

LAS AMENAZAS POR MOVIMIENTOS EN MASA DE COLOMBIA

Una visión a escala 1:100.000



LAS AMENAZAS POR MOVIMIENTOS EN MASA DE COLOMBIA

Una visión a escala 1:100.000



MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

Germán Arce Zapata
MINISTRO

Carlos Andrés Cante Puentes
VICEMINISTRO DE MINAS

Rutty Paola Ortiz Jara
VICEMINISTRA DE ENERGÍA

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Oscar Eladio Paredes Zapata
DIRECTOR GENERAL

Iván Sarmiento Galvis
SECRETARIO GENERAL

Marta Lucía Calvache Velasco
DIRECTORA DE GEOAMENAZAS

Alberto Ochoa Yarza
DIRECTOR DE GEOCIENCIAS BÁSICAS

Gloria Prieto Rincón
DIRECTORA DE RECURSOS MINERALES

Margarita Bravo Guerrero
DIRECTORA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN

Fernando Mosos Patiño
DIRECTOR DE ASUNTOS NUCLEARES

Héctor Manuel Enciso Prieto
DIRECTOR DE LABORATORIOS

Tatiana Baquero Iguarán
JEFE OFICINA ASESORA JURÍDICA

María Esperanza Pérez Pérez
JEFE OFICINA DE CONTROL INTERNO

Gloria Lucía Ruiz Peña
COORDINADORA GRUPO DE TRABAJO EVALUACIÓN
DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Sofía del Rosario Navarro Alarcón
COORDINADORA TÉCNICA PROYECTO MAPA
NACIONAL DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS
EN MASA 1:100.000

Textos

Gloria Lucía Ruiz Peña
Sofía del Rosario Navarro Alarcón
Jorge Leonardo Chaparro Cordón
Carlos Andrés Gamboa Rodríguez
Karol Constanza Ramírez Hernández
Briyi Leide Camargo Holguín
Gustavo Adolfo Trejos González
Rosalbina Pérez Cerón

Mapas

Luis Antonio Barrera Parrales
Carlos Andrés Gamboa Rodríguez
Jesús Hernando Sandoval Ramírez

Apoyo

Michael Alejandro Pérez Moreno
Antonio Andrés Reyes Merchán
Leonardo Méndez Barón
Julián Eduardo Torres Insuasty
Ángela María Galindo Sáchica
Gabriel Avellaneda Avellaneda
Carlos Mauricio Palacios Soto

Editora

Mónica Montes Ferrando

Diseño, diagramación e impresión

Imprenta Nacional de Colombia
Carrera 66 No. 24-09
PBX: 4578000
www.imprenta.gov.co

ISBN 978-958-99528-8-7

Primera edición, 2017

© Servicio Geológico Colombiano (SGC), por los textos y el material fotográfico

Bogotá, D. C. - Colombia



CONTENIDO

PRESENTACIÓN	7
PRÓLOGO	9
INTRODUCCIÓN	13

PRIMERA PARTE

PROYECTO MAPA NACIONAL DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Escala 1:100.000

A. ANTECEDENTES	19
B. DESARROLLO	25
1. Socios estratégicos	25
2. Insumos	27
3. Estándares y control de calidad	28
4. Recursos humanos	42
5. Costo del proyecto	62
C. METODOLOGÍA DE LA ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA	63
1. Variable geología	65
2. Variable geomorfología	69
3. Variable suelos edáficos	72
4. Variable cobertura de la tierra	77
5. Factores detonantes	80

SEGUNDA PARTE

MAPAS INTEGRADOS

Escala 1:100.000

MAPAS INTEGRADOS DE DEPARTAMENTOS

Escala 1:100.000 - 1:500.000

A. MAPAS INTEGRADOS DE DEPARTAMENTOS.....	95
ANTIOQUIA	98
ARAUCA	106
ATLÁNTICO	112
BOLÍVAR.....	118
BOYACÁ.....	124
CALDAS.....	130
CAQUETÁ	136
CASANARE	144
CAUCA.....	152
CESAR	158
CHOCÓ.....	166
CÓRDOBA.....	172
CUNDINAMARCA	178
GUAVIARE.....	186
HUILA	190
LA GUAJIRA	196
MAGDALENA	202
META	208
NARIÑO	214
NORTE DE SANTANDER.....	220
PUTUMAYO	226
QUINDÍO	234
RISARALDA	240
SANTANDER.....	246
SUCRE.....	252

● TOLIMA.....	258
● VALLE DEL CAUCA.....	264

MAPAS INTEGRADOS OTROS DEPARTAMENTOS

Escala 1:500.000

B. OTROS DEPARTAMENTOS	271
● AMAZONAS	272
● GUAINÍA	276
● VAUPÉS.....	280
● VICHADA	284

MAPAS INTEGRADOS DE COLOMBIA

C. MAPAS INTEGRADOS DE COLOMBIA.....	289
1. Susceptibilidad por movimientos en masa	289
2. Amenaza relativa por movimientos en masa	293
LISTADO DE FIGURAS	299
LISTADO DE TABLAS	301
LISTADO DE GRÁFICOS.....	302
LISTADO DE FOTOGRAFÍAS.....	306
LISTADO DE MAPAS.....	311
LISTADO DE PLANCHAS	314
BIBLIOGRAFÍA.....	317



Fotografía 1.

Sierra Nevada del Cocuy
(Departamento de Santander).

PRESENTACIÓN



Me complace presentar el libro *Las amenazas por movimientos en masa de Colombia, una visión a escala 1:100.000*, con información relevante que permitirá reducir la afectación por este tipo de amenazas en el país. Este proyecto liderado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), contó con la participación del Instituto de Estudios Ambientales (Ideam) y del sector académico a través de la Universidad Nacional de Colombia, sedes Bogotá y Medellín; la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC); la Universidad Industrial de Santander (UIS); la Universidad de Caldas; la Universidad de Pamplona y la Universidad Eafit.

El proyecto, además de contar con estándares de calidad en todo el ciclo de producción de conocimiento geocientífico del territorio colombiano, fue financiado con recursos del Sistema General de Regalías, enmarcado en las metas de los Planes Nacionales de Desarrollo 2010-2014 Prosperidad para Todos, y 2014-2018 Todos por un Nuevo País.

Esta información es de utilidad para que las entidades del orden nacional y territorial orienten los Planes de Ordenamiento Territorial, la localización de grandes obras de infraestructura, la definición de estrategias de mitigación de riesgos asociados a fenómenos de origen geológico y el ejercicio de la soberanía del país, entre otros.

GERMÁN ARCE ZAPATA
Ministro de Minas y Energía



Fotografía 2.

Vía Cepitá – San Gil (Municipio de Aratoca - Santander)

PRÓLOGO



Colombia presenta una complejidad geológica debido a la interacción de tres placas tectónicas principales: Suramericana, Nazca y Caribe. La interacción de estas placas hace que el territorio colombiano esté caracterizado por la presencia de cadenas montañosas jóvenes, que favorecen la ocurrencia de sismos, erupciones volcánicas y movimientos en masa, estos últimos potenciados por lluvias intensas, pendientes fuertes, materiales fracturados y meteorizados y en muchas ocasiones por el uso inadecuado del territorio.

Los movimientos en masa, también conocidos como deslizamientos, se presentan principalmente en la región Andina –en donde se encuentran las principales ciudades y se asienta más del 70 % de la población colombiana–, generan pérdida de vidas humanas, daño a las propiedades y grave afectación a la infraestructura, de tal manera que generan un impacto negativo en el desarrollo del país.

El Servicio Geológico Colombiano, institución científica centenaria en la elaboración de conocimiento geocientífico útil para el desarrollo del país, desde sus albores ha generado información de los denominados movimientos en masa. Por esta razón existen informes desde las décadas de los años cuarenta, del siglo pasado, en los que se caracterizan movimientos en masa que afectaron de manera importante diferentes poblaciones y obras de infraestructura, principalmente, viales y ferroviarias. Más recientemente, desde hace aproximadamente treinta años, se ha venido trabajando en proyectos de zonificación de amenaza por movimientos en masa, a diferentes escalas, aplicando diferentes metodologías de zonificación y generando productos que han sido incorporados en los planes municipales y regionales de gestión de riesgo y ordenación del territorio.

A nivel nacional, el primer mapa de amenaza por movimientos en masa fue publicado a comienzos de este siglo a escala 1:1.500.000. Este mapa se mejoró en resolución y metodología de zonificación con el producto generado de manera conjunta entre el Servicio Geológico Colombiano y el Ideam en el año 2010,

entregándose los mapas de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:500.000, conformados por 26 planchas cada uno.

En cumplimiento de su misión institucional, de sus planes estratégicos y consciente de la necesidad que tienen las regiones de contar con información a una mejor escala de resolución que permita la toma de decisiones en la gestión del riesgo por movimientos en masa a nivel regional y nacional y el ordenamiento territorial a nivel departamental, el Servicio Geológico Colombiano definió en el año 2011 generar la versión del mapa nacional de amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000.

El libro *Las amenazas por movimientos en masa de Colombia, una visión a escala 1:100.000* sintetiza los aspectos más relevantes del proyecto "Mapa nacional de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000", que emprendió el Servicio Geológico Colombiano desde el año 2011, cuando el Fenómeno de La Niña afectó a nuestro país de manera importante, dejando miles de personas sin vivienda, cientos de kilómetros de carreteras afectadas por deslizamientos y, en general, afectación en la infraestructura, convirtiéndose en una prioridad para el Gobierno nacional contar con nuevo conocimiento que sirva de base para reducir los efectos de este tipo de fenómenos.

Dicho proyecto fue liderado por el Servicio Geológico Colombiano y contó con la participación del Ideam y de siete universidades que tienen facultad ya sea de Geología o Ingeniería Geológica en el país.

Además, se contó con la información actualizada a escala 1:100.000 generada por las diferentes entidades del orden nacional que tienen como misión institucional la generación de conocimiento, como es el caso del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), que suministró, además de la cartografía básica oficial del país a escala 1:100.000, el modelo digital de elevación y la información de suelos edáficos.

Por su parte, el Ideam, además de elaborar uno de los bloques en que se dividió el país para la ejecución del proyecto, suministró la información de cobertura de la tierra a escala 1:100.000 y la información climática que permitió generar el detonante climático. Finalmente, el Servicio Geológico Colombiano aportó, además de la información geológica del país a escala 1:100.000, la información del detonante sismo a partir del mapa nacional de amenaza sísmica publicado en el año 2010.

El libro consta de dos partes: en la primera se describe el proyecto desde sus antecedentes, concepción, estrategia, insumos, estandarización, control de calidad, personal que participó, financiación y productos obtenidos; igualmente, presenta el desarrollo metodológico para la obtención de los productos. La segunda parte presenta los mapas integrados a nivel de departamento y a nivel de país para las dos temáticas de susceptibilidad y amenaza relativa, generados a partir de las planchas 1:100.000, y la actualización a escala 1:500.000 de la zona de Orinoquía y Amazonia, en donde no es posible generar productos a

escala 1:100.000. El libro se complementa con nueve insertos en tamaño real de planchas¹ elaboradas por cada institución integrante del proyecto, además de otros dos insertos tamaño afiche de los mapas integrados a nivel nacional de susceptibilidad y amenaza relativa.

Estamos seguros en el Servicio Geológico Colombiano de que los cerca de 3.000 productos geocientíficos, entre mapas, memorias, anexos y datos en nuestras bases de datos, son un aporte al conocimiento del territorio colombiano y ayuda importante a la comprensión de los movimientos en masa que afectan de manera recurrente al territorio nacional, brindan al país y sus regiones una herramienta para una acertada planeación de obras de infraestructura, presentando una visión general de las condiciones de inestabilidad del territorio, y se constituyen como base para una acertada planeación de su desarrollo, a escalas nacionales y regionales. Además, esta información temática permite la orientación y coordinación de la gestión del riesgo de desastres en el territorio, y puede ser tomada como referencia para estudios semidetallados o detallados por entidades públicas, privadas y de la comunidad, para contribuir al avance del conocimiento de estos procesos y de la amenaza asociada.

Para terminar, quiero dar un agradecimiento a todas las instituciones participantes cuya sinergia hizo posible la obtención de tan valiosos resultados; a la Dirección Técnica de Geoamenazas en cabeza de su directora, la Dra. Marta Lucía Calvache Velasco; al grupo de trabajo de Evaluación de Amenaza por Movimientos en Masa y de manera muy especial a su coordinadora la Ingeniera Gloria Lucía Ruiz Peña, quien con su liderazgo y tenacidad dirigió un proyecto de grandes dimensiones superando retos técnicos, operativos y humanos logrando todos los objetivos planteados.

OSCAR PAREDES ZAPATA
Director General
Servicio Geológico Colombiano

1 Se imprimió un número limitado de dos anexos que contienen la totalidad de las planchas de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000, las cuales reposan en las bibliotecas de las entidades que participaron en el proyecto. La totalidad de las planchas puede ser consultada en línea a través de la página web del Servicio Geológico Colombiano, a través del vínculo Simma.



Fotografía 3.

Vía San Joaquín - Mogotes

(Municipio de San Joaquín - Santander)

INTRODUCCIÓN



Los movimientos en masa se consideran como parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la Tierra. Su génesis obedece a la combinación de una gran diversidad de procesos tanto de origen geológico como hidrometeorológico, químico y mecánico. Por lo tanto, su estudio, análisis y la evaluación de la amenaza por estos procesos involucra varias disciplinas de las ciencias de la Tierra y del medio ambiente (Proyecto Multinacional Andino y Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007). Los movimientos en masa se definen como todos aquellos movimientos que se presentan ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras por efectos de gravedad u otros factores detonantes o contribuyentes. Estos procesos pueden afectar el desarrollo normal de las actividades de las regiones, generando grandes pérdidas en la infraestructura y en los sectores económico, social y ambiental.

Según el análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia realizado por el Banco Mundial (2012), en la primera década de este siglo hubo más viviendas afectadas y personas damnificadas por movimientos en masa en Colombia que en los treinta años anteriores debido al aumento de la exposición de la población vulnerable, a la intervención humana sobre el territorio y al consecuente deterioro ambiental.

Por otra parte, teniendo en cuenta que Colombia se localiza en la esquina noroccidental de Suramérica, en la zona de confluencia intertropical, presenta una complejidad geológica como resultado de la interacción de tres placas tectónicas (la Suramericana, la de Nazca y la Caribe), lo que hace que el territorio colombiano esté caracterizado por la presencia de tres cadenas montañosas jóvenes, separadas por valles interandinos, cuya dinámica favorece la ocurrencia de sismos, erupciones volcánicas y movimientos en masa.

Al estar en la zona de confluencia intertropical, en Colombia no hay estaciones; sin embargo, debido a la presencia de los sistemas montañosos, se cuenta con una variabilidad climática: desde nieves perpetuas y páramos hasta selvas húmedas y llanuras tropicales al nivel del mar. Debido a que la radiación

solar es aproximadamente constante durante todo el año, el día y la noche tienen duraciones similares y las variaciones climáticas están determinadas por la altitud, se presentan temporadas húmedas y temporadas secas, en las cuales a su vez influye el denominado fenómeno ENSO², presentándose períodos erráticamente cíclicos de precipitaciones intensas y temporadas de sequía.

La confluencia de las condiciones geológicas, geomorfológicas, climáticas y de ocupación y uso del suelo potencia la generación de los denominados movimientos en masa, comúnmente conocidos como deslizamientos, los cuales se presentan principalmente en la región Andina –en donde se encuentran las principales ciudades y se asienta más del 70 % de la población colombiana–, generan pérdida de vidas humanas, daño a las propiedades y grave afectación a la infraestructura y por lo tanto un impacto negativo en el desarrollo del país.

Durante el evento ENSO, en su fase conocida como Fenómeno de la Niña, que afectó al país entre los años 2010 y 2011, las intensas lluvias, que superaron niveles históricos, fueron responsables de grandes inundaciones, así como de la generación de movimientos en masa de gran magnitud y de la reactivación de otros que se consideraban estabilizados. Los movimientos en masa afectaron viviendas, poblaciones enteras, infraestructura vial, acueductos, entre otros daños³, alcanzaron una cifra de eventos y muertes equivalente a la cuarta parte de la registrada en la década anterior, la tercera parte de los afectados y más de la mitad de las viviendas dañadas (Banco Mundial, 2012).

Para el periodo 1970-2011, excluyendo las pérdidas asociadas a la erupción del Volcán Nevado del Ruiz en 1985, los mayores porcentajes de pérdidas de vidas y de viviendas destruidas correspondieron a los movimientos en masa y a las inundaciones, respectivamente; a los primeros se les atribuye la destrucción del 10 % de las viviendas y el 36 % de las pérdidas de vidas, en tanto que las inundaciones destruyeron el 43 % de las casas y ocasionaron el 10 % de las muertes (Corporación OSSO y Eafit, 2011, en Banco Mundial, 2012).

De acuerdo con la información existente en el Sistema de Información de Movimientos en Masa (Simma)⁴, del Servicio Geológico Colombiano, hasta la fecha y desde 1900, en el país se han reportado 16.969 movimientos en masa. Debido a estos, 5.119 personas han perdido la vida y 548.810 familias se han visto afectadas; el departamento de Antioquia cuenta con el mayor número de registros (5.495), seguido por Cundinamarca (1.552) y Cauca (1.280). Los departamentos con mayor número de personas y familias afectadas han sido Caldas, Caquetá, Tolima, Antioquia, Bolívar, Boyacá, Cauca, Cesar, Cundinamarca, Huila, Meta, Nariño, Norte de Santander, Putumayo, Quindío y Santander.

Para reducir el riesgo generado por los movimientos en masa, es necesario contar con información técnica de estos, la cual se puede generar a diferentes escalas, desde la puntual o detallada hasta las del orden nacional.

El Servicio Geológico Colombiano es la institución científica adscrita al Ministerio de Minas y Energía que tiene la misión de realizar las investigaciones

2 Por sus siglas en inglés, *El Niño-Southern Oscillation*, El Niño-Oscilación del Sur.

3 Plan de Acción Específico para el Manejo de la Emergencia Generada por el Fenómeno de La Niña 2010-2011. Dirección de Gestión del Riesgo de Desastres (DGR), Ministerio del Interior y Justicia.

4 <http://Simma.sgc.gov.co>

geocientíficas del país y constituye un pilar en la generación, gestión y fomento del conocimiento integral del territorio nacional, acorde con las políticas de desarrollo y bienestar social del Gobierno nacional. Una parte importante de su misión institucional es la evaluación de las amenazas geológicas, entre las que se encuentran los movimientos en masa. En cumplimiento de su misión, definió, en la última década del siglo pasado, generar mapas del orden nacional en el tema de los movimientos en masa y en particular mapas de susceptibilidad y amenaza relativa.

Se entiende por susceptibilidad la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado espacio geográfico. No implica el aspecto temporal del evento (Soldano, 2008). En otras palabras, está asociado a las características intrínsecas del terreno analizado, como son los materiales geológicos (suelos y rocas) y su historia de formación (geomorfología), las características geométricas de las laderas analizadas y la cobertura de la tierra.

Por otra parte, de manera holística, se entiende por amenaza el evento físico potencialmente perjudicial, fenómeno o actividad humana que puede causar la muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Estos incluyen condiciones latentes que pueden derivar en futuras amenazas, las cuales pueden tener origen natural (geológico, hidrometeorológico y biológico) o antrópico (degradación ambiental y amenazas tecnológicas). Las amenazas pueden ser individuales, combinadas o secuenciales en su origen y efectos (ONU/EIRD, 2004).

Entre los años 2011 y 2016, el Servicio Geológico Colombiano desarrolló un proyecto, financiado con el Presupuesto General de la Nación y recursos de regalías, mediante el cual se construyeron las 278 planchas escala 1:100.000 que cubren la región Andina, Pacífica y Caribe en las temáticas de susceptibilidad y amenaza, denominado "Mapa nacional de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000", el cual actualizó los mapas de susceptibilidad y amenaza a escala 1:500.000 que se habían generado en el año 2010. En la primera parte se presentan los antecedentes, las características, el personal, los costos, el desarrollo metodológico para la obtención de los productos y la utilidad e importancia de estos, concentrándose en los mapas de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa. En la segunda parte se muestran los productos integrados a nivel de departamento y de país para las dos temáticas.



Fotografía 4.
Vereda Alto Afán
(Municipio Mocoa - Putumayo)



PRIMERA PARTE

PROYECTO MAPA NACIONAL DE AMENAZA
POR MOVIMIENTOS EN MASA

Escala 1:100.000

El Servicio Geológico Colombiano (SGC), institución científica que lleva cien años produciendo conocimiento geocientífico útil para el desarrollo del país, desde sus albores ha generado información relacionada con los denominados movimientos en masa. Por esta razón existen informes desde la década de los años cuarenta del siglo pasado en los que se caracterizan movimientos en masa que afectan de manera importante diferentes poblaciones y obras de infraestructura, principalmente viales y ferroviarias. Más recientemente, desde comienzos de la década de los años noventa del siglo pasado, se ha venido trabajando en proyectos de zonificación de amenaza por movimientos en masa, a diferentes escalas, aplicando diferentes metodologías de zonificación.

PROYECTO MAPA NACIONAL DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

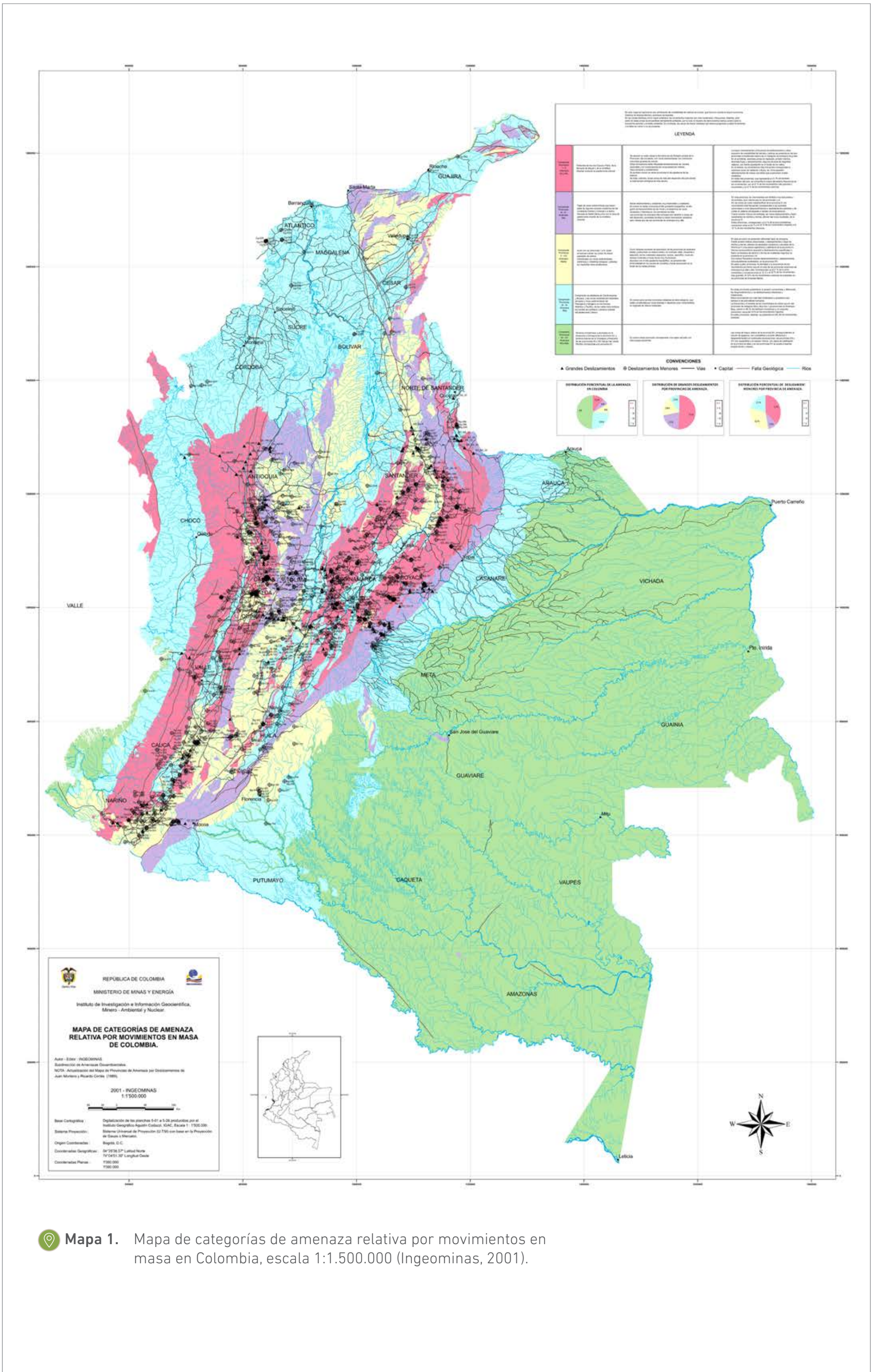
Escala 1:100.000

A. ANTECEDENTES

El primer mapa de amenaza a nivel nacional fue publicado en el año 2001, a escala 1:1.500.000⁵ (véase mapa 1), en el cual, con base en la interacción de los factores inherentes y desencadenantes que intervienen en los movimientos en masa, se determina la amenaza relativa por fenómenos de erosión y remoción en masa y se definen quince provincias de amenaza relativa, con características particulares de inestabilidad, teniendo en cuenta la densidad, frecuencia y recurrencia de los movimientos en masa.

En el año 2010, en convenio con el Ideam, se detalló y complementó la información de la escala 1:1.500.000 mediante la elaboración de mapas de susceptibilidad y amenaza relativa escala 1:500.000 (véase mapa 2). Los resultados de esta zonificación muestran que el 19 % del territorio nacional se encuentra localizado en zonas de amenaza muy alta y alta por movimientos en masa, principalmente la región Andina, donde el 24,5 % del territorio se encuentra localizado en amenaza alta y el 53,7 % en amenaza media. Se divide el país en once regiones geográficas y se plasma la información en veintiséis mapas, en los cuales se describen las características de las variables del modelo, los detonantes considerados, así como los procesos morfodinámicos actuantes para cada región (Ingeominas-Ideam, 2010).

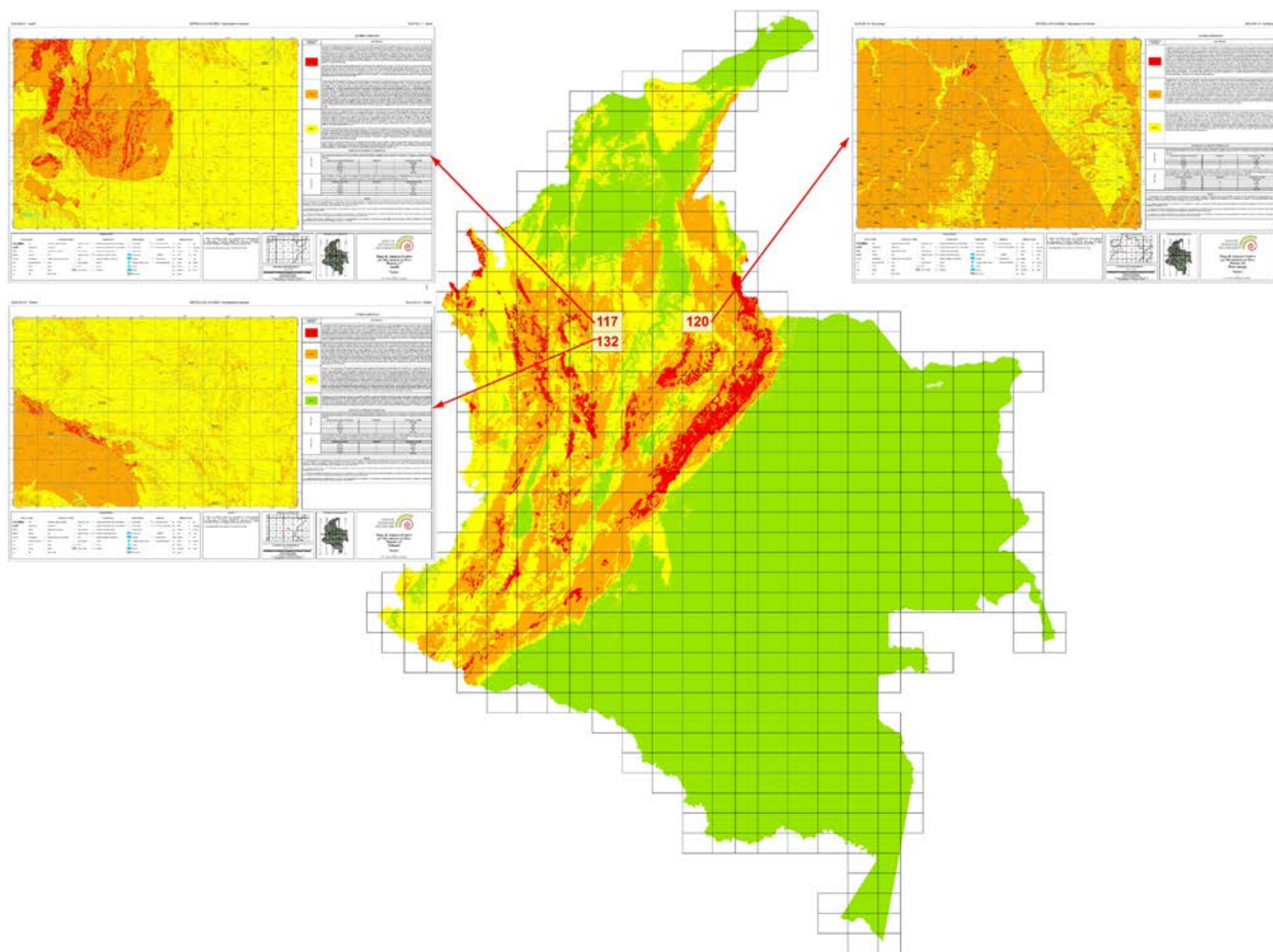
⁵ Mapa de categorías de amenaza relativa por movimientos en masa de Colombia. Clasificación regional de amenaza relativa de movimientos en masa en Colombia.



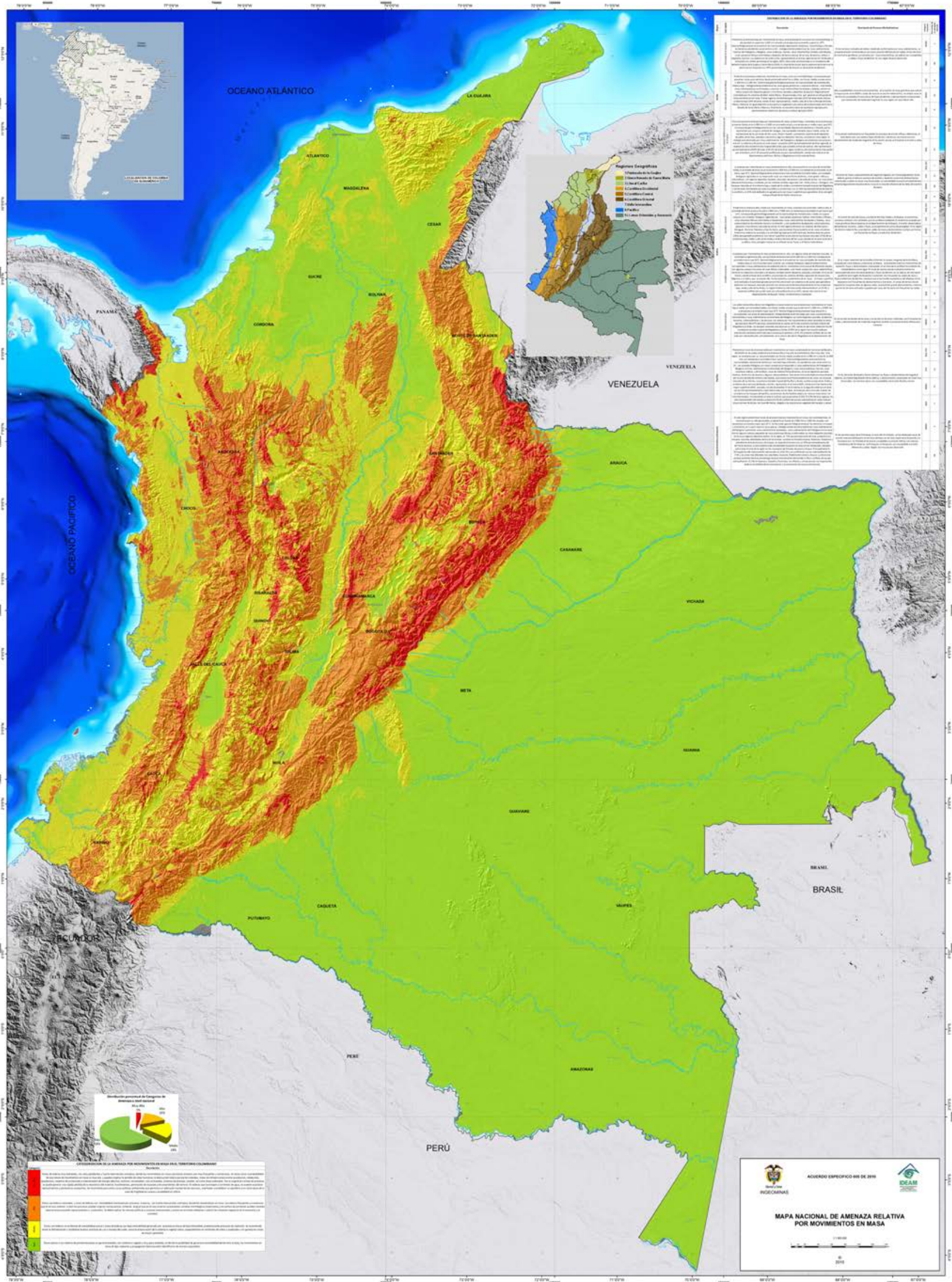
Mapa 1. Mapa de categorías de amenaza relativa por movimientos en masa en Colombia, escala 1:1.500.000 (Ingeominas, 2001).

Como tema importante de los planes estratégicos del Servicio Geológico Colombiano, se contempla la permanente actualización de los mapas a nivel nacional, que puede darse por aumento en el conocimiento y edición de un nuevo mapa a la misma escala o mejorando la escala, lo cual implica mayor conocimiento del territorio y actualizaciones en las metodologías de generación del mapa. Para el caso de la amenaza por movimientos en masa, se venía trabajando en la línea de desarrollar la escala a partir de nuevos insumos y la metodología de zonificación. Por lo tanto, la siguiente escala de trabajo era la 1:100.000, en la cual el país está conformado por 604 planchas (véase mapa 3).

Ante la magnitud del trabajo que representaba la construcción de este número importante de planchas, se planteó inicialmente la construcción de tres planchas piloto, dos localizadas en el departamento de Antioquia (117 Amalfi y 132 Yolombó) y una localizada en el departamento de Santander (120 Bucaramanga) (véase figura 1).



 **Figura 1.** Planchas piloto elaboradas para generar documentos metodológicos.



Mapa 2. Mapa nacional de amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:500.000 (Ingeominas-Ideam, 2010).

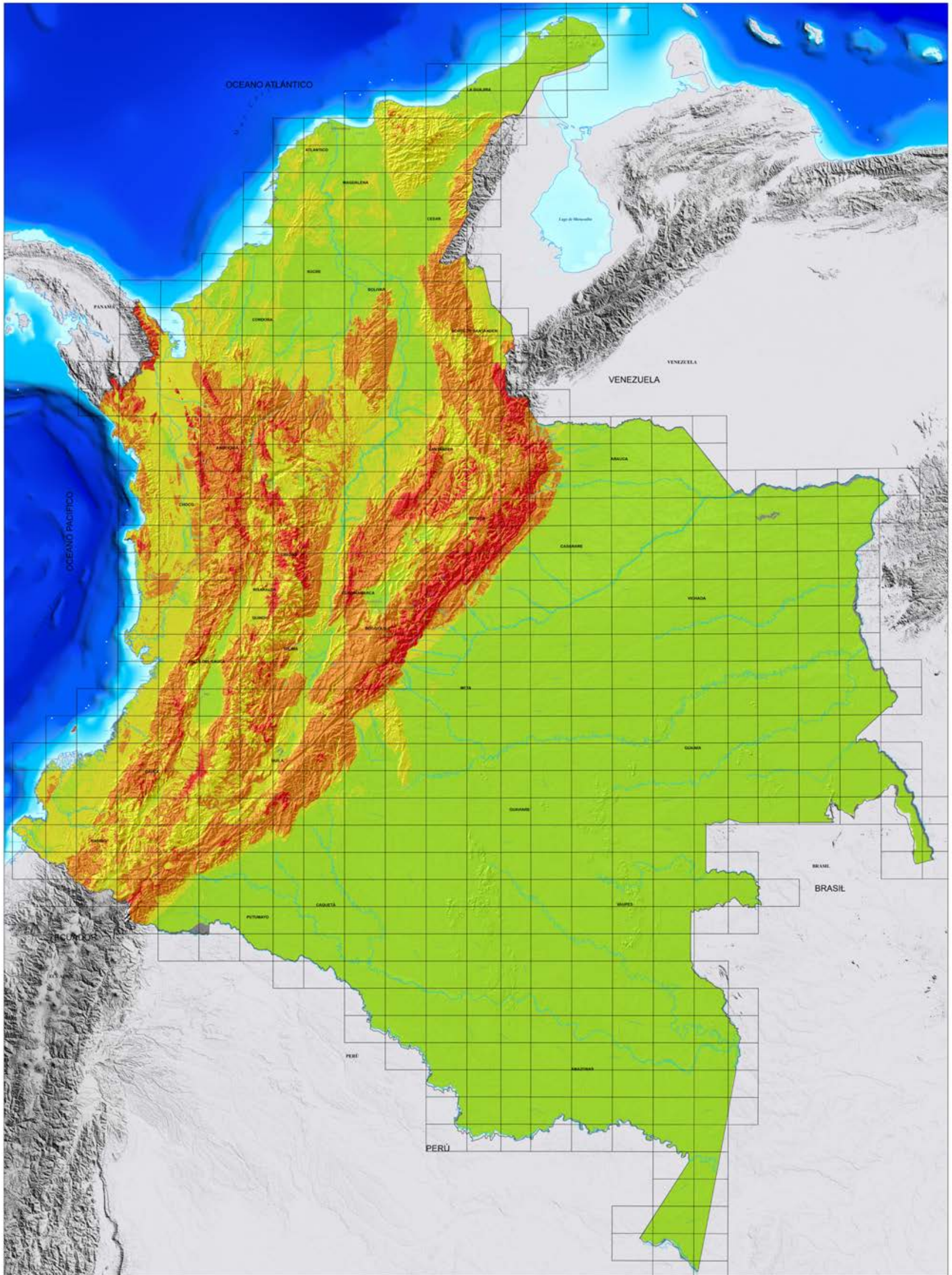
Con base en estas tres planchas, se definió la metodología de zonificación que se debería aplicar de manera sistemática para la construcción de las planchas, generándose el *Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000* (SGC, 2012a), cuyo esquema metodológico se muestra en la figura 2.

El proceso metodológico tuvo en cuenta la existencia de información cartográfica de las diferentes temáticas, a la escala de trabajo y el tipo de información contenida en esta. Este fue un primer criterio para priorizar la elaboración de las planchas, de tal manera que se definió inicialmente que en las regiones de la Orinoquia y la Amazonia no se generarían las planchas a escala 1:100.000, reduciéndose el número de planchas a 276, para cubrir 519.944 km².

Por otra parte, el proceso metodológico mostró la necesidad de contar con información geomorfológica a escala 1:100.000, la cual no existía en el país, razón por la cual se generó el documento *Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000*, con el fin de construir



Figura 2. Metodología de zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000.



Mapa 3. Distribución de las planchas IGAC escala 1:100.000 del territorio colombiano sobre el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa escala 1:500.000.

las planchas de manera sistemática, que se complementó con el documento *Estándares de cartografía geomorfológica aplicada a movimientos en masa para planchas a escala 1:100.000*.

B. DESARROLLO

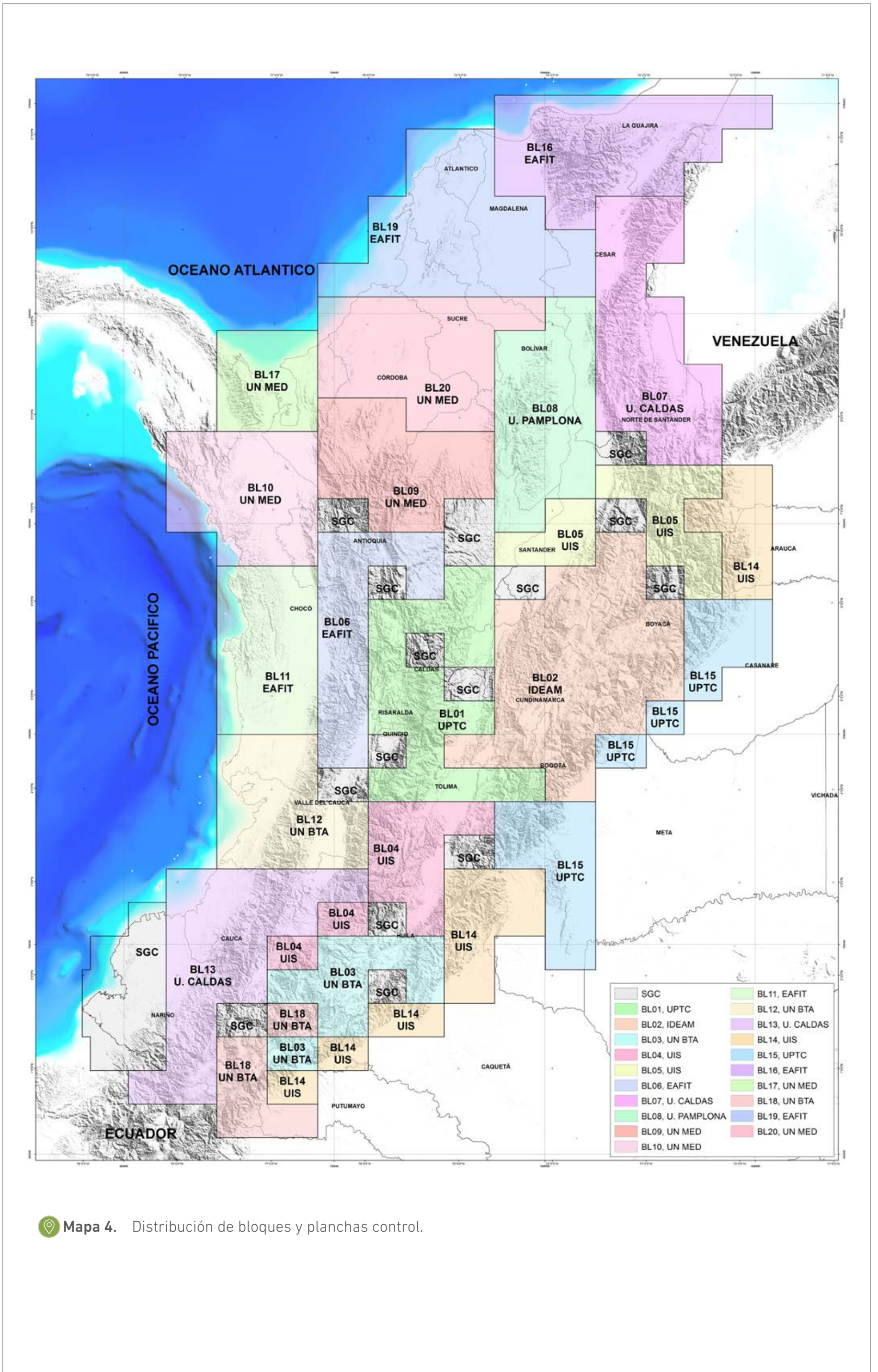
1. Socios estratégicos

Para seleccionar la estrategia de elaboración de las planchas, se tuvo en cuenta que la metodología de zonificación era heurística, analítica jerárquica de calificación por pares, AHP⁶, en donde los componentes geología y geomorfología tenían un peso que superaban el 50 %, por tratarse de un modelo geológico-geomorfológico, que era necesario construir las planchas geomorfológicas de manera sistemática. Además, por el número de planchas era necesario contar con socios estratégicos que hicieran posible obtener los productos en un tiempo no mayor a cinco años. Con base en estas premisas, se definió como estrategia invitar a las universidades que para el año 2012 tenían egresados de sus facultades o escuelas de Geología o Ingeniería Geológica para formar parte del proyecto, que hasta el momento estaba integrado por dos entidades del orden nacional, el Servicio Geológico Colombiano y el Ideam.

