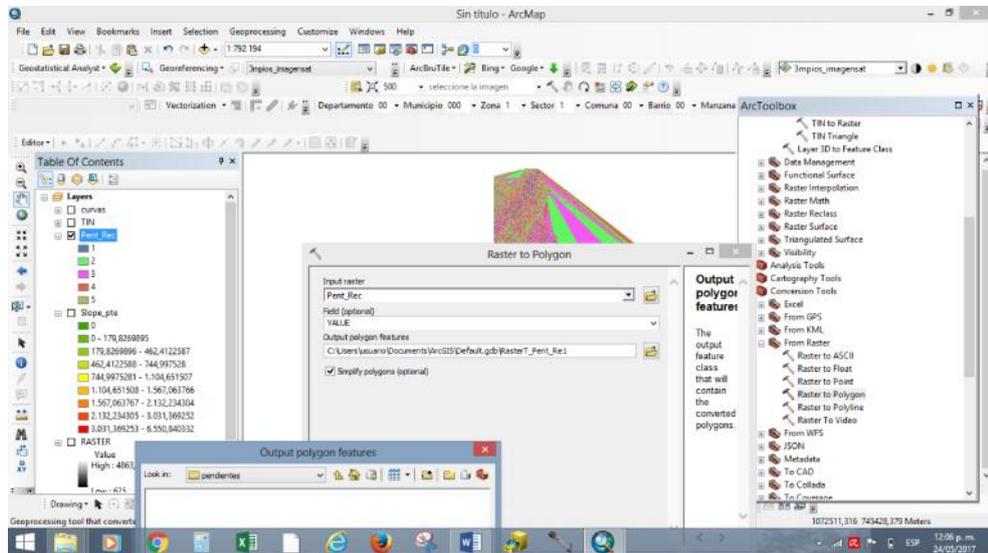
44

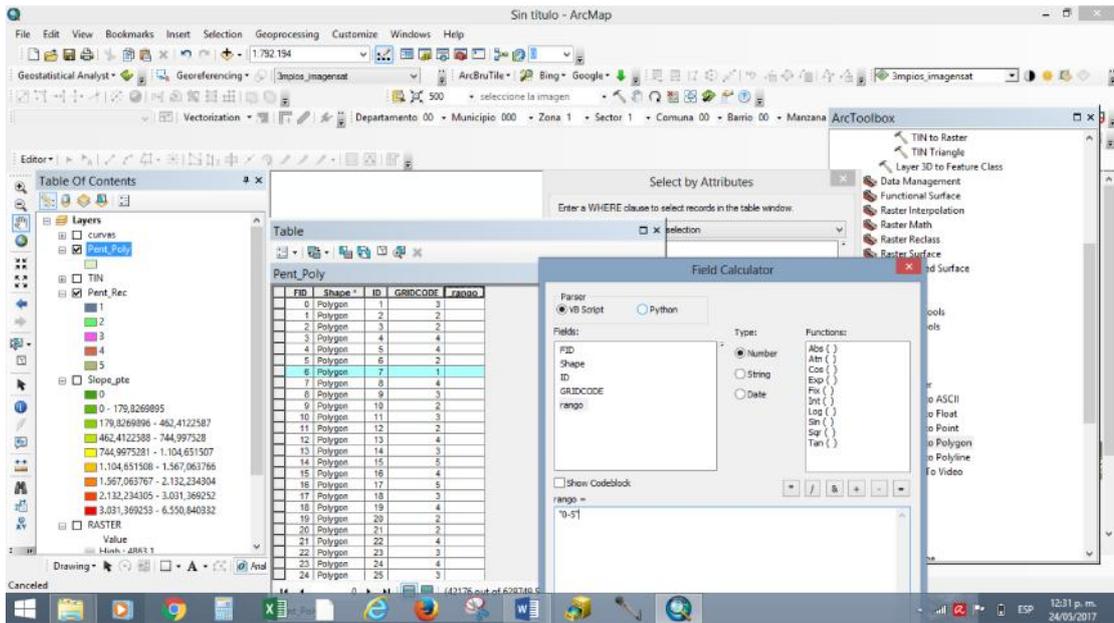
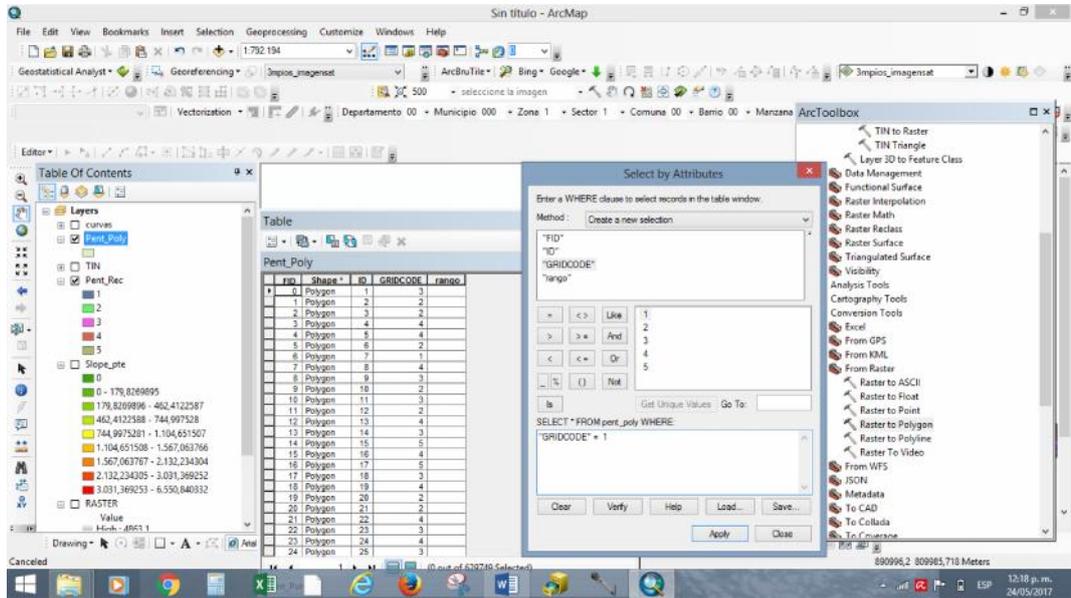


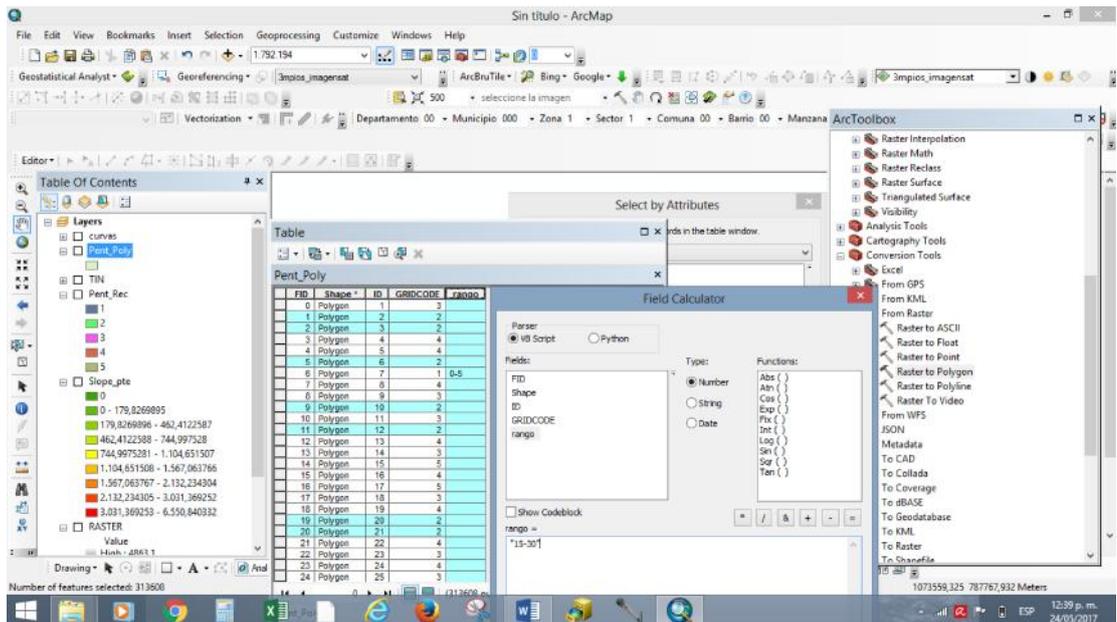
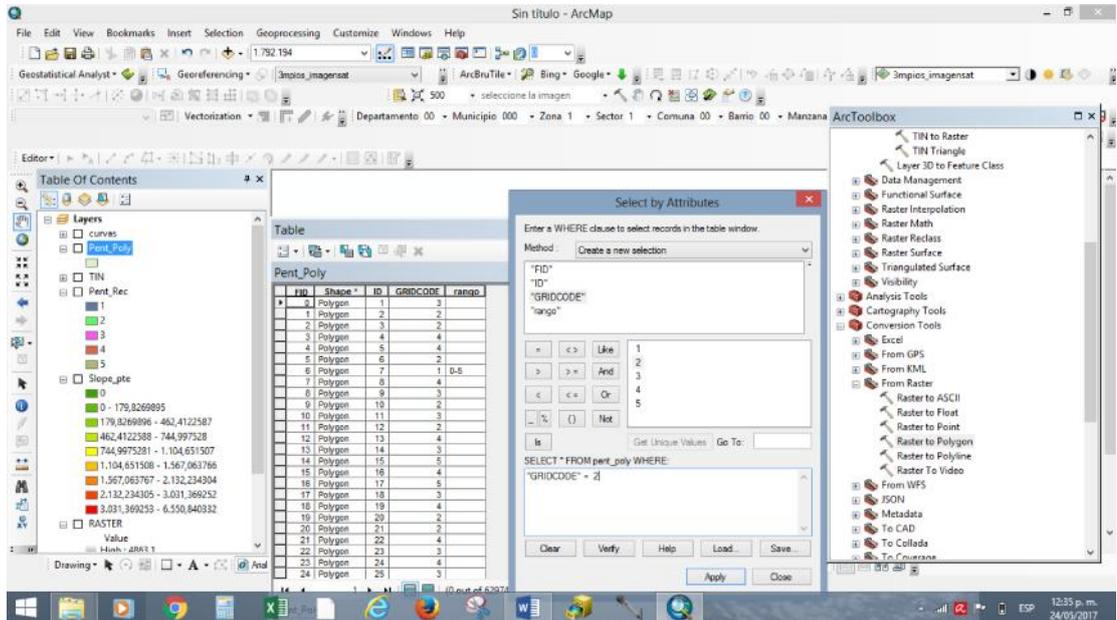
44