Participaron en total siete universidades: la Universidad Nacional de Colombia, sedes Bogotá y Medellín; la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC); la Universidad Industrial de Santander (UIS); la Universidad de Caldas; la Universidad de Pamplona y la Universidad Eafit.


Su participación se hizo a través de convenios especiales de cooperación, enmarcados en la ley de ciencia y tecnología, para lo cual se dividió la zona del proyecto en veinte bloques, de acuerdo con la disponibilidad de insumos en el momento de firmar cada uno de los convenios y con la disponibilidad de recursos económicos (véase mapa 4). Así, en el año 2012 se firmó el primer convenio con la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia correspondiente al bloque 1 y en el año 2015 se firmó el último para elaborar el bloque 20, que se entregaría en el año 2016, de acuerdo con lo mostrado en la tabla 1. Por su parte, el Ideam fue responsable de elaborar 22 planchas correspondientes al bloque 2 y el Servicio Geológico Colombiano construyó 28, las cuales se denominaron planchas control por cuanto tenían la doble función de controlar que todos los integrantes del proyecto aplicaran la metodología de manera estándar y sistemática, garantizando el empalme entre bloques.

⁶ Analytical Hierarquical Proceses.



Mapa 4. Distribución de bloques y planchas control.

Bloque	Universidad	Convenio No.	Año	Km ²	No. Planchas
1	UPTC	31/2012	2012	32400	16
3	UNAL Sede Bogotá	12/2013	2013	17400	8
4 Y 5	UIS	9/2013	2013	39874	20
6	Universidad Eafit	8/2013	2013	22200	10
7	Universidad de Caldas	21/2013	2013	25086	16
8	Universidad de Pamplona	25/2013	2013	28800	12
9	UNAL Sede Medellín	17/2013	2013	24600	12
10	UNAL Sede Medellín	22/2013	2013	19149	11
11	Universidad Eafit	23/2013	2013	19016	10
12	UNAL Sede Bogotá	28/2013	2013	20004	10
13	Universidad de Caldas	36/2013	2013	29797	15
14	UIS	41/2013	2013	31411	16PL
15	UPTC	38/2013	2013	31200	14PL
16	Universidad Eafit	35/2013	2013	25234	16PL
17	UNAL Sede Medellín	37/2013	2013	5232	6PL
18	UNAL Sede Bogotá	39/2013	2013	10973	5PL
19	Universidad Eafit	13/2015		31272	19PL
20	UNAL Sede Medellín	11/2015		30185	15PL

 **Tabla 1.** Relación de convenios especiales de cooperación a través de los cuales se generaron las planchas de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.

2. Insumos

Se contó con la información actualizada a escala 1:100.000, generada por las diferentes entidades del orden nacional que tienen como misión institucional la generación de conocimiento, como es el caso del IGAC, que suministró, además de la cartografía básica oficial del país a escala 1:100.000, el modelo digital de elevación con pixel de 30 m y la información de suelos edáficos por departamento a escala 1:100.000, con sus respectivos perfiles modales. Por su parte, el Ideam suministró la información de cobertura de la tierra a escala 1:100.000 de todo el país, al igual que la de lluvia máxima diaria y el mapa de zonificación climática nacional que permitió generar el detonante climático. Finalmente, el Servicio Geológico Colombiano aportó, además de la información geológica del país a escala 1:100.000, la correspondiente a las fallas a nivel nacional, la del catálogo e inventario de movimientos en masa contenida en el Simma, la del detonante sismo a partir del mapa nacional de amenaza sísmica versión 2010 y entregó como material de trabajo las imágenes de sensores remotos y fotografías aéreas que tenía disponibles en sus archivos.

Adicionalmente, cada convenio recolectó información secundaria relacionada con estudios de zonificación a diferentes escalas, planes de ordenamiento territorial de los municipios, fotografías aéreas e imágenes de sensores remotos de las áreas de trabajo a diferentes escalas, con base en la cual fue posible realizar trabajos de fotointerpretación de procesos activos.

3. Estándares y control de calidad

Teniendo en cuenta que los productos se generarían de manera colegiada, a través de los grupos de técnicos que cada universidad y entidad conformó para cada bloque, fue necesario trabajar de manera estandarizada desde la generación de los productos hasta el control de calidad, pasando por la organización de archivos y productos y por la presentación de los productos análogos y digitales tanto cartográficos como de texto.

Como ya se mencionó, como resultado de la construcción de las planchas piloto se obtuvieron los dos documentos metodológicos que sirvieron de base para la firma de los convenios y para la construcción de las primeras cuatro planchas control por parte del Servicio Geológico Colombiano que iniciaron su elaboración en el año 2013, los cuales se titularon *Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000* (SGC, 2012a) y *Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 100.000* (SGC, 2012b).

Si bien estos documentos contenían los procesos y procedimientos por seguir, durante la construcción de las primeras planchas control se evidenció la necesidad de complementarlos y ajustarlos, procesos en los que participó todo el grupo de trabajo del Servicio Geológico Colombiano y de las universidades mediante talleres de trabajo por temática, realizados en el año 2013, en el marco de los convenios especiales de cooperación que se habían firmado y que estaban en proceso de ejecución. Así, se obtuvieron nuevas versiones del documento metodológico para la zonificación de susceptibilidad y amenaza, mientras que para el caso de la temática de geomorfología se definió la construcción de un nuevo documento que se anexaría al documento metodológico, denominado *Anexo A: Glosario de unidades y subunidades geomorfológicas*, cuya construcción fue dinámica y en el que intervinieron los expertos geomorfólogos que participaron en la construcción de las planchas, a medida que se conocía el territorio y se ampliaba el conocimiento de los diferentes ambientes de formación.

Finalmente, cuando se llegó a la etapa de generación de los mapas de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa, se vio la necesidad de construir dos nuevos documentos, denominados *Estándares de cartografía para susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000* (SGC, 2014a) y *Estándares de cartografía geomorfológica aplicada a movimientos en masas escala 1:100.000* (SGC, 2014b).

Igualmente, se generaron comunicaciones a todos los directores de los proyectos de parte de las universidades y del Ideam, enviando los lineamientos para elaborar las memorias de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa y los informes finales de cada convenio.

Con base en todos estos documentos fue posible realizar un seguimiento al trabajo de los técnicos, de manera que la construcción y calificación de cada atributo y variable fueron supervisados, evaluados y corregidos hasta obtener el empalme de cada variable temática, al igual que la aplicación sistemática de los procesos SIG (sistema de información geográfica) para obtener los mapas finales, siguiendo en todo momento el proceso metodológico.

En la figura 3 se muestran los atributos definidos en la metodología, generados a partir de tablas de calificación, como la que se muestra en la tabla 2 para el caso del atributo resistencia de la variable geología.

Para garantizar lo homogeneidad en el proceso de zonificación, el cual se hizo con la herramienta ArcGis10, inicialmente fue necesario estandarizar la estructura de almacenamiento de la información cartográfica, teniendo en cuenta los parámetros para los archivos tipo raster y geodatabase (*Datasets, feature class, atributos y dominios*) que contendrían la información de las distintas variables aplicadas en proceso. Como ejemplo, en la tabla 3 se muestran los *feature class* de la variable cobertura de la tierra.

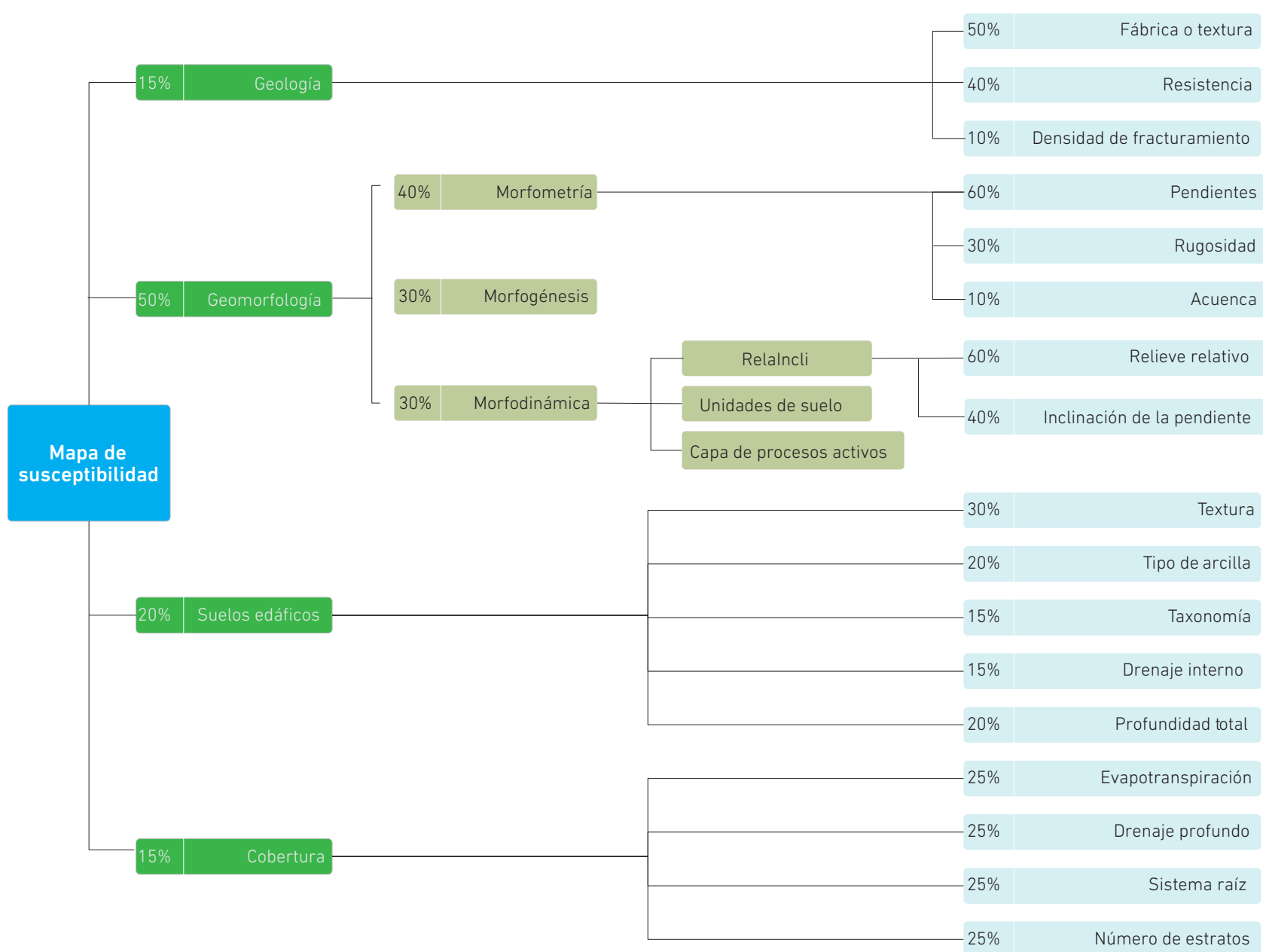


Figura 3. Atributos y variables utilizados en el proceso de zonificación.

Una vez definida la estructura de la *geodatabase*, se realizaron mesas de trabajo entre los expertos SIG del Servicio Geológico Colombiano y los responsables del SIG de todas las universidades y del Ideam, de modo que se garantizara la aplicación sistemática del proceso de zonificación.

Grado*	Susceptibilidad	Definición	Resistencia a la compresión uniaxial (MPa)	Estimación en terreno	Ejemplos
R6	1	Extremadamente dura	> 250	Al golpear con el martillo geológico la muestra solo puede causar astillamiento superficial.	Basalto fresco, chert, diabasa gneis, granito, cuarcita.
R5	1	Muy dura	100-250	La muestra requiere más de un golpe con el martillo geológico para fracturarse.	Anfibolita, arenisca, basalto, gabro, gneis, granodiorita, caliza, Mármol, riolita, toba.
R4	2	Dura	50-100	La muestra requiere más de un golpe de un martillo geológico para que se fracture.	Caliza, mármol, filita, arenisca, esquisto, shale.
R3	3	Medianamente dura	25-50	La muestra puede fracturarse con un único golpe del martillo geológico, pero no es posible rayar la roca con una navaja.	Arcillolita, carbón, concreto, esquisto, shale, limolita.
R2	4	Débil	5-25	Al golpear la muestra una sola vez con la punta del martillo geológico deja una hendidura superficial.	Caliche, halita, potasa.
R1	5	Muy débil	1-5	La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico.	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	5	Extremadamente débil	0.25-1	La muestra puede hundirse con la uña del pulgar.	Harina de falla dura.

Tabla 2. Propuesta de calificación de las rocas dependiendo de su resistencia.

Personal Geodatabase	CoberturaMM000.mdb			Dataset	Cobertura	
Objeto	Feature Class	Tipo	Polígono		Nombre	Cobertura 000
Descripción	Polígonos con la información de la cobertura de la tierra			Escala	1:100.000	
ATRIBUTO	TIPO	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN			
Plancha	Text	10	Número de la plancha.			
Código	Text	10	Codificación adaptada en la metodología Corine Land Cover para nombrar las diferentes coberturas presentes en la zona de estudio.			
Unidad	Text	50	Nombre de la cobertura que define cada código según metodología Corine Land Cover.			
Apoyo	Text	255	Nombre de los apoyos utilizados con la respectiva fecha de la fuente utilizada para la reinterpretación.			
Insumo	Text	255	Nombre del sensor remoto con fecha de toma utilizado para la reinterpretación.			
Confiabilidad	Text	2	Qué tan precisa es la reinterpretación realizada en función de la temática en el marco de la metodología Corinne Land Cover (Sí/No).			
Cambio	Short Integer		El cambio es la transición de una o más clases a una nueva.			
Evapotranspira	Float		Coeficiente de evapotranspiración de la cobertura de la tierra.			
DrenaProfundo	Float		Coeficiente de drenaje profundo de cada una de las coberturas de la tierra.			
ProfRadicula	Float		Profundidad radicular de cada cobertura expresada en centímetros.			
Estratos	Float		Número de estratos verticales de las coberturas.			
CalEvapo	Float		Calificación de la variable evapotranspiración en función de la susceptibilidad.			
CalDenProf	Float		Calificación de la variable drenaje profundo en función de la susceptibilidad.			
CalProfRadi	Float		Calificación de la variable profundidad radicular en función de la susceptibilidad.			
CalEstratos	Float		Calificación de la variable estratos en función de la susceptibilidad.			
CalSusCober	Float		Calificación de la susceptibilidad de la cobertura de la tierra.			

Tabla 3. Feature class cobertura 000.

La definición de la *geodatabase* permitió también definir cómo deberían almacenarse los productos cartográficos y temáticos generados para cada una de las planchas, obteniéndose la estructura que se muestra en la figura 4, la cual se ajusta a la estructura de almacenamiento de productos del Servicio Geológico Colombiano, lo cual a su vez permitiría acelerar el proceso de oficialización de los productos por cada una de las 278 planchas.

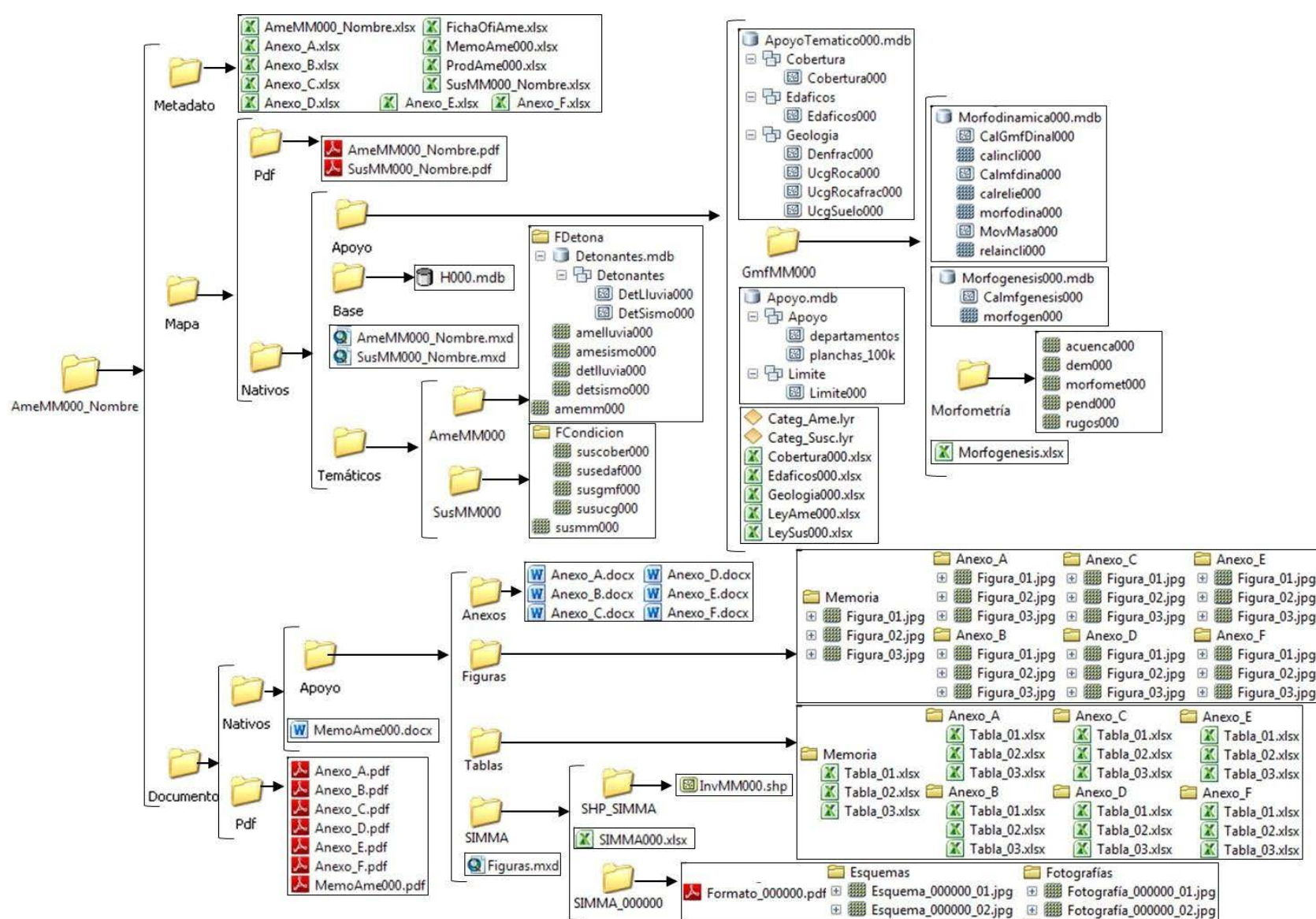


Figura 4. Estructura de almacenamiento de los archivos que conforman los productos de susceptibilidad y amenaza de cada una de las planchas.

Intercambio de información

La organización de los archivos que conforman cada plancha estuvo acompañada de un protocolo de intercambio de información que se estableció desde los inicios de los convenios, de manera que la información que entregaba el Servicio Geológico Colombiano a cada universidad y al Ideam, y viceversa, se haría a través de canales digitales, haciendo uso de las tecnologías de transferencia de datos a través de la red. Para tal fin se definió un espacio en uno de los servidores del Servicio Geológico Colombiano, donde se realizaría el intercambio de información a través de las redes de comunicación. El Servicio Geológico Colombiano definió el servidor Selenitap como el repositorio de la información y estableció un espacio

inicial de 250 gigabytes (GB). Cada universidad y el Ideam podrían acceder a dicho espacio a través de una IP fija a la cual se le daban los respectivos permisos de acceso para ingresar información y, si era el caso, para bajarla también. De esta manera se realizó un manejo seguro de la información, evitando su pérdida por defectos en dispositivos extraíbles o móviles. En dicho servidor, además de los productos finales, reposan las diferentes versiones de revisión que presentaron los diferentes integrantes del proyecto, de manera que el espacio total ocupa 1.706 GB (1,7 Tb) de información.

Estándares de presentación

Otro aspecto que se estandarizó fue la forma de presentación tanto de los productos cartográficos como de las memorias técnicas y sus anexos, de manera que todos los integrantes del proyecto los aplicaran, para generar planchas y memorias estandarizadas. En las figuras 5 a 7 se muestra a manera de ejemplo el tipo de estandarización que se generó para los productos cartográficos, de manera que a cada grupo de trabajo se le entregó el respectivo *layout*.

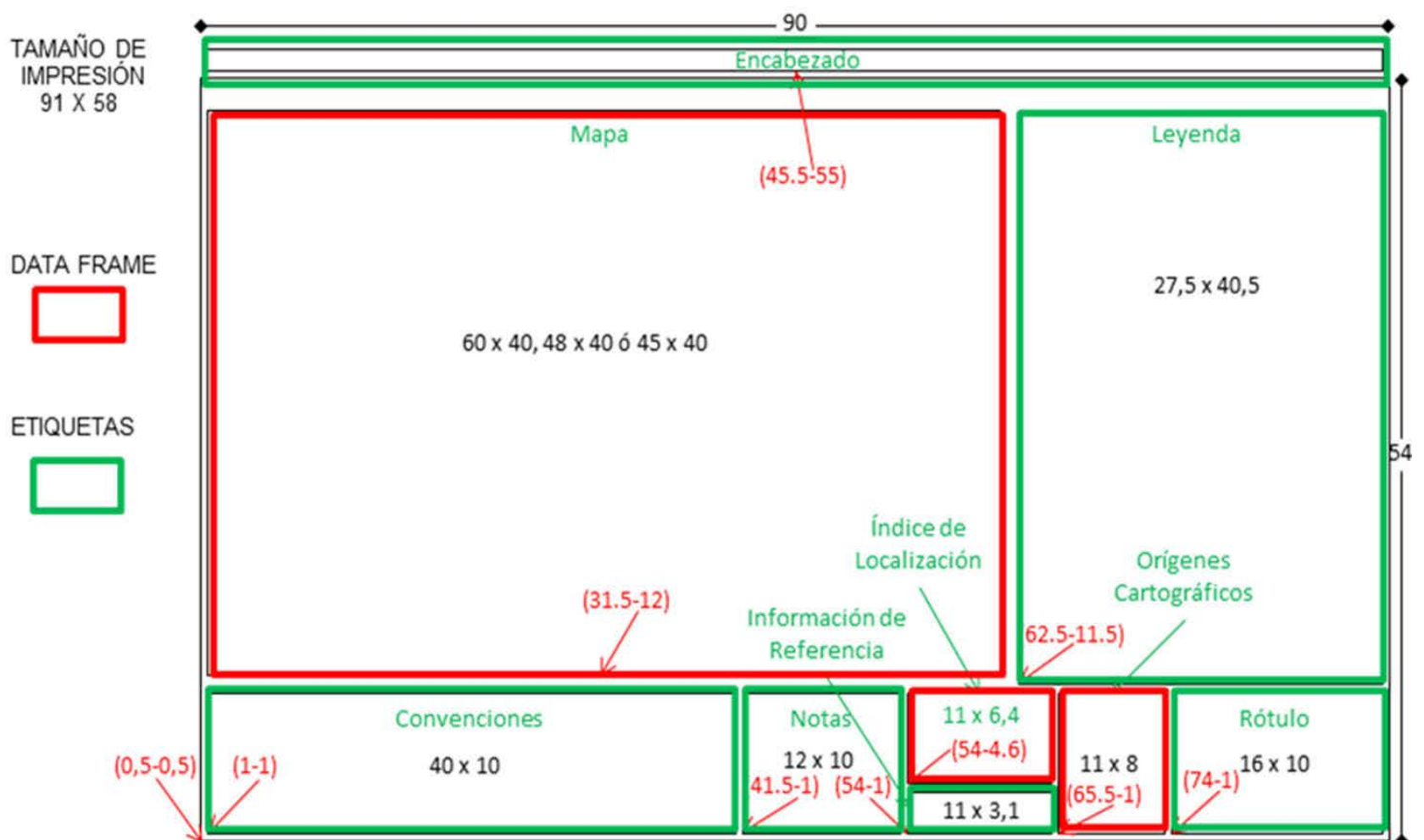


Figura 5. Componentes de cada plancha de susceptibilidad y amenaza.

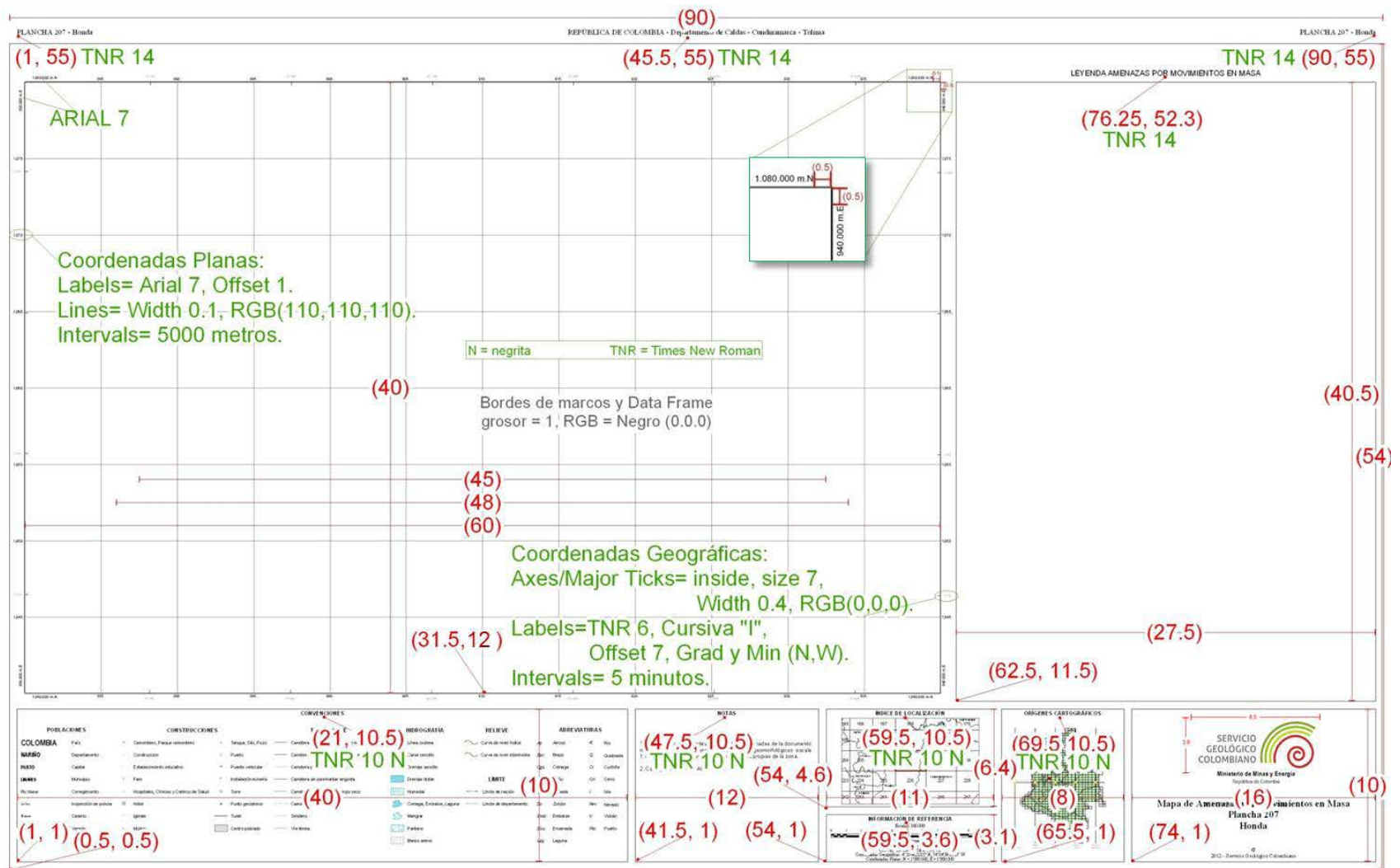


Figura 6. Definición de cada componente de la plancha de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.

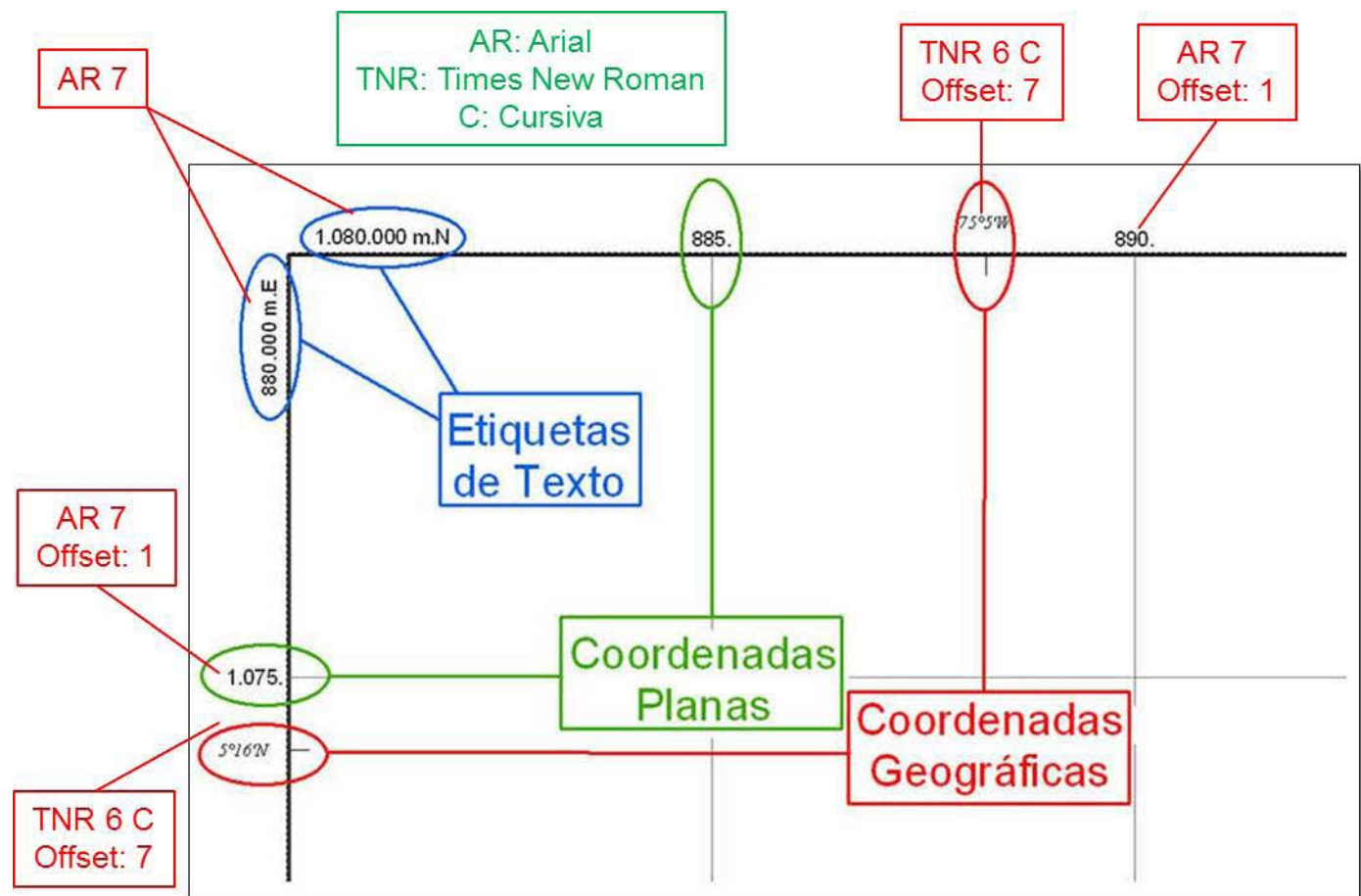



Figura 7. Estándar de grilla para las planchas de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.


Control de calidad

Es importante resaltar que todos estos estándares por sí solos no lograrían la generación de planchas que empalmaran temáticamente, dado que los procesos de investigación y generación de conocimiento geocientífico son procesos dinámicos e influyen de manera importante el conocimiento y la experiencia de quienes participan en la construcción de conocimiento. Para lograr que las planchas empalmaran a lo largo y ancho del territorio, el Servicio Geológico Colombiano dispuso de un grupo de profesionales, que además de construir también las denominadas planchas control, ejercieron una labor de supervisión y acompañamiento en la construcción de las 278 planchas, como se muestra en la tabla 4.

Coordinadora Grupo Evaluación de Amenazas por Movimientos en Masa - Directora Proyecto y supervisora de todos los convenios	Gloria Lucía Ruiz Peña	Ingeniera Civil Msc.
Coordinadora Temática del Proyecto	Sofía Navarro Alarcón	Geóloga Especialista
Geología y Geomorfología	Juan María Montero Olarte	Geólogo Msc.
	Mario Andrés Cuéllar Cárdenas	Geólogo PhD.
	Gustavo Adolfo Trejos González	Geólogo
	Jorge Arturo Castro Guerra	Geólogo
	Rosalbina Pérez Cerón	Geóloga Msc.
	Jorge Leonardo Chaparro Cordón	Geólogo
	Harold Moya Berbeo	Geólogo
Suelos Edáficos	Carlos Andrés Gamboa Rodríguez	Ingeniero Catastral y Geodesta
Coberturas de la Tierra	Karol Constanza Ramírez Hernández	Ingeniera Forestal Especialista
Detonante Climático	Enif Medina Bello	Ingeniera Civil Msc.
Detonante Sísmico	Carlos Enrique Alvarado Flores	Ingeniero Civil Msc.
Sistemas de Información Geográfica	Jesús Hernando Sandoval Ramírez	Ingeniero Catastral y Geodesta Especialista
	Luis Antonio Barrera Parrales	Ingeniero Catastral
	Michael Alejandro Pérez Moreno	Ingeniero Catastral y Geodesta Especialista
Apoyo Técnico (Simma, revisiones de productos, actividades internas de entregas y oficialización de productos, elaboración de memorias técnicas, reuniones y presentaciones de mapa nacional, atención de solicitudes internas y externas de información, entre otras).	Brigitte Camargo Holguín	Ingeniera Civil
	Ángela María Galindo Sáchica	Ingeniera Civil Especialista
	Milena de Jesús Polo Carrascal	Ingeniera Civil
	Claudia Paola Albadán Murillo	Ingeniera Civil Especialista
	Andrés Antonio Reyes Merchán	Ingeniero Civil Msc.
	Néstor Francisco Vargas Sanabria	Ingeniero Civil
	Leonardo Méndez Barón	Ingeniero Civil
Francisco Uribe Rojas	Administrador Especialista	
Administrativo	Aníbal José López López	Ingeniero Industrial Especialista
Trabajo Social, Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico	Luz Marina Espinosa García	Trabajadora Social Especialista
Apropiación Social del Conocimiento Geocientífico	Gabriel Avellaneda Avellaneda	Antropólogo
Medios Audiovisuales	Carlos Mauricio Palacios Soto	Ingeniero Civil Especialista

 **Tabla 4.** Personal del Servicio Geológico Colombiano que participó en el proyecto “Mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, escala 1:100.000”.



 Fotografía 5.
Grupo de trabajo del Servicio Geológico
Colombiano (noviembre de 2015).

En el marco de cada convenio se realizaron reuniones de seguimiento para garantizar la calidad de los productos y el cumplimiento de los plazos establecidos en cada convenio, reuniones que se realizaron inicialmente de manera presencial en la sede de cada universidad y del Servicio Geológico Colombiano; posteriormente se implementaron reuniones virtuales, haciendo uso de la tecnología con que cuentan tanto el Servicio Geológico Colombiano como las universidades. Se llevaron a cabo alrededor de 96 reuniones mensuales de avance para los bloques 1 a 6 y 228 reuniones bimestrales de avance para los bloques 7 al 20. Hubo 324 reuniones durante el periodo de ejecución de los convenios especiales de cooperación.

Para el control de calidad de los productos intermedios y finales, con base en la experiencia del Servicio Geológico Colombiano en la construcción de mapas de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa y con base en la aplicación del proceso metodológico en la construcción de las planchas piloto, se definieron los puntos críticos a los cuales se les haría seguimiento, a fin de lograr productos con la calidad exigida por el Servicio Geológico Colombiano, garantizando además el empalme de cada una de las temáticas incluidas en el proceso metodológico. Para esto, se realizaron mesas de trabajo, reuniones de seguimiento mensual, jornadas de trabajo conjunto con los equipos de trabajo de las universidades y el Ideam y se definieron protocolos de revisión tanto de los productos intermedios como para los productos finales que se entregarían a oficialización una vez recibidos por el Servicio Geológico Colombiano.

A fin de agilizar el proceso de revisión y aprobación de productos intermedios y finales, se definieron procesos de revisión y se establecieron formatos para informar de manera sistemática a las universidades los aspectos por corregir. En las figuras 8 a 10 se muestran ejemplos de los procesos de revisión tanto para productos cartográficos como para textos.

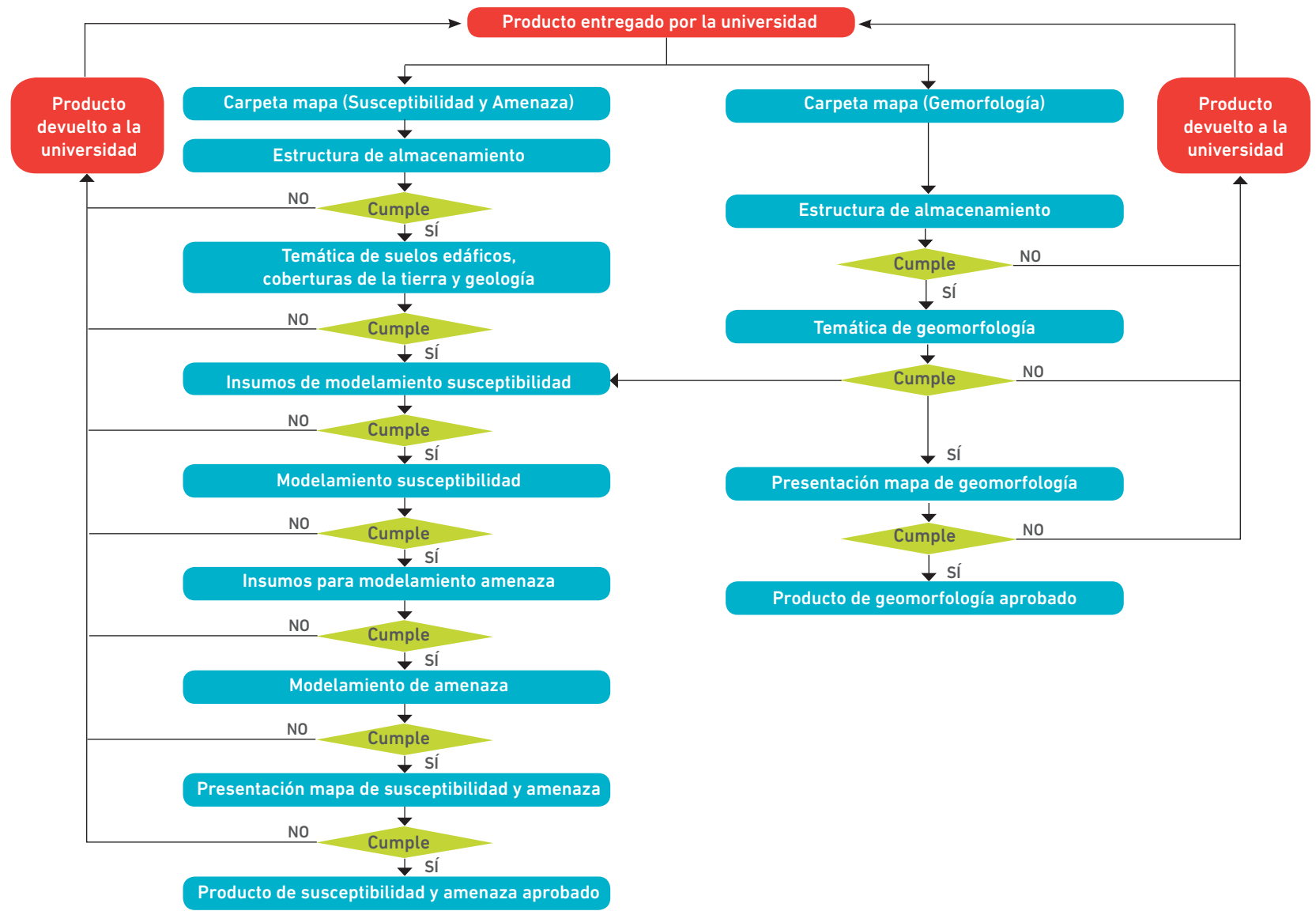


Figura 8. Proceso de revisión de productos cartográficos.