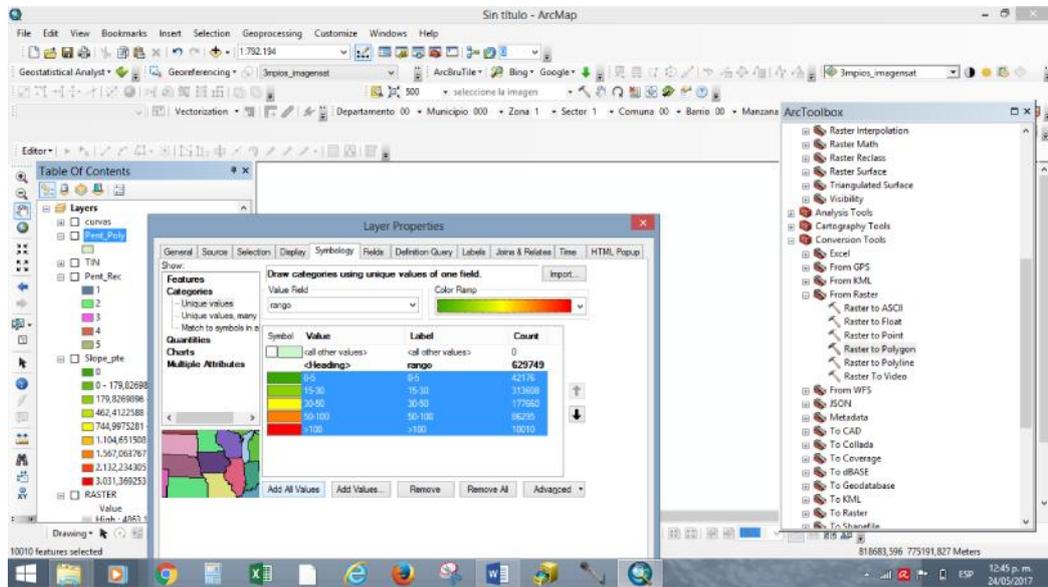






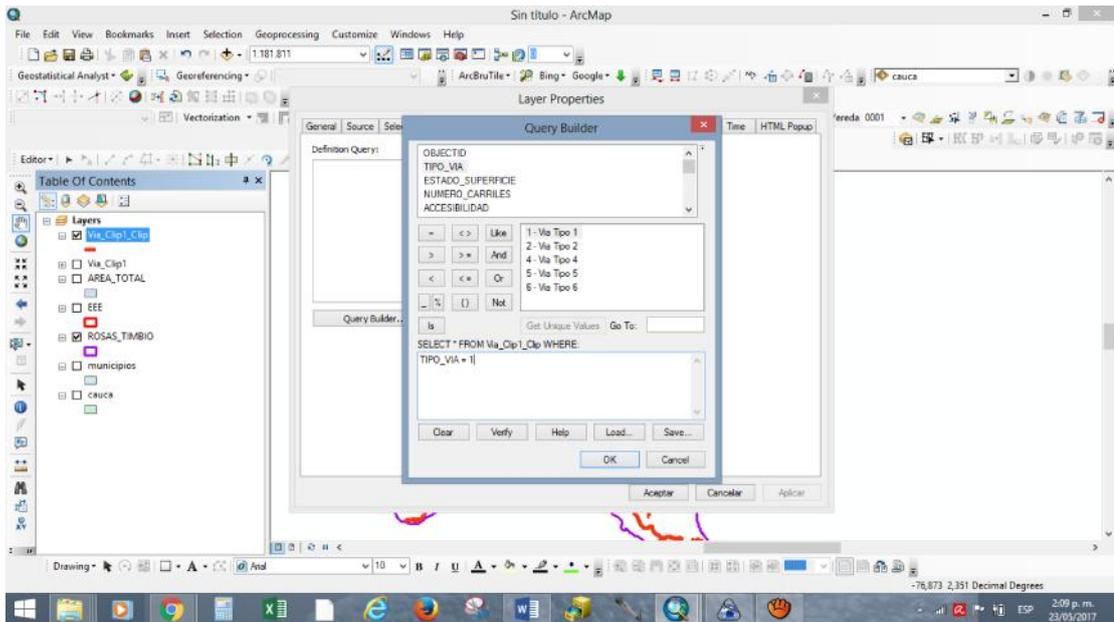
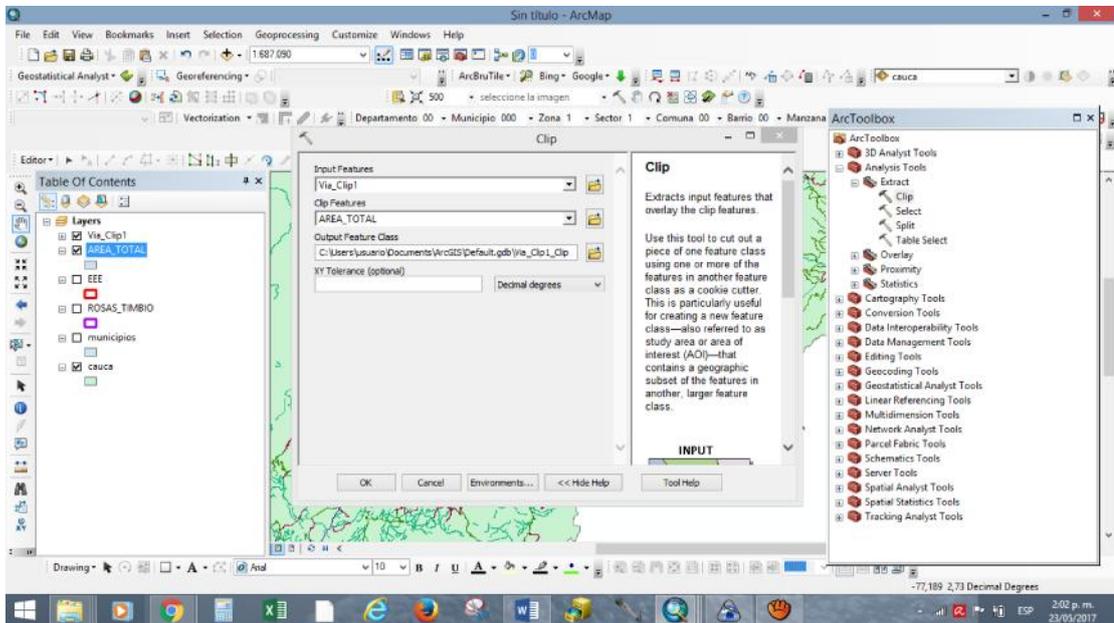






GRIDCODE	Longitud	Área en m <sup>2</sup>	Hectáreas	Porcentaje área de estudio	Rango Pendientes
1	151685	9171400	917	25	0-14
2	277951	7085608	709	19	15-30
3	300983	12124919	1212	32	31-50
4	179350	6865757	687	18	51-100
5	46541	2061402	206	6	>100
<b>Total</b>			<b>3731</b>	<b>100 %</b>	

Fuente: Esta investigación.



## 10. AFECTACIÓN SOCIOECONÓMICA POR CAUSA DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

La vía Panamericana en la zona objeto de investigación se constituye en un eje vial sobre el cual se mueven las actividades económicas y sociales de la región; sin embargo, pese a su importancia, esta vía ha presentado a lo largo de los años constantes cierres por causa del acontecimiento de fenómenos de remoción en masa afectando no solo a los municipios vecinos en el departamento de Cauca sino además causando una afectación directa al departamento de Nariño, puesto que, esta importante vía permite la interconexión al interior y exterior del departamento, además de ayudar al desarrollo de la productividad y en consecuencia al crecimiento económico territorial.

Las pérdidas económicas debido a los cierres de la vía Panamericana, en su mayoría son incuantificables, puesto que, están directamente relacionadas con el tiempo de cierre de la vía, dichos cierres afectan sectores económicos tanto en Cauca como en Nariño, a grandes rasgos es común encontrar desabastecimiento de combustible para el departamento de Nariño, sectores como el avícola presentan dificultades para abastecerse, falta de mercancías hacia el sur del País, reducción de ventas, imposición de topes de venta de combustibles, lo que repercute en ocasiones en el incremento de precios de productos de primera necesidad, entre otros.

Los municipios que fueron considerados en la ejecución de la presente investigación se caracterizan por que cuentan con un sector productivo inmerso en un proceso de desarrollo de apertura que busca salvaguardar a los pequeños productores; situación que obliga a moverse en un ambiente de mayor eficiencia, eficacia y competitividad para poder sobrevivir, teniendo como consecuencia una actividad Agropecuaria con baja rentabilidad económica y consecuentemente, bajos ingresos para el logro de una vida digna.<sup>45</sup>

Los municipios en cuestión, poseen una limitante para su comercialización de productos y es el mal estado de vías, puesto que, es la vía Panamericana la única que ofrece conectividad desde el departamento de Cauca hacia los departamentos vecinos; en este punto, cabe destacar que, por limitantes en el tema de infraestructura productiva, como los distritos de Riego, centros de acopio, plantas de procesamiento, centros de mercadeo, mejoramiento de vías, además de bajas acciones de acompañamiento técnico permanente y transferencia de tecnología; que faciliten la articulación de las políticas de desarrollo Agropecuario, ambientales y económicos, se presenta un acelerado fraccionamiento de la

---

<sup>45</sup> ALCALDÍA MUNICIPAL DE TIMBÍO. Plan de desarrollo territorial “Únete al progreso”. Timbío. 2016. p. 80.

propiedad rural y unidades de explotación por debajo del Mínimo Rentable (microfundios).

Los municipios objeto de interés, presentan como primer renglón productivo el cultivo y comercialización de café, seguido de cultivos de aguacate, tomate en invernaderos, plátano y producción de especies menores. Los pequeños productores tienen como principal actividad económica el cultivo de café, en ocasiones basan su actividad agrícola en cultivos transitorios y frutales para autoconsumo con pocos excedentes para la comercialización.