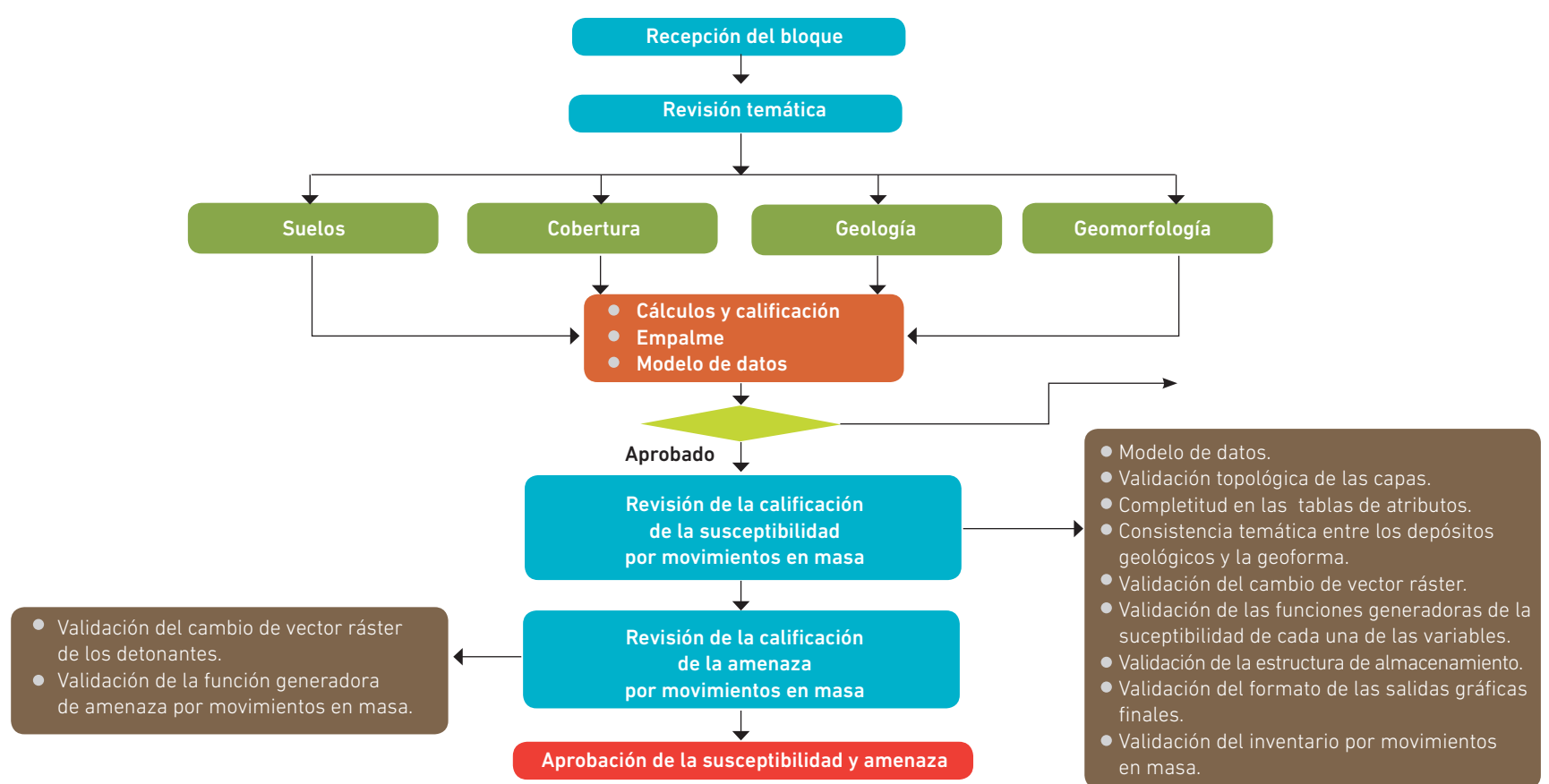
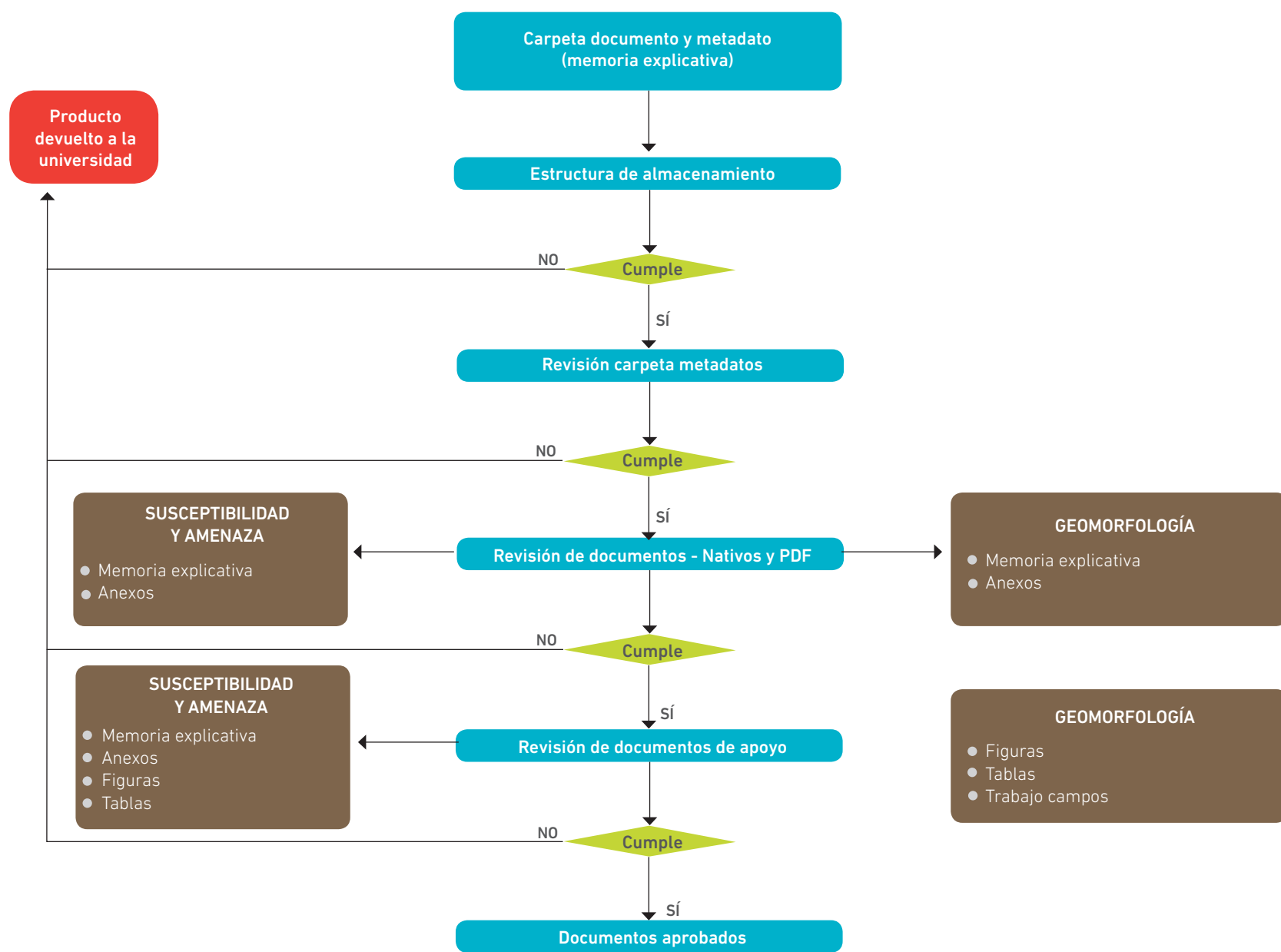


Figura 9. Proceso de revisión de las zonificaciones de susceptibilidad y amenaza.



 **Figura 10.** Proceso de revisión de documentos.

Estos procesos se apoyaron en formatos de revisión, los cuales se muestran en las figuras 11 a 15.

Formato F1: Avance de la revisión de los productos de geomorfología, susceptibilidad y amenaza relativa aplicada a movimientos en masa para planchas a escala 1:100.000 (véase figura 11).

Formato F2: Revisión de la información cartográfica de susceptibilidad y amenaza relativa aplicada a movimientos en masa a escala 1:100.000 de las planchas (véase figura 12).

Formato F3: Revisión de la estructura de almacenamiento de información cartográfica de geomorfología aplicada a movimientos en masa a escala 1:100.000 de las planchas por cada bloque (véase figura 13).

Formato F4: Revisión de la estructura de almacenamiento de información de geomorfología aplicada a movimientos en masa a escala 1:100.000 de las planchas por cada bloque (véase figura 14).

Formato F5: Revisión de la estructura de almacenamiento de información de susceptibilidad y amenaza aplicada a movimientos en masa a escala 1:100.000 de las planchas por cada bloque (véase figura 15).

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO		GRUPO DE AMENAZAS GEOLÓGICAS POR MOVIMIENTOS EN MASA										Fecha primera revisión
		AVANCE DE LA REVISIÓN DE LOS PRODUCTOS DE GEOMORFOLOGÍA, SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA RELATIVA APLICADA A MOVIMIENTOS EN MASA PARA PLANCHAS A ESCALA 1:100.000 BLOQUE 12 UN BOGOTÁ										00-MM-AAAA
												Fecha primera revisión
												00-MM-AAAA
Item a revisar	Responsable	240	241	259	260	278	279	280	298	299	300	
Susceptibilidad y Amenaza	Estructura y contenidos Carpeta Mapa	Antonio Barrera										
	Estructura y contenidos Carpeta Metadato	Ingeniería										
	Estructura y contenidos Carpeta Documento	Ingeniería										
	MXD y PDF Mapas finales	Antonio Barrera										
	GDB Base y Apoyo, layers											
	GDB Apoyo Temático	Coberturas de la tierra	Karol Ramirez									
		Tabla calificación coberturas de la tierra										
		Suelos Edáficos	Carlos Gamboa									
		Tabla calificación suelos edáficos										
		Geología	Sofia Navarro									
	Morfoodinámica	Tabla calificación geología										
		MovMasa	Ingeniería									
		Calrelié	SIG									
		Calincli	SIG									
		Relaincli	SIG									
		morfodina	SIG									
		CalGmfDina	SIG									
		Calmfmdina	SIG									
	Morfogénesis	Calmfgenesis	SIG									
		Tabla calificación morfogénesis	SIG									
	Susceptibilidad	morfogen	SIG									
		Raster morfometria	SIG									
	Amenaza	Susceptibilidad de la geología	SIG									
		Susceptibilidad de la geomorfología	SIG									
		Susceptibilidad de la cobertura de la tierra	Karol Ramirez									
Susceptibilidad de los suelos edáficos		SIG										
Modelamiento Susceptibilidad total		SIG										
Geomorfología	Raster Detonante lluvia	SIG										
	Raster Detonante Sismo	SIG										
	Raster Amenaza Lluvia	SIG										
	Raster Amenaza Sismo	SIG										
	Modelamiento Amenaza	SIG										
Estructura y contenidos Carpeta Mapa	Antonio Barrera											
Estructura y contenidos Carpeta Metadato	Ingeniería											
Estructura y contenidos Carpeta Documento	Ingeniería											
MXD y PDF Mapas finales												
GDB Base y Apoyo, style	Antonio Barrera											
Unidades Geomorfológicas												
GDB Geomorfología												

Figura 11. Formato F1.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO		GRUPO DE AMENAZAS GEOLÓGICAS POR MOVIMIENTOS EN MASA										Fecha primera evaluación
		REVISIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA RELATIVA APLICADA A MOVIMIENTOS EN MASA PARA PLANCHAS A ESCALA 1:100.000										AAAA-MM-DD
												Fecha segunda evaluación
												AAAA-MM-DD
Plancha	BLOQUE	RESPONSABLE	Origen	Límites	Norte	Sur	Oeste	Este	Área (Km²)			
ITEM REVISADO			CENTRO	OBSERVACIONES								EVALUADOR
1. Estructura de almacenamiento	1.1. Localización y nombre de carpetas										Antonio Barrera	
	1.2. Localización y nombre de Geodatabases										Antonio Barrera	
	1.3. Localización y nombre de tablas de calificación y leyendas										Antonio Barrera	
2. Modelo de datos vector	2.1. GDB Apoyo Temático	2.1.1. Dataset Geología	2.1.1.1. DenFrac000								Carlos Gamboa	
			2.1.1.2. UcgRoca000								Sofia Navarro-SIG**	
			2.1.1.3. UcgSuelo000									Sofia Navarro-SIG**
			2.1.1.4. UcgRocaFrac000									Carlos Gamboa
	2.1.2. Dataset Edáficos	2.1.2.1. Edáficos000									Carlos Gamboa	
		2.1.3. Dataset Coberturas	2.1.3.1. Cobertura000								Karol Ramirez	
	2.2. GDB Morfoodinámica	2.2.1. Calmfmdina000									Carlos Gamboa	
		2.2.2. MovMasa000									Ingeniería*	
2.3. GDB Morfogénesis	2.2.3. CalGmfDina000									SIG**		
	2.3.1. Calmfgenesis000									SIG**		
2.4. GDB Cartografía Base										Antonio Barrera		
3. Parámetros Geométricos en los Modelos Raster	3.1. Carpeta Amenaza	3.1.1. amelluvia000								SIG**		
		3.1.2. amesismo000								SIG**		
		3.1.3. detlluvia000									SIG**	
		3.1.4. detsismo000									SIG**	
		3.1.5. amemm000									SIG**	
	3.2. Carpeta Susceptibilidad	3.2.1. suscober000									SIG**	
		3.2.2. suseda000									SIG**	
		3.2.3. susgmf000									SIG**	
		3.2.4. susucg000									SIG**	
	3.3. GDB Morfoodinámica	3.2.5. susmm000									SIG**	
		3.3.1. calincli000									SIG**	
		3.3.2. calrelié000									SIG**	
		3.3.3. relaincli000									SIG**	
	3.4. GDB Morfogénesis	3.3.4. morfodina000									SIG**	
		3.4.1. morfogen000									SIG**	
3.5.1. acuenca000										SIG**		
3.5. Carpeta Morfometría	3.5.2. pend000									SIG**		
	3.5.3. rugos000									SIG**		
	3.5.4. morfomet000									SIG**		
	4. Función Generadora										SIG**	
5. Tabla de calificación de atributos	4.1. Atributo Morfometría (morfomet000)									SIG**		
	4.2. Atributo Morfoodinámica (morfodina000)									SIG**		
	4.3. Susceptibilidad Geología (susucg000)									SIG**		
	4.4. Susceptibilidad Total (susmm000)									SIG**		
	4.5. Amenaza Total (amemm000)									SIG**		
6. Tablas asociadas	5.1. Variable Geología									Sofia Navarro		
	5.2. Variable Suelos Edáficos									Carlos Gamboa		
	5.3. Variable Cobertura									Karol Ramirez		
	5.4. Variable Morfogénesis									Carlos Gamboa		
7. MDX Susceptibilidad	7.1. Data View	6.1. Modelo de amenaza								Carlos Gamboa		
		7.1.1. Sistema de referencia								Antonio Barrera		
		7.1.2. Escala									Antonio Barrera	
		7.1.3. Data Source y simbología Base000									Antonio Barrera	
	7.2. Layout View	7.1.4. Data Source y simbología susmm000									Antonio Barrera	
		7.2.1. Tamaño y posición de las secciones									Antonio Barrera	
		7.2.2. Encabezado, Rótulo, Notas, Convenciones y Leyenda									Antonio Barrera	
		7.2.3. Índ. localización, Inf. referencia y Orígenes cartográficos									Antonio Barrera	
8. MDX Amenaza	8.1. Data View	7.2.4. Grillas, Coordenadas, Límites Data frame								Antonio Barrera		
		8.1.1. Sistema de referencia								Antonio Barrera		
		8.1.2. Escala									Antonio Barrera	
		8.1.3. Data Source y simbología Base000									Antonio Barrera	
8.2. Layout View	8.1.4. Data Source y simbología amemm000									Antonio Barrera		
	8.2.1. Tamaño y posición de las secciones									Antonio Barrera		
	8.2.2. Encabezado, Rótulo, Notas, Convenciones y Leyenda									Antonio Barrera		
	8.2.3. Índ. localización, Inf. referencia y Orígenes cartográficos									Antonio Barrera		
8.2.4. Grillas, Coordenadas, Límites Data frame										Antonio Barrera		
DIAGNÓSTICO			CUMPLE = 1	NO CUMPLE = 0	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO: 0%			PRODUCTO NO APROBADO				
Responsable de la revisión:												
NOMBRE						FIRMA						

Figura 12. Formato F2.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO		GRUPO DE AMENAZAS GEOLÓGICAS POR MOVIMIENTOS EN MASA							Fecha primera evaluación AAAA - MM - DD	
		REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA DE GEOMORFOLOGÍA APLICADA A MOVIMIENTOS EN MASA PARA PLANCHAS A ESCALA 1:100.000							Fecha segunda evaluación AAAA - MM - DD	
Plancha	BLOQUE	RESPONSABLE	Origen	Límites	Norte	Sur	Oeste	Este	Área (Km ²)	
		ITEM REVISADO	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES						
1. Estructura de almacenamiento		1.1. Localización y nombre de carpetas								
		1.2. Localización y nombre de Geodatabases								
2. Modelo de datos vector	2.1. GDB GmfMM	2.1.1. Dataset GmfMM	2.1.1.1. Ugm_p							
			2.1.1.2. Ugm_Topology							
		2.1.2. Dataset PerfilGeol	2.1.2.1. Cor_a							
			2.1.2.2. Cor_I							
			2.1.2.3. Cor_p							
3. MDX Geomorfología	3.1. Data View Mapa	3.1.1. Sistema de referencia								
		3.1.2. Escala								
		3.1.3. Data Source y simbología Base000								
		3.1.4. Data Source y simbología								
	3.2. Data View Perfil	3.2.1. Sistema de referencia								
		3.2.2. Escala								
	3.3. Layout View	3.2.3. Data Source y simbología								
3.3.1. Tamaño y posición de las secciones										
3.3.2. Encabezado, Rótulo, Notas, Convenciones y Leyenda										
		3.3.3. Índice localización, Información referencia y Orígenes cartográficos								
		3.3.4. Grillas, Coordenadas, Límites Data frame								
		DIAGNÓSTICO	CUMPLE = 1	NO CUMPLE = 0	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO: 0%		PRODUCTO NO APROBADO			
Responsable de la revisión:										
NOMBRE					FIRMA					

Amenazas Geológicas por Movimientos en Masa. SGC.

Formato Versión 1.

Figura 13. Formato F3.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO		GRUPO DE AMENAZAS GEOLÓGICAS POR MOVIMIENTOS EN MASA							Fecha primera evaluación AAAA - MM - DD	
		REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN DE GEOMORFOLOGÍA APLICADA A MOVIMIENTOS EN MASA PARA PLANCHAS A ESCALA 1:100.000 (Grupo Ingeniería)							Fecha segunda evaluación AAAA - MM - DD	
Plancha	BLOQUE	RESPONSABLE	Origen	Límites	Norte	Sur	Oeste	Este	Área (Km ²)	
		ITEM REVISADO	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES						
1. Metadato		1.1 Anexo_A.xlsx								
		1.2 FichaOfiGmf.xlsx								
		1.3 GmfMM000_Nombre.xlsx								
		1.4 MemoGmf000.xlsx								
		1.5 ProdGmf000.xlsx								
2. Documento	2.1 Nativos	2.1.1 Apoyo	2.1.1.1 Anexos							
			2.1.1.2 Figuras							
			2.1.1.3 Tablas							
			2.1.1.4 Sensores Remotos							
			2.1.1.5 Trabajo de campo	2.1.1.5.1 Fotos Estaciones						
		2.1.1.5.2 Mapa Estaciones								
	2.2 Pdf	2.2.1 Anexo_A.pdf								
2.2.2 MemoGmf000.pdf										
		DIAGNÓSTICO	CUMPLE = 1	NO CUMPLE = 0	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO: 0%		PRODUCTO NO APROBADO			
Responsable de la revisión:										
NOMBRE					FIRMA					

Amenazas Geológicas por Movimientos en Masa. SGC.

Formato Versión 1.

Figura 14. Formato F4.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO		GRUPO DE AMENAZAS GEOLÓGICAS POR MOVIMIENTOS EN MASA							Fecha primera evaluación AAAA - MM - DD	
		REVISIÓN DE LA ESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN SUSEPTIBILIDAD Y AMENAZA APLICADA A MOVIMIENTOS EN MASA PARA PLANCHAS A ESCALA 1:100.000 (Grupo Ingeniería)							Fecha segunda evaluación AAAA - MM - DD	
Plancha	BLOQUE	RESPONSABLE	Origen	Límites	Norte	Sur	Oeste	Este	Área (Km ²)	
		ITEM REVISADO	DIAGNÓSTICO	OBSERVACIONES						
1. Metadato		1.1 AmeMM000_Nombre.xlsx								
		1.2 Anexo_A.xlsx								
		1.3 Anexo_B.xlsx								
		1.4 Anexo_C.xlsx								
		1.5 Anexo_D.xlsx								
		1.6 Anexo_E.xlsx								
		1.7 Anexo_F.xlsx								
		1.8 FichaOfiAme.xlsx								
		1.9 MemoAme000.xlsx								
		1.10 ProdAme000.xlsx								
2. Mapa	2.1 Nativos	2.1.1 Apoyo	2.1.1.1 GmfMM000 (MorfoDinamica000.mbd)							
			3.1.1.1 Anexos							
3. Documento	3.1 Nativos	3.1.1 Apoyo	3.1.1.2 Figuras							
			3.1.1.3 Tablas							
			3.1.1.4 SIMMA	3.1.1.4.1 SHP_SIMMA (InvMM000.shp)						
				3.1.1.4.2 SIMMA000.xlsx						
				3.1.1.4.3 Formatos						
	3.2 Pdf	3.1.1.4.3.1 Esquemas								
		3.1.1.4.3.2 Esquemas								
		3.1.1.4.3.3 Fotografías								
		3.2.1 Anexo_A.pdf								
		3.2.2 Anexo_B.pdf								
	3.2.3 Anexo_C.pdf									
	3.2.4 Anexo_D.pdf									
	3.2.5 Anexo_E.pdf									
	3.2.6 Anexo_F.pdf									
	3.2.7 MemoAme000.pdf									
		DIAGNÓSTICO	CUMPLE = 1	NO CUMPLE = 0	PORCENTAJE CUMPLIMIENTO: 0%		PRODUCTO NO APROBADO			
Responsable de la revisión:										
NOMBRE					FIRMA					

Amenazas Geológicas por Movimientos en Masa. SGC.

Formato Versión 1.

Figura 15. Formato F5.

Los formatos F2 a F5 se concentraban en un subconjunto de archivos de acuerdo con la estructura de almacenamiento establecida, como se muestra en las figuras 16 a 19.

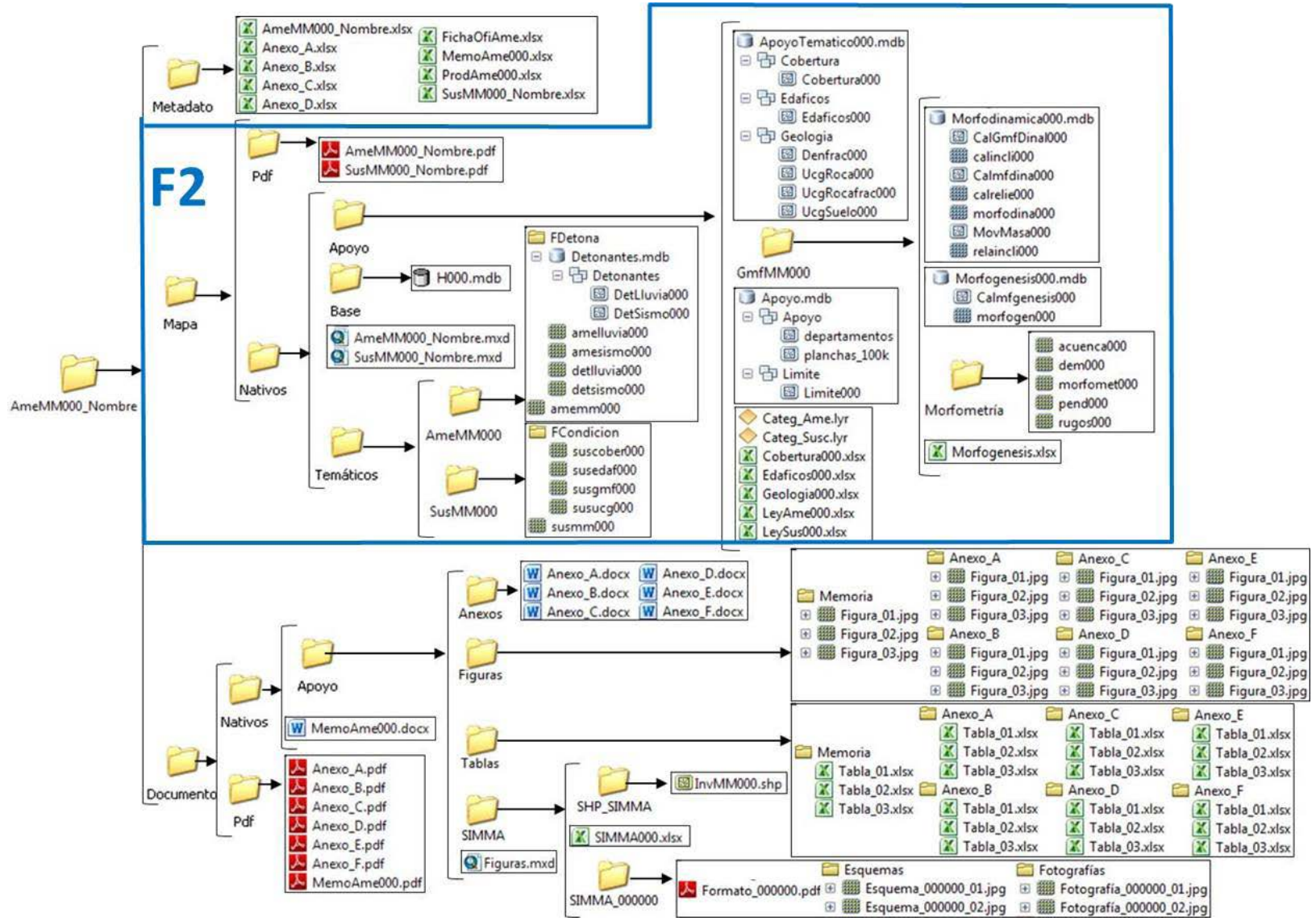


Figura 16. Aplicación del formato F2.

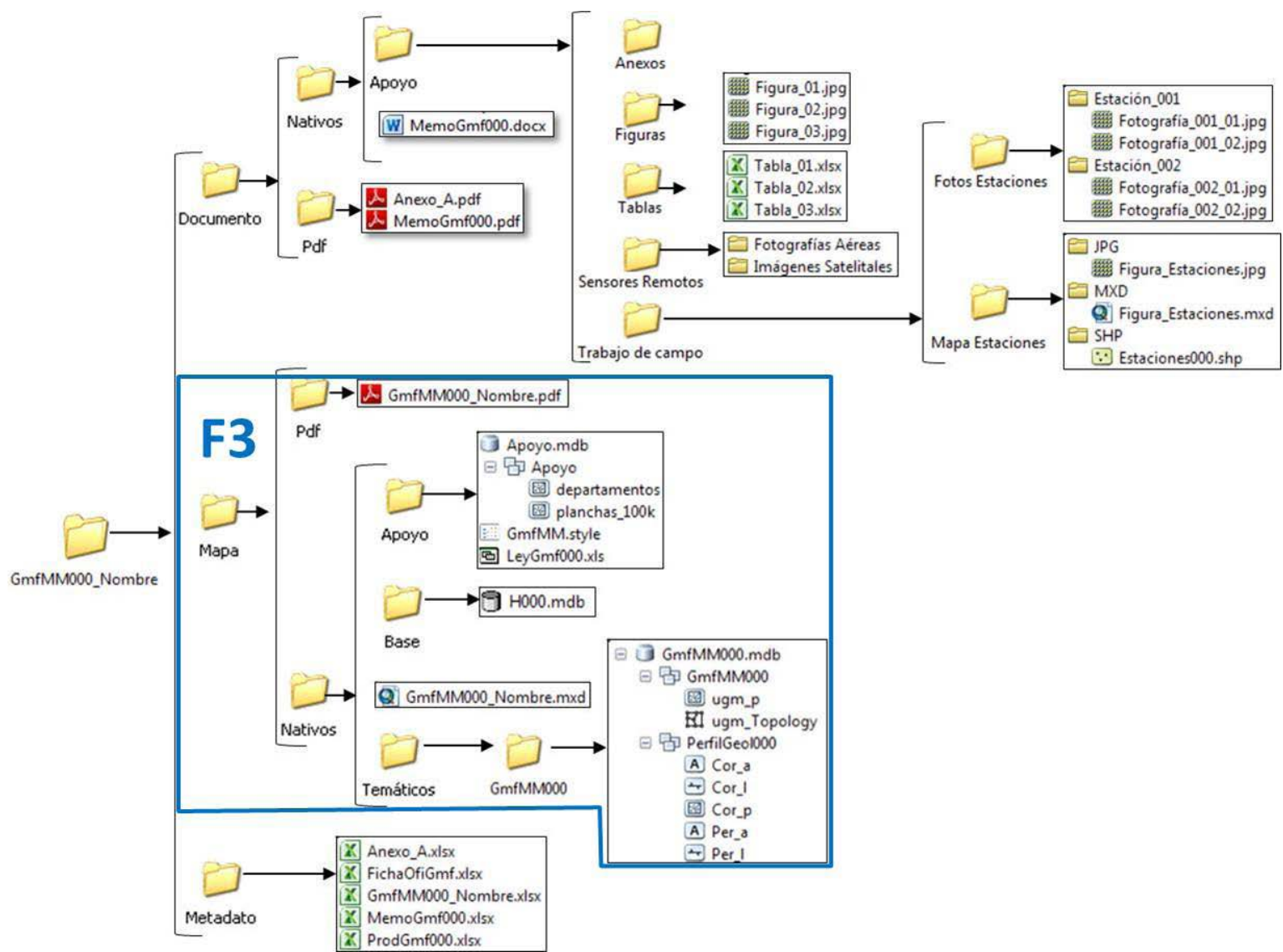


Figura 17. Aplicación del formato F3.

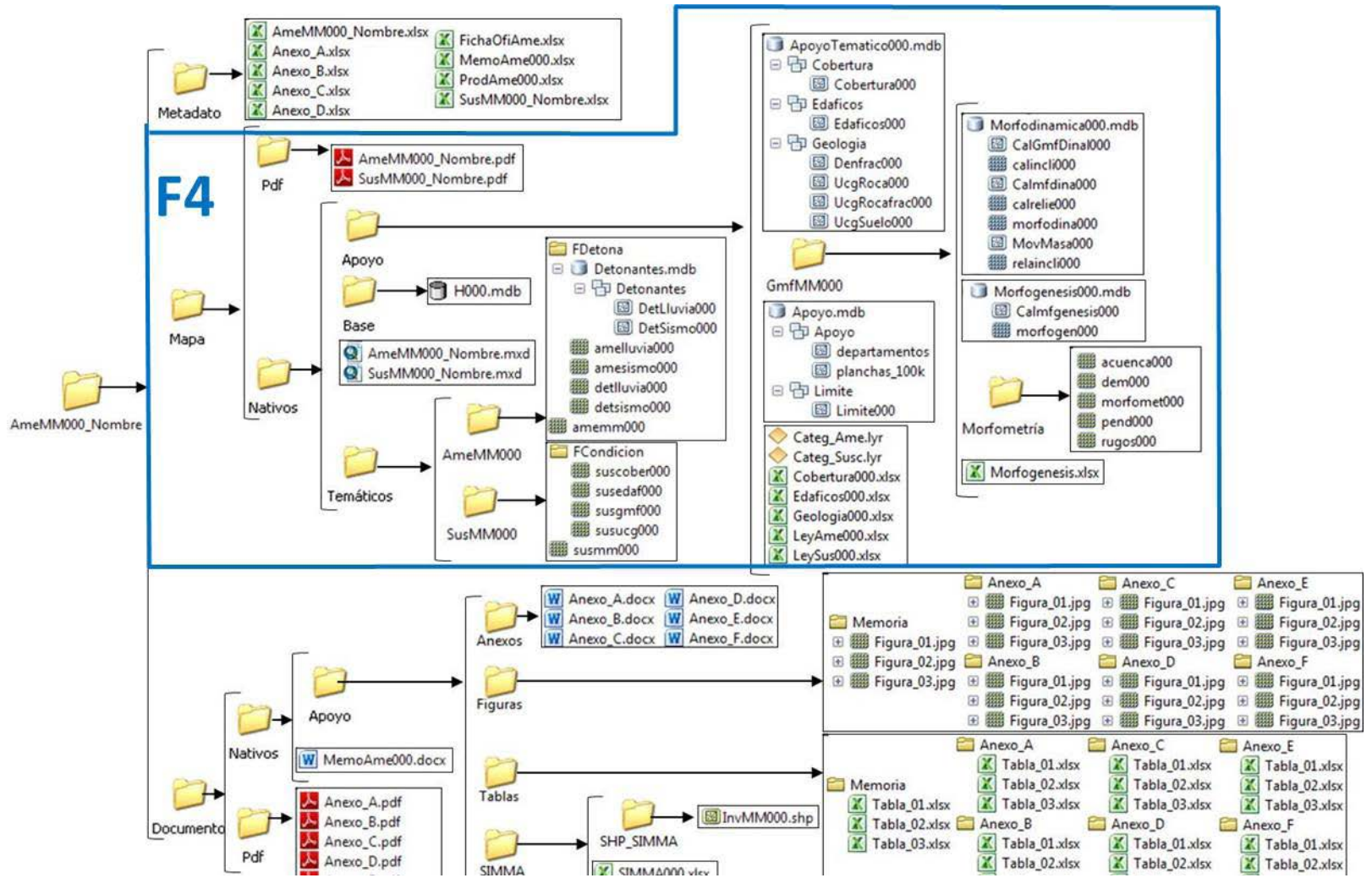


Figura 18. Aplicación del formato F4.

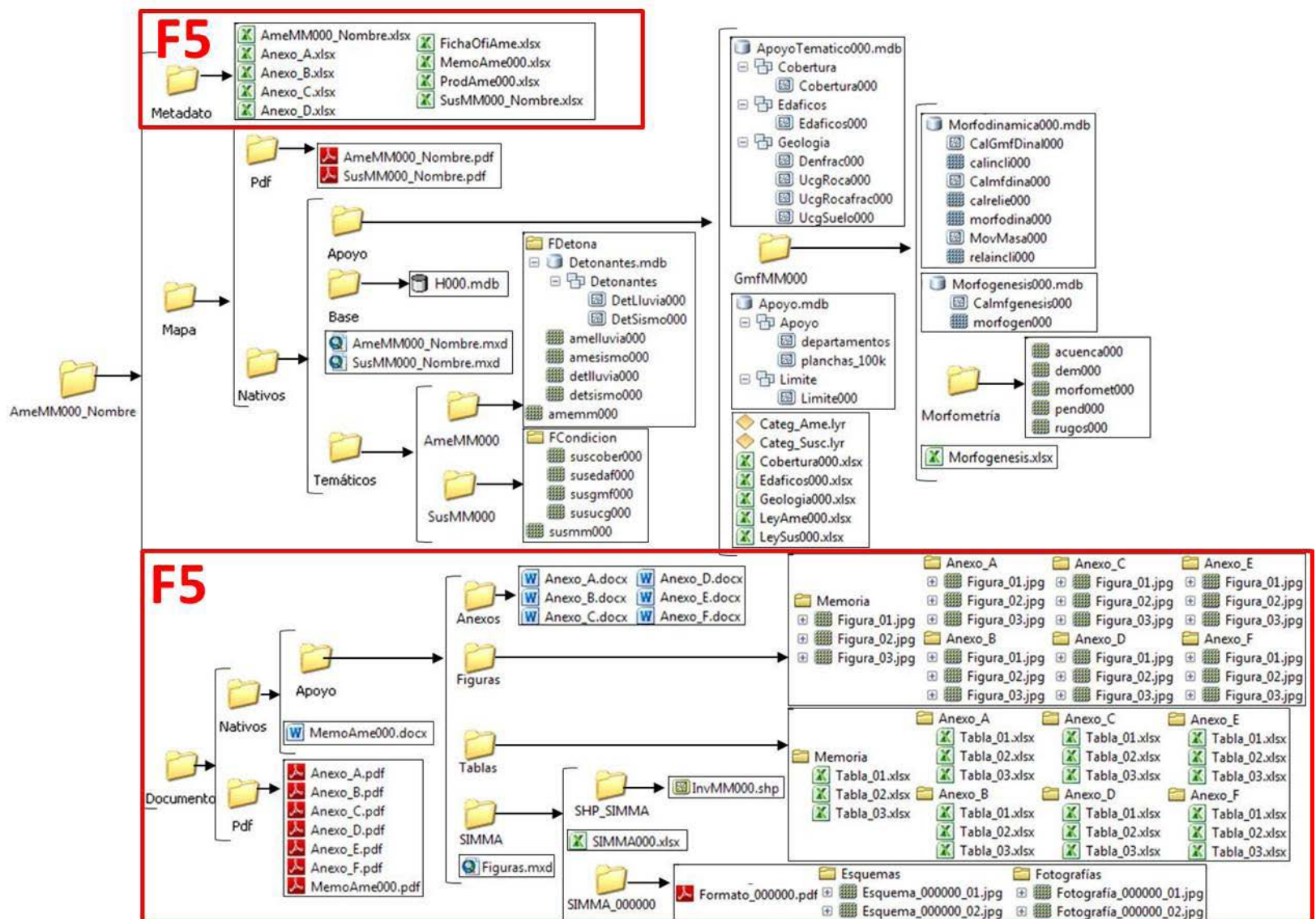


Figura 19. Aplicación del formato F5.

Cada formato se aplicó cada vez que se revisó cada una de las 278 planchas, de manera que solo hasta que dicho formato aprobara la respectiva plancha, esta era recibida a satisfacción por el Servicio Geológico Colombiano. Todo el proceso de revisión se documentó y reposa en el servidor Selenitap del Servicio Geológico, donde se encuentran los 1.124 formatos de revisión.

4. Recursos humanos

Teniendo en cuenta que un proceso de zonificación es el resultado de un trabajo multi e interdisciplinario, el proyecto contó con la participación de más de trescientos profesionales de más de veinte profesiones distintas –unos con experiencia de varias décadas, otros recién egresados– y estudiantes de últimos semestres.

De los trescientos veinte profesionales que participaron en el proyecto, un número importante corresponde a geólogos, ingenieros geólogos y geomorfólogos, quienes trabajaron en la generación de planchas geomorfológicas y generación de la variable geología, entre ellos íconos de la geología colombiana, como el doctor Michel Hermelín (q. e. p. d.), quien falleció durante la ejecución del proyecto. La siguiente profesión con un número importante de participantes fue la ingeniería civil, se contó con especialistas en geotecnia, hidrología e ingeniería sísmica, quienes en su mayoría participaron en la elaboración del inventario de movimientos en masa, generación de la variable morfodinámica y evaluación de los detonantes lluvia y sismo.

En la generación de las variables suelos edáficos y cobertura de la tierra participaron ingenieros forestales, ambientales, agrónomos, biólogos y agrólogos. En la generación de los productos cartográficos y modelamiento SIG participaron ingenieros catastrales, ingenieros de sistemas, geógrafos, cartógrafos y especialistas SIG con diferentes profesiones de base.

En los procesos de socialización participaron antropólogos, sociólogos, trabajadores sociales, entre otras especialidades de las ciencias sociales. Finalmente, los abogados, administradores de empresas, contadores y auxiliares administrativos fueron el soporte administrativo de los diferentes convenios, de manera que los grupos de técnicos contaron con los elementos necesarios para realizar los trabajos de oficina y de campo en pos de obtener los productos finales de los convenios.

La dirección y coordinación de este proyecto estuvo a cargo de la Dirección Técnica de Geoamenazas, en particular del grupo de trabajo de Evaluación de Amenaza por Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano, la que tuvo a su cargo la elaboración de las planchas piloto, realizó los procesos contractuales de los convenios especiales de cooperación, supervisó los

trabajos, hizo el seguimiento técnico de la elaboración de todos los productos, verificó el empalme temático, ejerció el control de calidad y recibió, oficializó y puso a disposición del público en general de los cerca de tres mil productos geocientíficos.

Finalmente, es importante resaltar que la ejecución de este proyecto produjo una nueva generación de profesionales con experiencia en zonificación de amenaza por movimientos en masa; diversificó en ese sentido las líneas de conocimiento de algunas de las universidades que históricamente se habían centrado en minería o hidrocarburos, ya que permitió la elaboración de trabajos de tesis de grado en las diferentes temáticas. Se puede decir entonces que este proyecto le deja al país un grupo importante de profesionales con un amplio conocimiento del territorio desde el punto de vista de la amenaza por movimientos en masa.

A continuación se encuentran los listados de profesionales por cada universidad y entidad participante.



Fotografía 6.

Taller multitemático con asistencia de todas las entidades que formaron parte del proyecto.



SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC)

Director General
Óscar Paredes Zapata

Directora Técnica Geoamenazas
Marta Lucía Calvache Velasco

Coordinadora Grupo de Trabajo Evaluación de Amenazas por Movimientos en Masa -Directora Proyecto
Gloria Lucía Ruiz Peña

Coordinadora Técnica Proyecto Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa escala 1:100.000
Sofía del Rosario Navarro Alarcón

EQUIPO DE TRABAJO

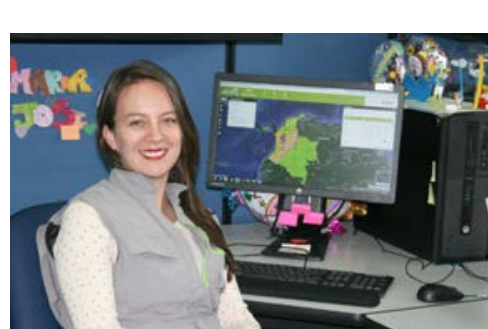
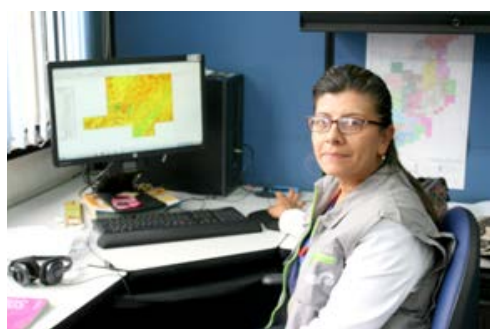
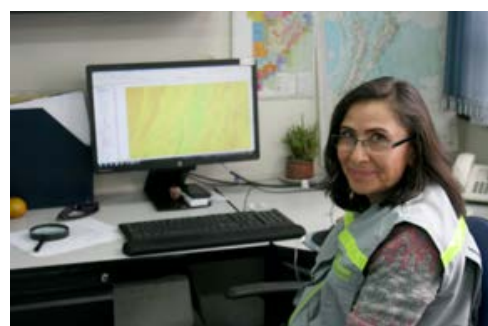
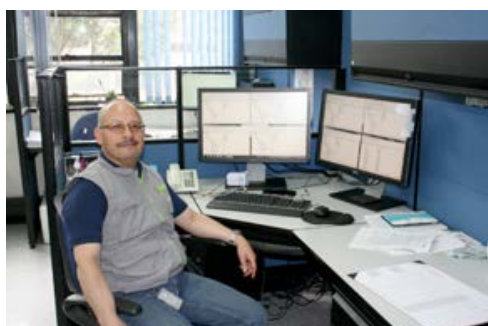
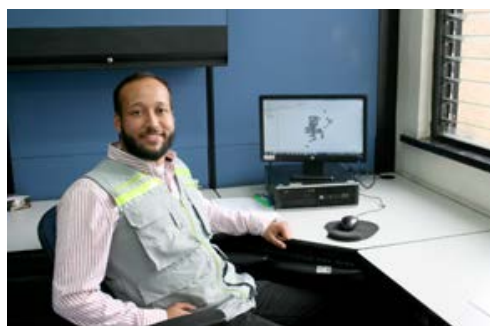
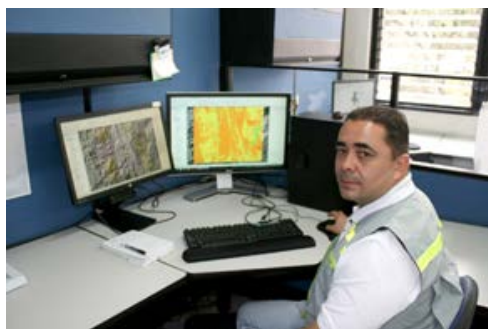
Juan María Montero Olarte
Mario Andrés Cuéllar Cárdenas
Gustavo Adolfo Trejos
Jorge Arturo Castro Guerra
Rosalbina Pérez Cerón
Jorge Leonardo Chaparro Cordón
Hárold Moya Berbeo
Ómar Leyva
Carlos Andrés Gamboa Rodríguez
Károl Constanza Ramírez Hernández
Carlos Alfonso Ortegón
Enif Medina Bello
Carlos Enrique Alvarado Flórez
Jesús Hernando Sandoval Ramírez

Luis Antonio Barrera
Michael Alejandro Pérez Moreno
Briyi Leide Camargo Holguín
Ángela María Galindo Sáchica
Milena de Jesús Polo Carrascal
Claudia Paola Albadán Murillo
Antonio Andrés Reyes Merchán
Néstor Francisco Vargas Sanabria
Leonardo Méndez Barón
Francisco Uribe Rojas
Aníbal José López López
Luz Marina Espinosa García
Gabriel Avellaneda Avellaneda
Carlos Mauricio Palacios Soto



Fotografía 7.

Directora Proyecto y Coordinadora Técnica Proyecto.



Fotografía 8.
Equipo de trabajo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE BOGOTÁ

Rector
Ignacio Mantilla Prada

Decano Facultad Ciencias
Jaime Aguirre Ceballos

Decano Facultad Ciencias
Jesús Sigifredo Valencia Ríos

Director Convenios Bloques 3, 12 y 18
Modesto Portilla Gamboa

Coordinador Técnico Bloque 3, 12 y 18
Carlos Montoya



EQUIPO DE TRABAJO

Lina Katherine Vergara Chaparro

Johanna Andrea Rache Rodríguez

Mayerling Sanabria Buitrago

Laura Vanessa Velásquez Rocha

Yuly Paola Correa Torres

Laura Alejandra Beltrán Daza

Laura Nataly Tiria Forero

Laura Daniela Ruiz Wandurraga

Luzby Arenas Niño

María Camila Leguizamón Salgado

Andrea Milena Rey Moreno

Jéssica Estephanie Luengas Fajardo

Paula Andrea Barrera Ariza

Yohanna Katherine García Zabala

Julio César Guerra Ospino

Richard Gens Duque Oliva

Freddy Valcárcel Montañez

Manuel Fernando Piña Pérez

Luis Jorge Mejía Umaña

Luis Hernán Ochoa Gutiérrez

Óscar Orlando Briceño Amarillo


Luis Alberto Cómbita Ariza


Miguel Ángel Cubillos Fajardo

Daniel Felipe Neiva Castelblanco

Carlos Eduardo Rodríguez Castañeda



 **Fotografía 9.**
Trabajo de campo.

 **Fotografía 10.**
Volcán Galeras, parte de la zona de estudio del bloque 18 (fotografía de la Universidad Nacional, sede Bogotá, 2015)





UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN

FACULTAD DE MINAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIENCIAS Y MEDIO AMBIENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE MEDELLÍN

Vicerrector Sede Medellín
John Willian Branch Bedoya

Decano Facultad de Minas
Pedro Nel Benjumea Hernández

Directora de Proyecto Bloques 9, 10, 17 y 20
María Isabel Mesa Sánchez

Coordinadora Técnica Bloques 9, 10, 17 y 20
Verónica Botero Fernández

EQUIPO TÉCNICO

José Humberto Caballero Acosta

Gaspar Monsalve Mejía

Oswaldo Ordóñez Carmona

Jaime Ignacio Vélez

Juan Carlos Loaiza

Johan Tobón Agudelo

Diana Marcela Castañeda Ríos

Aleen Pertuz Paz

Laura Natalie Barbosa Mejía

Juan Carlos Monroy Layton

Ana Isabel Restrepo Ortega

Juan Camilo Montoya García

Déivid Estiven Restrepo

Diana Paulina Cataño Salas

Lina Zuluaga Duque

Johanna Montoya Cano

Luis Martínez Hernández

Santiago Vélez Bedoya

Angélica Liliana Ochoa Beltrán

Sandra Montoya Cañola

Yennifer Álvarez Gutiérrez

Jónathan José Rincón

Juan Sebastián Guiral Vega

Juan Camilo Gómez Zapata

Daniel Alvira Reyes

Juan Sebastián Echeverry

Ana María Zapata Suárez

Jackson González Bermúdez

Paula Andrea Pacheco

Juan David Córdoba Ospina

Rónal Arango España



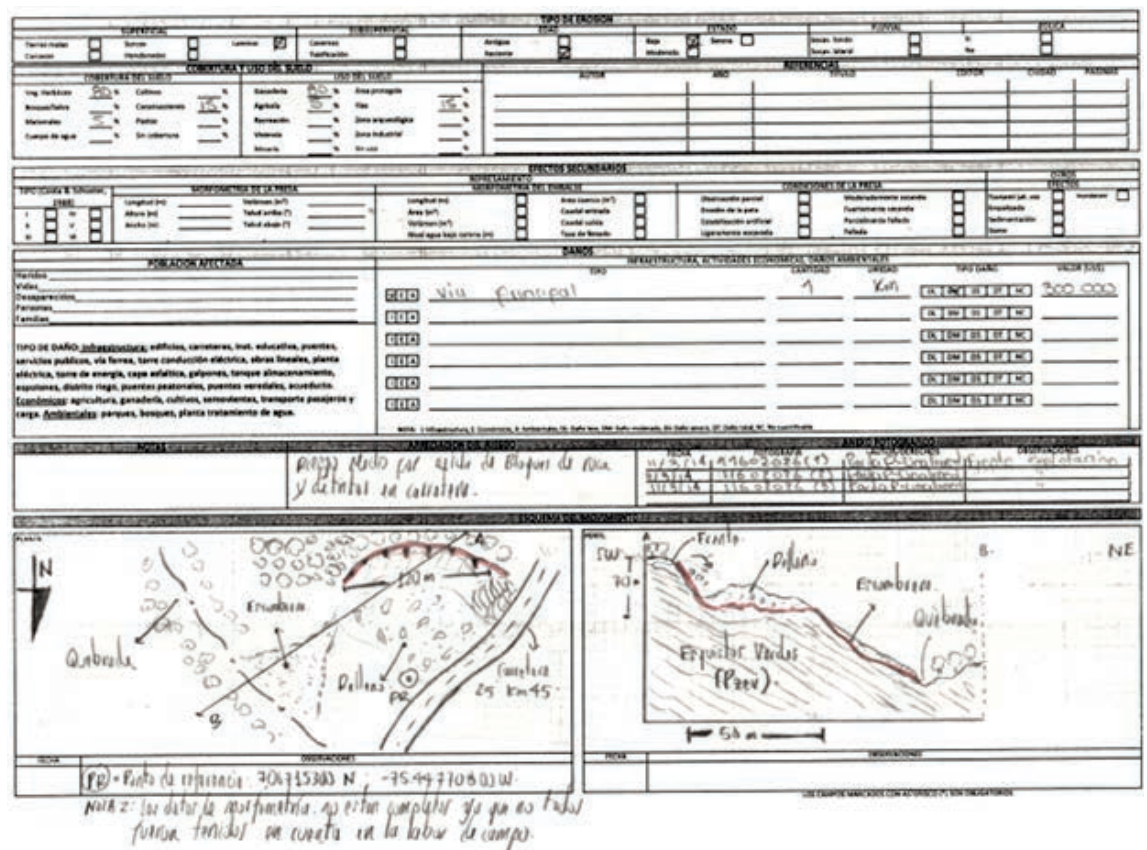
Fotografía 11.

Golfo de Urabá, parte de la zona de estudio Bloque 17, Departamento de Antioquia (fotografía de la Universidad Nacional, sede Medellín, 2015).



Fotografía 12.

Taller de intercambio de conocimiento realizado en el marco de los convenios Universidad Nacional sede Medellín – SGC, con la participación de profesionales de otras universidades – Trabajo de campo.



Fotografía 13.

Ficha de inventario de un movimiento en masa levantado en el marco del proyecto.



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

Rector

Elio Daniel Serrano Velasco

Decano Facultad Ingenierías

William Mauricio Rojas

Decano Facultad Ciencias Básicas

Édgar Gualdrón

Director de Proyecto Bloque 8

Julio Isaac Maldonado

Coordinador Técnico Bloque 8

Jesús Ramón Delgado

EQUIPO TÉCNICO

Juan Alejandro Garzón Pitta

Alba Liliana Gualdrón Díaz

David Cadena Galvis

Jesús David Gómez Gómez

Sandra Milena Suárez

Héctor Jaime López

Efraín Trinidad Camargo

Domingo Mendivelso

Jáner Rafael Cantillo Romero

Nancy Carolina Tenjo

Luis Evelio Henao Cano

Luis Alberto Molina

Claudia Bibiana Grisales

Yenny Córdoba Pulido

Jorge Luis Bojacá Bonilla

Víctor Alfonso Villamizar

Leidy Khaterine Contreras

Hernán Gómez Mejía

Víctor Villamizar

Claudia Bibiana Grisales

Yeyson Calvo

Deicy Yocelín Villamizar

Javier Jairth Reyes Gómez

Jarson Alexis Rodríguez Chona

Fidel Fuentes Ospino


Yuly Nataly Mendoza




Fotografía 14.

Parte del equipo de trabajo de la Universidad de Pamplona.




 **Fotografía 15.**
Trabajo de campo.



 **Fotografía 16.**
Parte del equipo de trabajo de la Universidad de Pamplona y del SGC, participando en reuniones de avance.



 **Fotografía 17.**
Trabajo de campo.



UNIVERSIDAD DE CALDAS

Rector
Felipe César Londoño López

Director Proyecto Bloque 7
José Luis Naranjo Henao

Coordinadora Técnica Bloque 7
Elvira Cristina Ruiz Jiménez

Directora Proyecto Bloque 13
Elvira Cristina Ruiz Jiménez


Coordinador Técnico Bloque 13
José Luis Naranjo Henao

EQUIPO TÉCNICO

William Chavarriaga Montoya
Luz Mary Toro Toro
César Ossa Mesa
Eliana Arango Palacio
Andrés Calle Valencia
Jhon James Botero
Diego Arango Arcila
Leidi Quintero Giraldo
Pedro A. Quintero B.
Jhon Fáber Mosquera T.
María Alejandra Trejos Reyes
Giovanni Díaz G.
Sandra Santoyo Santos

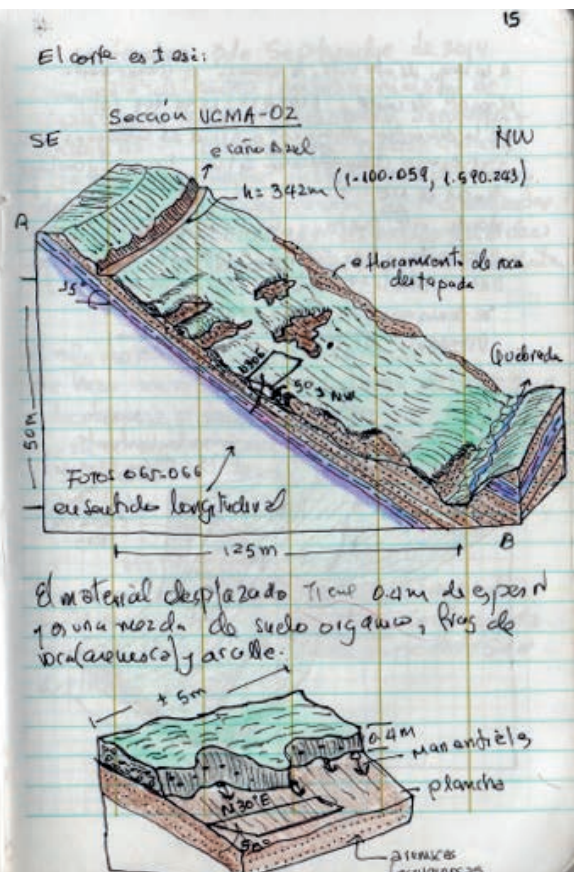
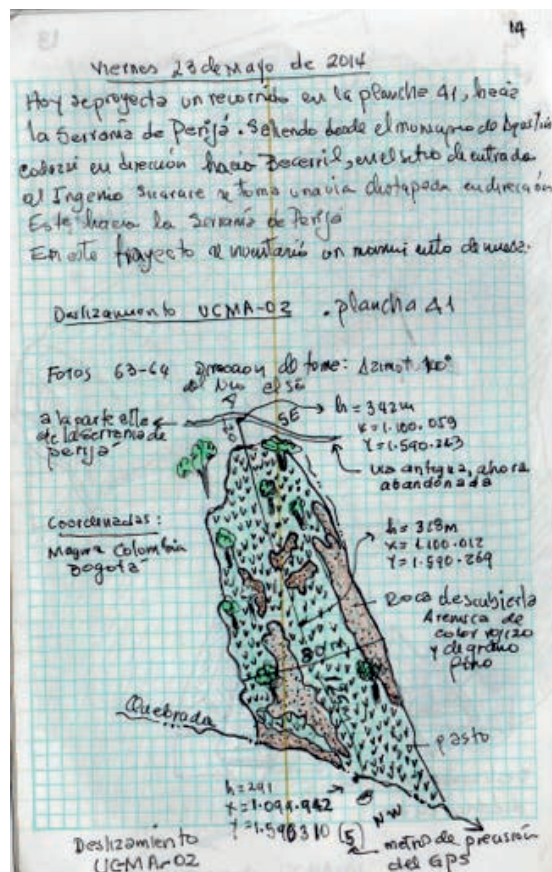
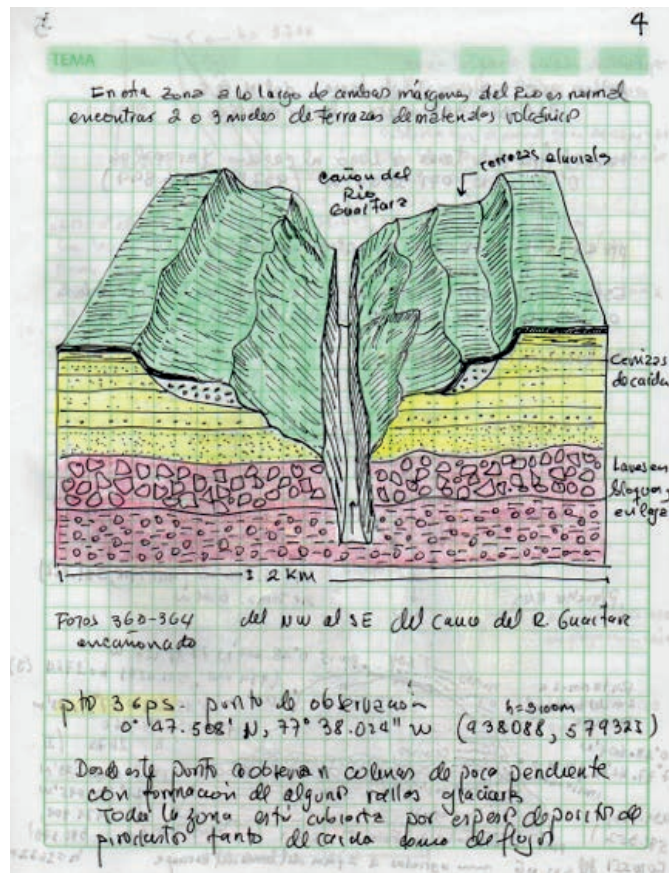
Mario Hernán López B.
Luisa Fernanda Villada
Mauricio Alvarán E.
Gustavo Hincapié J.
Miguel A. Cuadros R.
Luz María Cardona B.
Daniel E. Díaz D.
Henry A. Ramírez M.
Natalia Ríos B.
Laura V. Toro R.
Carlos M. Jaramillo E.
Ricardo A. Delgado C.



 **Fotografía 18.**
Trabajo de campo.



Fotografía 19.
Trabajo de fotointerpretación.



Fotografía 20.
Notas de campo.



UNIVERSIDAD EAFIT

Rector

Juan Luis Mejía Arango

Decano Escuela de Ciencias

Luciano Alberto Ángel Toro

Director de Proyecto Bloques 6, 11, 16 y 19

Óscar Geovany Bedoya Sanmiguel

Director Técnico de Proyecto Bloques 6 y 11

Michell Hermelín (q. e. p. d.)

Coordinador Técnico Bloques 6, 11 y 16

Marco Fidel Gamboa Ramírez

Coordinadora Técnica Bloque 19

Sandra Milena López Castro

EQUIPO TÉCNICO

Luisa Fernanda López Rivera

Consuelo Durango López

Luis Gabriel Correa Ocampo

Sandra Milena López Castro

Edwin Alberto Suárez Pérez

Catalina Góez García

Juan Felipe Ochoa

Juan Esteban Quijano Cossio

María Jackeline Ramírez

Angie López Duque

Fáber de Jesús Chica

Ana María Zapata García

Ana María Pérez Hincapié

Camilo Flórez Cardona

Carlos Mario López

David Trujillo Cataño

Emilio José Hoyos Valencia

Íngrid Natalia Mazo Zuluaga

Milena González Gómez

Yadiris Andrea Guisao Granda

Yodis Daniela Londoño

Carolina López Zapata

Andrea Torres Saldarriaga

Angie López Luque

Catalina Castro Sierra

José Fernando Duque Trujillo

Juan Felipe Luján

Simón Castaño García

Ana María Yepes Zapata

Iván Darío Correa Arango

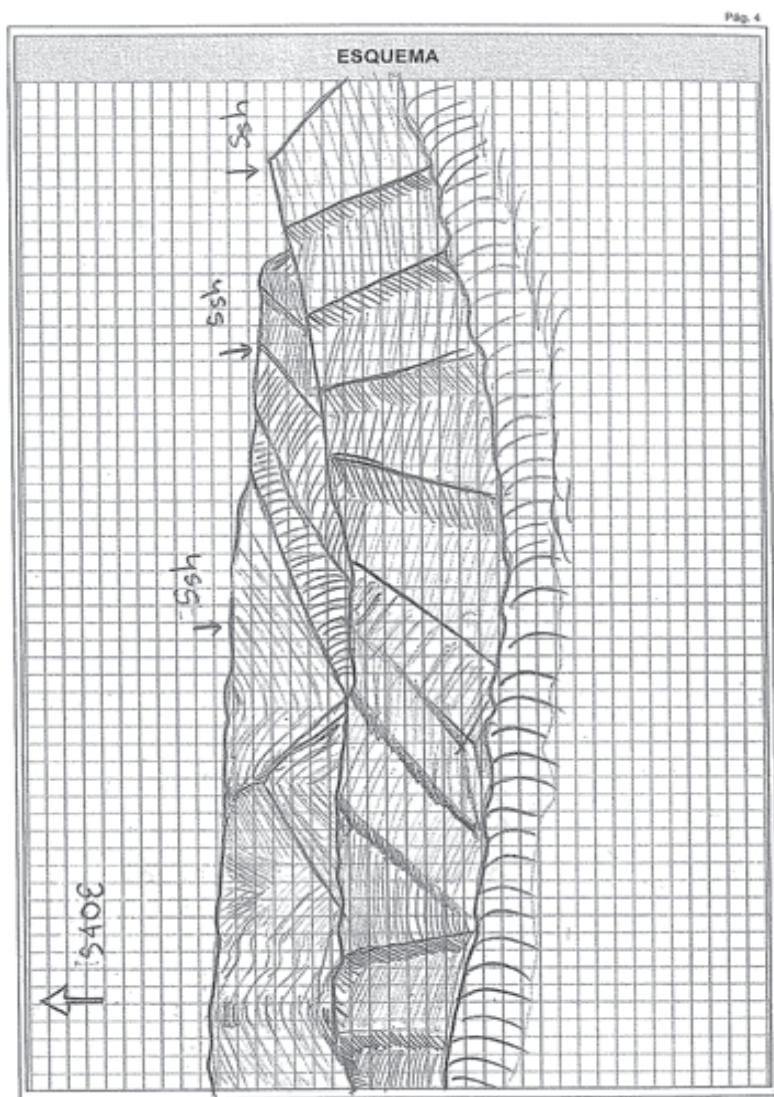
Daniel Álvarez Ramírez

María Isabel Jaramillo Zapata



Fotografía 21.

Parte del equipo de trabajo de la Universidad Eafit, participando en discusiones temáticas.



IDENTIFICACIÓN		Estación:	ELFL-17	Fecha:	DÍA	MES	AÑO
					30	06	13
LOCALIZACIÓN GENERAL							
No. plancha:	Departamento:	Antioquia	Coordenada Norte (Y):	1204073			
130	Municipio:	San Jerónimo	Coordenada Este (X):	819230			
	Vereda:		Sistema de coordenadas:	Magno, Bogotá			
			Nombre geográfico:	Antioquia a Medellín			
UNIDAD GEOMORFOLÓGICA							
Unidad:	Sierra Residual						
COBERTURAS							
Pastos:	Bosques:	Cultivos:	Suelos desnudos:	Otros:			
1. 70%				50% vivienda			
2. 50%	50%						
3. 80%	20%						
4.							
5.							
MORFOGÉNESIS							
Tipo de ambiente							
1.	Denudación						
2.	Estructural						
3.	Estructural						
4.							
5.							
MORFOLOGÍA / MORFOMETRÍA							
Clase geoforma:	Índice relieve:	Inclinación ladera:	Longitud ladera:	Forma ladera:			
1. Old	bajo	Inclinada	Corta	Irregular			
2. Old	alto	muy inclinada	Larga	Rectilínea			
3. Sercml	moderado	muy abrupta	mod. larga	Rectilínea			
4.							
5.							

Fotografía 22.
Notas de campo.



Fotografía 23.
Panorámica de la zona de estudio del bloque 6, departamento de Antioquia (fotografía de la Eafit, 2014).

Universidad
Industrial de
Santander



CONSTRUIMOS FUTURO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER (UIS)

Rector
Hernán Porras Díaz

Director Proyecto Bloques 4 y 5
Juan Diego Colegial Gutiérrez

Director Proyecto Bloques 4 y 5
Sait Khurama Velázquez

Coordinador Técnico Bloques 4 y 5
Francisco Velandia

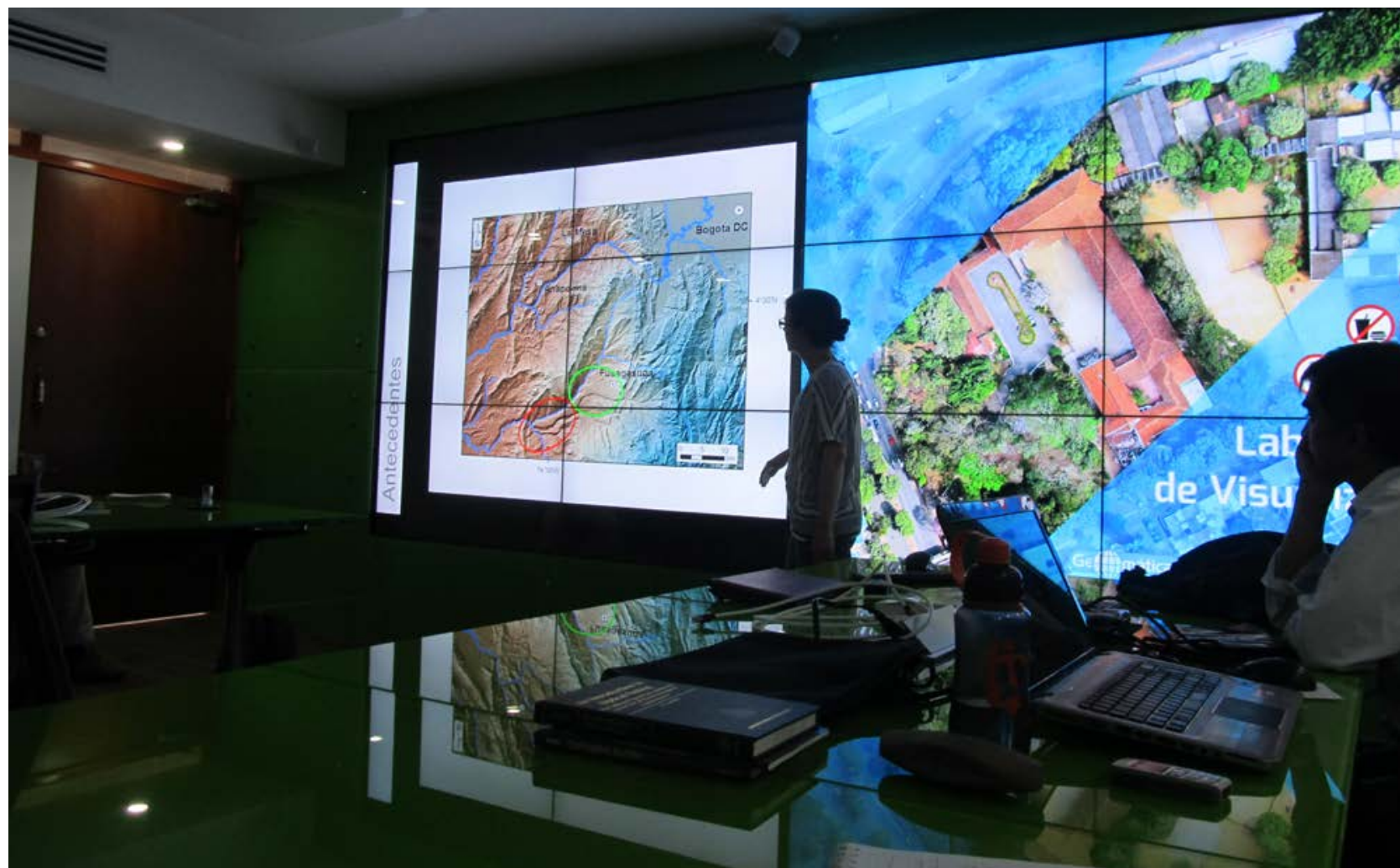
Director Proyecto Bloques 4, 5 y 14
Juan Diego Colegial Gutiérrez

Coordinador Técnico Bloques 4, 5 y 14
Francisco Velandia

EQUIPO TÉCNICO

Alejandro Villalobos Bernal
Andrea Carolina Matajira Pabón
César David López Arenas
David Cadena Galvis
Diego Yónatan Hernández Landínez
Erwin José Manuel Zafra Tor
Graciela Garzón Marín
Hernán Ferney Hernández
Íngrid Yulieth Alvarado
Isabel Cristina Ardila
Jairo Hernando Rojas Leal
Jáner Rafael Cantillo Romero
Jéiner Yobany Buitrago Escobar
Jesús Leonardo Rincón Jaimes
Joaquín Andrés Valencia Ortiz
Jorge Leonardo Camargo Daza
Jorge Leonardo Chaparro Cordón
José Alfredo Rueda Núñez
José Luis Bastidas Rosales
Juan Alejandro Garzón Pitta
Laura Estefanía Castellanos
Leonardo Palmera Sánchez
Luis Eduardo Moreno Torres
Luis Fernando Cifuentes
Marco Fidel Romero Zárate
Nardy Liliana Neiza

Nelson Ricardo López Herrera
Nicolás Andrés Bayona Cesarino
Nohora Stela Mancilla Vizca
Norma Carolina Espejo Delgado
Olga Cecilia Moreno Gutiérrez
Óscar Eduardo Romero González
Óscar Enrique Forero Ospino
Rónald Ricardo Cárdenas Rey
Rubén Giovanni Cuervo Silva
Wálter Leónard Antolínez Quijano
William Fernando Duarte Delgado
Edwin Snéider Díaz Gámez
Hans Peter Vinasco Rodríguez
Laura Carolina Jaimes Arguez
María Cristina Cediél Mayor
Marlon Steven Flórez
Silvia Viviana Machuca
Sindy Lorena Rodríguez
Yesid Paúl Goyes Peñafiel
María Paula Castellanos
Luis Eduardo Moreno
Ernesto Palomino
Jorge Alberto Rey Pilonieta
Janer Rafael Cantillo Romero
Javier Jairth Reyes Gómez
Jesús David Gómez Gómez



Fotografía 24.

Taller de intercambio de conocimiento realizado en el marco de los convenios UIS-SGC.



Fotografía 25.

Trabajo de campo.



Fotografía 26.

Grupo de trabajo recibiendo capacitación en campo por parte de profesionales del SGC.



Uptc

Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA (UPTC)

Rector
Alfonso López Díaz

Decano Sede Seccional Sogamoso
Luis Alejandro Fonseca Páez

Director Escuela Ingeniería Geológica
Wilson Enario Naranjo Merchán

Coordinador Técnico Proyecto Bloques 1 y 15
Héctor Fonseca Peralta

EQUIPO TÉCNICO

César Julio Rodríguez Cárdenas

Ernesto Gutiérrez Gutiérrez

Luis David Mesa Ríos

Jorge Alirio Corredor Cuervo

Jorge Eladio Buitrago Landino

Diego Alfonso Romero Farfán

Ómar Guillermo Pérez Molano

Camilo Andrés Talero Neita

Luis Eduardo García

Edith Julieta González

Jaime Andrés Jiménez Mesa

Diana Carolina Pérez Bello

Kenia Johana Martínez Carrascal

Martha Liliana Vargas Camargo

Daniel Francisco Combariza Fernández

Benjamín Bailon González

Óscar Javier Díaz Niño

Yulieth Natalia Velandia Rincón

Diego Armando Penagos López

Jairo Alonso Pérez Siabatto

Chayanna del Carmen Vega Pérez

Húber Alberto Rivera Rosado

Jhon Jairo Porras Pescador

Mónica Johana Barrera Baracaldo


Francisco Javier Pérez Cubibes




Fotografía 27.

Equipo de trabajo de la UPTC.



 **Fotografía 28.**
Parte del grupo de la UPTC en trabajo de oficina.



 **Fotografía 29.**
Trabajo de campo.



INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA (IDEAM)

Director General
Ómar Franco Torres

Subdirectora Ecosistemas e Información Ambiental
María Saralux Valbuena

Dirección Proyecto Boque 2
Reinaldo Sánchez
Jorge Luis Ceballos

Coordinador Técnico Bloque 2
Vicente Peña

 **EQUIPO TÉCNICO**

Óscar Gavidia

César Fernando Peña

Hárold Moya

Eduardo Andrés Tobón

Kim Róbertson

Carlos Ortegón

Astrid Eugenia Cruz

Rocío Rincón

Reinaldo Sánchez

Eduardo Andrés Tobón

Vanessa Montañez

Adriana Rojas


Ómar Jaramillo




Fotografía 30.

Parte del equipo de trabajo del Ideam, participando en discusiones temáticas.



 **Fotografía 31.**
Trabajo de campo realizado en el marco del proyecto.



 **Fotografía 32.**
Levantamiento de datos de campo en la construcción de las variables del modelo.

5. Costo del proyecto

Este proyecto representó una inversión de parte del Gobierno nacional superior a los treinta y siete mil millones de pesos (\$ 37.000.000.000,00), como se muestra en la tabla 5. De la inversión realizada por el Servicio Geológico Colombiano, el 25 % corresponde a recursos del Presupuesto General de la Nación y el 75 % restante a recursos de regalías.

SGC (20 bloques) con contrapartidas	SGC planchas control	Bloque 2 Ideam
\$ 32.269.322.025,00	\$ 3.822.750.000,00	\$ 1.472.160.000,00
Total proyecto	\$ 37.564.232.025,00	

 **Tabla 5.** Costo del proyecto.

Es importante resaltar que en la firma de los convenios, las universidades aportaron también recursos a manera de contrapartida, la cual se representó en algunos casos en intercambios académicos con expertos en temáticas incluidas en el proyecto. En la tabla 6 se muestra el valor detallado de cada uno de los convenios, se discriminan el valor de la contrapartida de cada universidad y las fuentes de financiación.

Convenio		Aporte SGC	Aporte Univ.	Valor total	Origen recursos SGC	
Universidad	Convenio N.º				Presupuesto PGN	Regalías
Bloque 1 UPTC	31/2012	2.571.790.000	527.800.000	3.099.590.000	2.571.790.000	
Bloque 3 UNAL Bogotá	12/2013	1.040.000.000	439.256.000	1.479.256.000	1.040.000.000	
Bloque 4 y 5 UIS	9/2013	2.521.630.000	818.400.000	3.340.030.000	2.521.630.000	
Bloque 6 Eafit	8/2013	1.171.456.447	112.611.000	1.284.067.447	1.171.456.447	
Bloque 7 Caldas	21/2013	1.555.398.980	179.108.746	1.734.507.726	233.309.847	1.322.089.133
Bloque 8 Pamplona	25/2013	1.736.214.000	626.400.000	2.362.614.000	260.432.100	1.475.781.900
Bloque 9 UNAL Medellín	17/2013	1.510.376.000	119.494.000	1.629.870.000	226.556.400	1.283.819.600
Bloque 10 UNAL Medellín	22/2013	1.248.733.600	111.558.400	1.360.292.000	187.310.040	1.061.423.560
Bloque 11 Eafit	23/2013	1.241.020.000	93.483.600	1.334.503.600	186.153.000	1.054.867.000
Bloque 12 UNAL Bogotá	28/2013	1.300.300.000	386.500.000	1.686.800.000	195.045.000	1.105.255.000
Bloque 13 Caldas	36/2013	1.887.940.000	217.748.399	2.105.688.399		1.887.940.000
Bloque 14 UIS	41/2013	1.984.032.000	759.990.000	2.744.022.000		1.984.032.000
Bloque 15 UPTC	38/2013	1.970.743.228	468.800.000	2.439.543.228		1.970.743.228
Bloque 16 Eafit	35/2013	1.614.040.000	74.479.440	1.688.519.440		1.614.040.000
Bloque 17 UNAL Medellín	37/2013	364.040.000	17.326.667	381.366.667		364.040.000
Bloque 18 UNAL Bogotá	39/2013	705.980.000	244.300.000	950.280.000		705.980.000
Bloque 19 Eafit	13/2015	1.298.050.600	62.761.540	1.360.812.140	519.220.240	778.830.360
Bloque 20 UNAL Medellín	11/2015	1.207.399.950	80.159.428	1.287.559.378	482.959.980	724.439.970
Totales		26.929.144.805	5.340.177.220	32.269.322.025	9.595.863.054	17.333.281.751

 **Tabla 6.** Costo de los convenios y fuentes de financiación.

C. METODOLOGÍA DE LA ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA

El Servicio Geológico Colombiano –teniendo en cuenta (i) la necesidad de actualizar los productos nacionales mejorando la resolución de las escalas; (ii) el requisito de construir metodologías estándar y reproducibles para la evaluación y zonificación de la amenaza, de manera que dicha zonificación pueda ser comparable en las regiones donde se emplee, y (iii) que los productos de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza se conviertan en insumo fundamental para la planificación, la gestión de riesgos, la prevención de desastres y toma de decisiones por entidades nacionales y planificadores del territorio– elaboró la metodología de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100.000 (SGC, 2012; 2013), con el fin de dar alcance a las necesidades presentadas y entregar al país un insumo de calidad y de gran utilidad en el tema, al aplicar de manera sistemática y estandarizada la propuesta metodológica en el territorio nacional.

Esta metodología se aplicó de manera sistemática en las regiones Andina, Pacífica y Caribe, a excepción de la península de La Guajira, zonas que presentan altos porcentajes de su territorio en categorías de amenaza alta y muy alta, según los resultados del mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, escala 1:500.000 (Ingeominas-Ideam, 2010).

El estudio y zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimiento en masa es un proceso que involucra varias disciplinas de las ciencias de la tierra y del medio ambiente; también la experiencia y juicio de los profesionales son aspectos fundamentales para la selección y aplicación del método de análisis y zonificación. La susceptibilidad a los movimientos en masa se entiende como la propensión del terreno a desestabilizarse y depende de las características y propiedades de los materiales que conforman el terreno, rocas y suelos, así como de la cobertura de la tierra. Se considera un factor detonante de un movimiento en masa aquella acción o evento natural o antrópico que es la causa directa e inmediata de este. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los sismos, la lluvia o factores climáticos, la excavación del pie de una ladera y la sobrecarga de esta.

Teniendo en consideración lo anteriormente expuesto y con el fin de dar alcance al propósito, nivel y escala de la zonificación, para el análisis de la susceptibilidad y amenaza a escala 1:100.000 se aplicó un método heurístico, procedente a escalas semirregionales. El método heurístico se basa en categorizar y ponderar los factores condicionantes y detonantes de inestabilidad según la influencia esperada de estos en la generación de movimientos en masa (Brabb, Pampeyan, Bonilla, 1972; Nilsen y Wright, 1979; Anbalagan, 1992). En la determinación de

las categorías de susceptibilidad a los movimientos en masa, se empleó un AHP, que consiste en dividir una situación compleja en las partes que la componen, arreglando estas partes o variables en un orden jerárquico, asignando valores numéricos a juicios subjetivos sobre la importancia relativa de cada variable y sintetizando los juicios para determinar cuál variable tiene la mayor prioridad y deben actuar bajo la influencia del resultado de la situación. El método heurístico es considerado como indirecto, ya que los resultados se pueden extrapolar a zonas sin movimientos en masa, pero en las cuales se presenta una combinación similar de los factores condicionantes y detonantes (SGC, 2013).

Los factores condicionantes o variables que se tuvieron en cuenta en el modelo de susceptibilidad fueron la geología, la geomorfología, los suelos edáficos y la cobertura de la tierra. Los factores detonantes que se consideraron en la zonificación de la amenaza fueron el clima y el sismo. En la figura 20 se presentan el modelo propuesto para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza y los métodos empleados para obtener los mapas finales.

En la figura 21 se presentan el modelo de susceptibilidad propuesto, los atributos por calificar de cada variable y los pesos asignados; para la representación cartográfica, se emplearon cinco categorías: muy alta, alta, media, baja y muy baja.

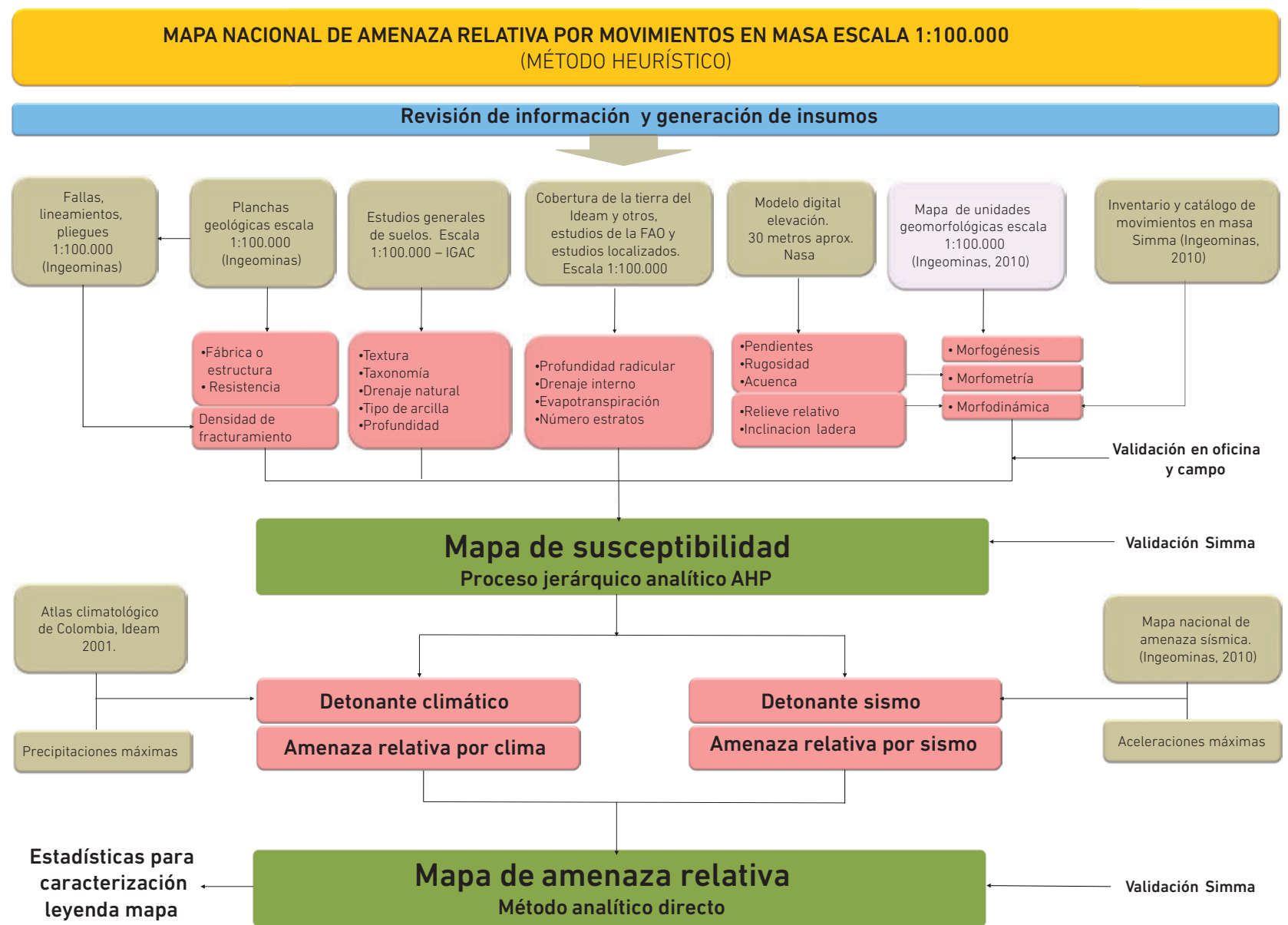


Figura 20. Diagrama de la metodología para la zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100.000 (SGC, 2013).

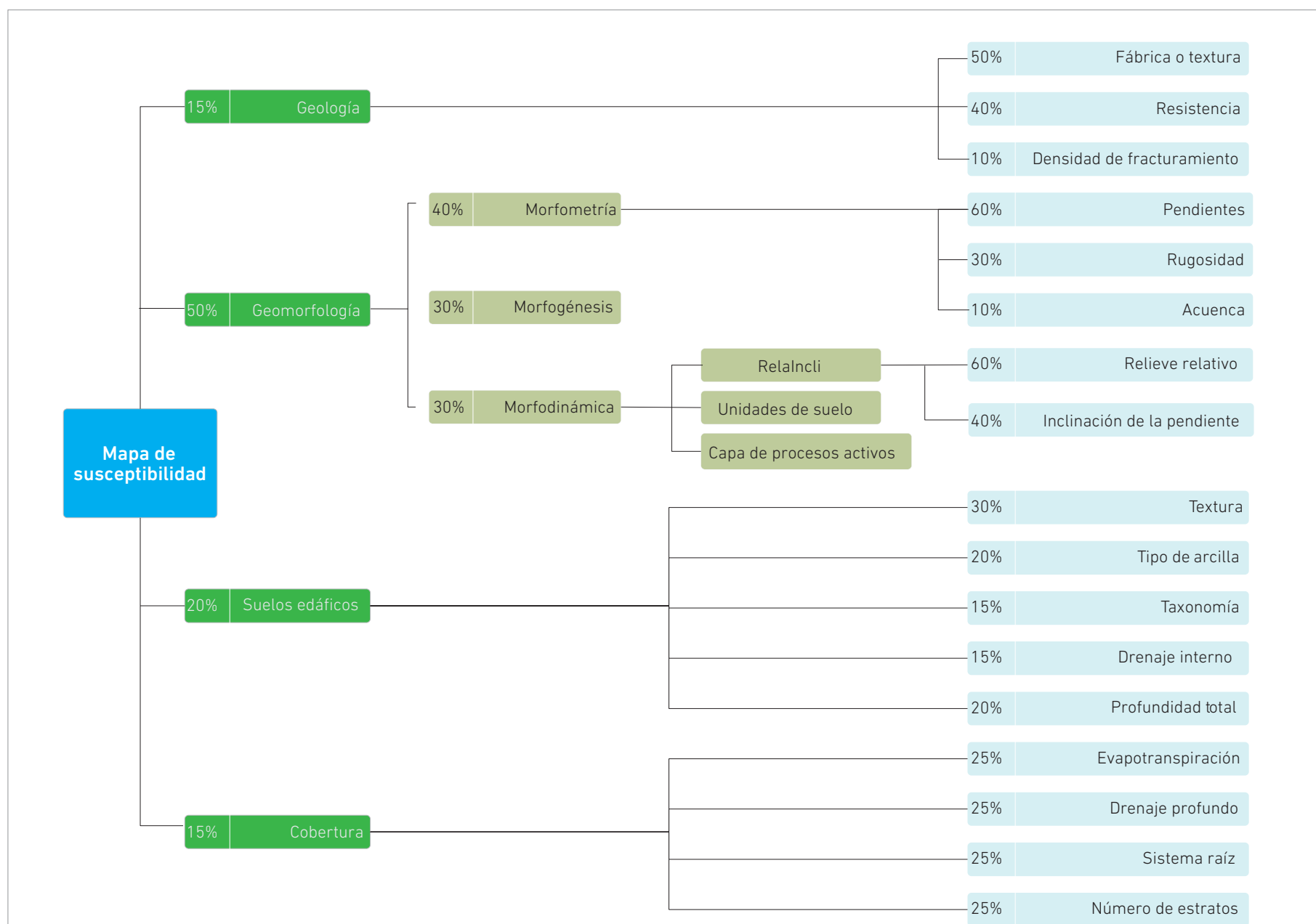


Figura 21. Diagrama de la metodología para zonificación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa, escala 1:100.000 (SGC, 2013).

A continuación se describen los factores condicionantes o variables y sus atributos, considerados como influyentes en la generación de movimientos en masa, la metodología empleada, insumos y procedimientos para su evaluación. Además, se describen los detonantes considerados en la generación de la amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100.000.

1. Variable geología

La caracterización geológica para la zonificación de la susceptibilidad a los movimientos en masa debe contemplar los elementos básicos de las propiedades y características de las unidades litológicas y la densidad de fracturamiento. Para la escala de trabajo, la unidad de mapeo empleada fue la unidad Grupo de Ingeniería, propuesta por la Commission Engineering Geological Mapping (1976). Esta unidad se define como el conjunto de formaciones con características paleogeográficas y tectónicas similares y con características litológicas comunes; solamente pueden definirse propiedades de geología para ingeniería muy generales. De igual manera, se consideran las discontinuidades estructurales, es decir, aquellas fallas, pliegues o lineamientos de origen geológico que controlan estructuralmente el comportamiento de las unidades litológicas a nivel regional.

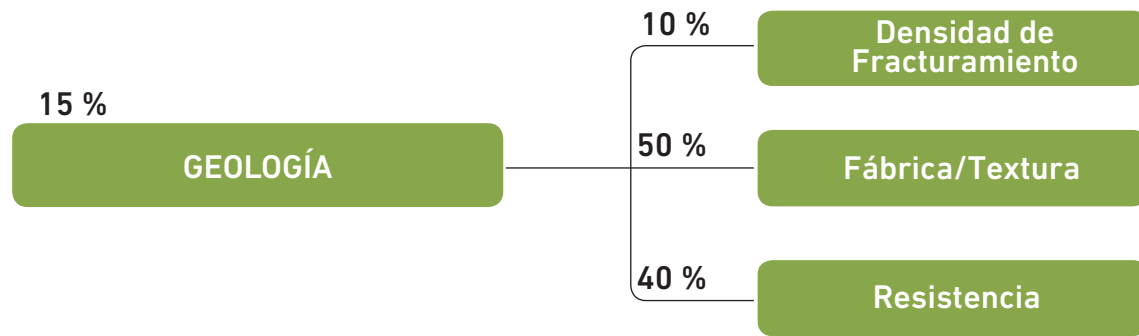


Figura 22. Diagrama de la variable geología, atributos y porcentajes en la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa (SGC, 2013).