La dinámica de la economía local, propende por el fortalecimiento de la producción de café, aguacate, cacao y ganadería, es una necesidad prioritaria fortalecerse a partir de procesos organizativos de los productores. Los planes de desarrollo de los municipios objeto de investigación plantean fomentar el cultivo y mercadeo de otros productos que generen al agricultor suficientes ingresos económicos para fortalecer su economía familiar. Es decir, plantear programas que promuevan la diversificación, transformación y comercialización, como es el caso de cafés diferenciados, aguacate hass, tomate de mesa bajo cobertura, cacao, ganadería intensiva, especies menores, entre otras líneas promisorias; además, implantar el programa de seguridad alimentaria que busca principalmente ligar la producción agrícola y pecuaria para el aseguramiento de la comida de las familias y la generación de excedentes para la comercialización.

Otro objetivo en común que presentan estos tres municipios es en convertirse en una despensa agropecuaria y en un polo de desarrollo agro turístico aprovechando su ubicación estratégica.

Por lo anterior, al hablar de afectación socioeconómica causada por el acontecimiento de fenómenos de remoción en masa sobre la vía Panamericana, se puede afirmar que la presencia de este tipo de fenómenos causan represamiento de productos y una disminución en la dinámica económica de la zona que puede oscilar entre horas o días dependiendo de la magnitud del evento y de la respuesta de los entes territoriales para reactivar el paso por tan importante vía. Así mismo, el transporte tanto de pasajeros como de carga hacia el sur o al interior del país se ve constantemente afectado cuando la vía Panamericana sufre algún cierre por motivo de la ocurrencia de eventos naturales abordados en ésta investigación.

No obstante, considerando los desafíos que a futuro estos municipios se han planteado como objetivos de desarrollo comunes, se puede inferir que de presentarse cierres en la vía Panamericana por deslizamientos, las afectaciones serían mayores y posiblemente cuantificables en dinero, respecto al dinamismo y crecimiento económico que se desea alcanzar en los municipios de Rosas, Timbío y Sotará.

## 11. ANÁLISIS MULTICRITERIO DE LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO

En el análisis multicriterio se realizó la correspondiente matriz con los resultados de cada variable considerada para la zona de estudio como es cobertura vegetal, parte geológica, geomorfología y pendientes.

Indicadores a través de multicriterio:

En el análisis y comprensión de la vulnerabilidad fue necesario definir valores que permitieran una correcta descripción, requiriendo de varios discernimientos relacionados con el cruce de variables y manejo estadístico; es así, como para la variable de geología se elaboró una clasificación según Mora Vahrson de acuerdo al grado de madurez de la roca.

### Cuadro 6. Clasificación geológica según Mora Vahrson.

Cobertura geológica	Rangos de cobertura	
Unidades geológicas más viejas.	1	mas bajo
Unidades geológicas jóvenes.	4	mas alto

Clasificación ver cuadro 8.

**Geomorfología:** fue clasificada de acuerdo a su extensión y forma de relieve.

1. Montaña fluvio gravitacional
2. Altiplanicie erosional estructural

**Cobertura Vegetal:** se clasificó según el grado de afectación de un cultivo basado en sus raíces y sus efectos erosivos de acuerdo a su extensión. Ver cuadro 8.

**Pendiente:** Según el autor Suarez se define la clasificación de pendientes de acuerdo al ángulo de inclinación.

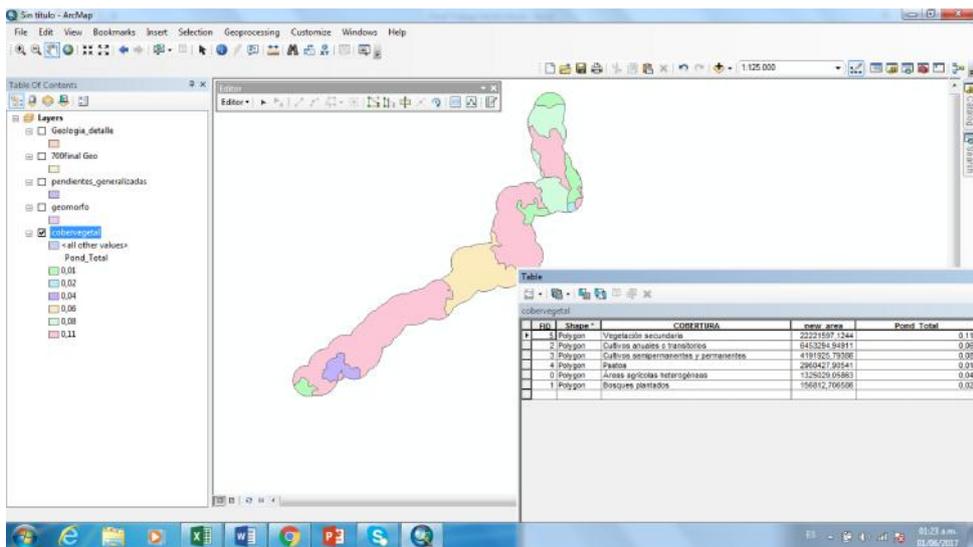
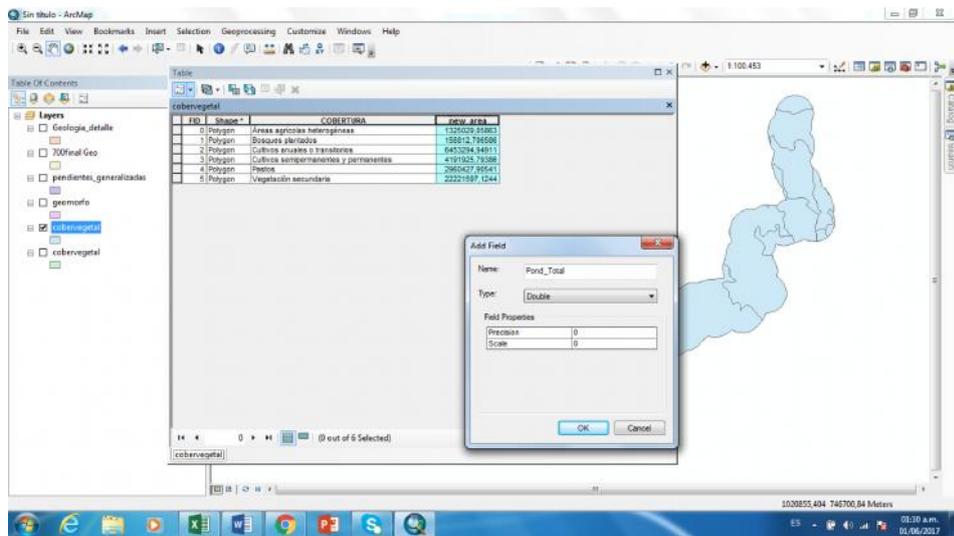
### Cuadro 7. Clasificación de Pendientes según Suarez.

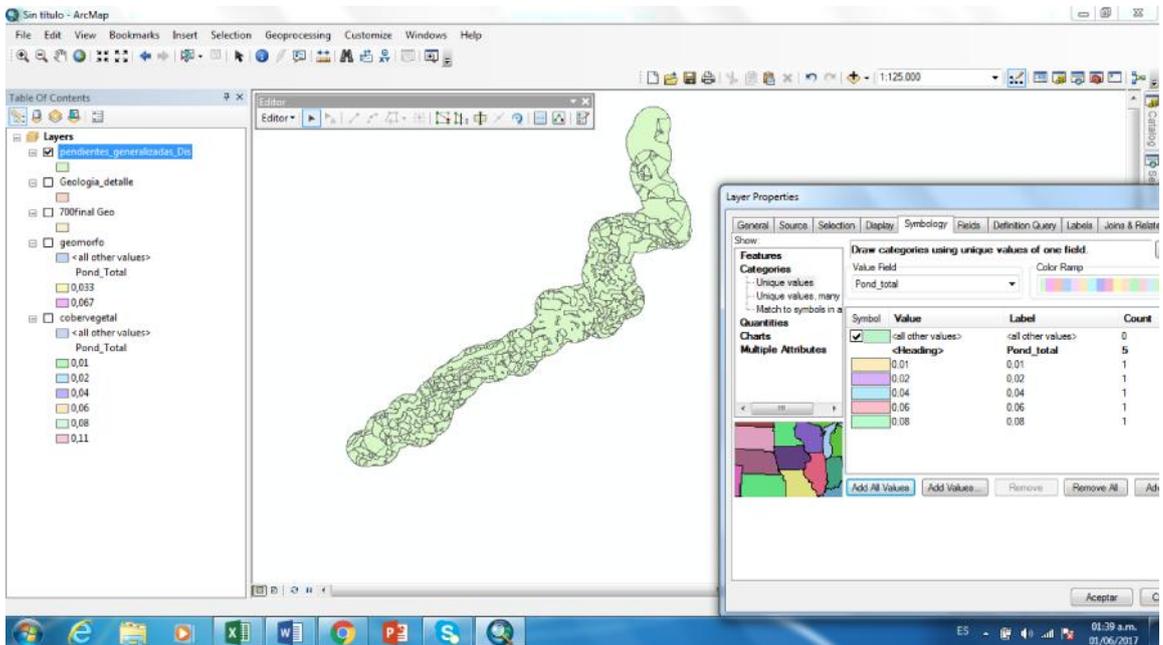
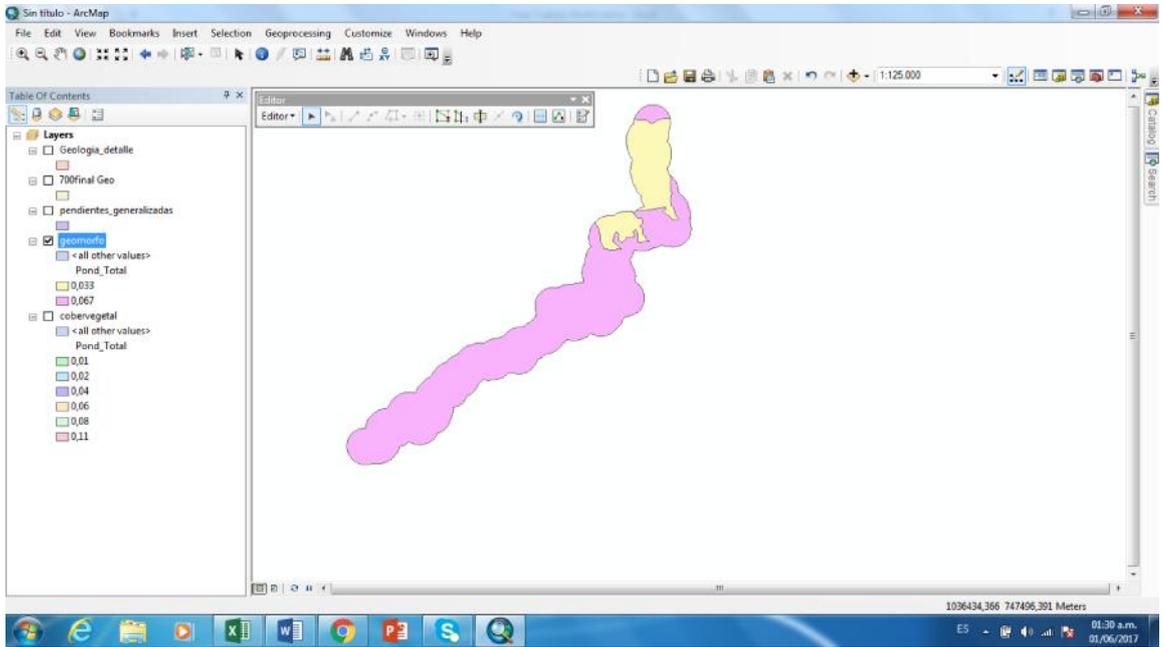
Clasificación	Susceptibilidad
5	muy alta
4	alta
3	mediana
2	baja
1	muy baja