En el análisis de las propiedades de las unidades litológicas se evaluaron los atributos fábrica/textura, resistencia y la densidad de fracturamiento. Para los depósitos inconsolidados, se evaluaron el ambiente de formación, tipo de material, la posición topográfica, su dinámica y condiciones de estabilidad.

La densidad de fracturamiento se generó teniendo en cuenta el *Atlas geológico de Colombia, escala 1:500.000* (Ingeominas, 2007), así como la *Base de datos de fallas activas de Colombia* (Ingeominas, 2001). La calificación de susceptibilidad se generó a partir de las fallas calificadas del proyecto "Zonificación de la amenaza por movimientos en masa escala 1:500.000" (Ingeominas-IGAC, 2010), en la cual se toman como base las tasas de desplazamiento de las estructuras con deformaciones en el Cuaternario, determinadas por Paris y otros (2000) y por el grupo de Amenaza Sísmica del Servicio Geológico Colombiano. Se asume que a mayor tasa de desplazamiento hay un mayor grado de fracturamiento.

Como insumo temático de las unidades litológicas se empleó la cartografía geológica generada por el Servicio Geológico Colombiano escala 1:100.000 (http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Estado_Cartografia_Geologica/). Es de anotar que para el 22 % del área por zonificar (61 planchas), no se contaba con cartografía a esta escala; por lo tanto, fue necesario recurrir a información elaborada por otras agencias o entidades o emplear la cartografía geológica a escalas menores, generada también por el Servicio Geológico Colombiano, como mapas departamentales. Además, siete planchas no contaban con cubrimiento total del área, por lo cual fue necesario completar esta información con fotointerpretación, trabajo que se apoyó y validó con la interpretación geomorfológica que a la par se estaba elaborando en la construcción de la variable geomorfología.

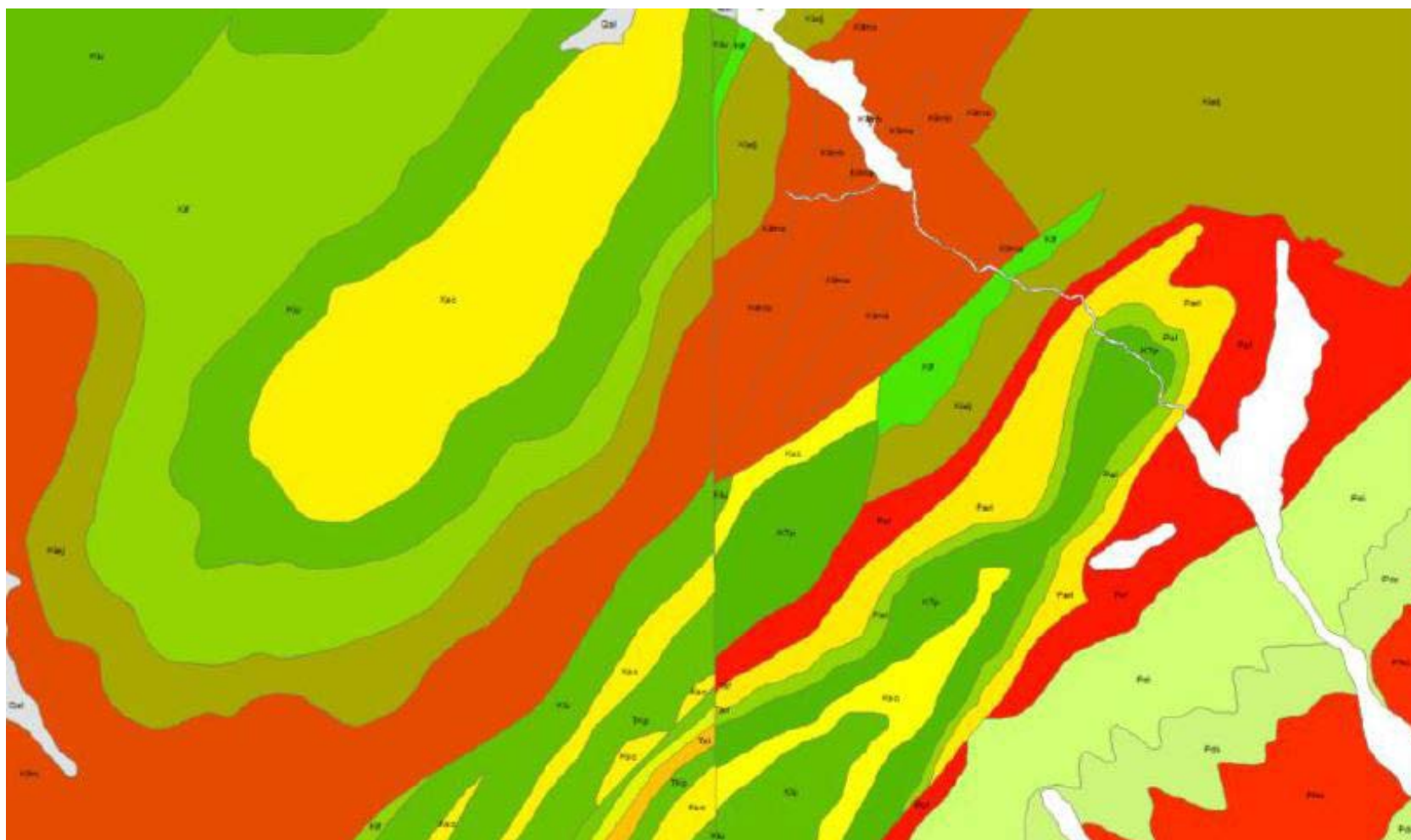
En el proceso de estructuración cartográfica de la información geológica se encontraron dificultades relacionadas con el hecho de que la mayoría de las planchas fueron elaboradas en diferentes décadas, empleando diferentes insumos o metodologías y con diferentes enfoques, por lo que se presentan diferencias en los límites entre planchas. Se encontraron diferencias como falta de empalme en los contactos entre unidades geológicas, desplazamiento generado por diferencia en la proyección cartográfica, diferencia de nomenclatura de las unidades y depósitos cuaternarios, diferencias en los límites e interpretación

del origen de los depósitos, diferencia de detalle en la cartografía. Por ejemplo, en la plancha 193 Yopal se divide la Formación Macanal en los miembros b2m, b2m-a1 y b2m-a2; en la plancha 192 Laguna de Tota se presenta solo la unidad Kilm como Formación Lutitas de Macanal (véase figura 23).

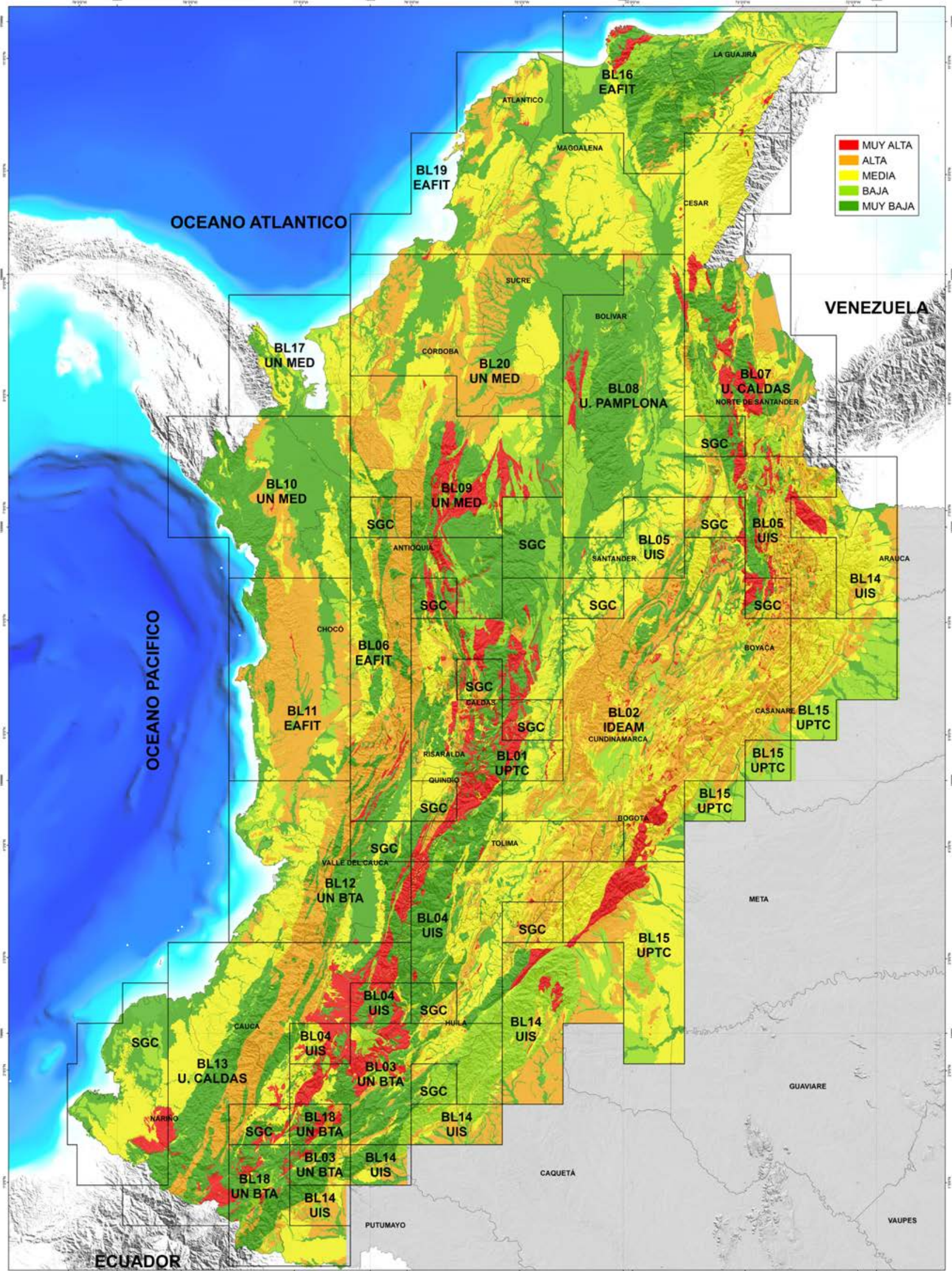
Las diferencias encontradas en las planchas geológicas se resolvieron. Los empalmes, interpretaciones, ajustes y criterios de selección de los atributos por calificar se realizaron mediante trabajo conjunto en talleres o reuniones con los profesionales de las universidades y los técnicos del Servicio Geológico Colombiano, quienes –apoyados en su experiencia, en el reconocimiento de campo, en la recopilación y análisis de trabajos detallados de algunas zonas y especialmente en la fotointerpretación geomorfológica– obtuvieron una variable continua –sin traslajos o vacíos–, comprendieron el comportamiento de los materiales que conforman la corteza y validaron o propusieron modelos de esta, elementos fundamentales en el análisis de la susceptibilidad del terreno a los movimientos en masa.

En el proceso de calificar el atributo resistencia –además de las tablas propuestas en la metodología del Servicio Geológico Colombiano, resultado de la investigación y experiencia en procesos de zonificación en diferentes zonas del país o de la recopilación de tablas internacionales– se contó con nuevos datos para la resistencia a la compresión simple de rocas colombianas, como aporte de las universidades, que en el desarrollo de investigaciones anteriores habían consolidado en bases de datos.

En el mapa 5 se muestra el mapa nacional de susceptibilidad de la variable geología.



 **Figura 23.** Planchas geológicas 192 Laguna de Tota y 193 Yopal.



Mapa 5. Mapa nacional de susceptibilidad de la variable geología.

2. Variable geomorfología

La geomorfología estudia la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y actuales del terreno y su relación con las estructuras infrayacentes (Carvajal, 2012). Para la zonificación de la susceptibilidad a los movimientos en masa de la variable geomorfología se valoran cuantitativa y cualitativamente las relaciones geométricas de la superficie del terreno (morfometría), las causas y procesos que dieron origen a las geoformas (morfogénesis), los movimientos en masa presentes en la zona, así como los depósitos o unidades de suelos transportados (morfodinámica) (véase figura 24).

El atributo morfometría trata aspectos cuantitativos del terreno en términos de rugosidad, pendiente y flujo acumulado en una celda, Acuenca. Estos aspectos se interpretan como variables geométricas del terreno; para su generación se empleó el modelo digital de elevación (DEM) de cada plancha. La morfogénesis estudia el origen y la evolución de la forma del relieve, la cual es el resultado de la acción de procesos endógenos (magmatismo y tectónica) y agentes exógenos (agua, viento, hielo), que actúan sobre la superficie terrestre, en diferentes proporciones e intensidades y durante intervalos de tiempos geológicos.

La morfodinámica está conformada por variables geométricas del terreno (relieve relativo e inclinación de la ladera), suelos transportados interpretados

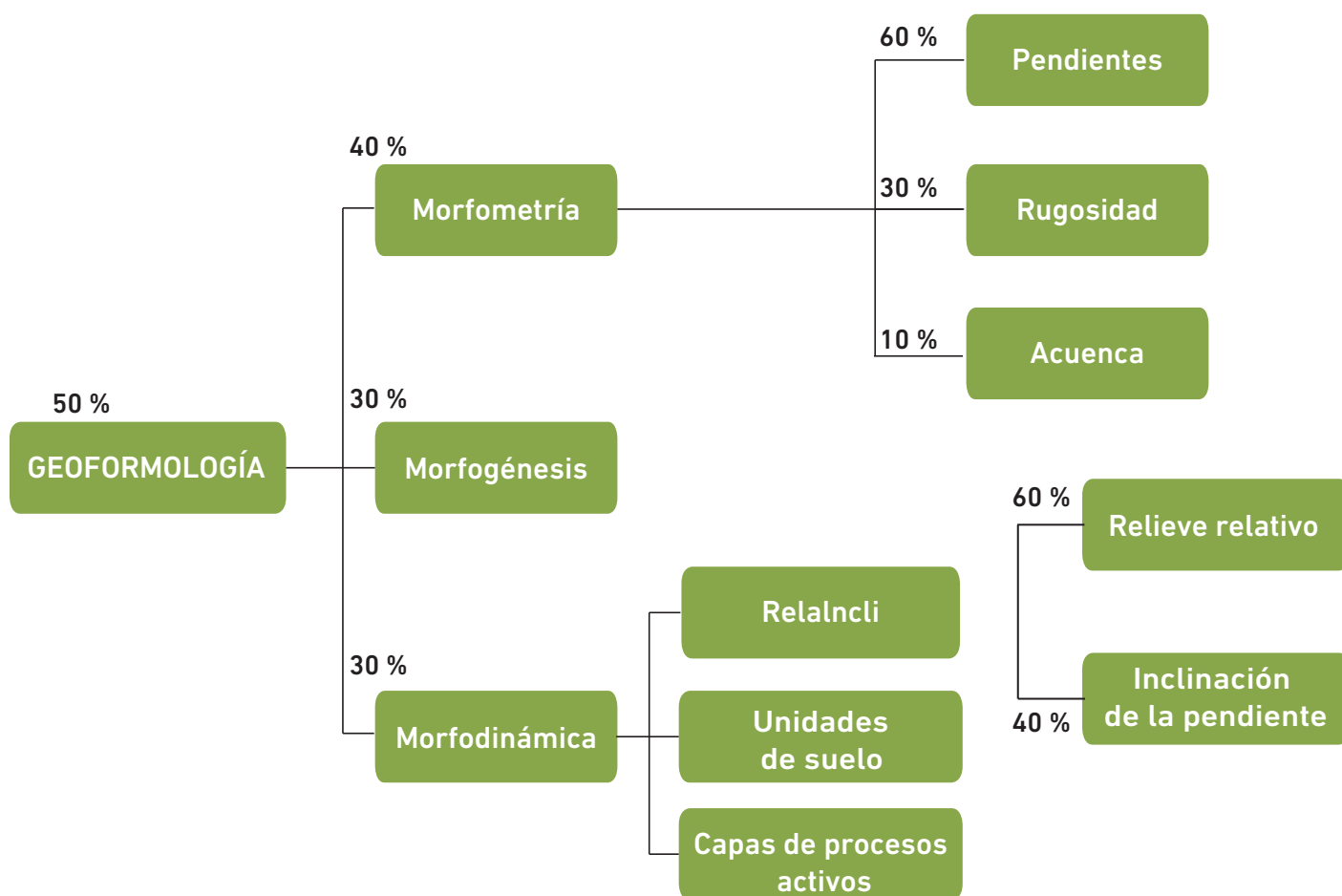


Figura 24. Diagrama de la variable geomorfología, atributos y porcentajes en la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa (SGC, 2013).

como geoforma y movimientos en masa que conforman la capa de procesos activos, los cuales en su conjunto representan la actividad dinámica de un relieve determinado; los diferentes elementos que integran el atributo morfodinámica se construyeron con la ayuda de un DEM y trabajo de campo y recopilación de información secundaria, según el tipo de elemento.

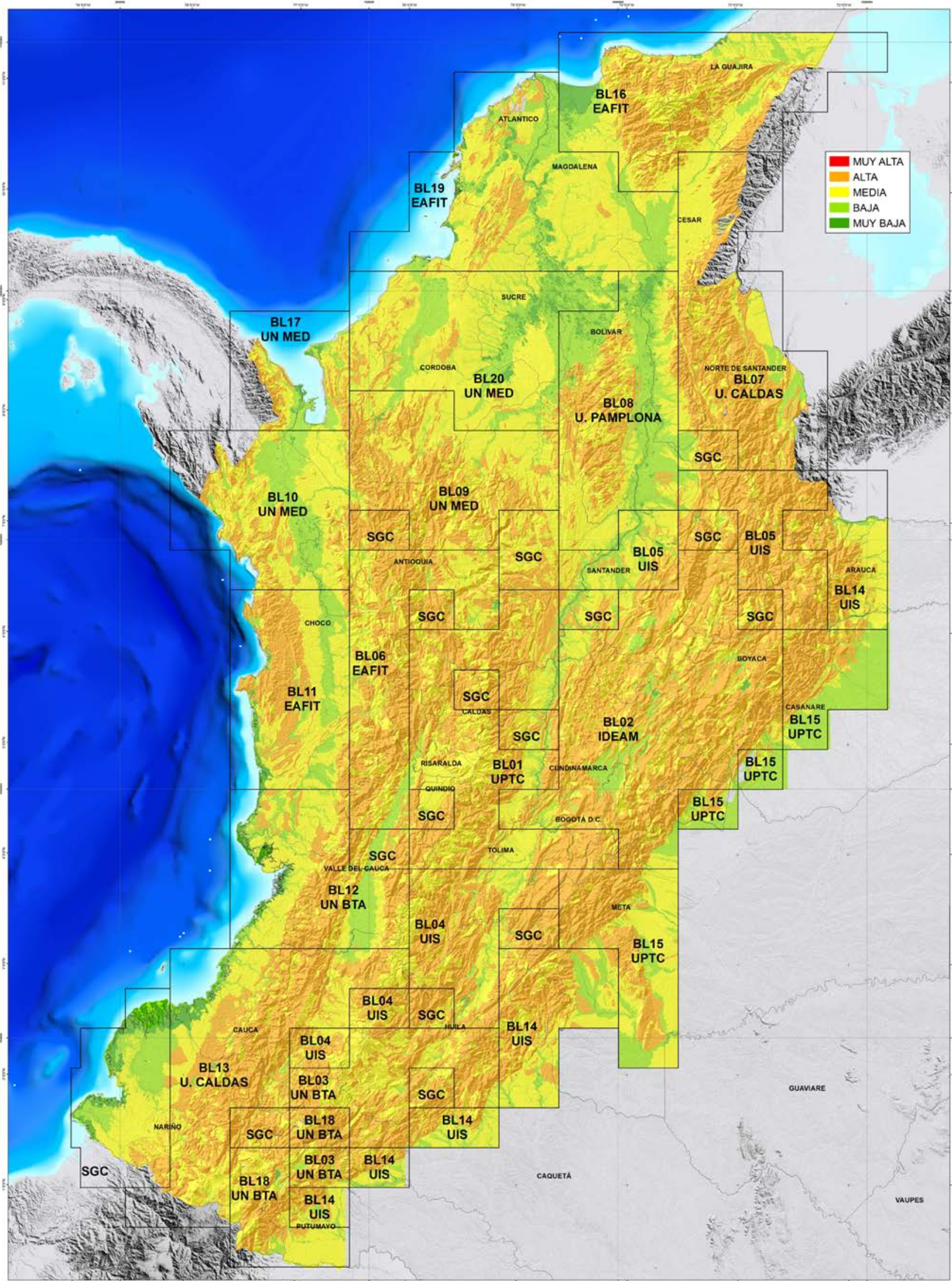
Para evaluar el atributo morfogénesis, se construyeron 254 planchas geomorfológicas aplicando la metodología propuesta por el Servicio Geológico Colombiano, la cual desde un análisis morfogenético enmarca el territorio en un contexto evolutivo geomorfológico, correspondiente a las planchas que conforman los bloques que estuvieron a cargo de las universidades participantes del proyecto y a las planchas elaboradas por el Servicio Geológico Colombiano. Las 22 planchas que conforman el bloque 2, a cargo del Ideam, se construyeron con una metodología propia, la cual plantea un método que involucra los diferentes enfoques existentes o multipropósito y que pretende dar respuesta ambiental a la susceptibilidad de las diferentes zonas del país ante las amenazas hidrometeorológicas (Ideam, 2010).

Con la necesidad de garantizar y contar con un atributo morfogenético empalmado y continuo en la interpretación de ambientes y unidades geomorfológicas, se realizaron numerosas sesiones de trabajo con los profesionales y expertos geomorfólogos de las universidades y con los técnicos del Servicio Geológico Colombiano. En estas sesiones se analizaron tanto las características geológicas como las morfométricas y elementos como los mapas de sombras, imágenes de sensores remotos, para cada plancha por zonificar. Para el caso de las planchas elaboradas con la metodología del Ideam, se definieron equivalencias entre las unidades, al igual que calificaciones equivalentes, para garantizar la continuidad de la variable.

En la construcción del atributo morfodinámica se hacía necesario contar con un inventario de movimientos en masa detallado y especializado, para lo cual se realizó la fotointerpretación de imágenes de sensores remotos para una posterior verificación en campo y levantamiento del inventario de los movimientos en masa presentes en la zona.

Este proceso de fotointerpretación, verificación y levantamiento en campo se realizó de manera precisa para la mayoría de las planchas; para algunas –por circunstancias de orden público, difícil acceso, permisos de ingreso a alguno territorios especiales, como resguardos indígenas o parques nacionales– solo se pudo contar con la fotointerpretación, datos que se ingresaron como tipo catálogo. Se levantaron 4.467 registros de inventario y 597 de catálogo, para un total de 5.064 procesos registrados en el Simma.

Véase el mapa 6 que muestra el mapa nacional de susceptibilidad de la variable geomorfología.



Mapa 6. Mapa nacional de susceptibilidad de la variable geomorfología.

3. Variable suelos edáficos

El suelo, junto con la cobertura de la tierra, son la entrada y el regulador inicial de la precipitación pluvial en un ecosistema. El movimiento del agua y sus características (escurrimiento o flujo superficial, infiltración, capilaridad, percolación, entre otros), tienden a modificar el estado de la materia y la energía del suelo, afectando sus propiedades y esfuerzos, sin alterar su naturaleza (Ideam, 2009, en SGC, 2013).

La génesis de los suelos parte de un estado litológico, y su evolución los lleva a un momento en el tiempo en el que tendrán una capacidad y respuesta ante la dinámica de las coberturas vegetales, la incidencia del clima y la intervención humana. Para inferir esa capacidad y respuesta, en esta ocasión orientadas a la posibilidad de deterioro y movimientos del suelo y estimar qué tan susceptible es este a movimientos en masa, se requiere evaluar algunas características, como la textura, taxonomía, drenaje natural, profundidad y tipo de arcilla o mineralogía (véase figura 25).

La información para evaluar la susceptibilidad de la variable suelos edáficos se tomó de los estudios generales de suelos a escala 1:100.000, elaborados por la Subdirección de Agrología del IGAC. Estos estudios históricamente se han presentado a nivel departamental, producido en diferentes periodos, lo que implica que cada estudio posee distintas formas de presentación de la información y que existen diferencias en los empalmes departamentales, ya sea por diferencias temáticas o cartográficas.

Dado que la unidad de análisis para la zonificación de la susceptibilidad es la plancha cartográfica a escala 1:100.000, fue necesario que la información de los estudios de suelos se proyectara cartográficamente al origen de cada plancha, para posteriormente realizar el corte de las unidades cartográficas de suelos (en adelante, UCS).

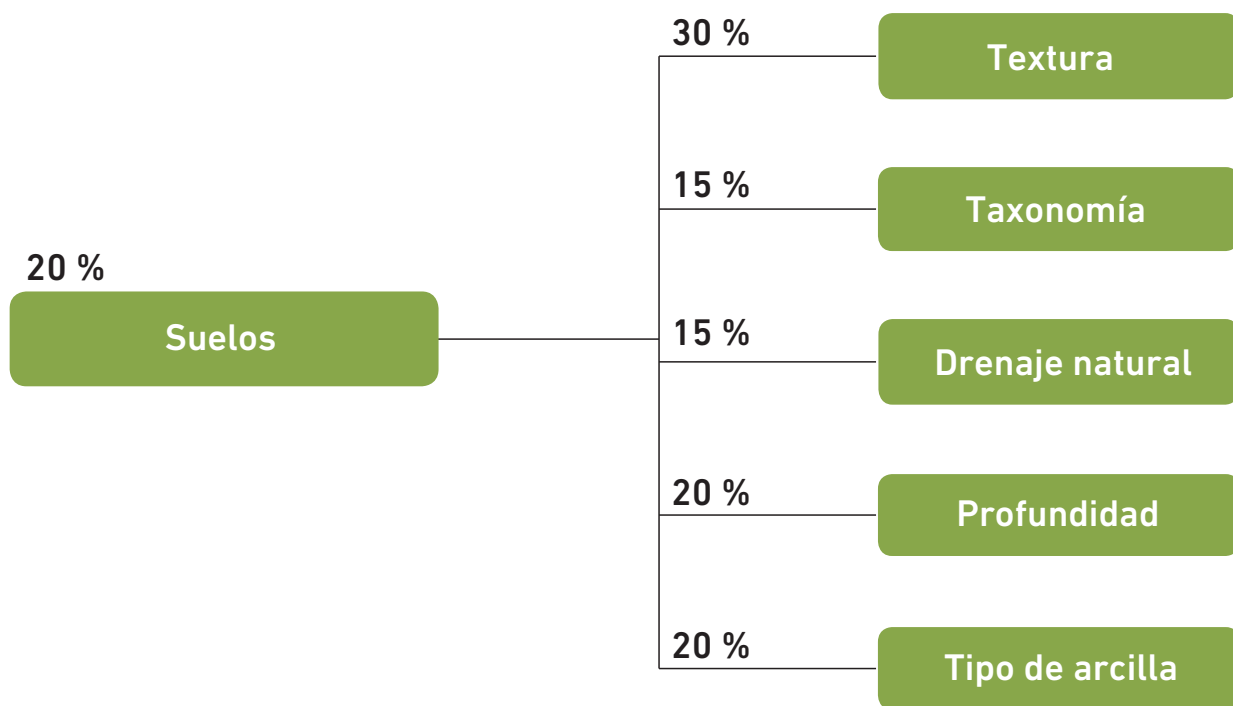
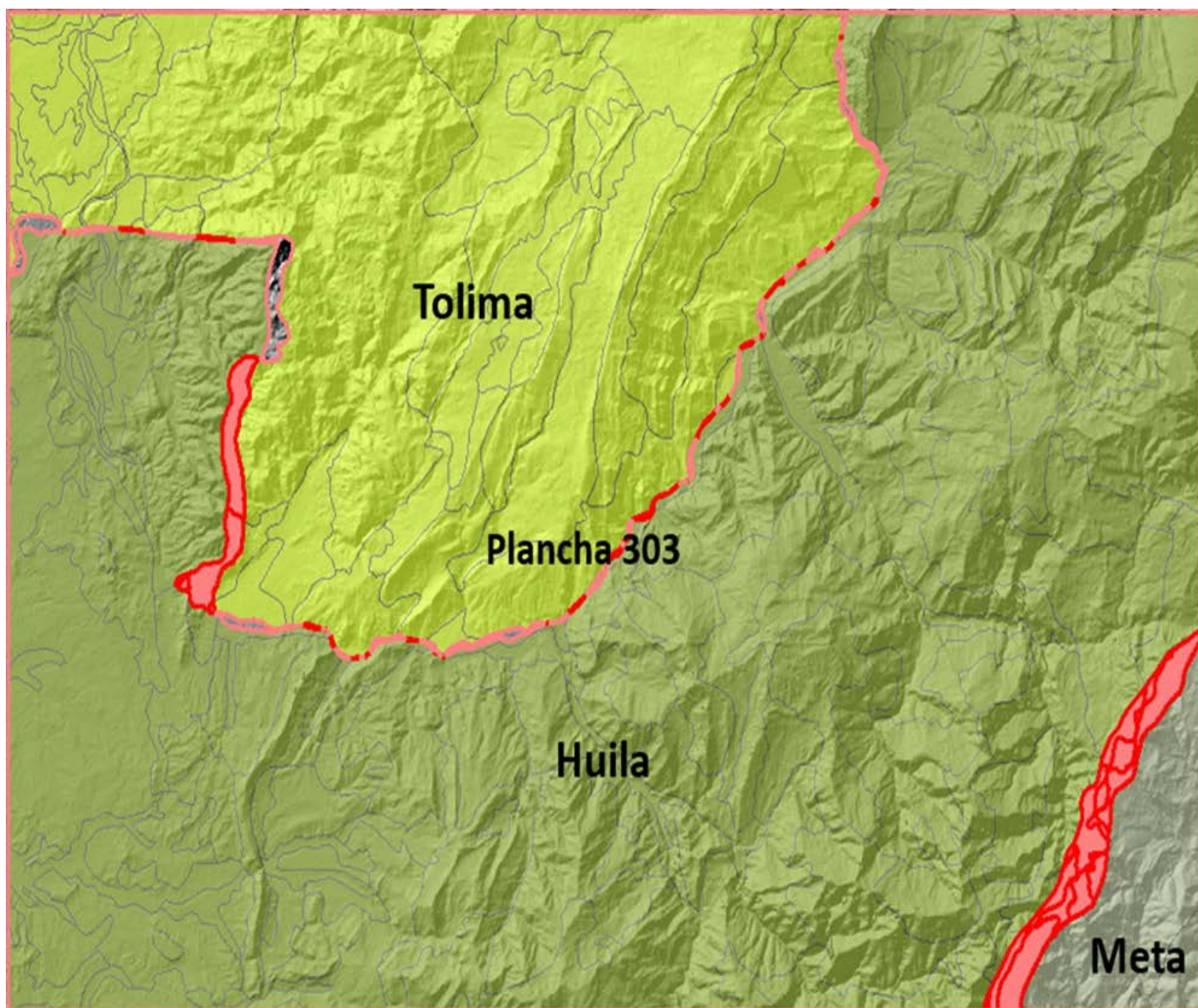



Figura 25. Diagrama de la variable suelos edáficos, atributos y porcentajes en la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa (SGC, 2013).



 **Figura 26.** Polígonos de suelos asociados a la plancha 303 Colombia. En rojo oscuro, la superposición de polígonos, y en rojo claro los vacíos de información.

Comúnmente, una plancha escala 1:100.000 cubre dos o más departamentos; por lo tanto, era necesario trabajar al mismo tiempo con igual número de estudios generales de suelos. A manera de ejemplo: en la figura 26 se aprecian los polígonos de suelos de la plancha 303 Colombia, la cual posee polígonos de los departamentos del Huila, Tolima y Meta. Al examinar los empalmes cartográficos entre los límites departamentales se observan superposiciones y vacíos en el interior de la plancha; las áreas en rojo oscuro denotan superposición de polígonos, y en rojo claro vacíos en el interior de la plancha.

Con el fin de generar una variable continua, fue necesario, para cada plancha, realizar un procedimiento de empalme cartográfico y temático, corrigiendo los errores de superposición y vacíos, apoyándose en información secundaria, como la cartografía base, el relieve, las pendientes, la geología, entre otros insumos. En la figura 27, al lado izquierdo, se observa la misma zona con vacíos y superposiciones en los polígonos de suelos, y al derecho la zona luego de ser corregida espacialmente.

Como resultado se obtuvo la capa continua y empalmada para la valoración de la susceptibilidad de la variable suelos de cada una de las planchas (véase figura 28). Esta capa posee el listado de las UCS de las cuales se debían evaluar los atributos textura, taxonomía, drenaje natural, profundidad y tipo de arcilla o mineralogía, para lo cual era necesario remitirse a la memoria del estudio de suelos, particularmente a los capítulos de la leyenda, el capítulo de descripción de suelos, descripción de perfiles modales y resultados de laboratorio.

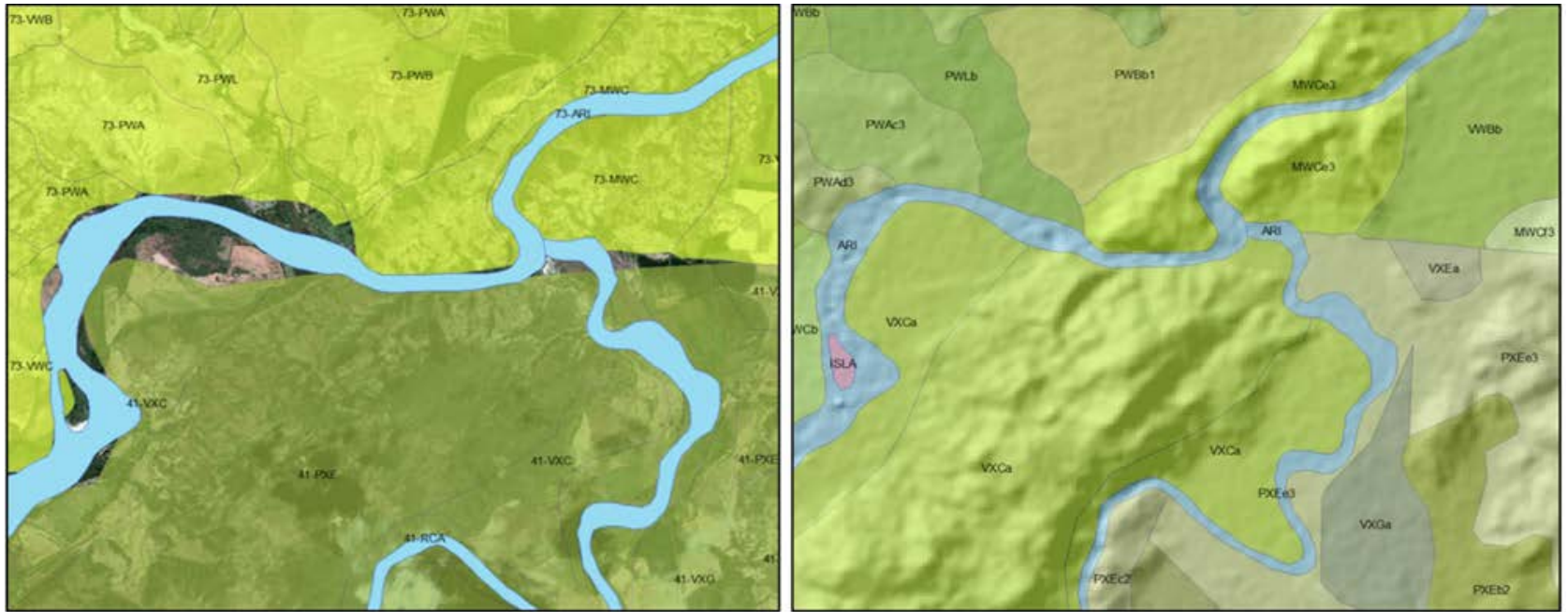


Figura 27. Área con vacíos y superposiciones en los polígonos de suelos (izquierda) y la misma zona luego de ser corregida espacialmente (derecha).

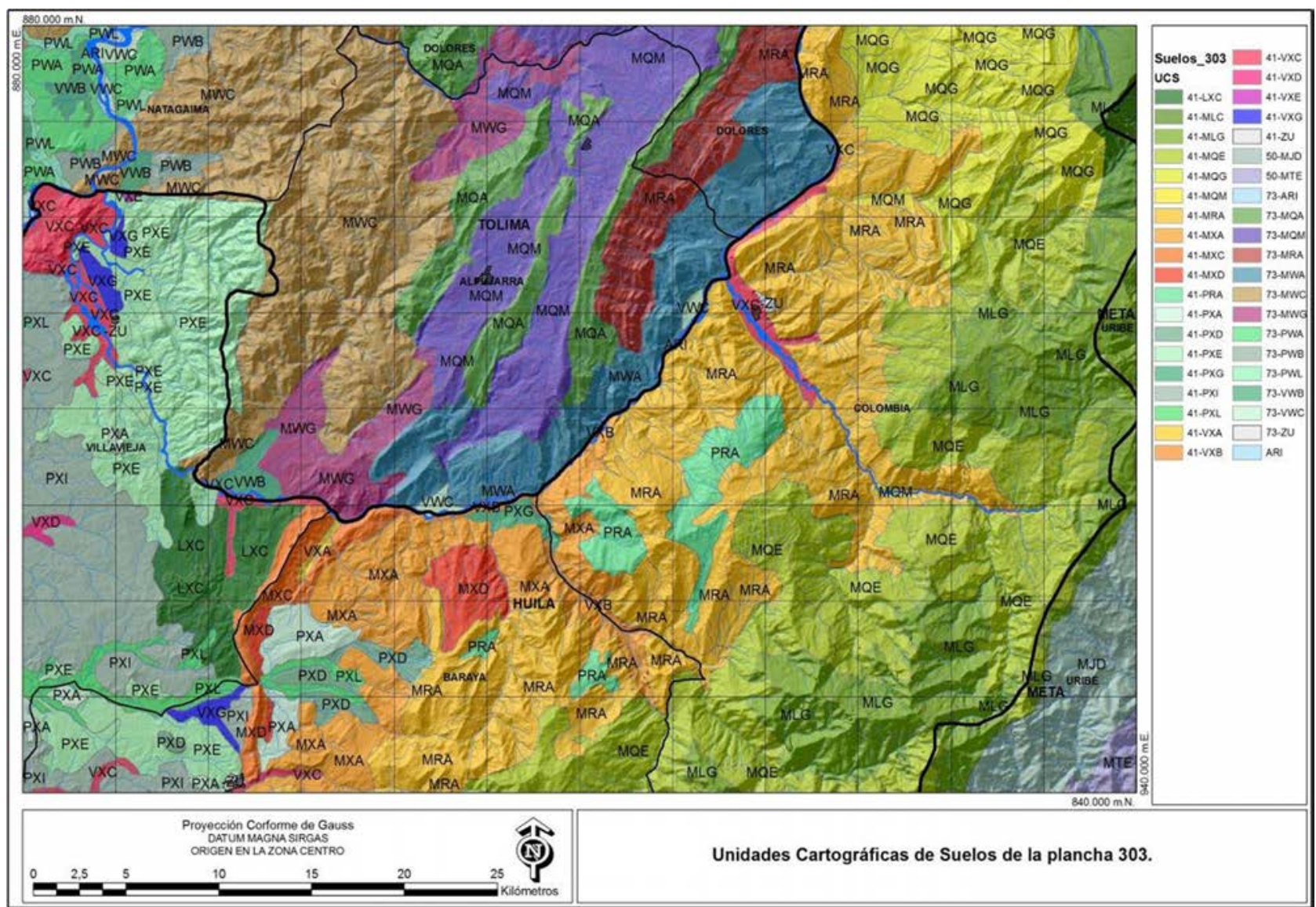


Figura 28. Unidades cartográficas de suelos de la plancha 303 Colombia.


Para una acertada caracterización de las UCS, era necesario tomar la información de paisaje, clima ambiental, tipo de relieve, material parental, características generales de los suelos y los componentes taxonómicos con su porcentaje de participación dentro de la unidad, que se encuentra en la leyenda del estudio de suelos. Para ampliar la información, se consultaron los capítulos de descripción de los suelos y perfiles, donde se describen de manera detallada cada unidad y sus componentes; se encuentran los datos de taxonomía, drenaje natural, profundidad; el atributo tipo de arcilla se debía inferir a partir de la génesis y evolución del perfil de suelos. En la determinación del atributo textura para los perfiles de suelos en cada unidad, se consultaron las tablas de laboratorio.

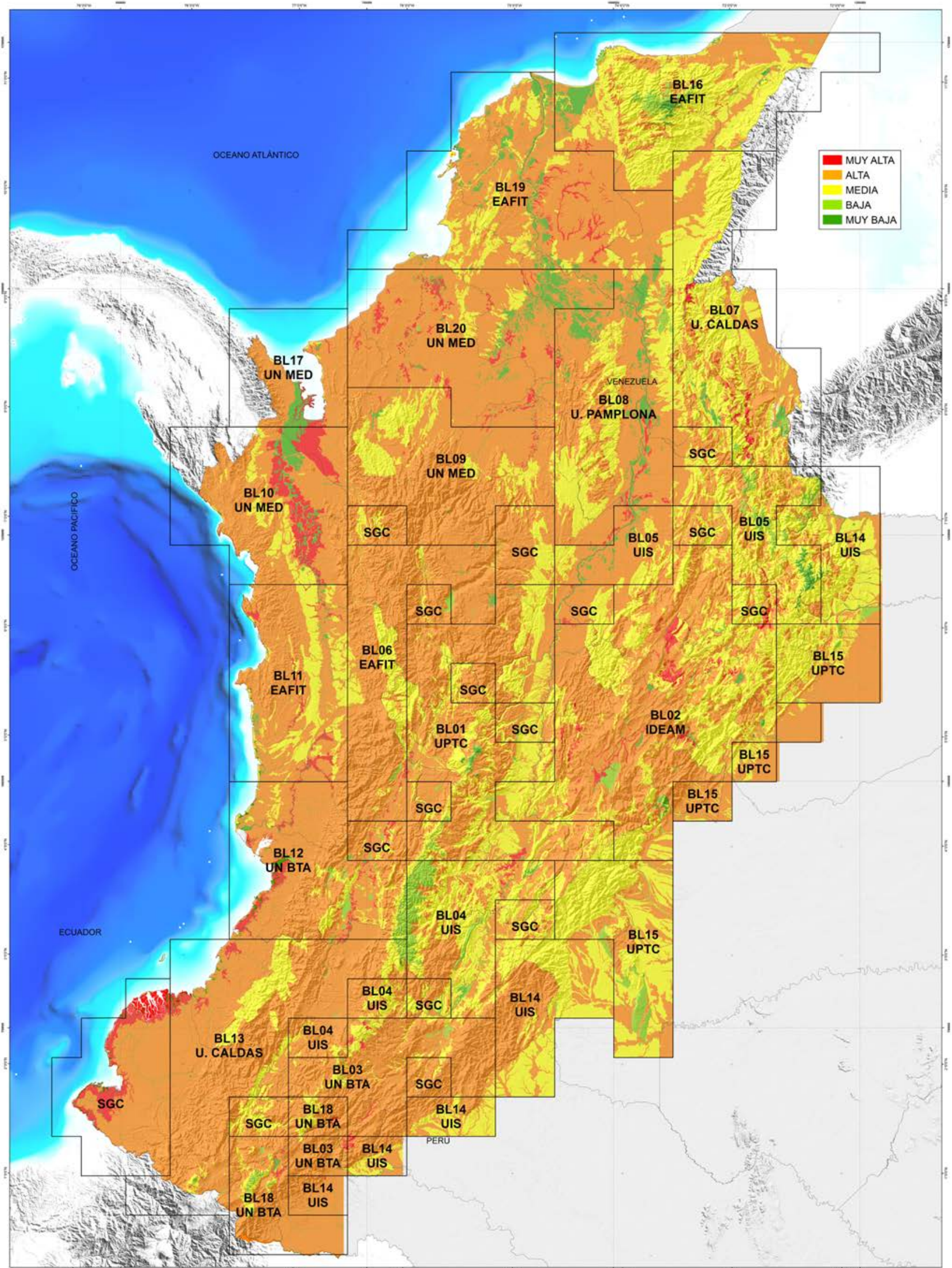
Considerando que en cada UCS existe variabilidad en los atributos, fue necesario estandarizar los criterios para la calificación de estos; por lo tanto, se utilizaron promedios ponderados para asignar el valor de susceptibilidad de cada unidad, de forma que para cada plancha cartográfica existe un documento de cálculos de susceptibilidad que soporta los valores.

Una vez calculados los valores de susceptibilidad y para garantizar la continuidad de la variable en todas las planchas del proyecto, se realizó un proceso de empalme plancha a plancha. Cuando existían diferencias en los empalmes, se consultaban los documentos de cálculos, con el fin de determinar la razón de la variación en la susceptibilidad, para posteriormente remitir la observación y propuesta de calificación al profesional de la universidad. En la figura 29 se observa la diferencia de la calificación de la susceptibilidad entre dos planchas contiguas, la cual fue ajustada según el procedimiento descrito.

Véase el mapa 7 correspondiente a la susceptibilidad de la variable suelos edáficos a nivel nacional.



 **Figura 29.** Diferencias en la calificación de susceptibilidad entre dos planchas.



Mapa 7. Mapa nacional de susceptibilidad de la variable suelos edáficos.

4. Variable cobertura de la tierra

El análisis de las coberturas de la tierra y su relación con los movimientos en masa parte de la consideración del papel que desempeñan estas en la dinámica natural de la superficie de la tierra, tanto en la regulación de procesos erosivos –ya que sus sistemas radiculares forman un entretejido amarrando los horizontes superficiales del suelo– como en el mantenimiento del equilibrio de la humedad del suelo y del ambiente, y de regular el balance hídrico al disminuir el movimiento del agua por procesos de escorrentía superficial, facilitando el drenaje subterráneo.

Los cambios de la cobertura contribuyen a la aparición de diferentes procesos, como afectación en la evolución de las especies, deterioro de ecosistemas, cambios en el patrón de ciclos hidrológicos, cambios en las formas del relieve –en gran número de casos en forma negativa–, produciendo movimientos en masa, flujos, avalanchas, erosión, entre otros efectos.

Teniendo en consideración lo anterior, para el modelo de susceptibilidad de la variable cobertura se consideraron los atributos profundidad radicular, drenaje profundo, evapotranspiración y número de estratos (véase figura 30).

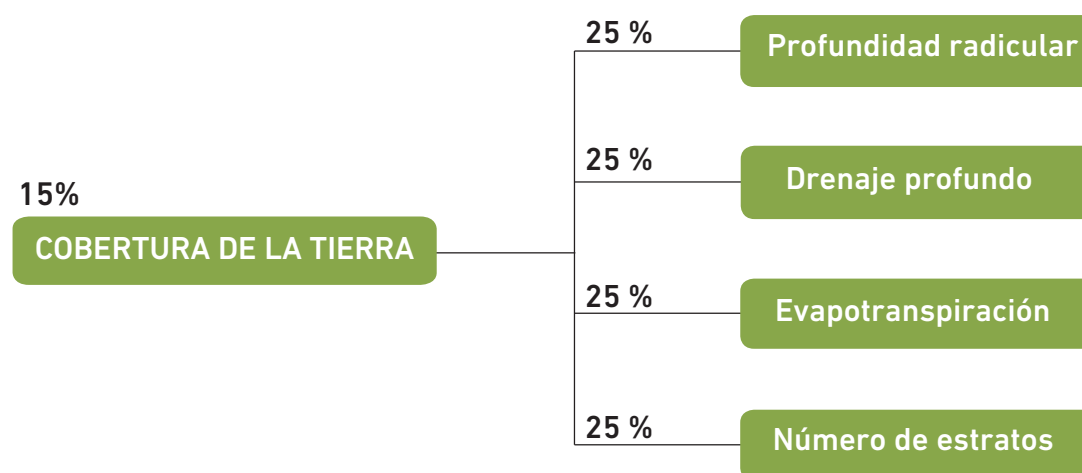


Figura 30. Diagrama de la variable coberturas de la tierra, atributos y porcentajes en la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa (SGC, 2013).

Los criterios, definiciones y clasificación de unidades para hacer el levantamiento de las coberturas de la tierra a escala 1:100.000 fueron tomados del documento *Leyenda nacional de coberturas de la tierra metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000* (Ideam, 2010a).

Dentro de las actividades iniciales en la evaluación de los atributos de la variable cobertura, se completó la información temática espacial reinterpretando los polígonos de nubes; para cumplir con dicha actividad, se ubicaron imágenes de sensores remotos que cumplieran con la resolución de la escala de estudio y con la fecha de interpretación. En caso de que las imágenes no cumplieran con el periodo de interpretación, se consideraba un no en el atributo de confiabilidad de la capa. Aunado a la reinterpretación, se definió el campo cambio, en el cual se consignó la categoría 7 del estándar utilizado a nivel nacional para discretizar

los diferentes cambios posibles en una cobertura, ya que todos los polígonos con nubes se actualizaron con información.

Una vez se contó con la capa de coberturas con cubrimiento total, se procedió a la evaluación de los atributos del modelo. Por número de estratos se definieron los respectivos datos por coberturas con su respectiva evaluación según la leyenda Corine Land Cover. Para los demás atributos se realizaron procedimientos específicos empleando información secundaria.

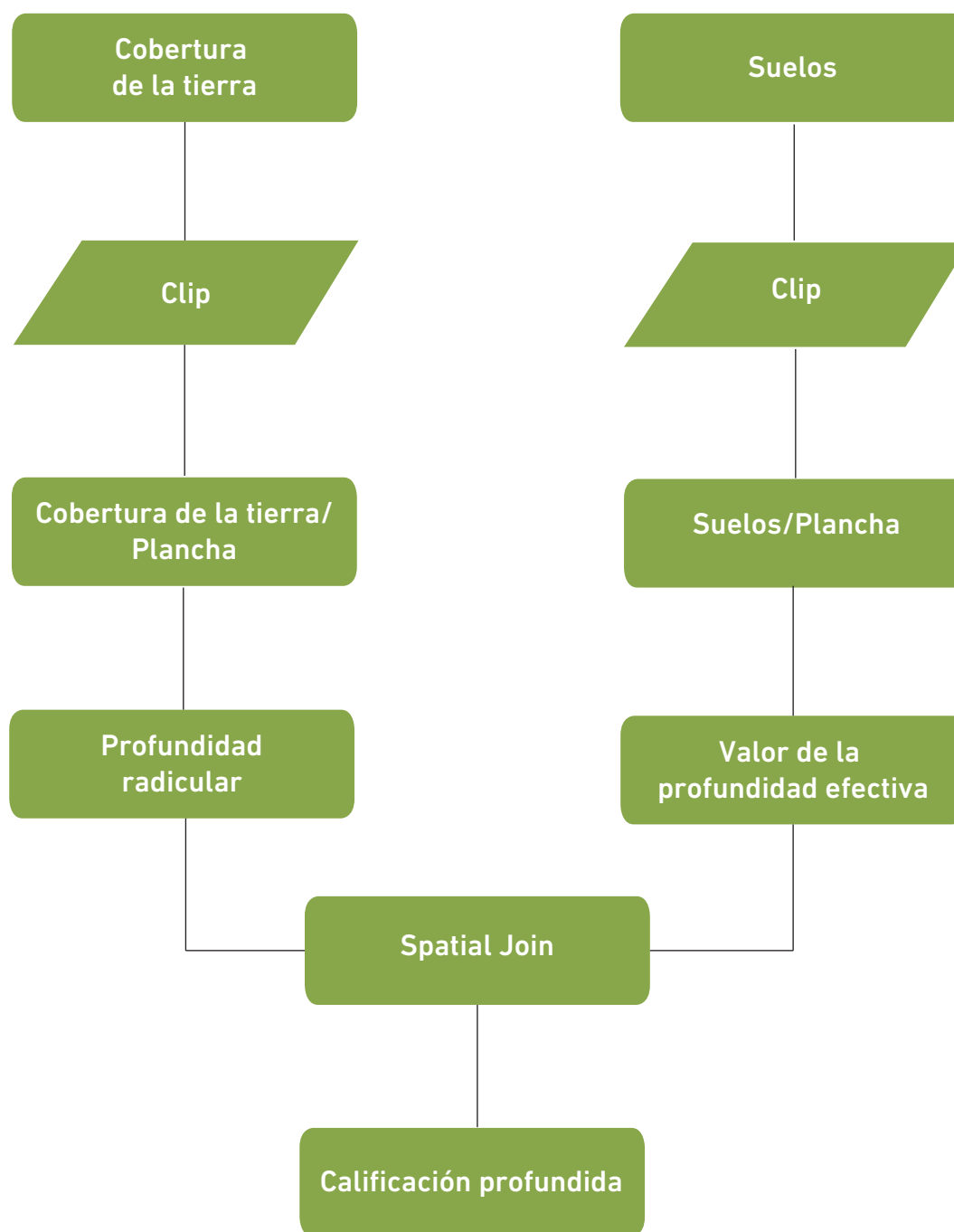
En cuanto a profundidad radicular, se definieron los datos de la profundidad de las raíces de las coberturas definidas en la leyenda Corine Land Cover; dichos datos se tomaron del estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) denominado *Evapotranspiración del cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivo* (2006). Estos datos se compararon con los valores del atributo profundidad de la variable suelos edáficos y se debían relacionar inequívocamente teniendo en cuenta los siguientes supuestos:

- Si el dato de profundidad radicular era menor que la profundidad del suelo, se dejaba el dato de la tabla de raíces en cm.
- Si el dato de profundidad radicular era mayor que la profundidad del suelo, se dejaba el dato del suelo.
- Si se identificaba algún tipo de limitante edafológico (por ejemplo, un contacto lítico, presencia de horizontes argílicos, entre otros), se utilizaba la profundidad hasta donde llegaba el limitante.

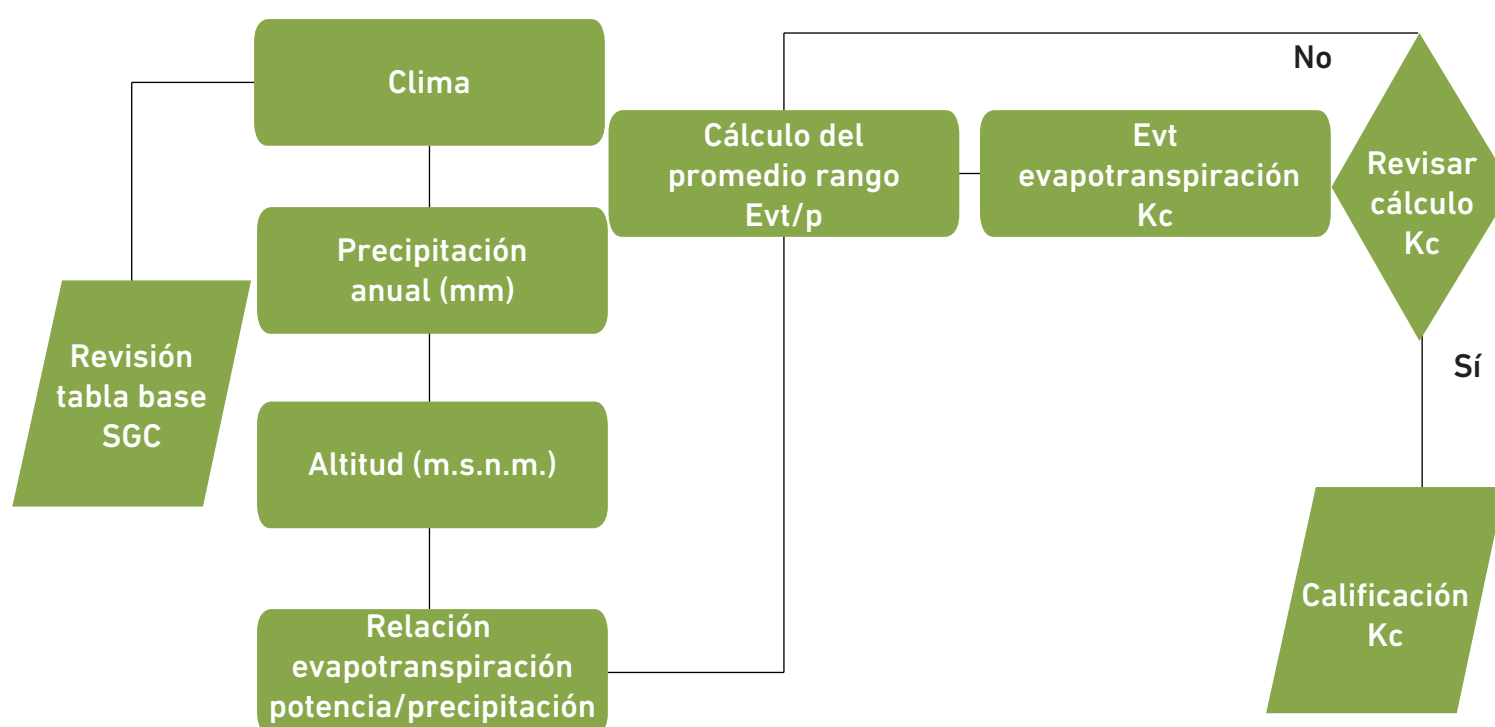
Posteriormente se realizaba un cálculo porcentual de los datos de raíces totales en función del área en las unidades de cobertura combinadas, es decir, donde predominaban más de dos tipos de unidades; por ejemplo, las áreas heterogéneas agrícolas y los bosques fragmentados (véase figura 31).

Respecto a la evapotranspiración, se definieron dos grupos de datos: los usos consuntivos por cada una de las coberturas de la leyenda Corine Land Cover y el mapa de ecosistemas continentales costeros y marinos de Colombia a escala 1:500.000 (Ideam, IGAC, IAvH, Invemar, Sinchi, IIAP, 2007) con los respectivos datos de clima ambiental. Con el fin de conocer de manera aproximada la cantidad de agua que las coberturas extraen del suelo, se tomaron datos principalmente de la FAO y otros referentes bibliográficos y se consultaron los K_c que se emplearon como una variable derivada de la evapotranspiración del cultivo y la evapotranspiración de referencia en condición estándar. Obtenido el K_c para cada cobertura, este valor se multiplica por el promedio de la relación precipitación media/ETP potencial cuando esta última sea menor que 1, según el tipo de clima en el que se encuentra la cobertura (véase figura 32).

Para drenaje profundo se empleó la capa de la variable suelos; se tuvieron en cuenta los atributos drenaje natural y textura, para generar los suelos hidrológicos. De igual manera, se utilizó la capa de coberturas donde se incluyeron



 **Figura 31.** Procedimiento para obtención del atributo profundidad radicular.



 **Figura 32.** Procedimiento para la obtención del atributo evapotranspiración.

los datos de infiltración por cada unidad con base en las tablas definidas por el modelo Curva Número descritas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés, United States Department of Agriculture, 2004). Se incluyó un archivo en excel denominado CNLookTable, donde se agregaron nuevamente los datos de coberturas y se utilizó el modelo digital de elevación. Empleando la herramienta Hec-Ghms de Arc Gis 10.2, se procesó la información generando un hidrodem y por tanto un vector con los datos de la Curva número; al armonizar estos datos se obtuvo el valor del drenaje profundo.

Una vez realizados los cálculos para cada atributo y tras cumplir con la respectiva aprobación temática y cartográfica, se procedió a la fase de empalmes, la cual se realizó por cada atributo en cada plancha. Dicha fase partía de la diferencia de área en las zonas límites entre las planchas.

Véase el mapa 8 en donde se muestra el mapa nacional de susceptibilidad de la variable cobertura de la tierra.

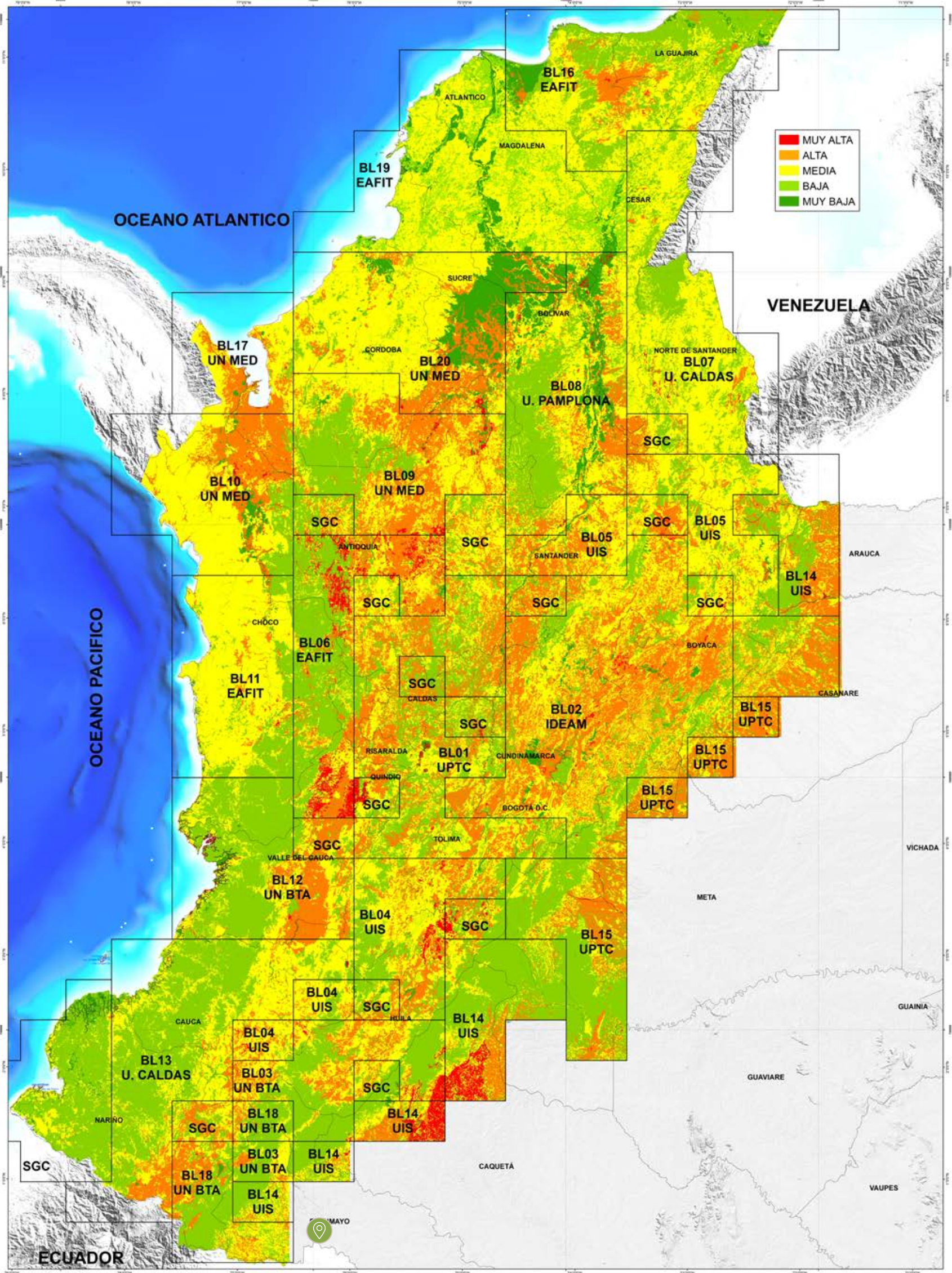
5. Factores detonantes

A continuación se describe la metodología utilizada en la construcción de los detonantes nacionales, clima y sismo, empleados en la zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100.000.

a) Detonante clima

La posición de Colombia en la zona de convergencia intertropical (ZCIT o ZCI) determina una distribución bimodal de las lluvias en la región Andina y en parte de la región Caribe y una distribución unimodal en las demás regiones, con la presencia de lluvias frecuentes e intensas, condición que se ve extremadamente alterada por la presencia del evento ENSO, que causa eventos de origen hidrometeorológico, como sequías, inundaciones, avenidas torrenciales, y detona movimientos en masa, entre otros (Guzmán, Ruiz, Cadena, 2014). A partir de los análisis entre lluvia y clima y de la relación de estos con los movimientos en masa, se construyó el detonante clima considerando las siguientes hipótesis:

- La precipitación media anual y la temperatura media anual influyen en el contenido de humedad del suelo, es decir, en zonas en donde la precipitación media anual sea alta y la temperatura media anual sea baja, la humedad del suelo será mayor, lo cual contribuiría en mayor medida a la generación de movimientos en masa.
- A mayor valor de lluvia máxima diaria, mayor saturación y mayor probabilidad de movimientos en masa.
- Por lo anterior, a mayor contenido de humedad antecedente en el suelo y mayor valor de lluvia máxima diaria, se incrementa la probabilidad de generarse movimientos en masa.



Mapa 8. Mapa nacional de susceptibilidad de la variable coberturas de la tierra.

Teniendo en cuenta lo anterior, en la construcción del detonante climático se tuvieron en cuenta los datos de precipitación y temperaturas medias anuales y la distribución espacial de la lluvia máxima diaria entre los años 1987 y 2011, para un periodo de retorno de veinticinco años. Analizando estos factores climáticos, se determinó su contribución a generar movimientos en masa estableciendo, así su categorización. Véase el detonante climático a nivel nacional que se muestra en el mapa 9.

b) Detonante sismo

Colombia se localiza en la esquina noroccidental de Suramérica, la cual comprende un dominio deformado, resultado de una larga evolución geológica a través de la cual tres placas tectónicas mayores –Suramericana, de Nazca y Caribe– chocan entre sí. En la actualidad, las tres placas se acercan entre sí (DeMets, Gordon, Argus, Stein, 1990; Freymueller, Kellogg, Vega, 1993), dando origen a deformaciones en la corteza continental, a actividad volcánica, a una intensa actividad sísmica, procesos que a su vez ocasionan o detonan los movimientos en masa (véase figura 33).

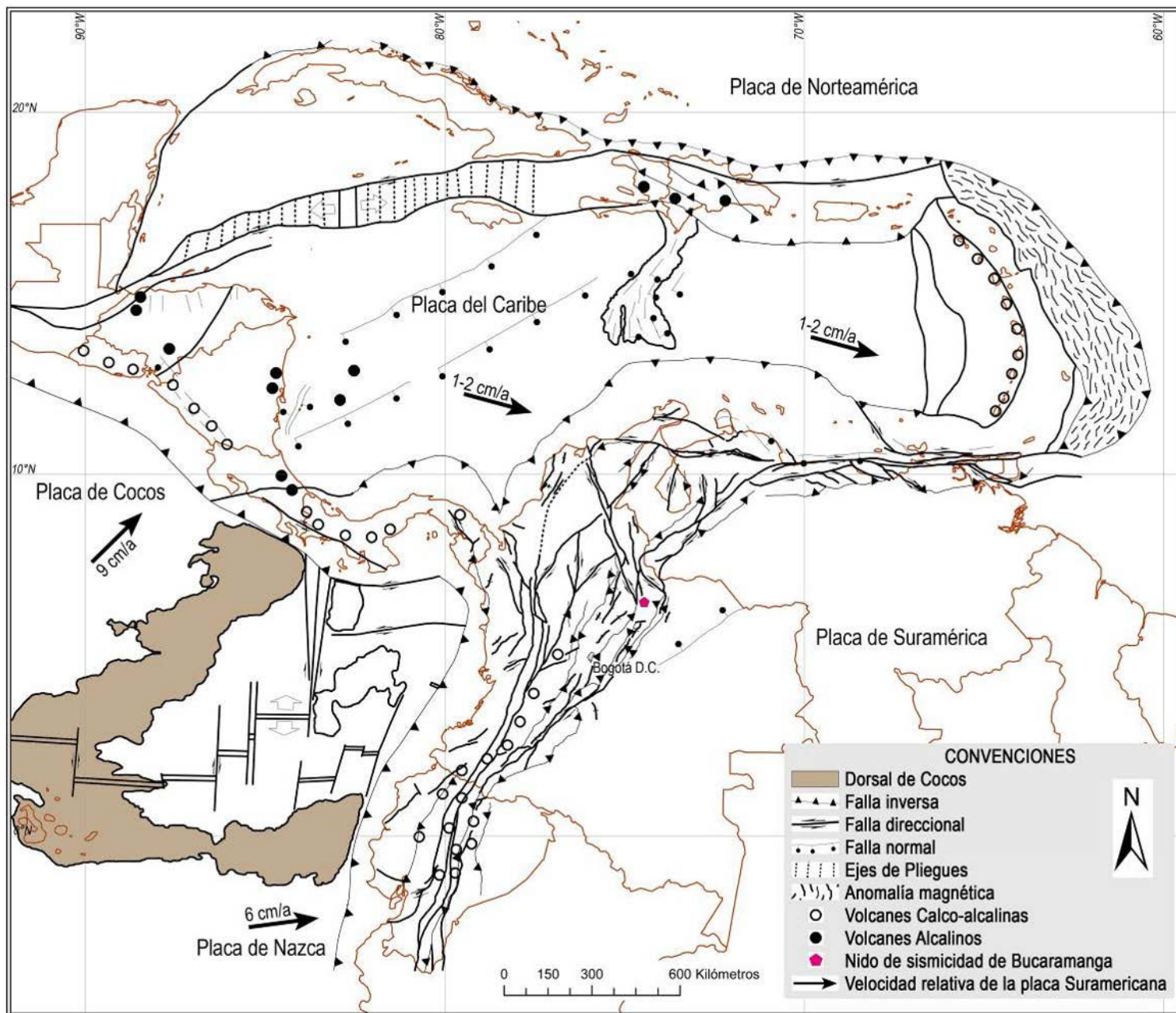
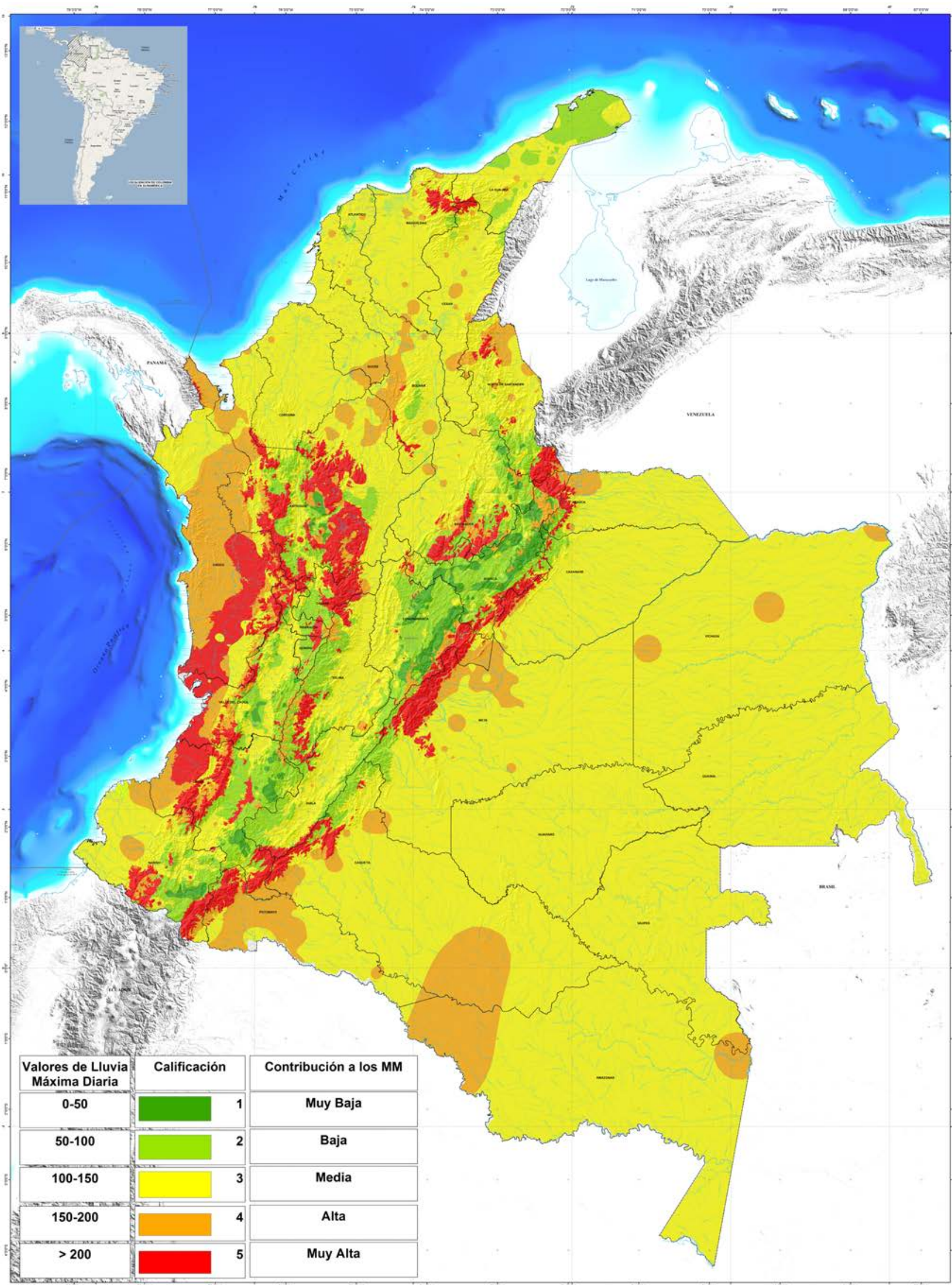
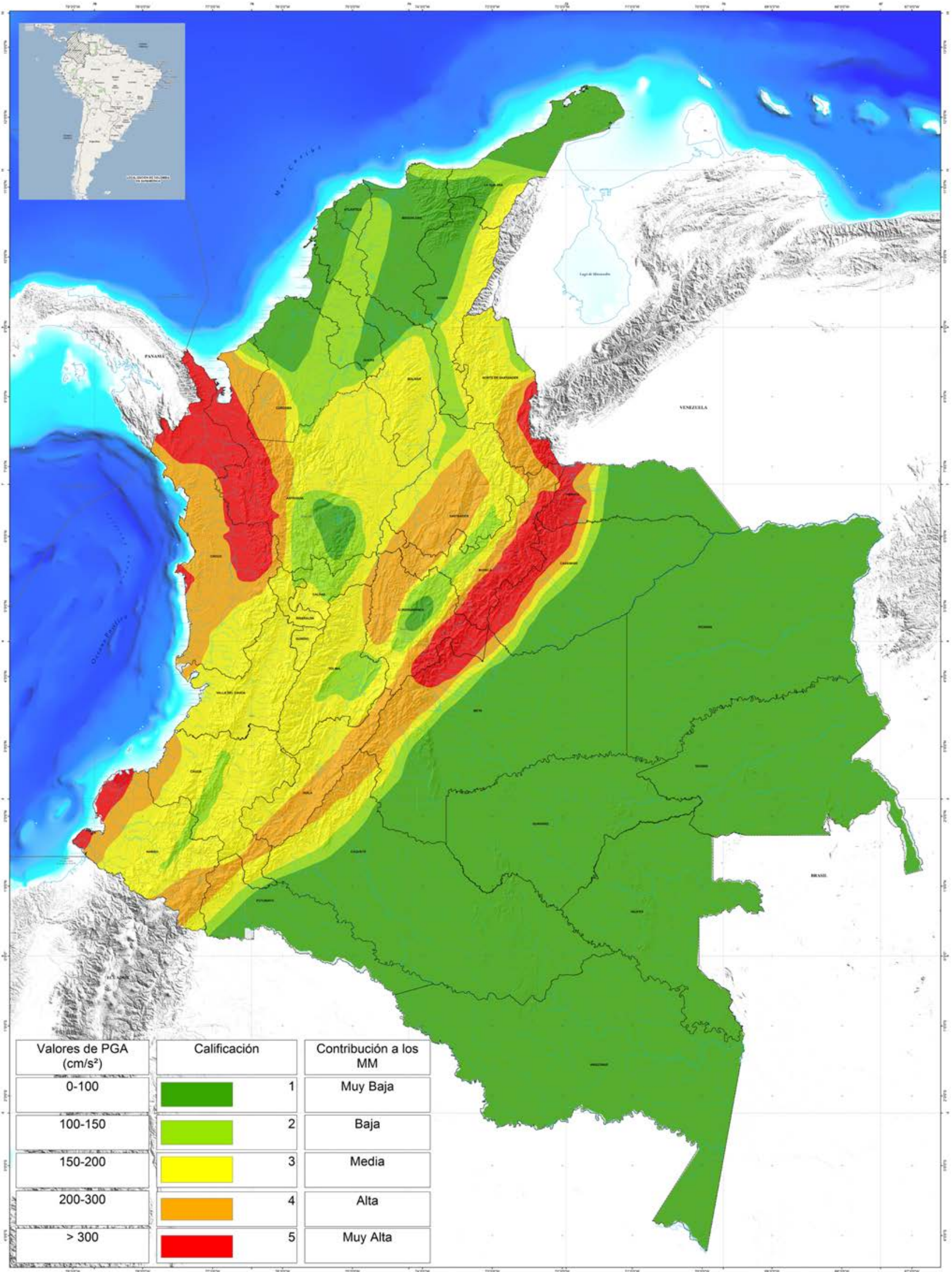


Figura 33. Límites de las placas tectónicas del borde noroccidental de Suramérica (adaptado de Trenkamp, Kellogg, Freymueller y Mora, 2002).



Mapa 9. Mapa nacional del detonante climático empleado en la zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100.000.



Mapa 10. Mapa nacional del detonante sismo empleado en la zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100.000.

El detonante sismo considerado para la zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa se calculó a partir de los valores de aceleración máxima del terreno (PGA) de roca para un periodo de retorno de 475 años, de acuerdo con los resultados de la evaluación de la amenaza sísmica de Colombia (Ingeominas y Universidad Nacional de Colombia, 2010), calculada para una grilla equiespaciada cada 0,1°, categorizada y calificada de acuerdo con su contribución a la generación de movimientos en masa. Véase el mapa 10 que muestra el detonante sismo a nivel nacional.

D. Productos

El proyecto “Mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, escala 1:100.000” generó para cada una de las 278 planchas, que cubren 519.944 km², tres temáticas: unidades geomorfológicas, susceptibilidad y amenaza relativa. Cada plancha cuenta con sus respectivas memorias técnicas y anexos de estas, para un total cercano a 3.000 productos geocientíficos a disposición de la sociedad colombiana. A manera de ejemplo, en la figura 34 se muestra la plancha geomorfológica 149 - Puerto Nare, en la figura 35 la plancha de susceptibilidad

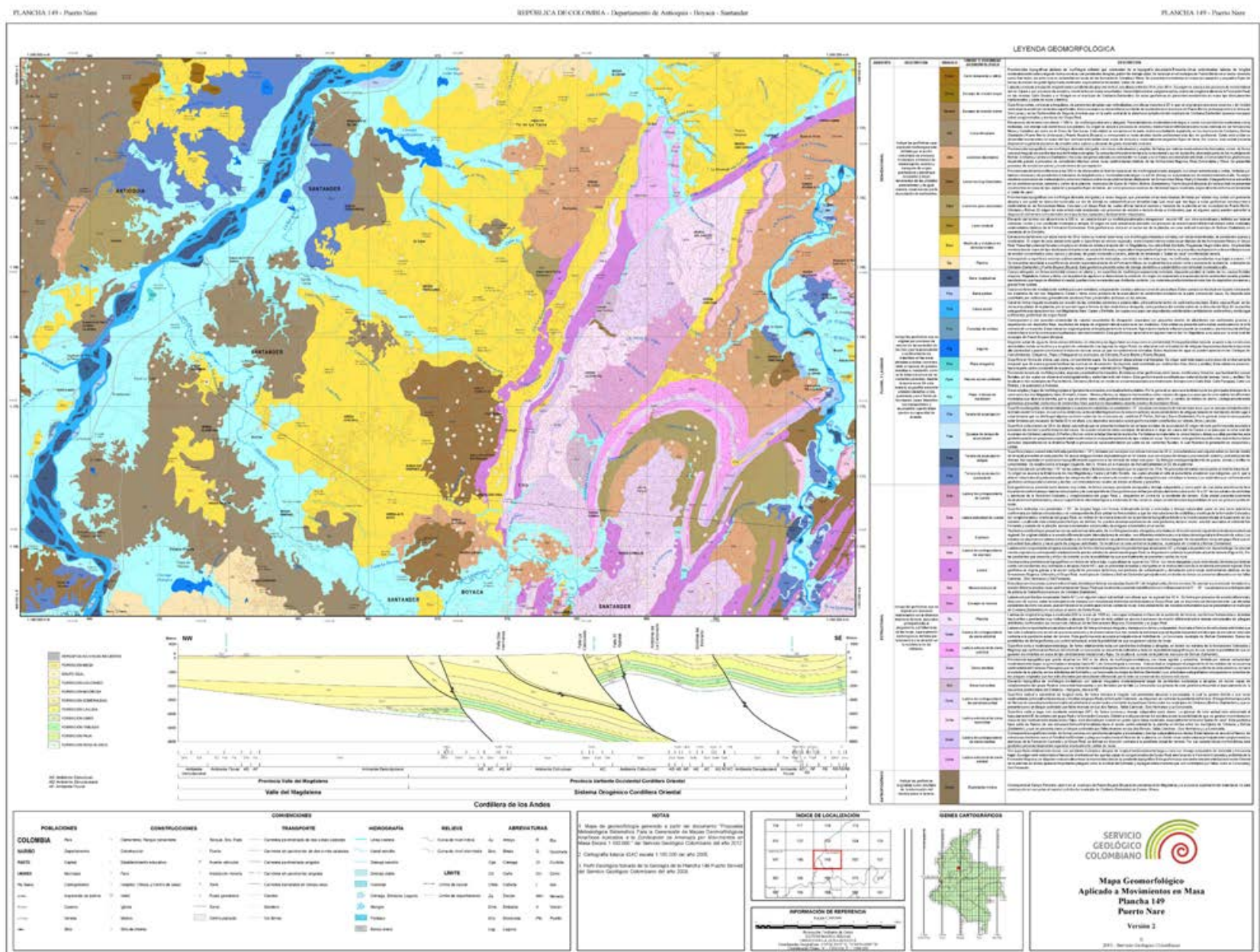


Figura 34. Ejemplo de plancha geomorfológica 149 - Puerto Nare.



FORMATO MODIFICADO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA Vs 2012
Proyecto Multinacional Andina: Geociencias para las Comunidades Andinas

IMPORTANCIA* Alta Media Baja

REGISTRADOR: [Nombre] **FECHA REGISTRO:** [Fecha]

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA: [Departamento], [Municipio], [Código de Vereda]

ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO: [Actividad] **ESTADO:** [Estado] **DESCRIPCIÓN:** [Descripción]

TIPO MOVIMIENTO: [Tipo] **TIPO METEOROLÓGICO:** [Tipo] **TIPO DE DAÑO:** [Tipo]

NOTAS: [Notas]

Figura 37. Formato de captura de datos de inventario de movimientos en masa.

FORMATO MODIFICADO PARA INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA Vs 2012
Proyecto Multinacional Andina: Geociencias para las Comunidades Andinas

IMPORTANCIA* Alta Media Baja

REGISTRADOR: [Nombre] **FECHA REGISTRO:** [Fecha]

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA: [Departamento], [Municipio], [Código de Vereda]

ACTIVIDAD DEL MOVIMIENTO: [Actividad] **ESTADO:** [Estado] **DESCRIPCIÓN:** [Descripción]

TIPO MOVIMIENTO: [Tipo] **TIPO METEOROLÓGICO:** [Tipo] **TIPO DE DAÑO:** [Tipo]

NOTAS: [Notas]

ESQUEMA DEL MOVIMIENTO: [Diagrama]

los ministerios, en especial los de Transporte; Ambiente y Desarrollo Sostenible; Agricultura y Desarrollo Rural; Vivienda, Ciudad y Territorio; y Defensa Nacional y sus entidades adscritas y vinculadas. Para el caso del sector transporte, estos mapas les permitirán al Instituto Nacional de Vías (Invías) y a la Agencia Nacional de Infraestructura (ANI) contar con información para desarrollar estudios de prefactibilidad y factibilidad de trazados viales, ferroviarios y sus respectivas obras de arte, teniendo en cuenta los diferentes niveles de susceptibilidad y amenaza que se encuentran en el territorio, de manera que podrán integrarse en los términos de referencia para contratación de diseños y se podrán definir diferentes niveles de estudios de acuerdo con los niveles de amenaza, como se muestra en el ejemplo de las figuras 38 y 39.

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural podrá utilizar estos productos para el conocimiento del campo; que sirva de insumo en la toma de decisiones relacionadas con el mejoramiento de la producción del campo, en el denominado crecimiento verde, en donde será importante la conservación ambiental.

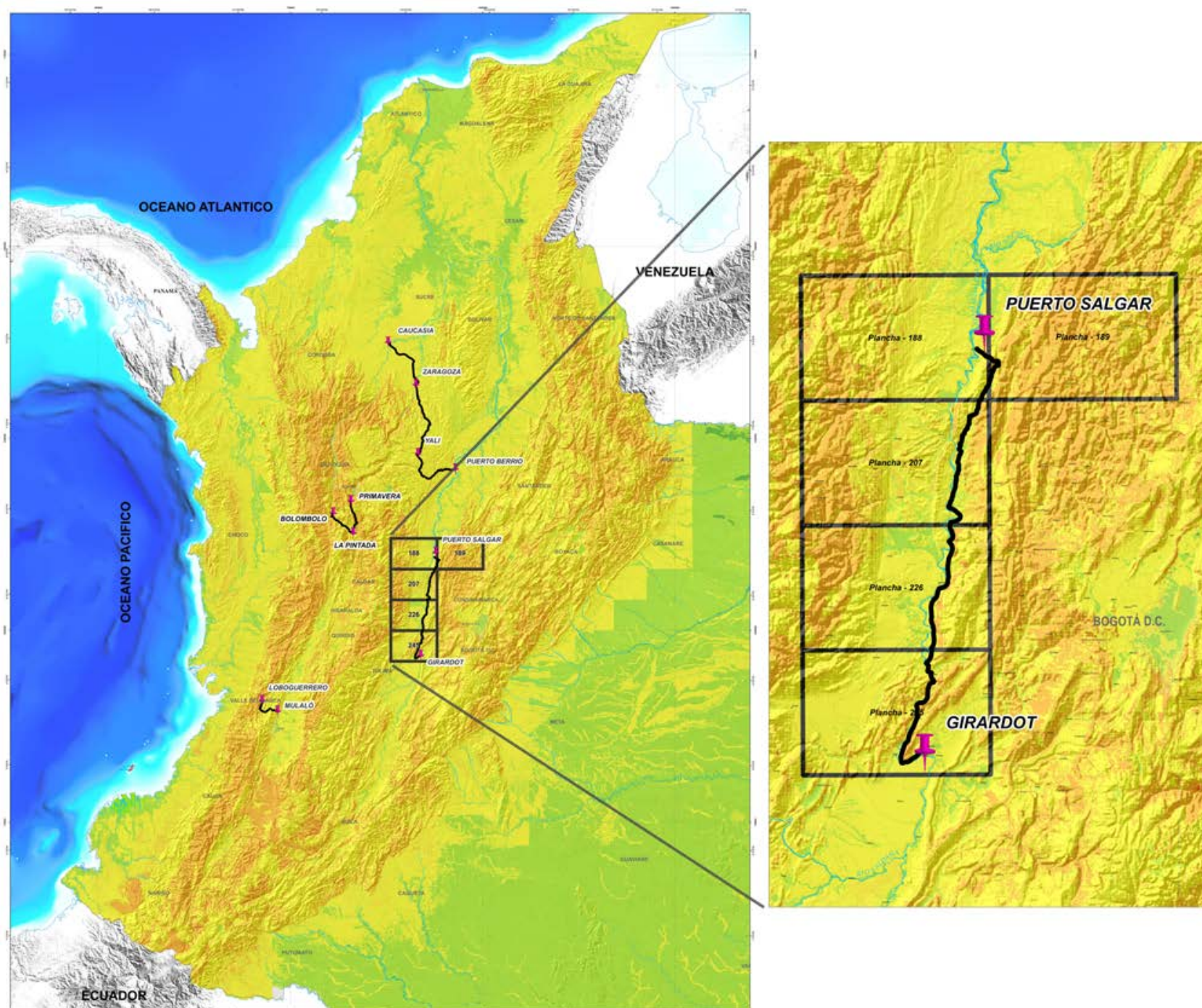


Figura 38. Trazado de la vía Girardot-Honda-Puerto Salgar sobre el mapa nacional de susceptibilidad por movimientos en masa.