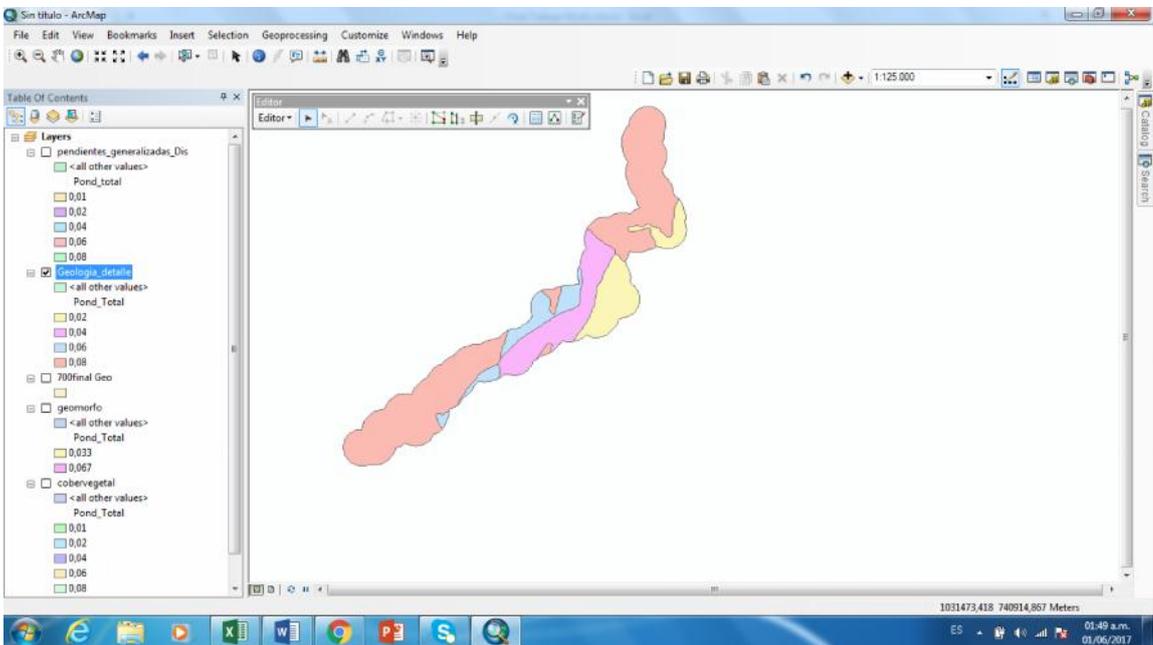
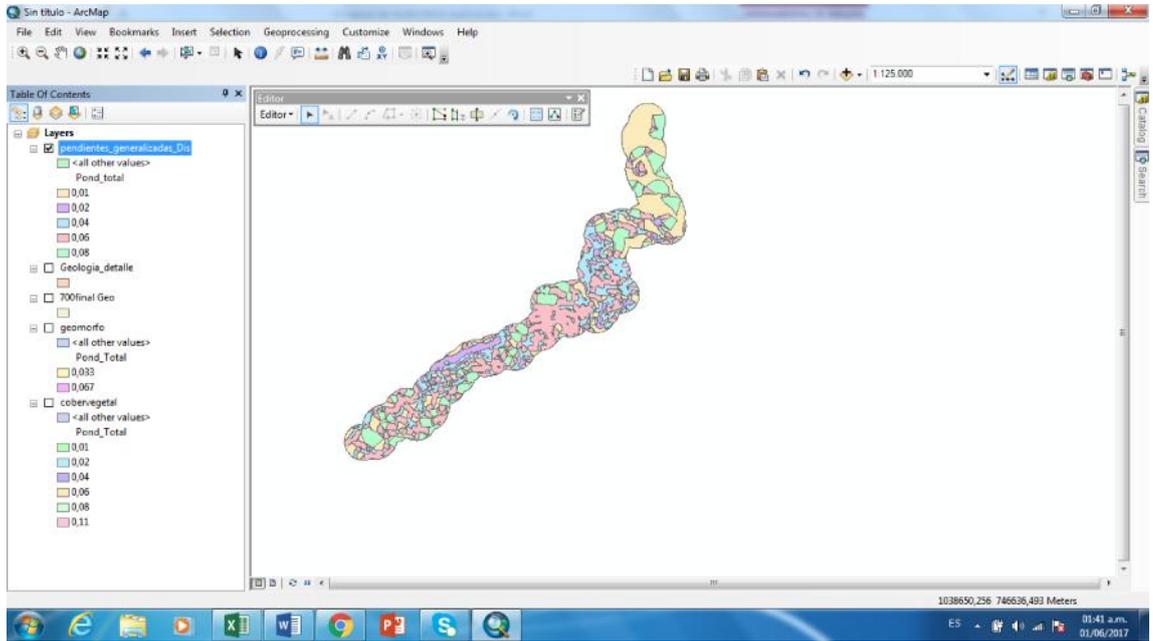
Ver cuadro 8.

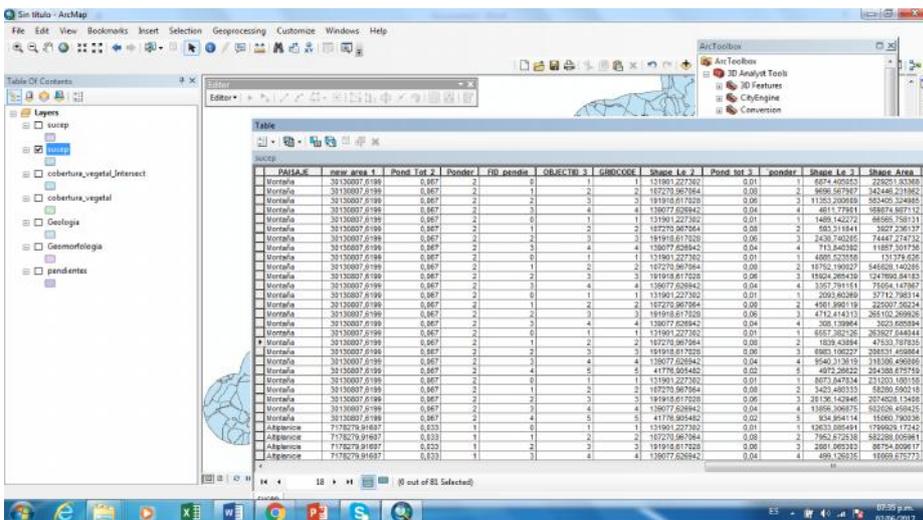
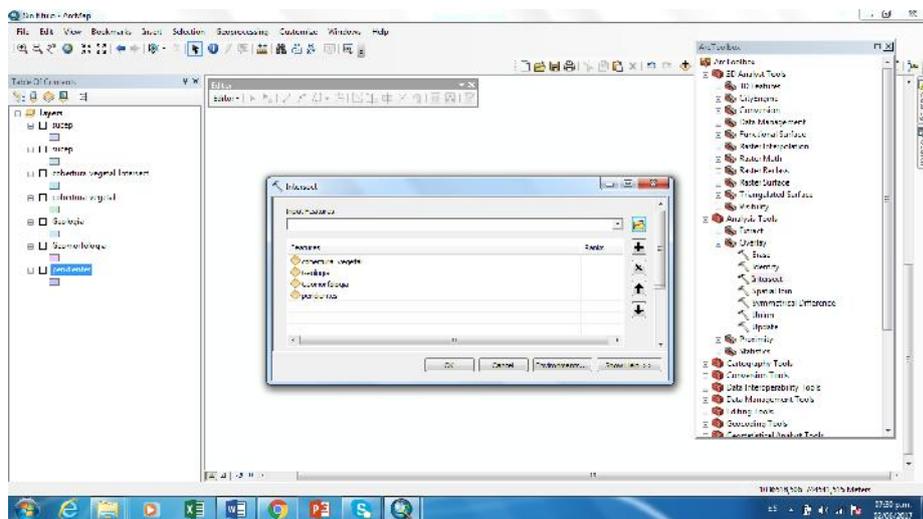
**Cuadro 8. Ponderación normalizada y total.**