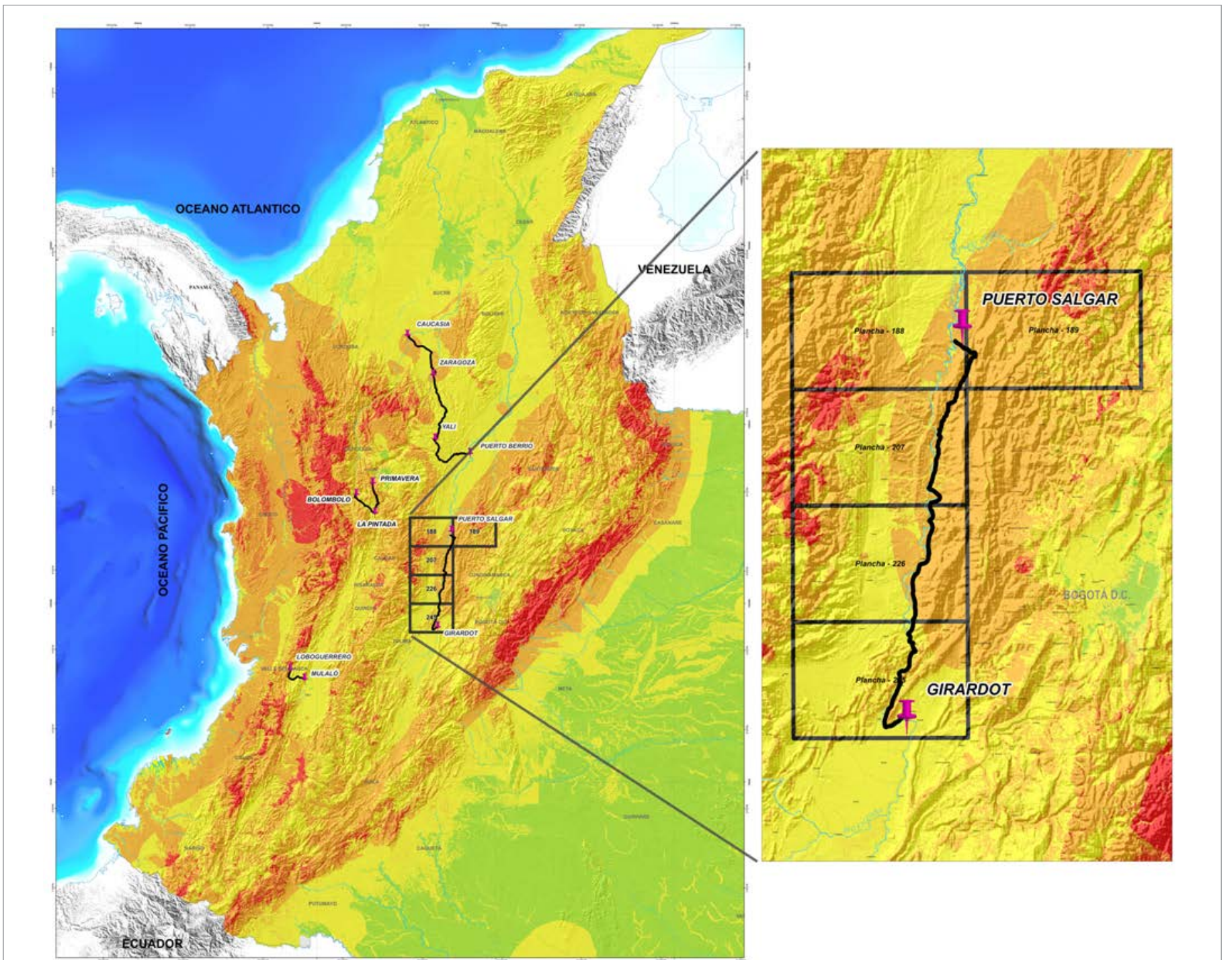


Figura 39. Trazado de la vía Girardot-Honda-Puerto Salgar sobre el mapa nacional de amenaza relativa por movimientos en masa.

Para el caso del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, esta información servirá de referencia para estudios a las escalas requeridas para la incorporación de la gestión del riesgo en el ordenamiento territorial.

Para el caso del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, estos productos servirán de referente para los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hídricas (Pomca). Igualmente, servirán para que la Autoridad Nacional de Licencias ambientales (ANLA) tenga un primer referente de los niveles de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa en las áreas donde se solicitan licencias ambientales de proyectos de gran envergadura; para que Parques Nacionales Naturales de Colombia conozca los niveles de susceptibilidad y amenaza de sus zonas protegidas; para que el Ideam actualice su modelo de predicción de alertas en relación con la ocurrencia de movimientos en masa, a partir de la incorporación del mapa de susceptibilidad a escala 1:100.000 en las 278 planchas, mejorando la resolución del pronóstico.

Para el caso del Ministerio de Defensa Nacional, esta información será de utilidad para las acciones que realizan las Fuerzas Armadas en el territorio,

de manera que conozcan qué tipo de eventos naturales pueden llegar a afectar sus operaciones en el ejercicio de la soberanía del país, entre otros, como lo estipula el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, Todos por un Nuevo País.

Por otro lado, esta es información de gran utilidad para las entidades del orden regional, como son las gobernaciones y las corporaciones autónomas regionales (CAR). Dado que se cuenta con los mapas de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000, este será un insumo básico para los procesos de ordenamiento departamental; igualmente, para que se definan acciones de gestión del riesgo en los consejos departamentales de gestión de riesgo y se prioricen zonas donde se deben realizar estudios de mayor detalle. Cada CAR cuenta con los mapas de susceptibilidad y amenaza de su área de jurisdicción, por lo que podrán definir planes y programas que incluyan realizar estudios de mayor detalle para definir medidas y obras de mitigación.

Por otra parte, entidades como el Departamento Nacional de Planeación y la Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de Desastre (UNGRD) podrán utilizar el mapa nacional, departamental o cada plancha, con el fin de determinar planes y programas de desarrollo, incluyendo la gestión de riesgo como factor primordial.

Finalmente, es un producto geocientífico que será de utilidad para que la academia en sus procesos de formación de nuevos profesionales de las diferentes áreas de las geociencias y los temas relacionados con la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial lo tengan de referencia metodológica y de construcción de productos geocientíficos.



Fotografía 33.
Zona rural del municipio de
Mistrató (Risaralda).

SEGUNDA PARTE

MAPAS INTEGRADOS

Escala 1:100.000

Una de las aplicaciones que tienen las planchas 1:100.000 de las temáticas de susceptibilidad y amenaza es la integración en polígonos definidos como, por ejemplo, departamentos o áreas de jurisdicción de las corporaciones autónomas regionales (CAR), obteniéndose mapas escala 1:100.000 que pueden ser utilizados para la toma de decisiones en torno al ordenamiento territorial y la gestión del riesgo.

MAPAS INTEGRADOS DE DEPARTAMENTOS

Escala 1:100.000

A. MAPAS INTEGRADOS DE DEPARTAMENTOS

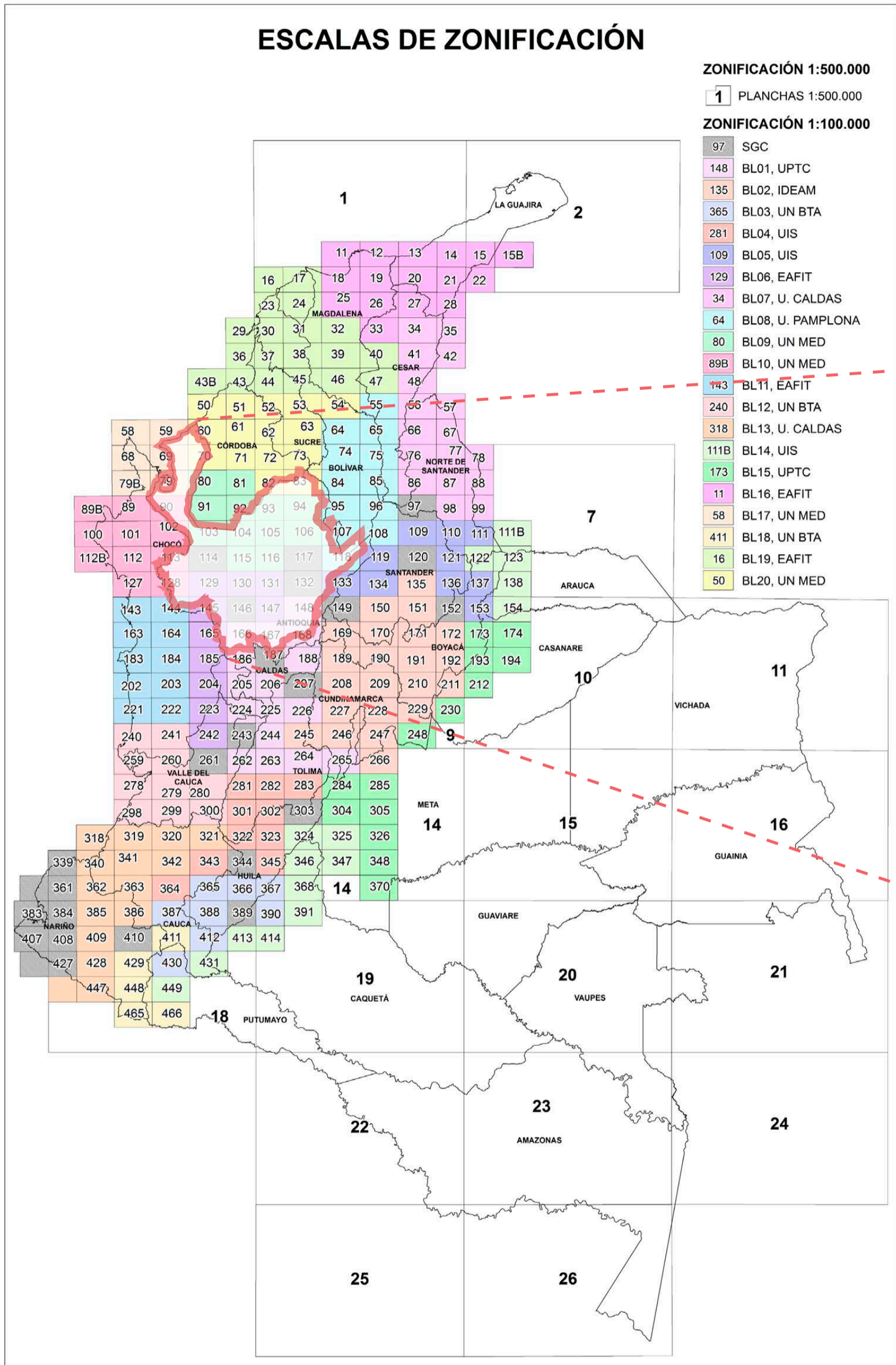
Como productos derivados del proyecto “Mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, escala 1:100.000” y con el fin de proporcionar a las gobernaciones un archivo integrado por cada temática, se realizó el empalme de las planchas que conforman cada departamento del país, efectuando los ajustes cartográficos por efecto de los cambios de origen de las planchas.

Teniendo en cuenta que la Orinoquia, la Amazonia y la península de La Guajira no se zonificaron a escala 1:100.000, algunos departamentos se generaron con base en la integración de las planchas 1:100.000 y la actualización 1:500.000 y cinco departamentos solo con la zonificación escala 1:500.000.

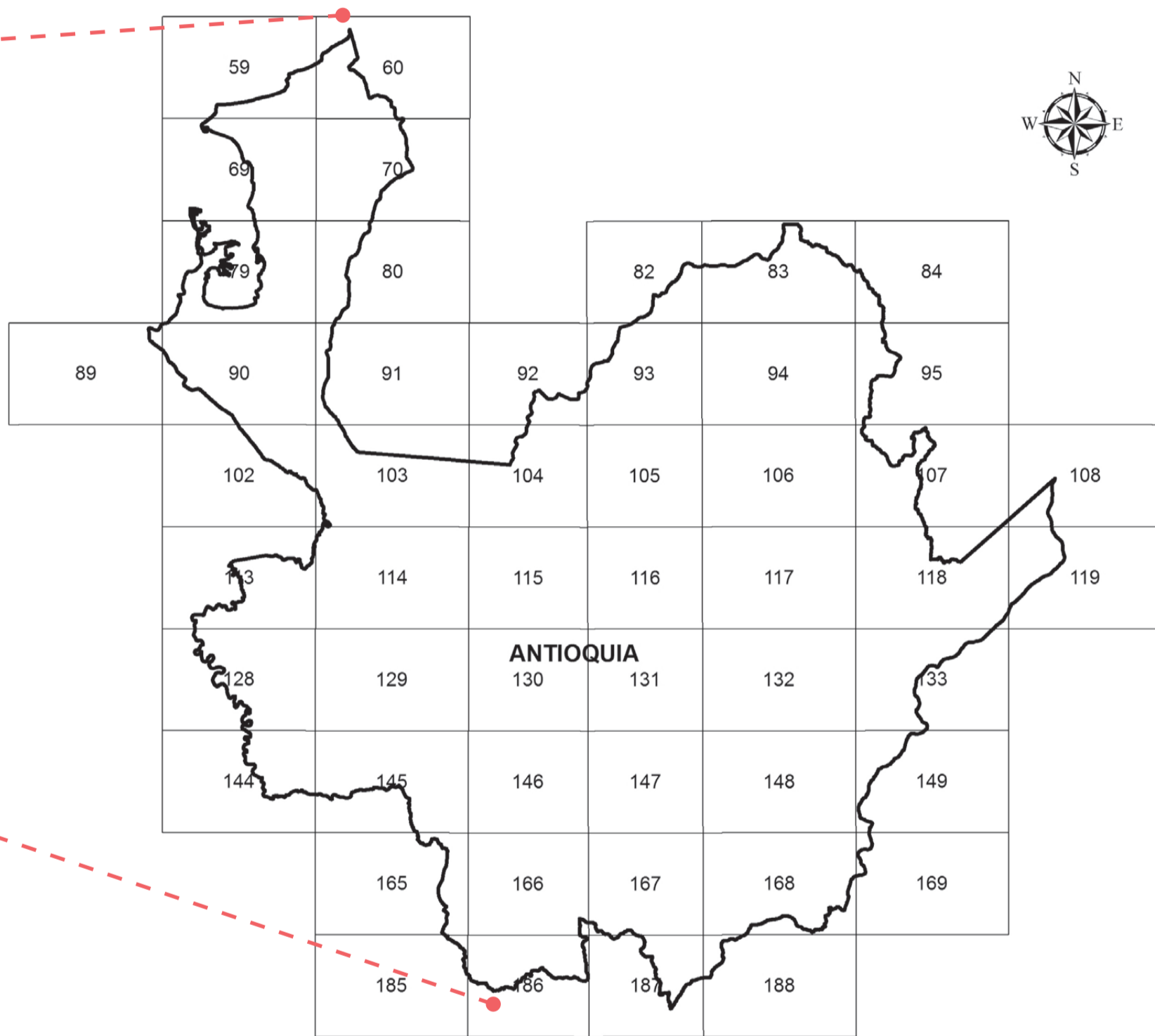
Estos archivos pueden descargarse directamente de la página web del Servicio Geológico Colombiano, ingresando por el vínculo del geoportal⁸, haciendo clic sobre el departamento de interés. La descarga entrega un archivo comprimido que contiene los archivos de los mapas de susceptibilidad y amenaza del departamento para ser ingresados en un sistema de información geográfica como cobertura temática.

A continuación se presentan datos relacionados con los diferentes tipos de movimientos en masa registrados –algunos ejemplos destacados–, y se analiza la distribución de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa para cada departamento.

⁸ <http://geoportal.sgc.gov.co/geoportalsgc/catalog/quicklink/amenazaMasa.page>



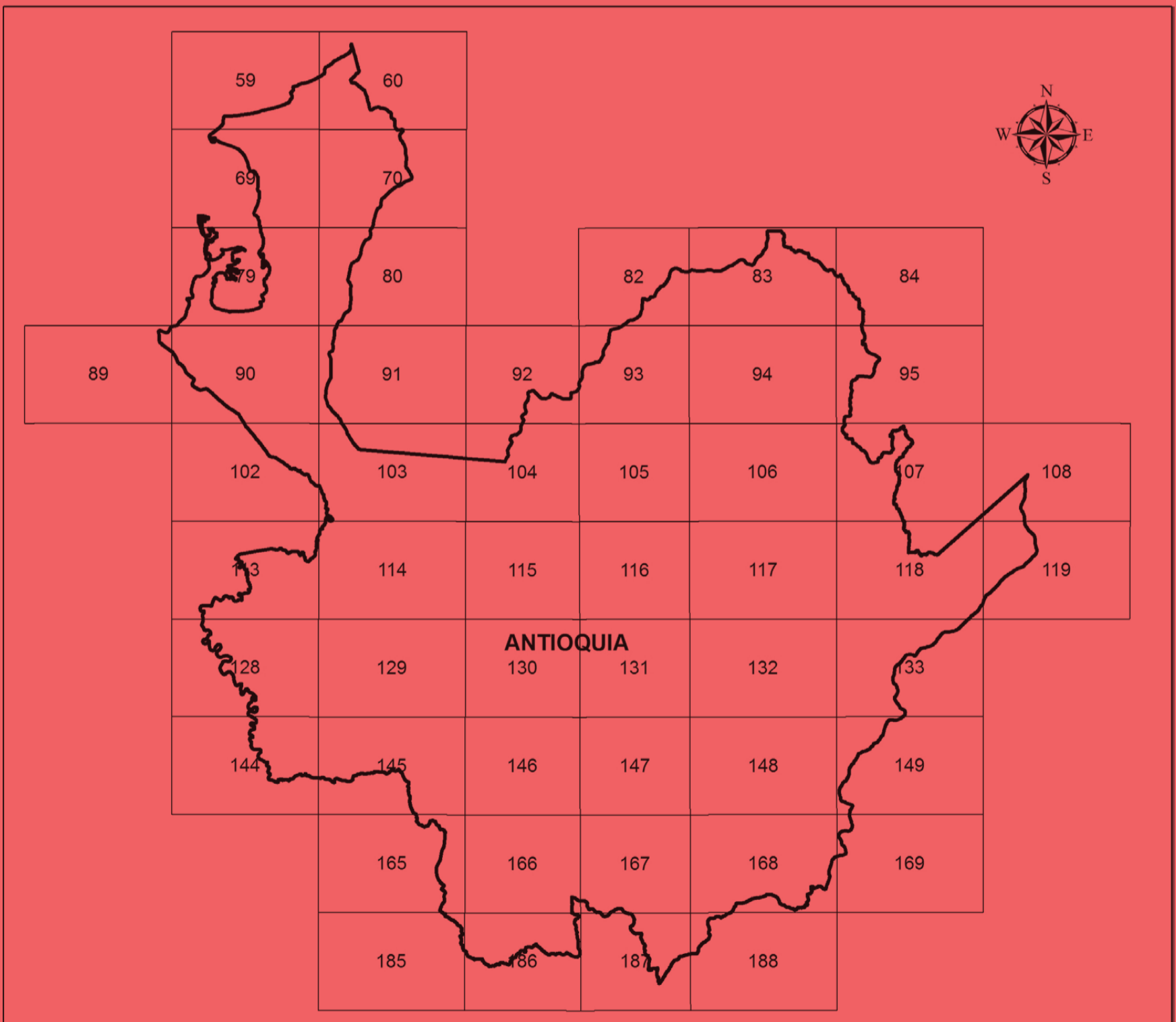
Mapa 11. Distribución de planchas escala 1:100.000 y 1:500.000 que conforman los departamentos






ANTIOQUIA

El departamento de Antioquia se localiza en el centro del país. En su territorio cuenta con importantes elementos geográficos, como los valles de los ríos Magdalena, Cauca y Atrato, páramos de farallones de Citará y de Urrao. Está conformado por 125 municipios. Tiene 6.613.118 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 63.612 km², superficie cubierta por 51 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 40).



 **Figura 40.** Departamento de Antioquia y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000

Históricamente, el territorio antioqueño se ha visto afectado por procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto a la población como la infraestructura y han generado importantes daños ambientales. Entre los movimientos en masa más antiguos registrados documentalmente, se encuentran el ocurrido en el municipio de Buriticá en 1900, catalogado como un deslizamiento rotacional que causó un represamiento del río Cauca. Estudios posteriores lo interpretaron como la reactivación de un proceso más antiguo, de una edad aproximada de diez mil años. Se calcula que se ha reactivado en promedio cinco veces.

El 29 de septiembre de 1974 se presentó un deslizamiento de tierras en el sector Las Brisas del barrio Santo Domingo Savio (municipio de Copacabana), afectando a unas mil personas y causado la pérdida de cien vidas. El proceso fue detonado por fuertes lluvias en la zona.

El 27 de septiembre de 1987 en el barrio Villatina de la ciudad de Medellín se generó un movimiento en masa que causó la pérdida de ciento cincuenta vidas, dejó quinientas personas heridas y afectación a ciento veinte viviendas. Un deslizamiento traslacional y un flujo de detritos fueron los componentes principales del movimiento; estos se generaron por la alta infiltración y desborde de aguas de un canal o acequia situado en la parte superior del barrio.

Otro evento significativo ocurrió el 17 de octubre de 1992 en Mutatá. Un sismo de magnitud 7,2, detonó un deslizamiento rotacional, el cual desencadenó lo que se catalogó como un desastre ecológico, afectando a más de mil personas y causando también la pérdida de viviendas y edificaciones.

En la historia reciente, el 26 de octubre de 2016, en el municipio de Copacabana se presentó un deslizamiento que afectó una importante zona, cobró la vida de varias personas y causó el cierre de una vía nacional por varios días (véase fotografía 33).

Analizando los casos expuestos, se evidencia que los movimientos en masa son el resultado de la acción de diferentes factores, entre los cuales prevalecen

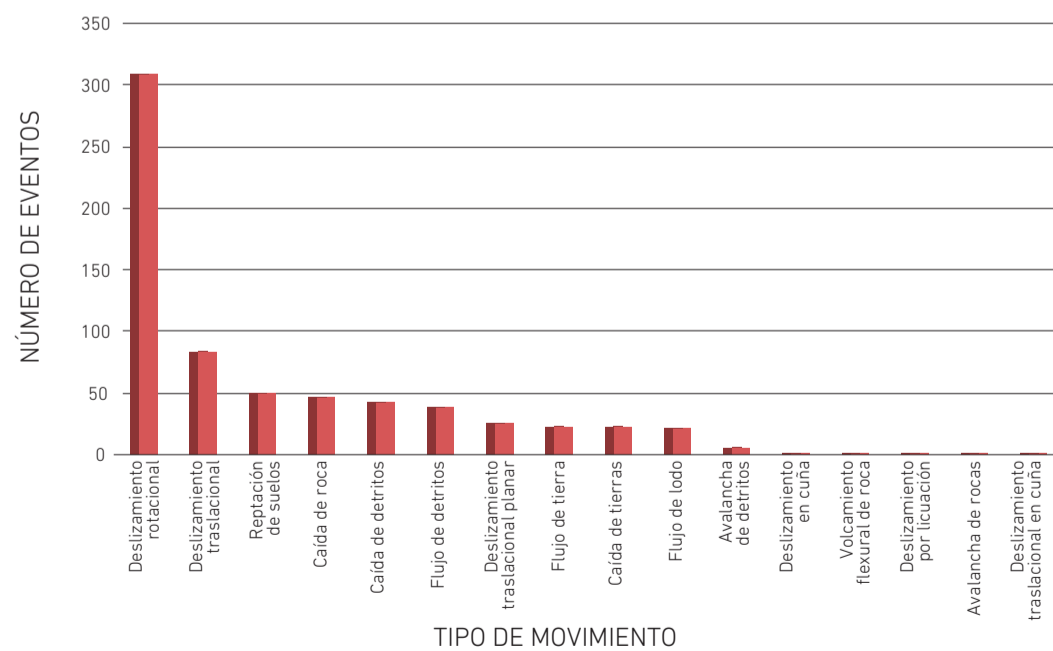
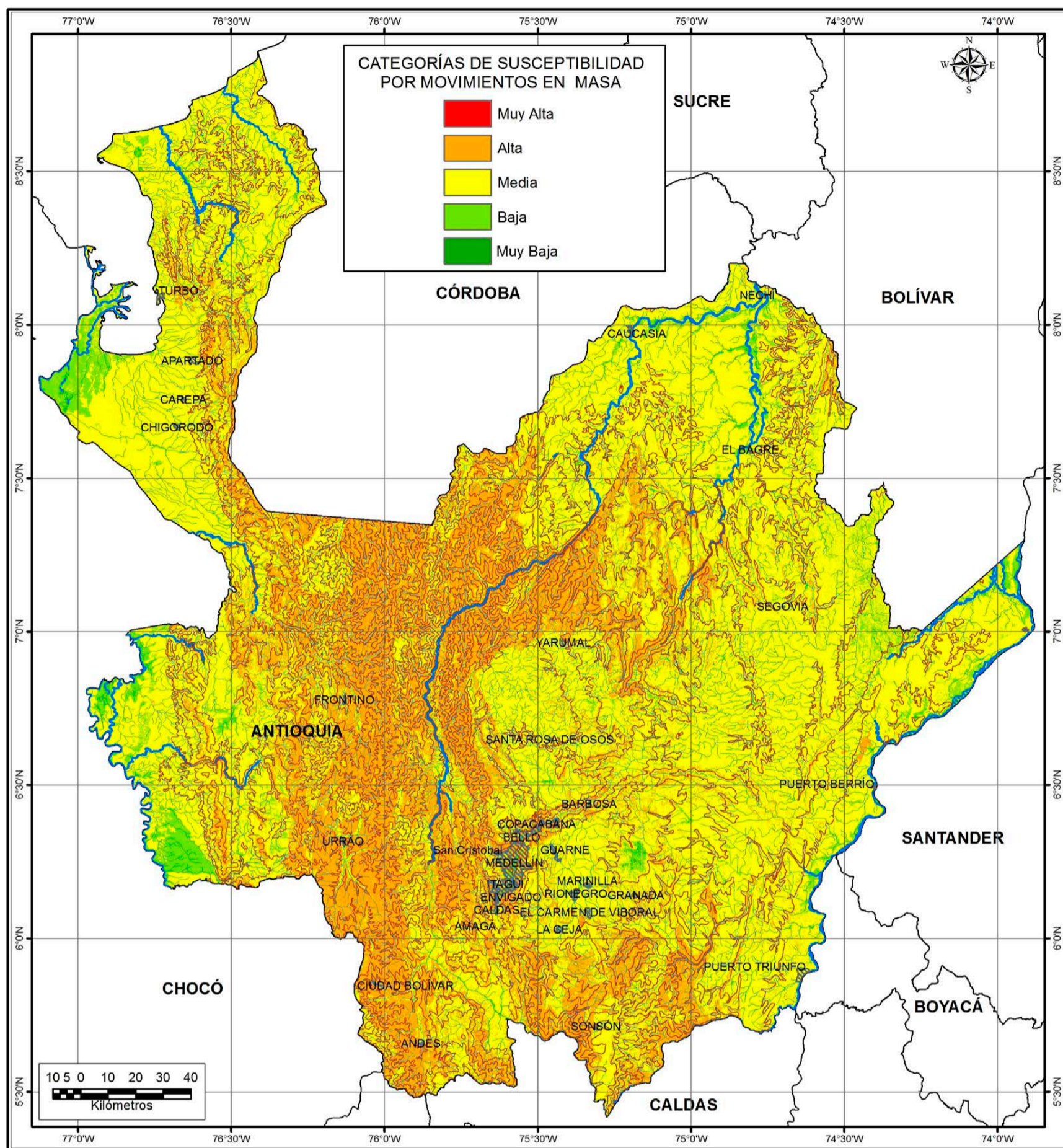


Gráfico 1. Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Antioquia.



Mapa 12. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Antioquia.

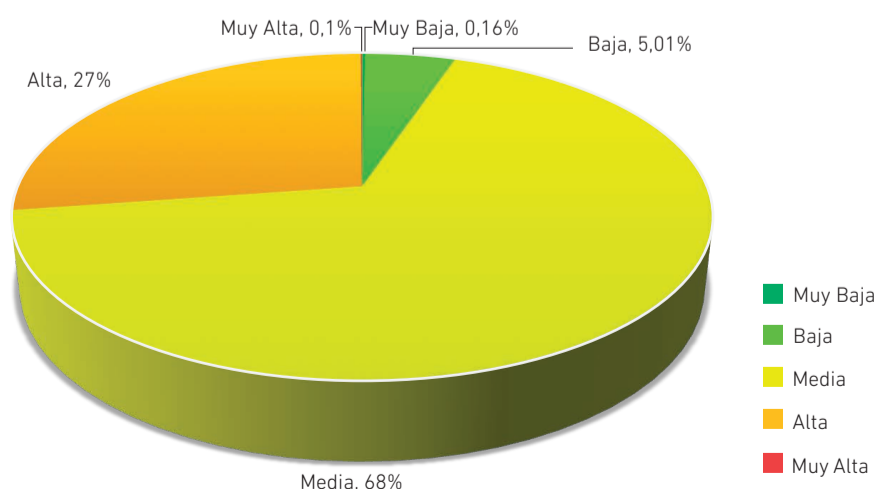
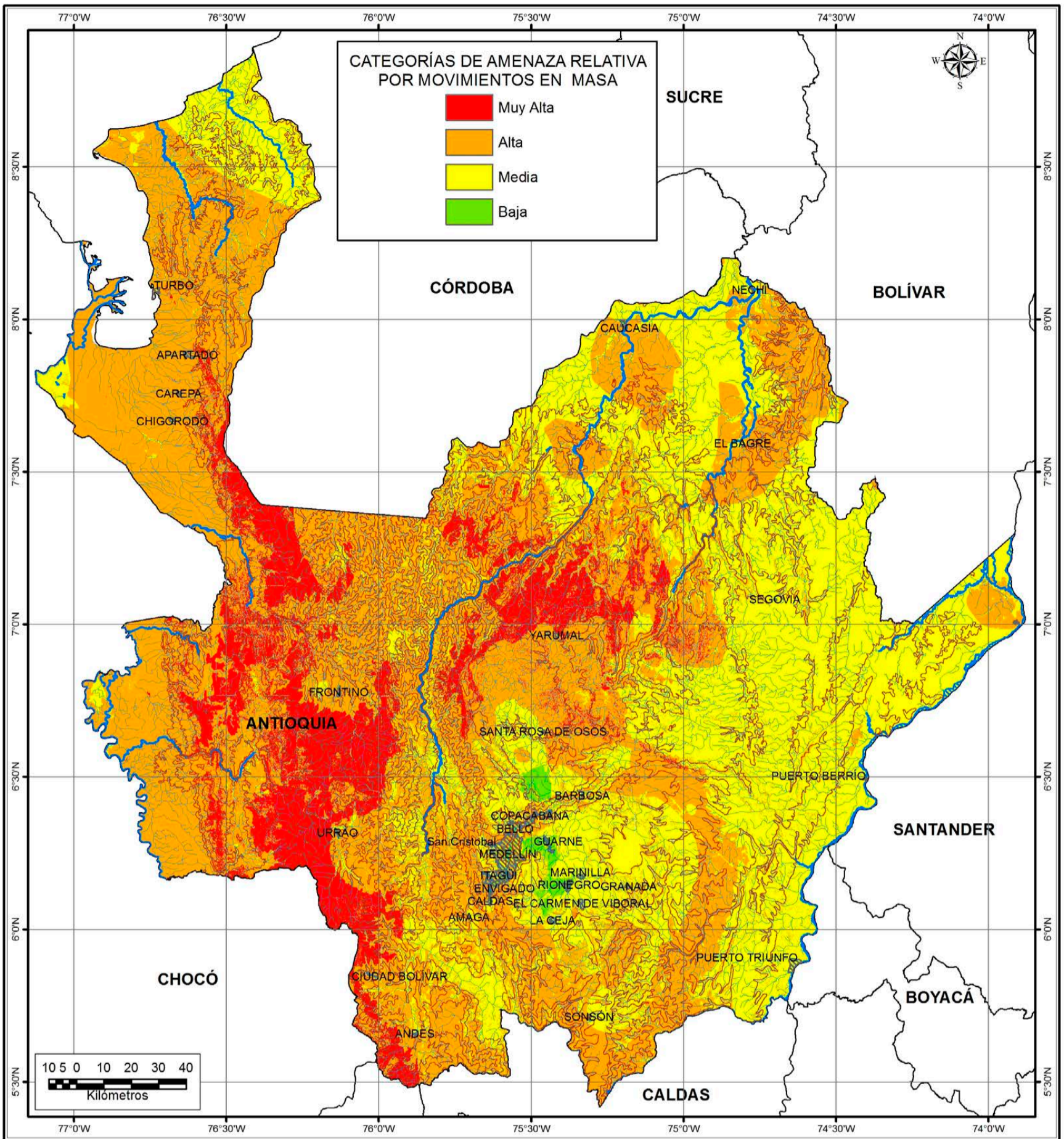
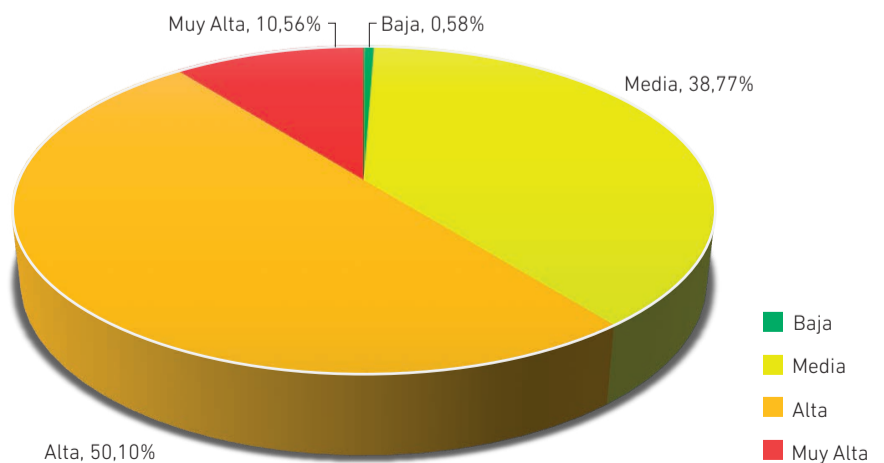


Gráfico 2. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Antioquia.



Mapa 13. Mapa de amenaza relativa del departamento de Antioquia.

Gráfico 3. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Antioquia.



la actividad sísmica, las condiciones meteorológicas y la actividad antrópica. A su vez, se puede entender cómo estos procesos forman parte de la evolución del paisaje y están actuando a través del tiempo desde antiguos periodos geológicos.

De los 5.495 casos reportados, 672 presentan una clasificación y localización precisa, siendo más comunes, entre los diferentes tipos de procesos registrados, los deslizamientos rotacionales, afectando principalmente los municipios de Valdivia y Cáceres (véase gráfico 1).

La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 muestran una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituyen como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo y ordenamiento territorial a nivel regional. De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, la categoría de susceptibilidad que predomina en el departamento de Antioquia es la media (68 %), está localizada principalmente en el oriente –en las regiones del Bajo Cauca, Nordeste, Magdalena Medio y Oriente– y en el Urabá –en el occidente–. La susceptibilidad alta predomina en las regiones norte, occidente y suroeste, presenta un 27 % (véanse gráfico 2 y mapa 12). La amenaza muy alta (10,56 %) predomina en las regiones suroeste, occidente y norte –en la cordillera Central–. Urrao es el municipio con mayor porcentaje (55,21) de su territorio en esta categoría. La amenaza alta predomina en las regiones del centro-occidente, es la que presenta un mayor porcentaje (50,10) en el departamento. La amenaza media (38,77 %) prevalece en las regiones del oriente, como bajo Cauca, nordeste, Magdalena medio y oriente (véanse gráfico 3 y mapa 13).

A manera de ejemplo, se presentan algunos procesos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Antioquia (véanse fotografías 34, 35, 36, 37, 38 y 39).



Fotografía 34.

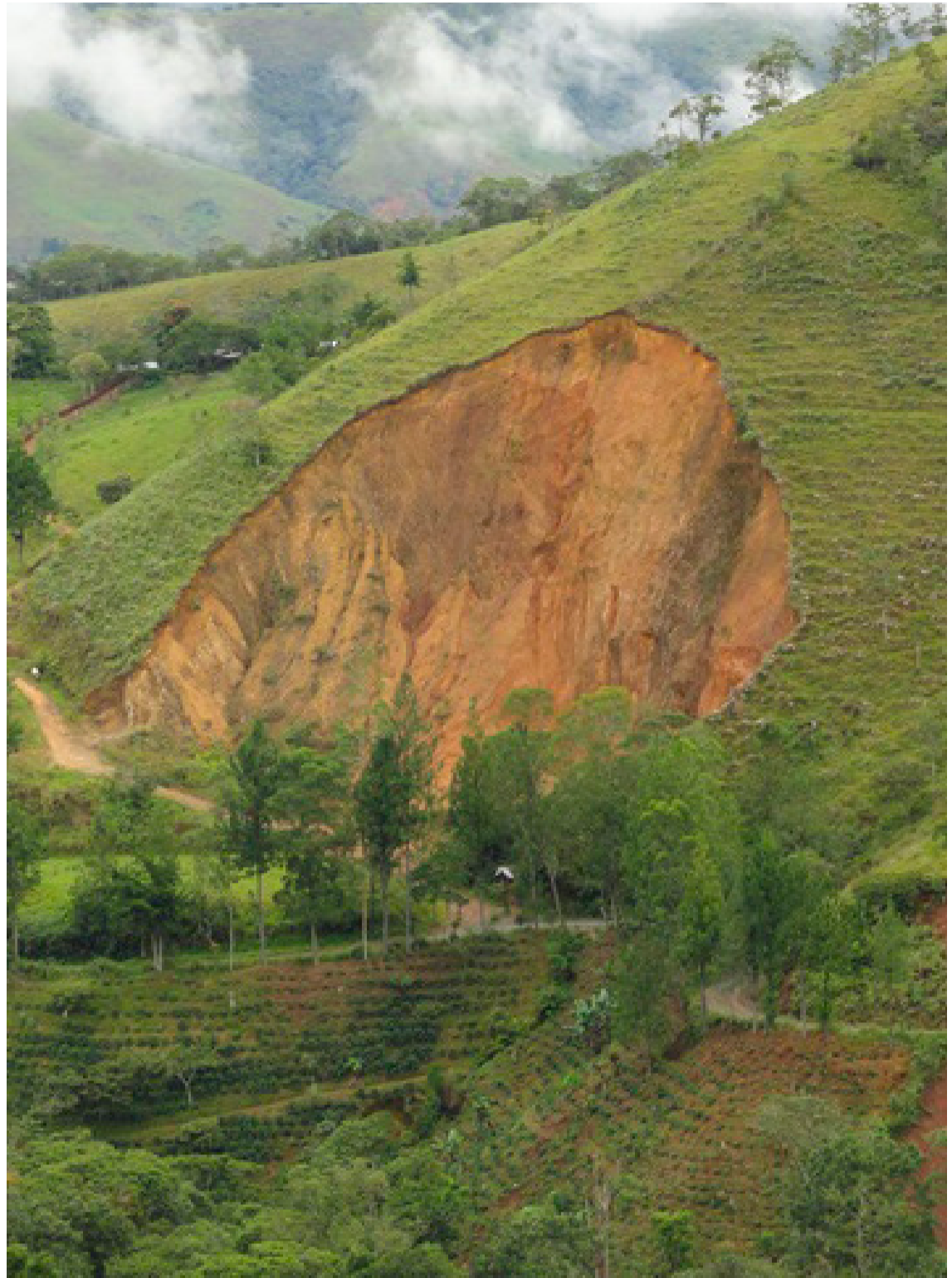
Deslizamiento en el sector de Las Margaritas, municipio de Copacabana (fuente: <http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/alud-en-via-medellin-bogota-cerca-de-copacabana/16735617>).





Fotografía 35.

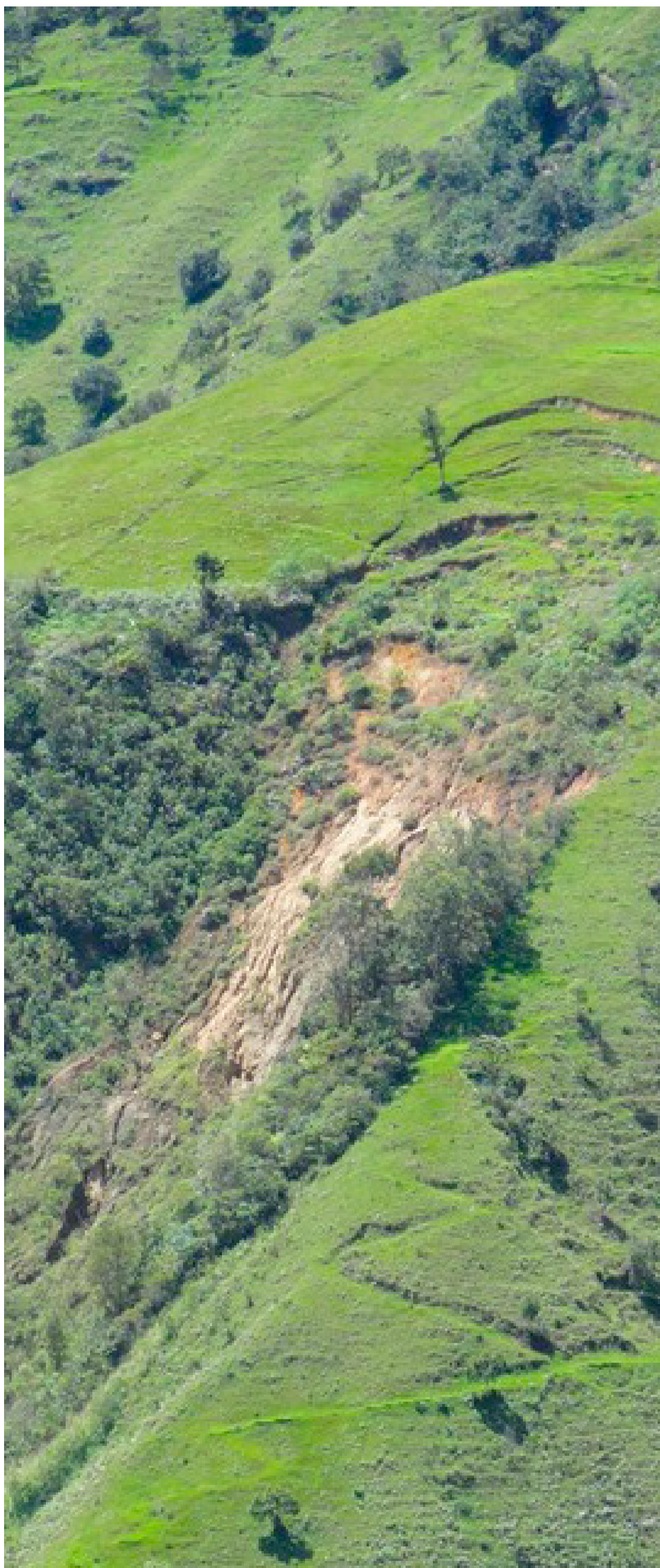
Deslizamiento rotacional, municipio de Frontino, vereda Nare. Fecha del evento: 17 de abril de 2011 (clasificación y fotografía por Luisa Fernanda López, Eafit, 2014).



Fotografía 36.

Movimiento en masa complejo, conformado por un flujo y caída de detritos, municipio de Toledo, vereda Mena. Fecha del evento: 1.º de abril de 1969 (clasificación y fotografía por Diana Castañeda y Juan Carlos Gómez, Universidad Nacional sede Medellín, 2014).





Fotografía 37.

Deslizamiento rotacional, municipio de San Jerónimo, vereda Polcal. Fecha del evento: 17 de abril de 2011 (clasificación y fotografía por Luisa Fernanda López, Eafit, 2014).



Fotografía 38.