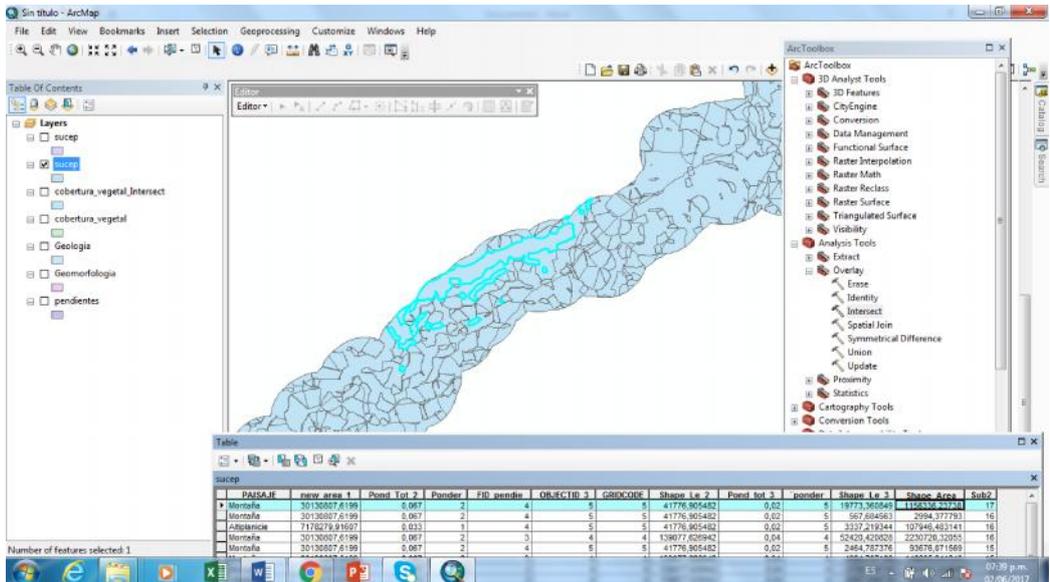
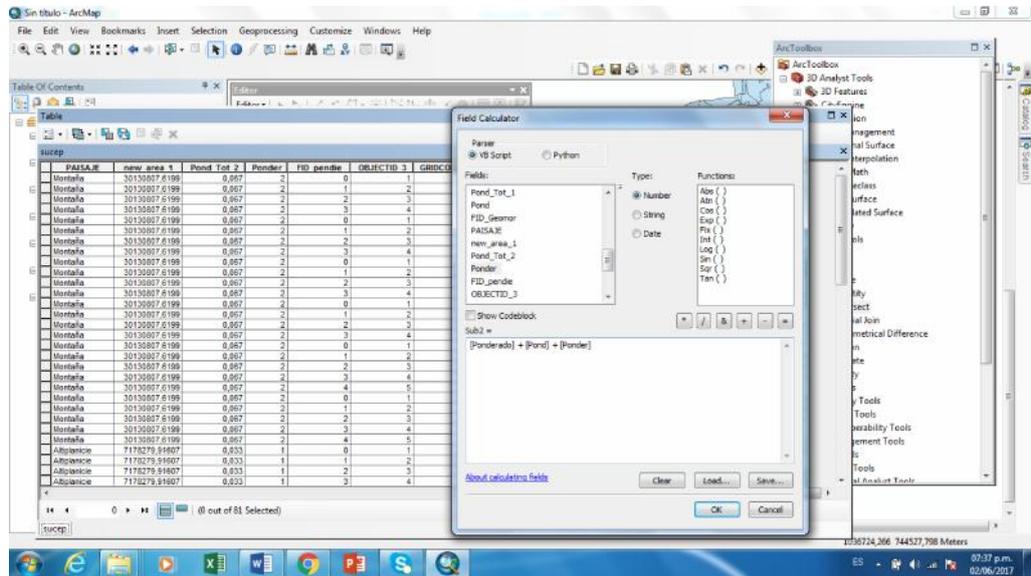
ANALISIS MULTICRITERIO						
INDICADOR	TIPO DE CULTIVOS	PONDERACIONES	PONDER-NORMALIZADA	POND INDIC	NORMA IND	PONDERACIÓN TOTAL
COBERTURA VEGETAL	VEGETACION SECUNDARIA	6	0,285714286	4	0,4	0,11
	PASTOS	5	0,238095238			0,10
	CULTIVOS SEMIPERMANENTES Y PERMANENTES	4	0,19047619			0,08
	CULTIVOS ANUALES O TRANSITORIO	3	0,142857143			0,06
	AREAS AGRICOLAS HETEROGENEAS	2	0,095238095			0,04
	BOSQUE PLANTADO	1	0,047619048			0,02
	<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>1</b>			<b>0,4</b>
PENDIENTES	SUCEPTIBILIDAD			3	0,3	
	MUY ALTA	5	0,333333333			0,1
	ALTA	4	0,266666667			0,08
	MEDIANA	3	0,2			0,06
	BAJA	2	0,133333333			0,04
	MUY BAJA	1	0,066666667			0,02
	<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>1</b>			<b>0,3</b>
GEOLOGIA	TIPO DE COBERTURA GEOLOGICA			2	0,2	
	N2Vc-CONGLOMERADOS VULCANOCLASTICOS	4	0,4			0,08
	N1ST-ARENITAS-SEDIMENTARIA TRANSICIONAL	3	0,3			0,06
	K2VM4-VULCANICO METAMORFICA	2	0,2			0,04
	NP?Ma3-METAMORFICA ANFIBOLITA	1	0,1			0,02
	<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>1</b>			<b>0,2</b>
GEOMORFOLOGIA	RELIEVE			1	0,1	
	MONTAÑA FLUVIO GRAVITACIONAL	2	0,666666667			0,067
	ALTIPLANICIE ESTRUCTURAL EROSIONAL	1	0,333333333			0,033
	<b>TOTAL</b>	<b>3</b>	<b>1</b>			
				10	1	0,1











## 12. CONCLUSIONES

La ejecución de esta investigación permitió llegar a las siguientes conclusiones considerando el aporte hecho desde la Geografía en función del problema de investigación y objetivos planteados, destacando aspectos sobresalientes de los resultados obtenidos.

- Los fenómenos de remoción en masa acontecidos en años anteriores coinciden con los puntos ubicados como de alta susceptibilidad a este tipo de acontecimientos.
- La susceptibilidad en la presente investigación identificó áreas con alto potencial de ocurrencia a eventos de deslizamientos, por lo tanto, no hace alusión a la identificación de periodos de retorno.
- Las condiciones climáticas, geomorfológicas y de suelos hacen que en la vía Panamericana existan puntos propensos a remoción en masa, por causa directa de componentes climáticos y fuertes pendientes en el sector.
- La frecuencia de ocurrencia de fenómenos en remoción en masa en el área de estudio arroja la necesidad de contar con información más detallada para evaluar la susceptibilidad por deslizamientos sobre todo en la parte geológica y geotécnica.
- Los resultados producto de la ejecución de la presente investigación demostraron concordancia con el grado de amenaza de remoción en masa elaborado por el Servicio Geológico Colombiano, demostrando que el tramo que atraviesa la vía Panamericana entre los municipios de interés, es altamente propenso a la ocurrencia de este tipo de eventos.
- La ejecución de este trabajo de grado aporta elementos de investigación y consulta sobre el comportamiento de los fenómenos de remoción en masa y sus resultados pueden ser tomados como referencia para adelantar futuras investigaciones sobre el tema abordado.

### 13. RECOMENDACIONES

Mediante el análisis de los resultados obtenidos fue posible el planteamiento de recomendaciones respecto al estudio de fenómenos de remoción en masa en los municipios objeto de investigación.

- El impacto de la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en la zona de estudio, puede ser disminuido si se adoptan medidas de prevención y mitigación a lo largo del tramo estudiado sobre la vía Panamericana por medio de acciones que promuevan el correcto manejo del suelo en pendientes más fuertes.
- Por medio de proyectos de reforestación aplicados en el área de investigación se podría evitar deslizamientos sobre la vía Panamericana, ya que uno de los factores desencadenantes de este tipo de fenómenos es la precipitación que ladera abajo arrastra material por falta de una cobertura vegetal de protección.
- Se recomienda la organización de trabajo en equipo a nivel municipal entre los tres municipios investigados, con miras a adoptar soluciones reales, rápidas, precisas y consistentes ante la amenaza de remoción en masa.
- Vigilar y controlar la ocurrencia y velocidad de los deslizamientos, ubicando marcas en terreno que permitan identificar el movimiento de la tierra a partir del grado de inclinación de la pendiente permitiendo estimar la dirección del futuro deslizamiento.
- Mientras no exista apoyo de las entidades Regionales e iniciativas de las comunidades frente a programas educativos de prevención de desastres en eventos de remoción en masa no es posible iniciar un proceso consolidado en este aspecto.
- No basta solo con pensar en recursos del estado para solucionar estos eventos sino en la generación de proyectos para la mejora de cultivos y esto ayude a la estabilidad económica y generación de empleo.

## BIBLIOGRAFIA

ALCALDÍA MUNICIPAL DE ROSAS. Esquema de Ordenamiento Territorial. Rosas. 2000. 233 p.

ALCALDÍA MUNICIPAL DE SOTARÁ. Plan de desarrollo municipal “Profesionalismo y compromiso con Sotará”. Paispamba. 2012. 50 p.

ALCALDÍA MUNICIPAL DE TIMBÍO. Plan Básico de Ordenamiento Territorial. Timbío. 2006. p. 341.

\_\_\_\_\_,. Plan de desarrollo territorial “Únete al progreso”. Timbío. 2016. 185 p.

CENTRO DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS LATINOAMERICANOS [online]. Amenaza por remoción en masa en Colombia. Disponible de internet: <http://ceelat.org/mapas/amenaza-por-remocion-en-masa-en-colombia/>

CHINCHILLA VALLEJO, Juan David. Determinación de la Susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en Gramalote Norte de Santander. Trabajo de grado Ingeniero Civil. Bogotá.: Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. 2015. 63 p.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Constitución Política de Colombia. Bogotá. 1991. 110 p.

\_\_\_\_\_, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99 (22, diciembre, 1993). Por el 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, se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA – y se dictan otras disposiciones. Bogotá. 1993. 44 p.

\_\_\_\_\_, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 388 (24, julio, 1997). Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. Bogotá. 1997. 49 p.

\_\_\_\_\_, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1523 Ley 1523 (24, abril, 2012). Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones. Bogotá. 2012. p. 20.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – CEPAL. Información para la gestión de riesgo de desastres estudio de caso de cinco países Colombia. Ciudad de México. 2007. 330 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA – CRC. Plan de Acción 2012 – 2105. Popayán. 2012. 112 p.

\_\_\_\_\_, Plan de Acción para la Atención de la Emergencia y la Mitigación de sus Efectos “PAAEME” en el área de jurisdicción de la C.R.C. Popayán. 2011. 56p.

EARTHDATA SEARCH. [online]. Disponible de internet: <https://search.earthdata.nasa.gov/>

EL TIEMPO [online]. Emergencia por deslizamientos en zona rural del norte del Cauca. Disponible de internet: <http://www.eltiempo.com/colombia/cali/riesgo-de-avalancha-en-zona-rural-del-norte-del-cauca-38506>

ESTRADA, Hernando., MENESES, Edwin., CAICEDO, Javier. Carretera Panamericana Popayán – Pasto. Evaluación técnica y económica preliminar sitios de falla. Popayán. 2011. 45 p.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. [online]. Modelo para el pronóstico de la amenaza en tiempo real. Disponible de internet: [http://www.docentes.unal.edu.co/gvargasc/docs/PUBLICACIONES\\_RIESGOS/Modelo-pronosticoFRM.pdf](http://www.docentes.unal.edu.co/gvargasc/docs/PUBLICACIONES_RIESGOS/Modelo-pronosticoFRM.pdf)

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Cauca características geográficas. Bogotá. 1992. 159 p.

\_\_\_\_\_, Movimientos en masa dañinos ocurridos en Colombia durante el Fenómeno Frío del Pacífico (La Niña) 1999 – 2000. Bogotá. 2000. 14 p.

LIZAMA ESPINOZA, Claudia. Propuesta metodológica para establecer áreas de riesgo por remoción en masa, Chile. Santiago. 2012. 169 p.

MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES DE EL SALVADOR. Memoria técnica para el mapa de susceptibilidad de deslizamientos de tierra de El Salvador. San Salvador. 2004. 18 p.

MINISTERIO DEL INTERIOR. Decreto 93 de 1998 (19, enero, 1998). Por el cual se adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá. 9p.

OPORTO GALLARDO, Benedicto René. Estudio de Fenómenos de Remoción en masa. Sector Niebla – San Ignacio comuna de Valdivia Xa Región. Trabajo de grado Ingeniero Civil en Obras Civiles. Valdivia: Universidad Austral de Chile. Instituto de Obras Civiles. 2006. 200 p.

PERIÓDICO EL LIBERAL. Artículo “Rosas sigue en emergencia vial”. Popayán. Edición 23 de Diciembre. 2010.

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN GEOLÓGICA ARGENTINA [online]. Procesos de remoción en masa y erosión fluvial en la quebrada del río Los Sosa, provincia de Tucumán. Disponible de internet: [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-48222003000200011](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-48222003000200011)

SECRETARÍA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGOS. Propuesta metodológica, Análisis de vulnerabilidad a nivel municipal. Quito. 2012. 115 p.

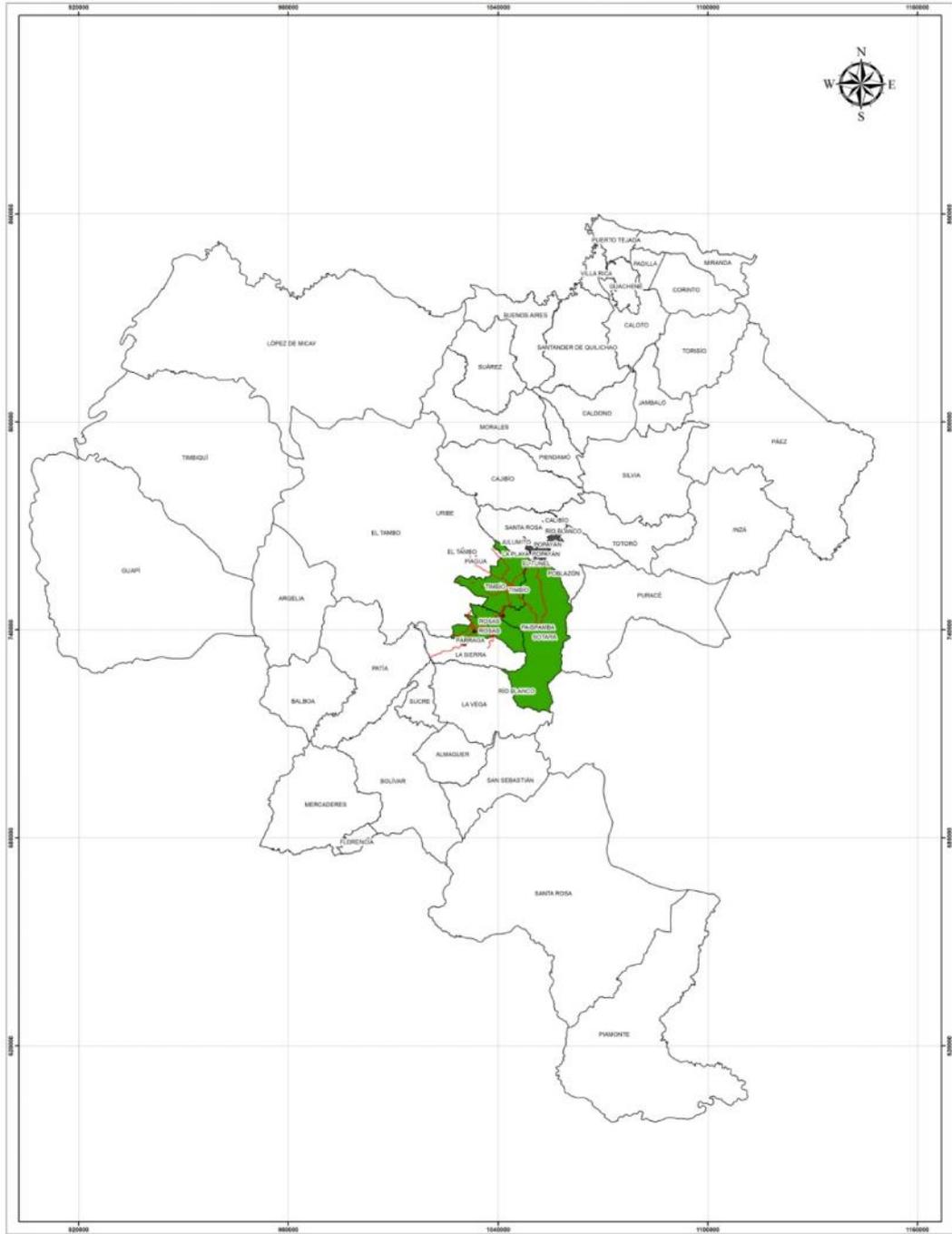
SEMANA. [online]. Deslizamiento de tierra en el Cauca deja al menos siete muertos. Disponible de internet: <http://www.semana.com/nacion/articulo/en-el-tambo-cauca-deslizamiento-de-tierra-deja-personas-muertas/504698>

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO – SGC. Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. Bogotá. 2015. 182 p.

\_\_\_\_\_, Atlas geológico de Colombia. Plancha 5-13, escala 1:500.000. Bogotá. 2007.

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA LA PLANEACIÓN Y EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL. SIG-OT. [online]. Disponible de internet: [http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames\\_pagina.aspx](http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/frames_pagina.aspx)

## **ANEXOS**



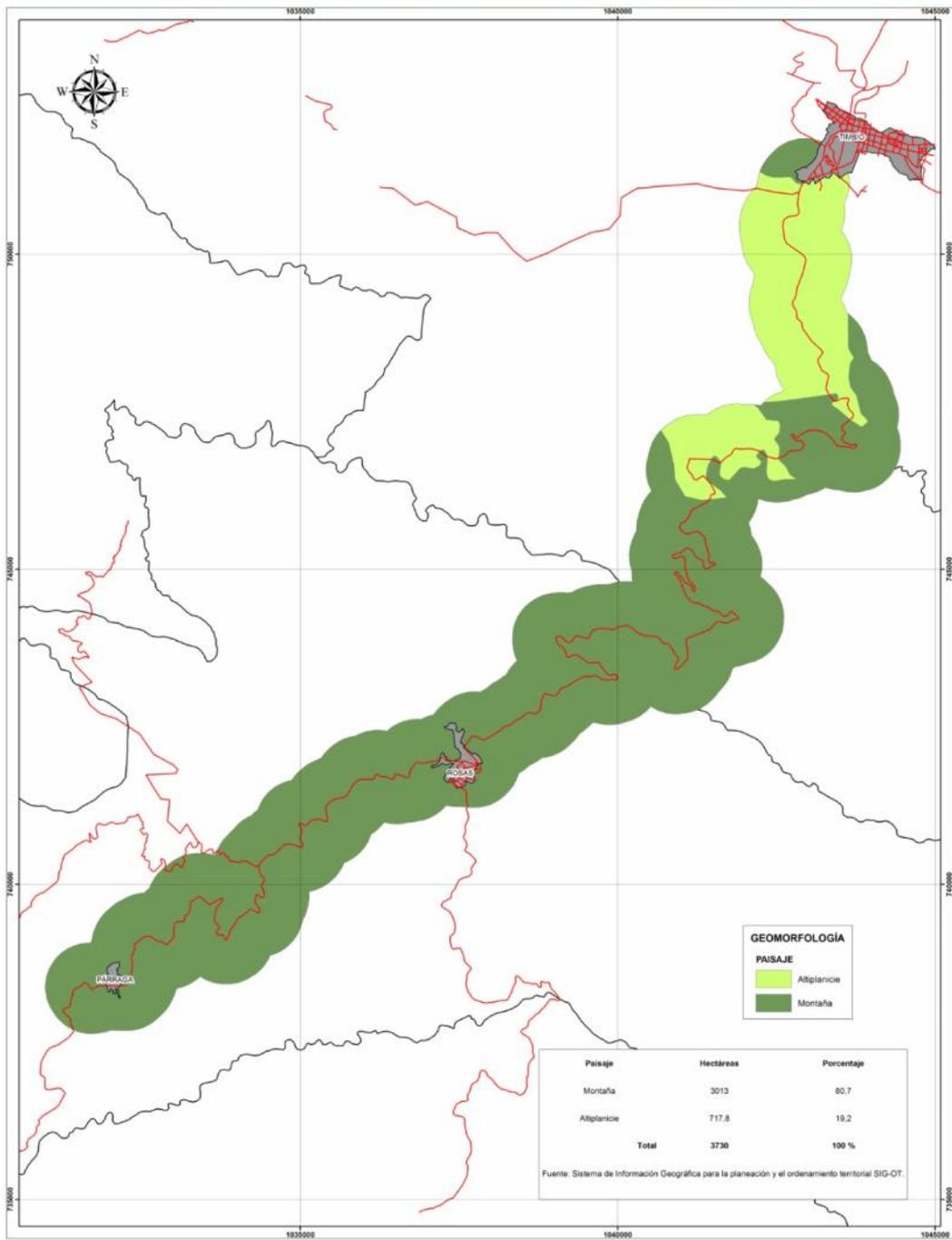
**MAPA 1**  
**UBICACIÓN GEOGRÁFICA ZONA DE ESTUDIO**  
**MUNICIPIOS ROSAS, SOTARÁ Y TIMBÍO**  
**DEPARTAMENTO DE CAUCA**

**LEYENDA**

- Puntos
- Vía Paramétrica
- Municipio de estudio
- Límite Municipal

FUENTE: Esta investigación.  
 ESCALA DE TRABAJO 1: 25000  
 ESCALA DE IMPRESIÓN: 1: 600.000

SISTEMA DE PROYECCIÓN:  
 Magna Colombia Oeste  
 Proyección: Transversa de Mercator  
 Meridiano Central: -77.8775762  
 Latitud de Origen: 4.5922042  
 Datum: D\_Magna



**GEOMORFOLOGÍA**

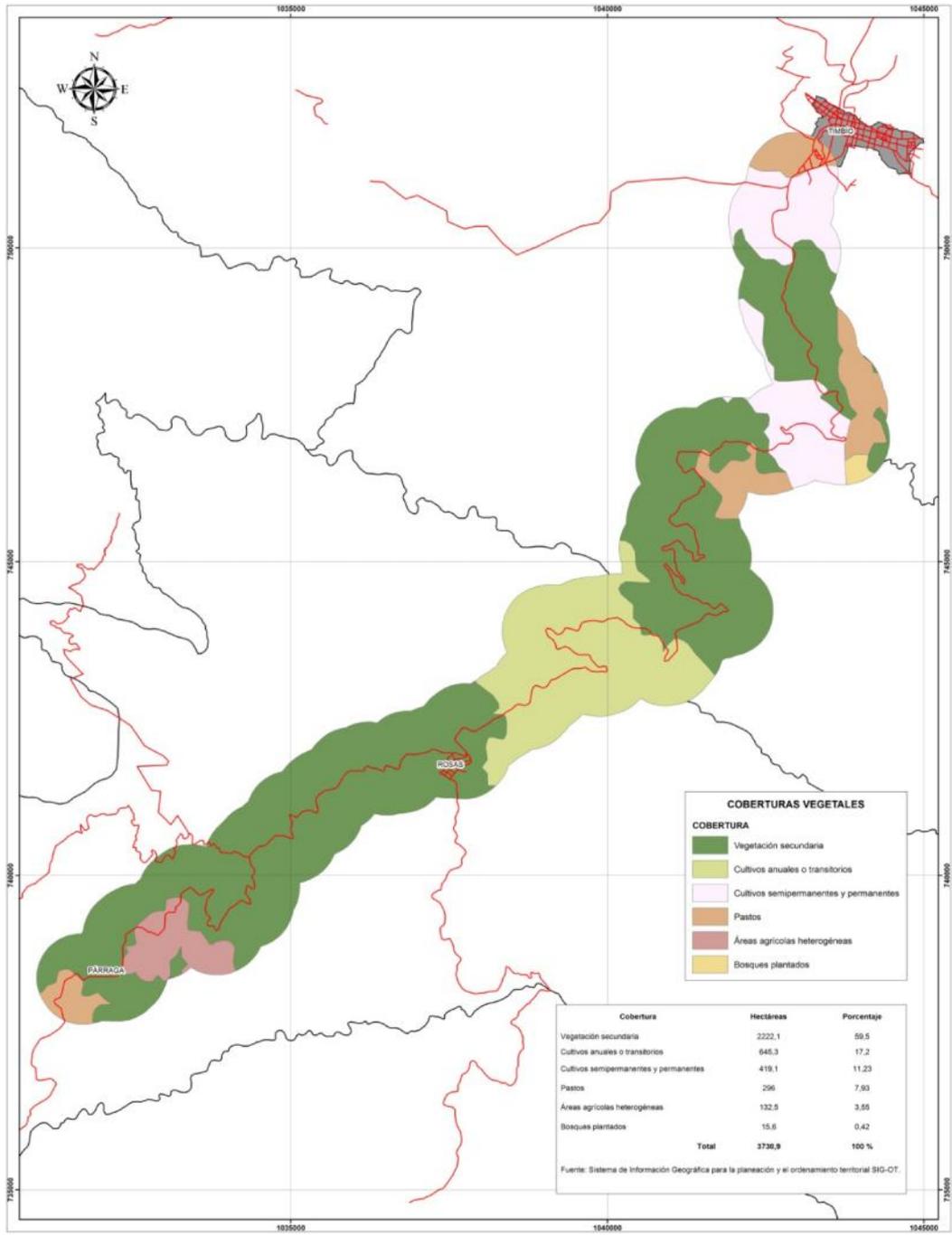
**PAISAJE**

- Altiplanicie
- Montaña

Paisaje	Hectáreas	Porcentaje
Montaña	3013	80.7
Altiplanicie	717.8	19.2
<b>Total</b>	<b>3730</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Sistema de Información Geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial SIG-OT.

<p align="center"><b>MAPA 2</b></p> <p align="center"><b>UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS MUNICIPIOS ROSAS, SOTARÁ Y TIMBÍO DEPARTAMENTO DE CAUCA</b></p>	<p align="center"><b>LEYENDA</b></p> <p> Via Panamericana</p> <p> Limite municipal</p> <p> Centros Poblados</p>	<p>FUENTE: SIGOT</p> <p>ESCALA DE TRABAJO 1: 25000</p> <p>ESCALA DE IMPRESIÓN: 1: 33.000</p>	<p>SISTEMA DE PROYECCIÓN Magra Colombia Oeste Proyección: Transverso de Mercator Meridiano Central: 77.07750782 Latitud de Origen: 4.59620042 Datum: D_Magra</p>
---	---	--	--



**COBERTURAS VEGETALES**

**COBERTURA**

- Vegetación secundaria
- Cultivos anuales o transitorios
- Cultivos semipermanentes y permanentes
- Pastos
- Áreas agrícolas heterogéneas
- Bosques plantados

Cobertura	Hectáreas	Porcentaje
Vegetación secundaria	2222,1	59,5
Cultivos anuales o transitorios	645,3	17,2
Cultivos semipermanentes y permanentes	419,1	11,23
Pastos	296	7,93
Áreas agrícolas heterogéneas	132,5	3,55
Bosques plantados	15,6	0,42
<b>Total</b>	<b>3730,9</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Sistema de Información Geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial SIG-OT.

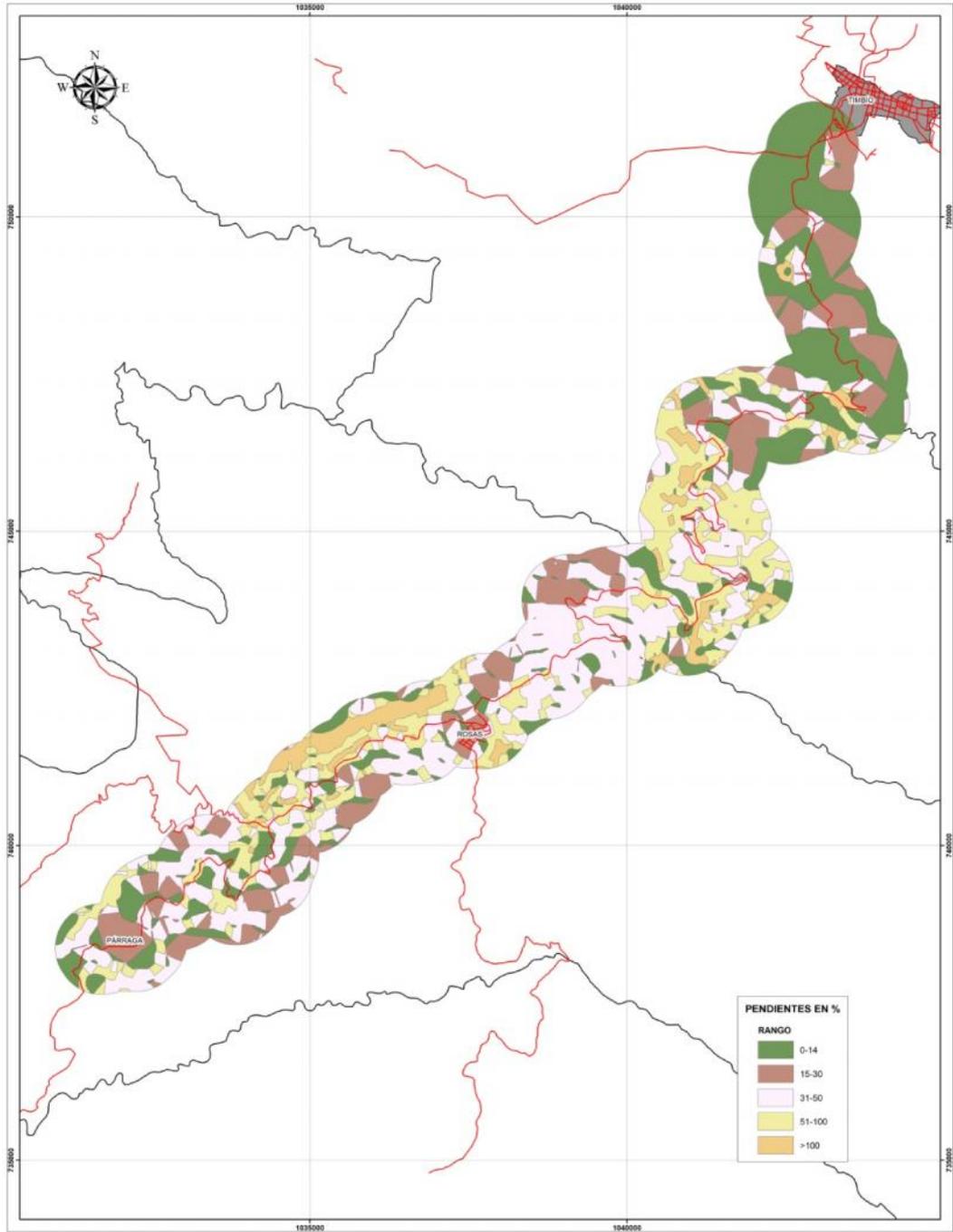
**MAPA 3**  
**COBERTURA VEGETAL**  
**MUNICIPIOS ROSAS, SOTARÁ Y TIMBÍO**  
**DEPARTAMENTO DE CAUCA**

**LEYENDA**

- Via Panamericana
- Limite municipal
- Centros Poblados

FUENTE: SIGOT  
 ESCALA DE TRABAJO 1: 25000  
 ESCALA DE IMPRESION: 1: 33 000

SISTEMA DE PROYECCION  
 Magna Colombia Oeste  
 Proyección: Transverso de Mercator  
 Meridiano Central: -77.0730792  
 Latitud de Origen: 4.5902042  
 Datum: D.Magna



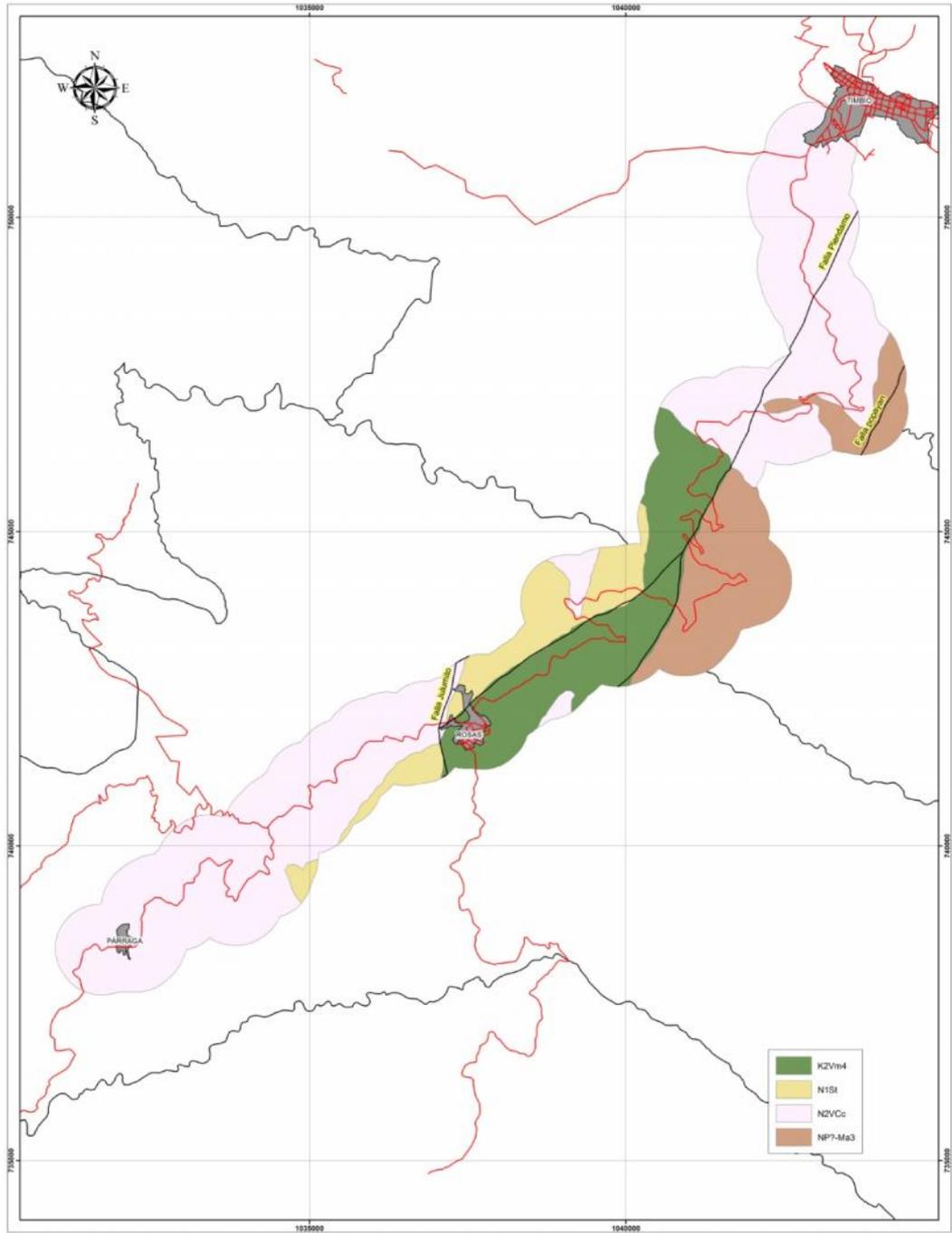
**MAPA 4**  
**PENDIENTES ZONA DE ESTUDIO**  
**MUNICIPIOS ROSAS, SOTARÁ Y TIMBÍO**  
**DEPARTAMENTO DE CAUCA**

**LEYENDA**

- Via Panamericana
- Limite municipal
- Centros Poblados

FUENTE: Esta investigación.  
 ESCALA DE TRABAJO 1: 25000  
 ESCALA DE IMPRESION 1: 33 000

SISTEMA DE PROYECCIÓN  
 Magna Colombia Oeste  
 Proyección: Transverso de Mercator  
 Meridiano Central: -77.87750782  
 Latitud de Origen: 4.59620042  
 Datum: D\_Magna



**MAPA 5**  
**GEOLOGÍA ZONA DE ESTUDIO**  
**MUNICIPIOS ROSAS, SOTARÁ Y TIMBÍO**  
**DEPARTAMENTO DE CAUCA**

**LEYENDA**

- Faltes Geológicas
- Via Panamericana
- Centros Poblados
- Límite municipal

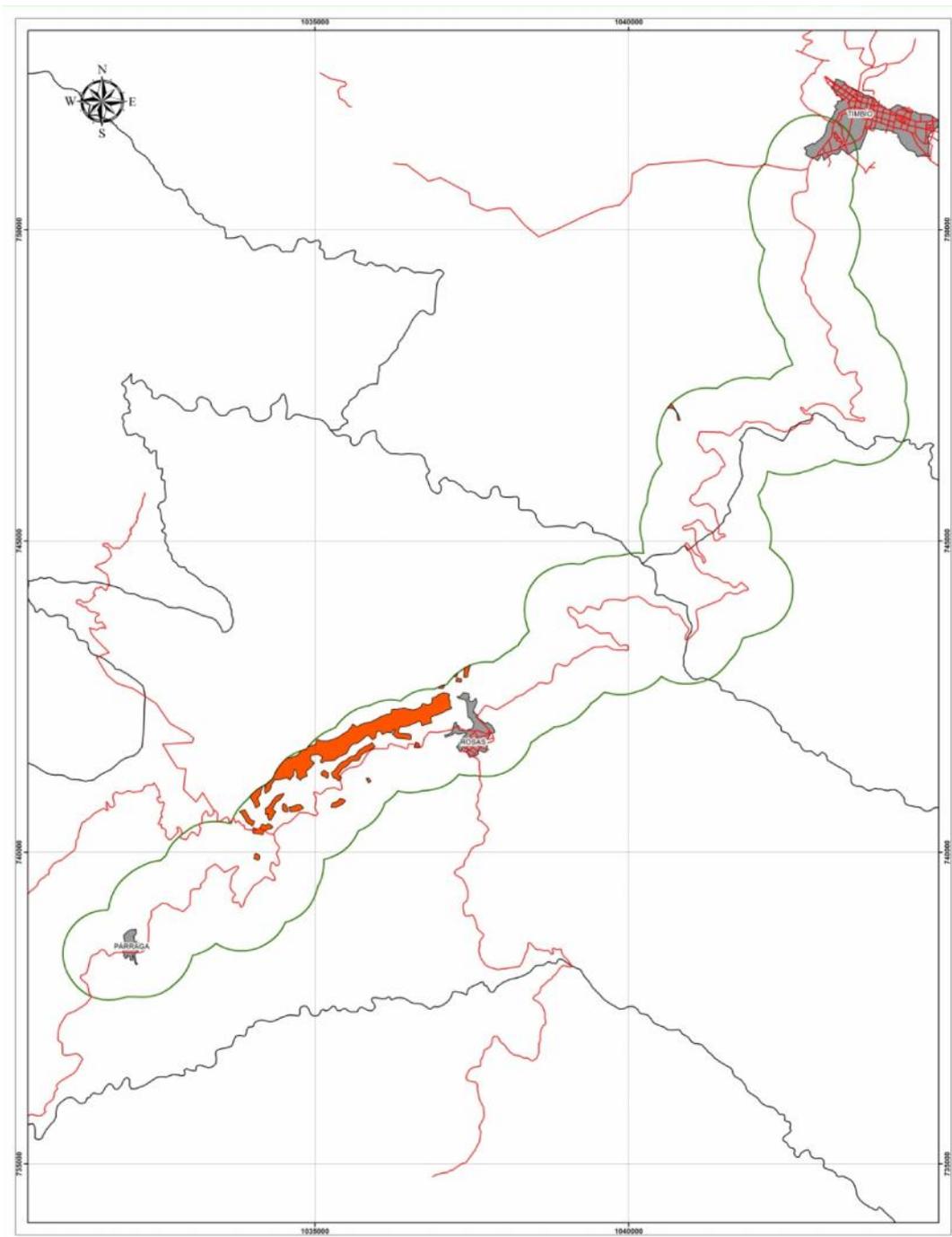
FUENTE: Esta investigación.

ESCALA DE TRABAJO 1: 25000

ESCALA DE IMPRESIÓN: 1: 33.000



SISTEMA DE PROYECCIÓN  
 Magra Colónia Cebsa  
 Proyección: Transversa de Mercator  
 Meridiano Central: 77 07'30"O  
 Latitud de Origen: 4,59620042  
 Datum: D\_Magra



<p><b>MAPA 6</b></p> <p><b>ÁREA CON MAYOR SUSCEPTIBILIDAD A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA MUNICIPIOS ROSAS, SOTARÁ Y TIMBIO DEPARTAMENTO DE CAUCA</b></p>	<p><b>LEYENDA</b></p> <p> Via Panamericana</p> <p> Área de estudio</p> <p> Susceptibilidad</p> <p> Límite municipal</p>	<p>FUENTE: Esta investigación.</p> <p>ESCALA DE TRABAJO 1: 25000</p> <p>ESCALA DE IMPRESIÓN 1: 33.000</p> 	<p>SISTEMA DE PROYECCIÓN</p> <p>Magna Colombia Oeste</p> <p>Proyección: Transverso de Mercator</p> <p>Meridiano Central: -77 07'30"O</p> <p>Latitud de Origen: 4.69620942</p> <p>Datum: D. Magna</p>
---	---	--	--