Deslizamiento rotacional, municipio de Belmira, vereda Santo Domingo. Fecha del evento: 18 de septiembre de 2009 (clasificación y fotografía por Luisa Fernanda López, Eafit, 2014).

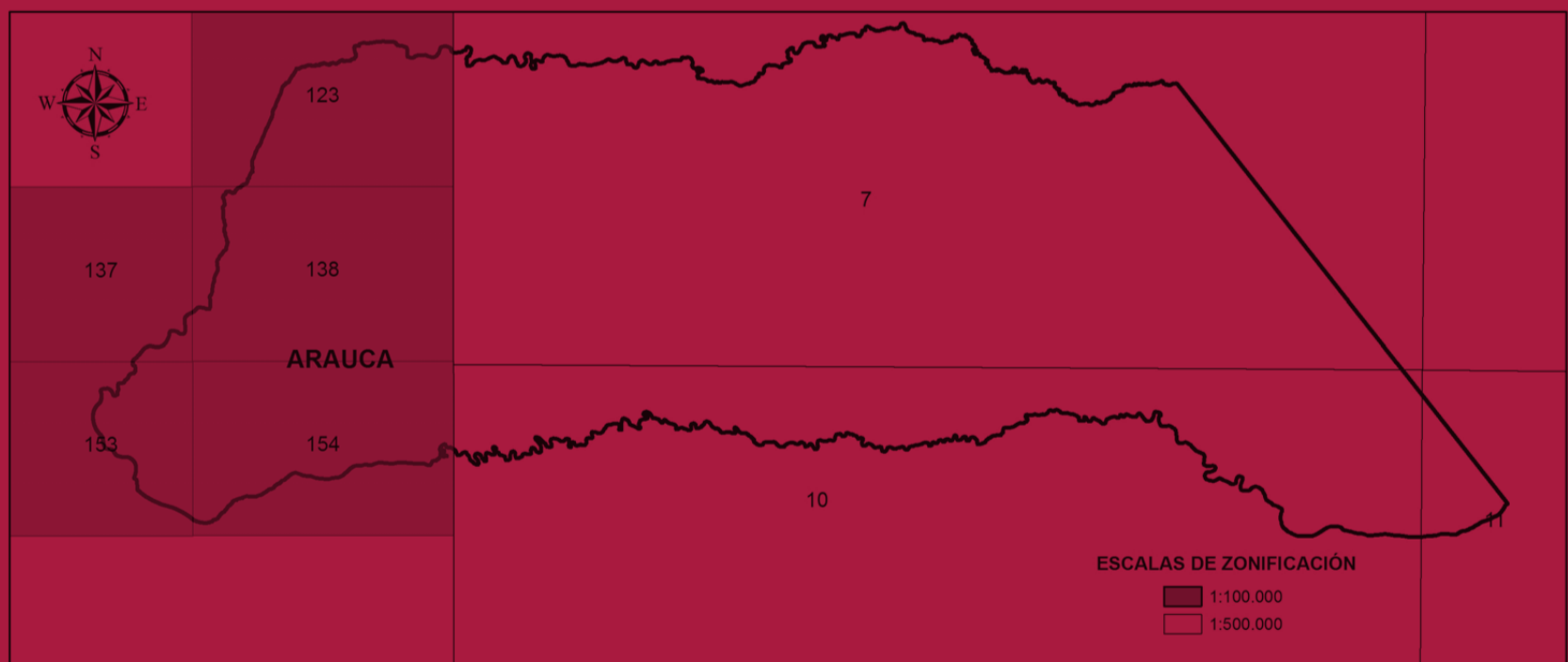


Fotografía 39.

Deslizamiento rotacional, municipio de Santa Fe de Antioquia, vereda San Carlos. Fecha del evento: 22 de junio de 2009 (clasificación y fotografía por Luisa Fernanda López, Eafit, 2014).

ARAUCA

El departamento de Arauca está en el piedemonte oriental de la cordillera Oriental, en el extremo norte de la Orinoquía. Tiene 7 municipios, 267.992 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 23.818 km², superficie cubierta por cinco planchas escala 1:100.000 y parte de tres planchas escala 1:500.000 (véase figura 40). En el proyecto mapa nacional de amenaza se zonificaron las cinco planchas escala 1:100.000, equivalente a un 23,68 % del territorio departamental, 5.601 km² aproximadamente. El 76,32 % de su área cuenta con la versión actualizada del mapa de amenaza escala 1:500.000 (véanse gráfico 4).



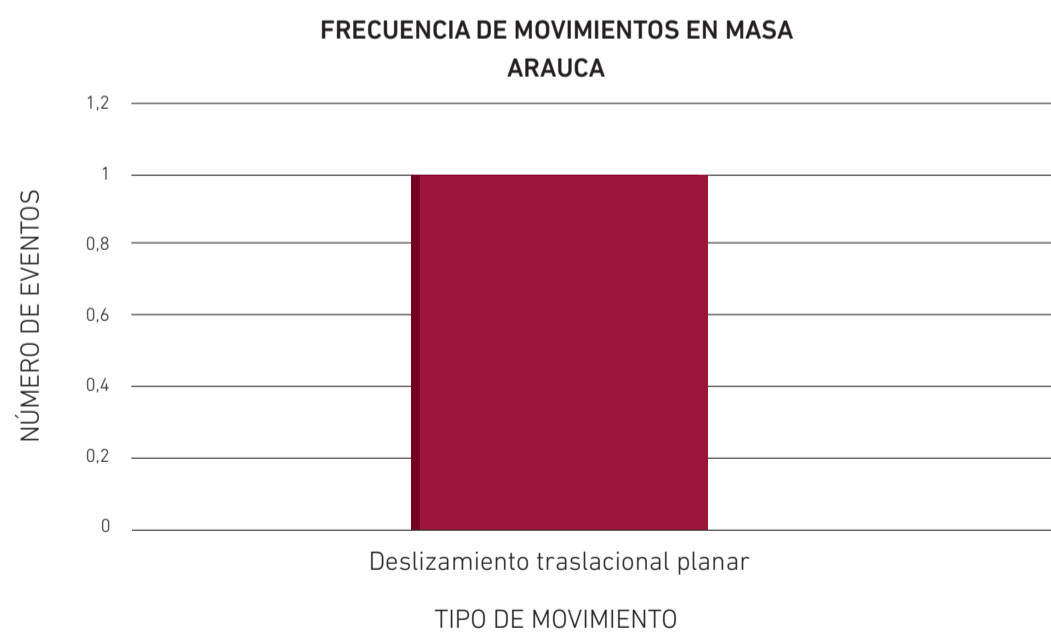
 **Figura 41.** Planchas escala 1:100.000 del departamento de Arauca que hicieron parte del proyecto mapa nacional de amenaza.


El departamento de Arauca cuenta con tres eventos registrados documentalmente. Entre estos, dos movimientos en masa tipo deslizamiento, los cuales no registraron ningún daño ni afectación; el primero se presentó en el año 2011 en el municipio de Saravena; el 6 de mayo del 2012 tuvo lugar, cerca de la vía que de Tame conduce a la vereda San Salvador, el otro en el municipio de Tame. El tercer evento ocurrido cuenta con información más detallada, fue inventariado en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza (véase fotografía 40).

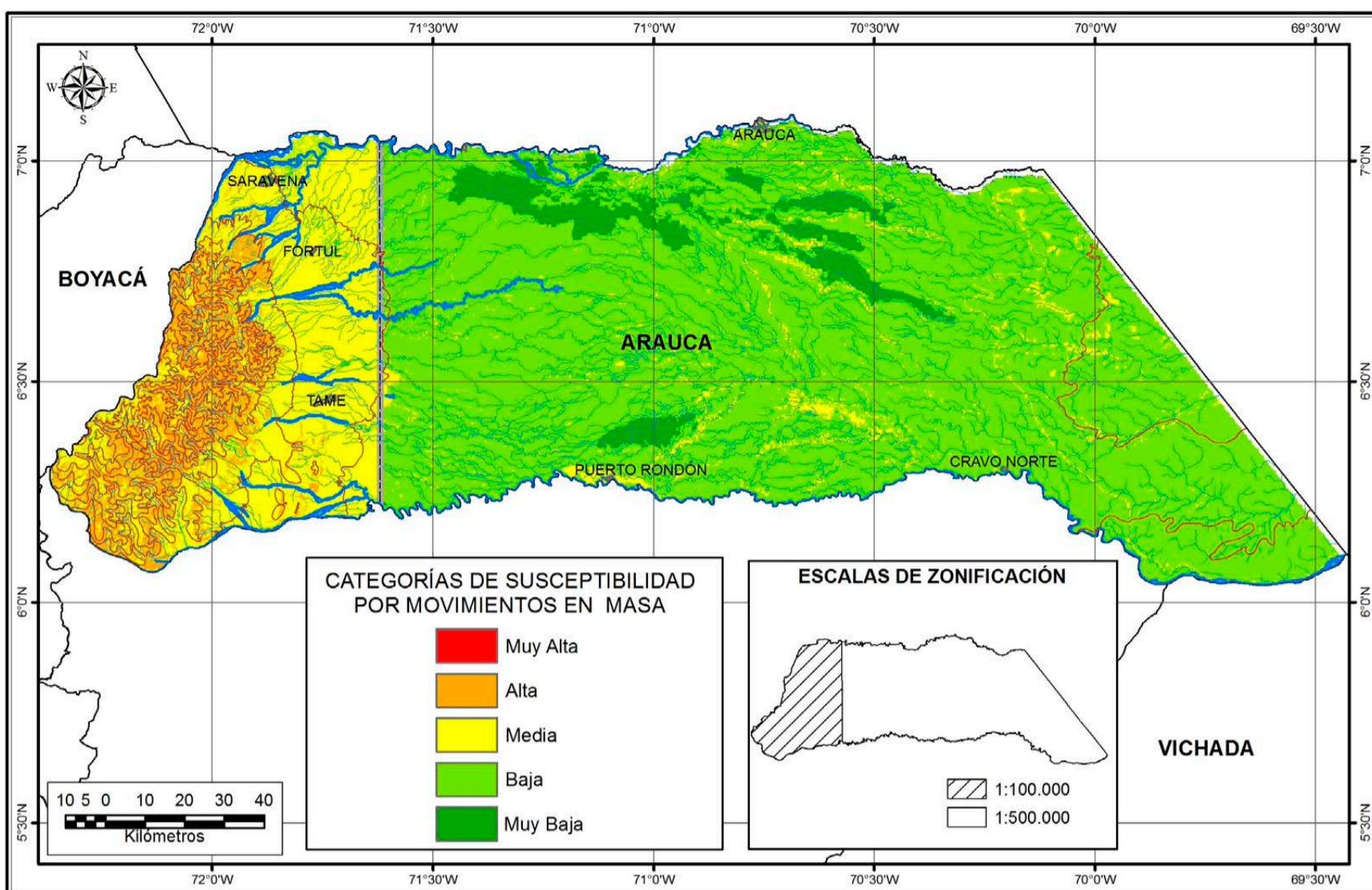
La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo. De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, donde se zonificaron 5 de las 18 planchas escala 1:100.000 que conforman el departamento, en estas planchas se presenta predominio de la categoría de susceptibilidad media (64,85 %), seguida de la susceptibilidad alta (29,39 %), ambas en el piedemonte de la cordillera, en los municipios de Saravena y Tame y en menor porcentaje en Arauquita (véanse gráfico 5 y mapa 14).

La amenaza muy alta (24,86 %) se presenta especialmente en los municipios de borde llanero; Saravena y Tame presentan porcentajes de 13 % y 22 % del área estudiada en esta categoría de amenaza; la alta (70,08 %) está de igual manera en los municipios mencionados y en Arauquita, la parte más nororiental de su territorio (véanse gráfico 6 y mapa 15).

A manera de ejemplo se presentan algunos procesos de movimientos en



 **Gráfico 4.** Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales que ha trabajado el Servicio Geológico Colombiano.



Mapa 14. Mapa integrado de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Arauca

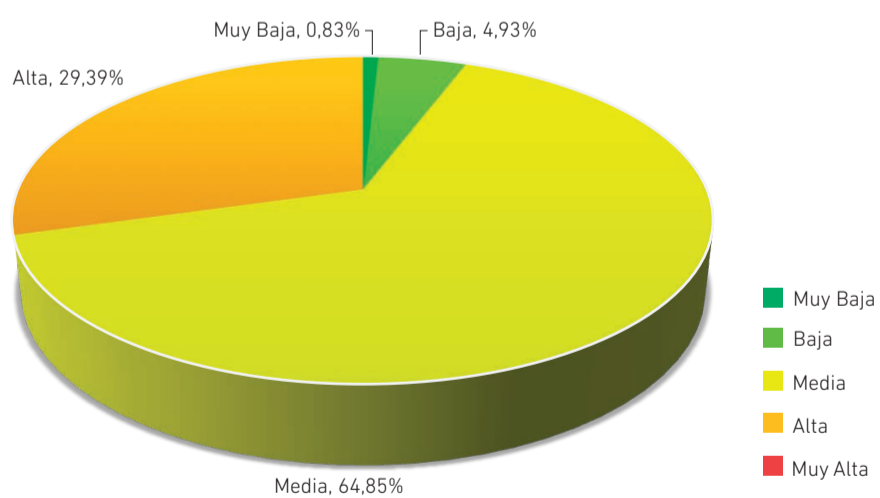
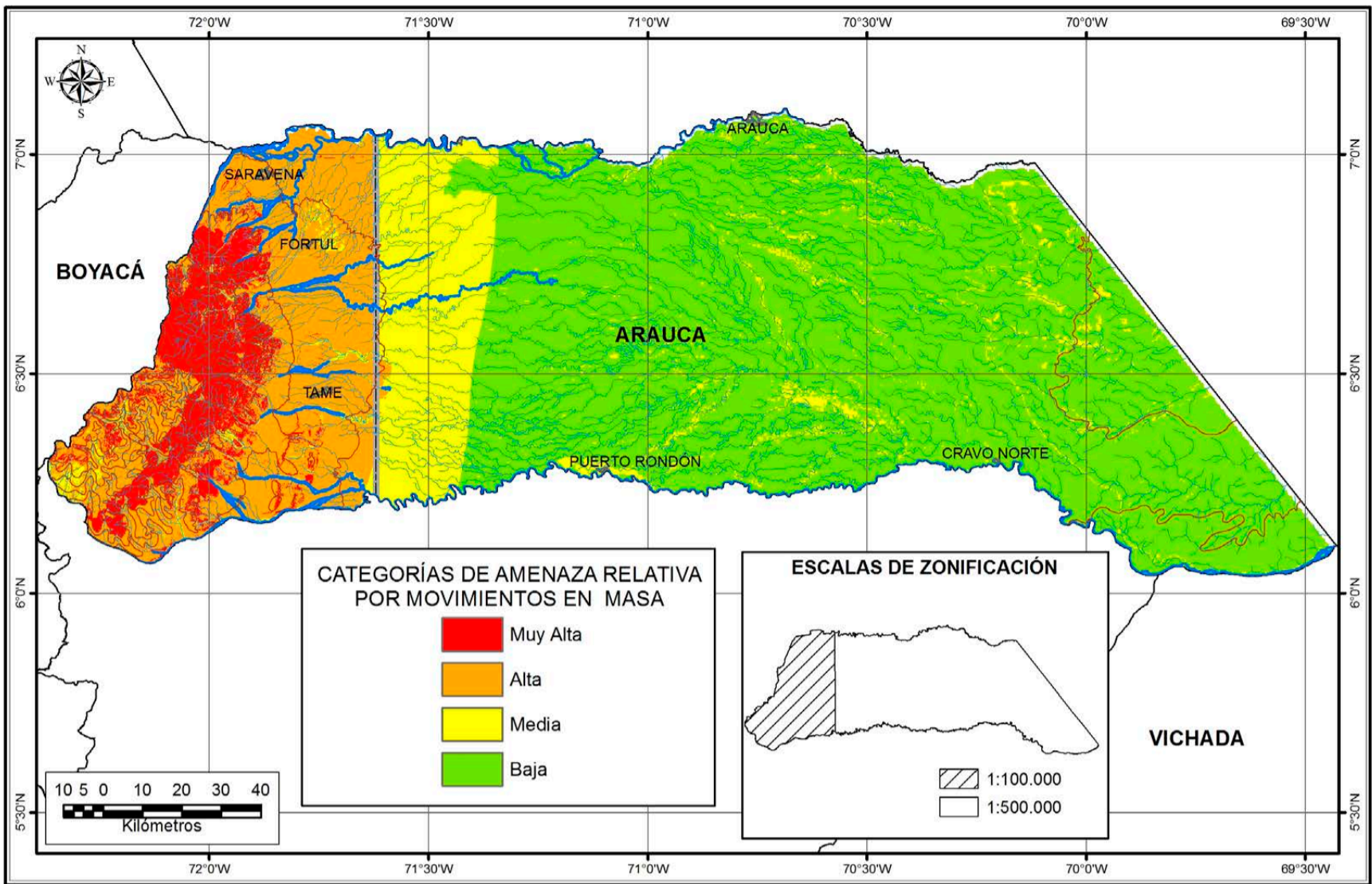
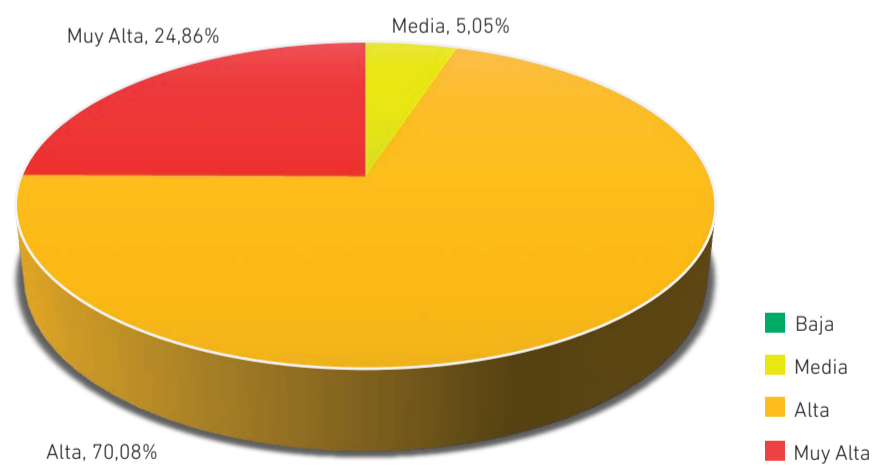


Gráfico 5. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad de las planchas del departamento de Arauca.



📍 **Mapa 15.** Mapa integrado de amenaza a los movimientos en masa del departamento de Arauca.



📊 **Gráfico 6.** Porcentajes de las categorías de amenaza de las planchas del departamento de Arauca.

masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Arauca (véanse fotografías 41 y 42).



Fotografía 40.

Deslizamiento traslacional planar de tierra, cerca de la vía La Salina-vereda Río Negro (municipio de Tame) (tomada por la UIS, 2013).



Fotografía 41.

Flujo de detritos, municipio de Toledo, vereda El Porvenir (clasificación y fotografía por Silvia Viviana Machuca, UIS, 2014).



Fotografía 42.

Movimiento en masa complejo, conformado por una caída de detritos y un flujo de detritos, municipio de Tame, El Pesebre (clasificación y fotografía por Jesús Rincón, UIS, 2014).



ATLÁNTICO

El departamento de Atlántico, en el norte del país, en la región Caribe, limita por el oriente con el río Magdalena, que entrega sus aguas al mar Caribe en territorio de este departamento. Está conformado por 23 municipios, tiene 2.517.897 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 3.386 km², superficie cubierta por cinco planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 42).



 **Figura 42.** Departamento del Atlántico y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000

Históricamente, el departamento de Atlántico se ha visto afectado por procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto a la población como la infraestructura y han generado importantes daños ambientales y económicos. Entre los movimientos en masa más antiguos registrados documentalmente se encuentra el ocurrido en el municipio de Piojó en 1916, el cual fue catalogado como un deslizamiento. Entre 1998 y 1999 se presentaron varios procesos de movimiento en masa, entre ellos deslizamientos rotacionales y flujos, en Salgar (municipio de Puerto Colombia), que generaron daños importantes a sus pobladores (véase fotografía 43).

Uno de los eventos más conocidos en el departamento lo constituye la inestabilidad de las laderas occidentales de la ciudad de Barranquilla. En la zona se realizó un estudio detallado de la amenaza por movimientos en masa (escala 1:5.000), que además de presentar la zonificación de amenaza y dar recomendaciones específicas para el manejo de las diferentes problemáticas generadas, concluye que las laderas de Barranquilla presentan una alta susceptibilidad a la inestabilidad (véase fotografía 44).

Se encontró además que entre los detonantes y los factores que contribuyen a los movimientos en masa están, en su orden, las lluvias intensas, los procesos erosivos, las características de los materiales –como el grado de meteorización, la permeabilidad y el grado de fisuramiento–, la intervención antrópica –por ejemplo, las deficiencias en los sistemas de drenaje, escapes de tuberías, deforestación y disposición deficiente de estériles y escombros (rellenos, botaderos)– (Ingeominas y Alcaldía de Barranquilla, 2011).

Existen 122 eventos de movimientos en masa reportados documentalmente para el departamento de Atlántico, de los cuales 57 cuentan con clasificación y localización precisa, presentándose registro de 55 en el municipio de Barranquilla. Entre los diferentes tipos de procesos registrados, los más frecuentes son los deslizamientos tipo rotacional y los flujos de lodo (véase gráfico 7).

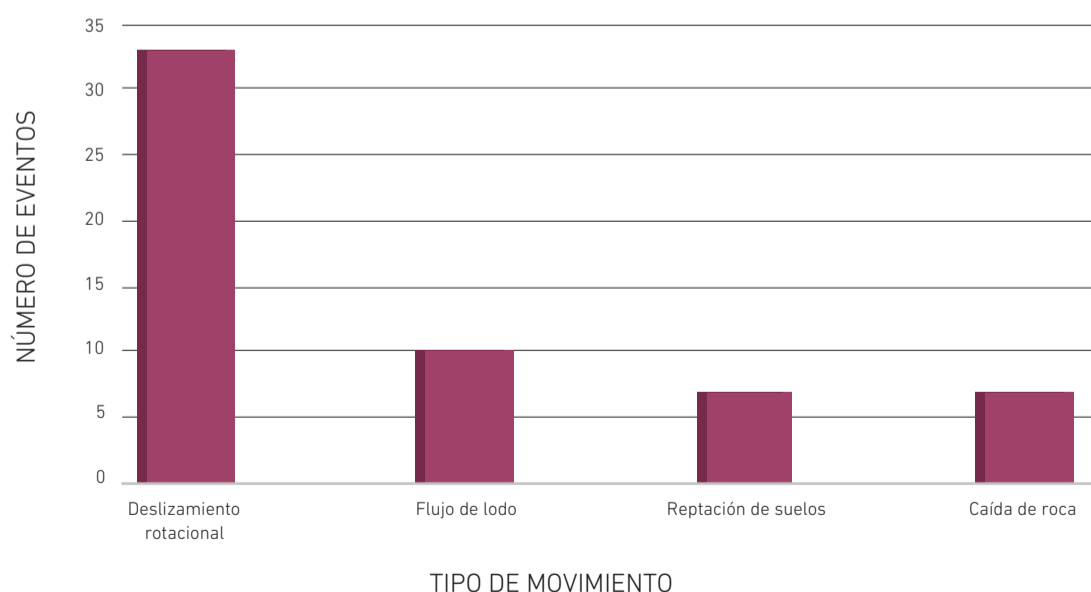


Gráfico 7. Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Atlántico.

La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 muestra las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo y ordenamiento territorial a nivel regional. De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, la categoría de susceptibilidad que predomina en el departamento de Atlántico es la media (61 %), presente en casi todos los municipios; la susceptibilidad alta predomina en las serranías de Tubará y Piojó, alcanza el 2 % (véanse gráfico 8 y mapa 16). Las categorías de amenaza que predominan son media y baja (74,15 % y 23,72 %) (véanse gráfico 9 y mapa 17).

Mapa 16. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento del Atlántico.



Fotografía 43. Detalle de uno de los procesos de inestabilidad en Salgar (municipio de Puerto Colombia) (tomada del estudio de Ingeominas, 1999).

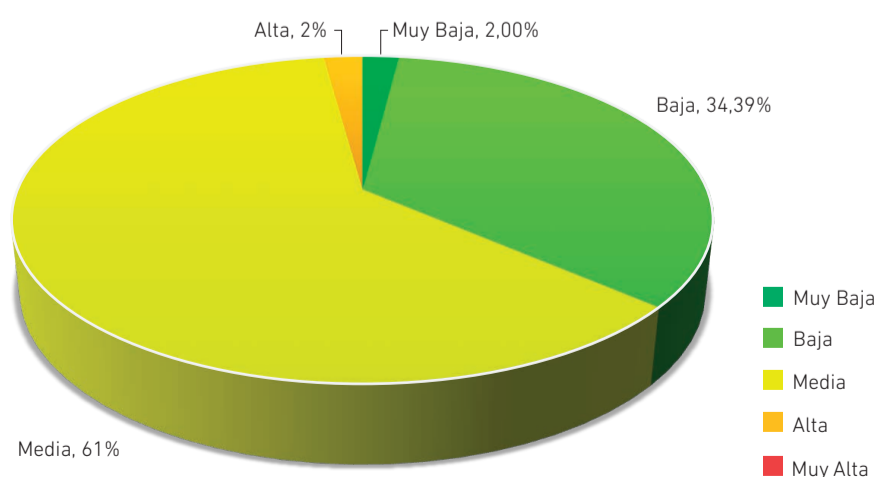
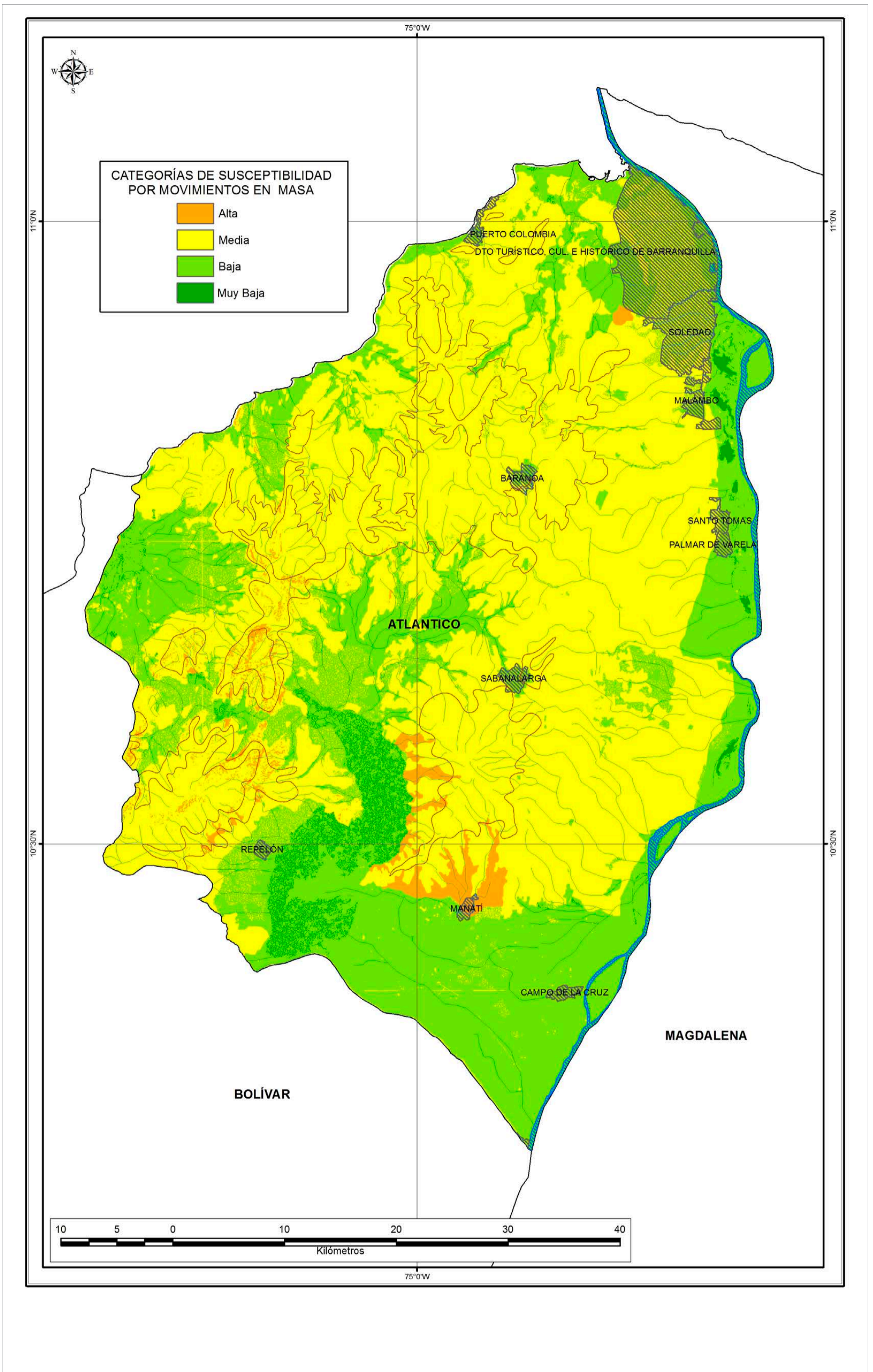
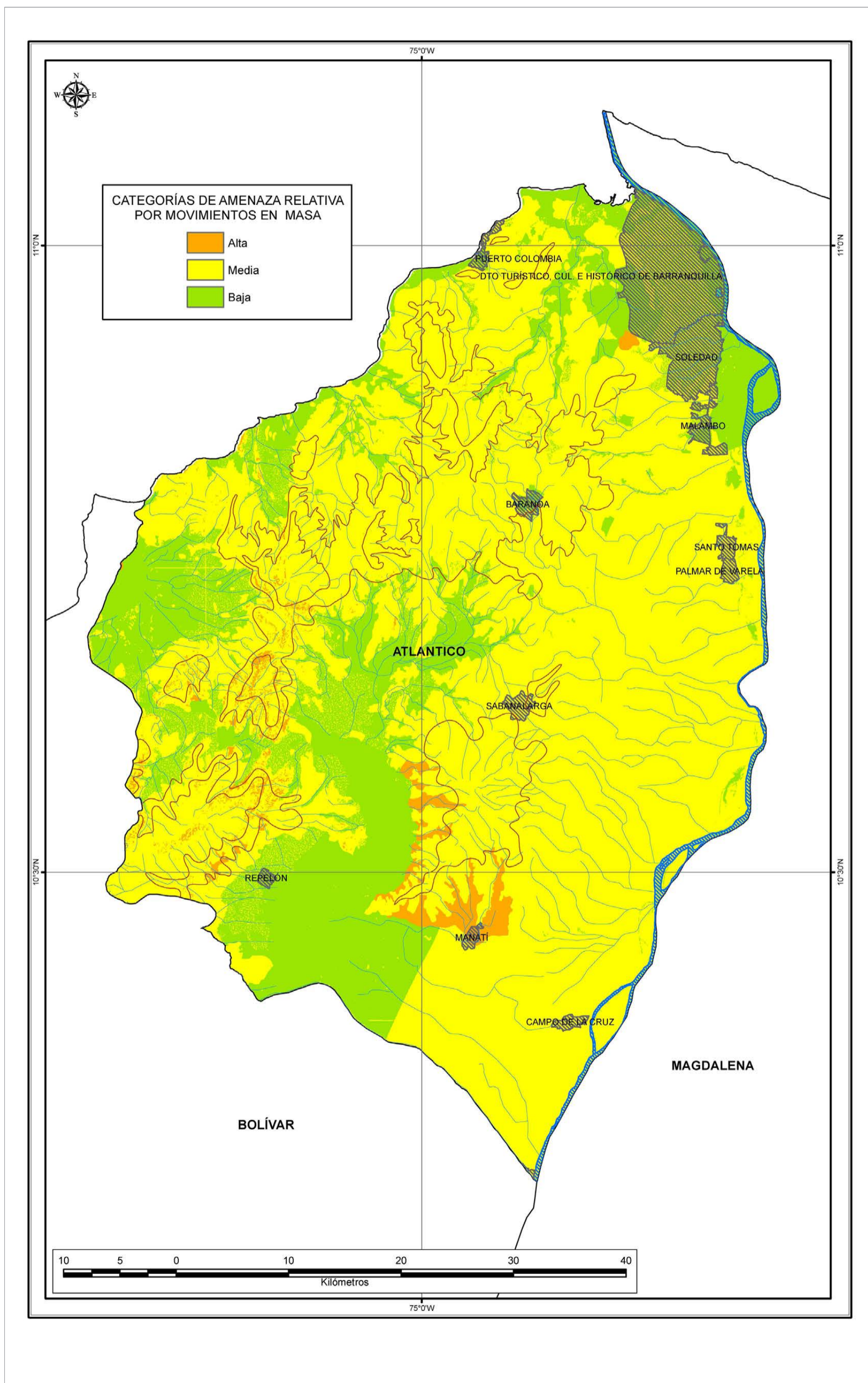
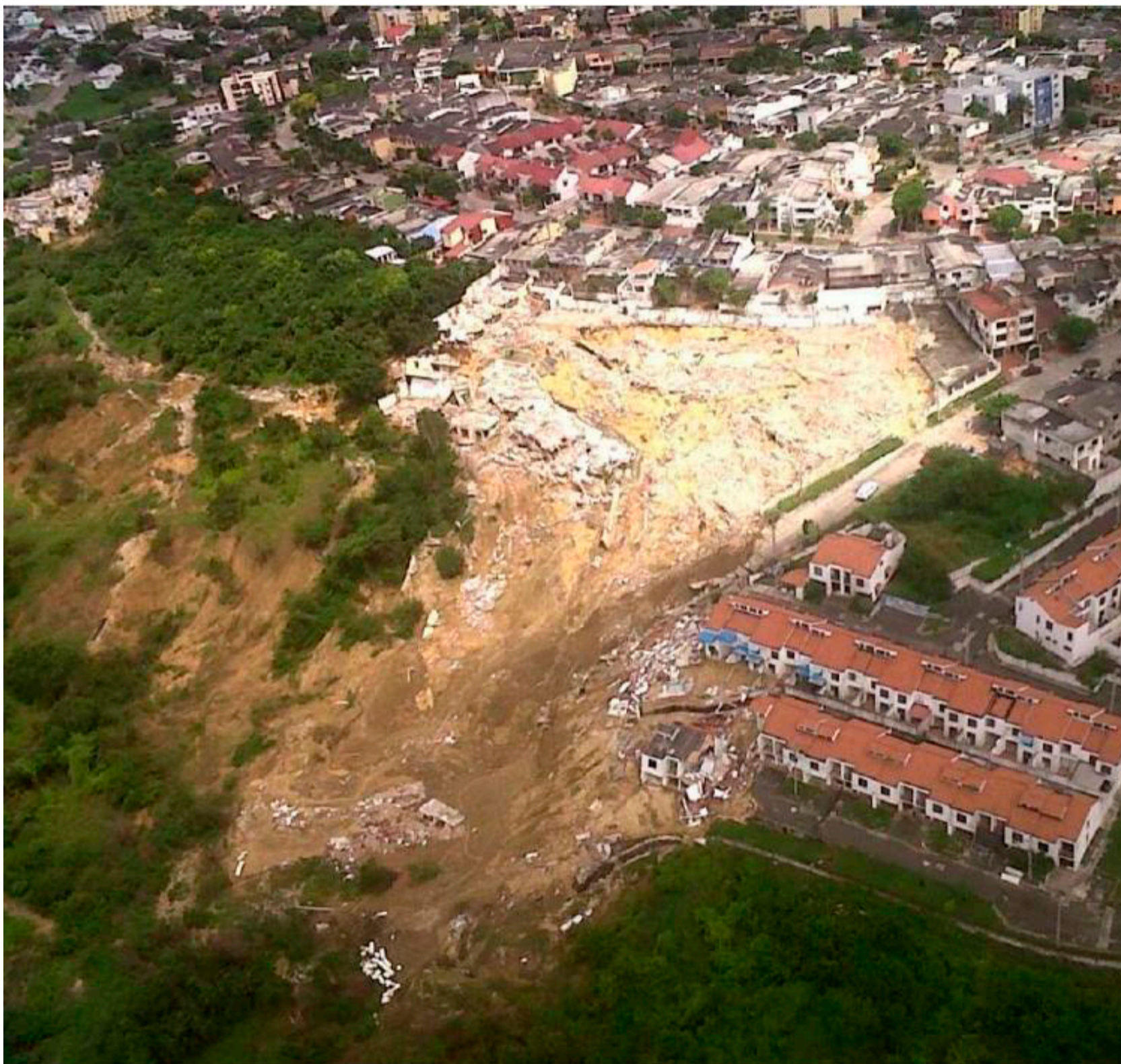


Gráfico 8. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento del Atlántico.







Fotografía 44.
 Importante afectación de la infraestructura de las laderas occidentales de la ciudad de Barranquilla (tomada del estudio de Ingeominas y Alcaldía de Barranquilla, 2010).

Mapa 17. Mapa de amenaza relativa del departamento de Atlántico.

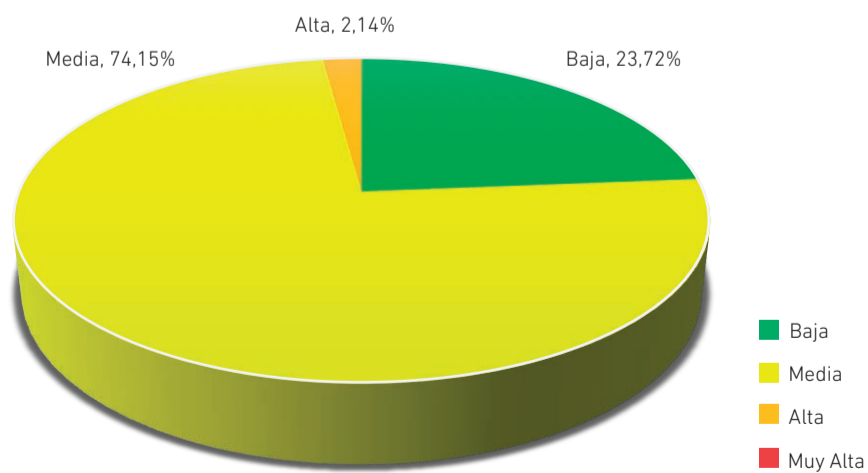
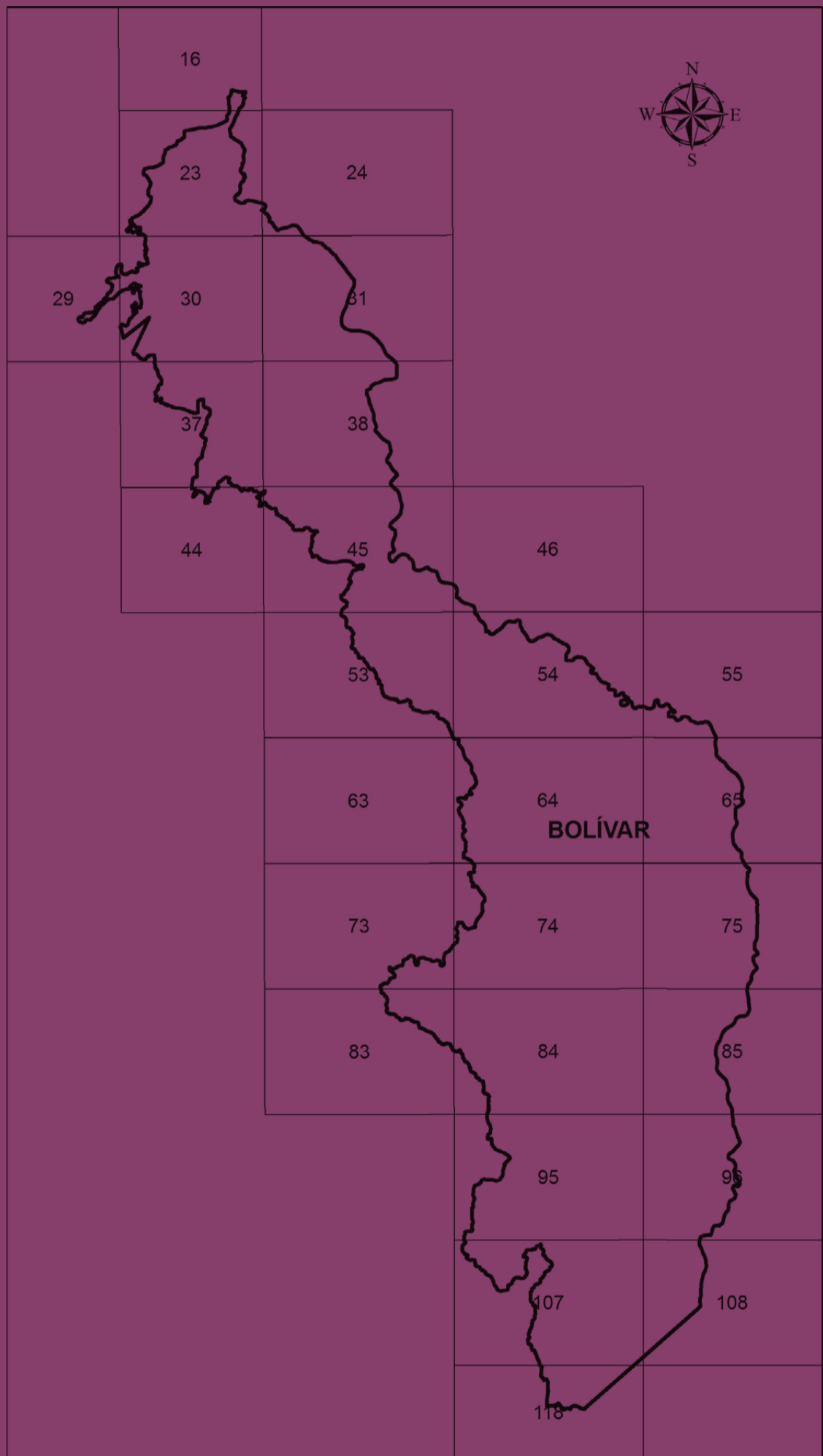



Gráfico 9. Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento del Atlántico.



BOLÍVAR

El departamento de Bolívar está en el norte del país, en la región Caribe; en su territorio se encuentran importantes rasgos geográficos, como las serranías de San Jacinto y Santa Rosa –en el norte–, la Depresión Momposina –en el centro– y la serranía de San Lucas –en el sur–. Está conformado por 48 municipios, tiene 2.146.696 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 25.978 km², superficie cubierta por 28 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 43).



 **Figura 43.** Departamento de Bolívar y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

Históricamente, en el departamento de Bolívar se han reportado pequeños movimientos en masa que han afectado principalmente economías e infraestructuras locales. Entre los eventos más antiguos documentados se encuentra el ocurrido en el municipio de Cartagena de Indias en 1938, clasificado como deslizamiento. Recientemente, en el 2012, se presentó un flujo de lodos cerca de la vía que de Guayabal conduce a Los Canelos, aproximadamente a 150 m de esta última población, en el municipio de Santa Rosa del Sur (véase fotografía 45).

En el departamento de Bolívar existen 272 casos registrados, de los cuales 89 presentan clasificación y localización precisa. Entre los diferentes tipos de procesos registrados predominan los deslizamientos traslacionales, que se reportan principalmente en el municipio de Santa Rosa del Sur (véase gráfico 10).

De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, la categoría de susceptibilidad que predomina en el departamento de Bolívar es la media (69 %), se distribuye de manera uniforme en todas las regiones que conforman el departamento; la susceptibilidad alta está localizada principalmente en la parte occidental de la serranía de San Lucas, sur de la región de La Mojana, y en la serranía de San Jerónimo, en las regiones de los Montes de María y El Dique, presenta un porcentaje del 2 % (véanse gráfico 11 y mapa 18). La amenaza muy alta –muy escasa– aparece en los municipios de Santa Rosa del Sur, Montecristo y Rioviejo; la amenaza alta (10,42 %) predomina en la serranía de San Lucas en las regiones de La Mojana y Magdalena Medio y en el norte en el municipio de Villanueva, siendo Montecristo el municipio con mayor porcentaje de su territorio (55,53) en esta categoría. La amenaza media (78,33 %), categoría que predomina, se distribuye uniformemente en todas las regiones (véanse gráfico 12 y mapa 19).

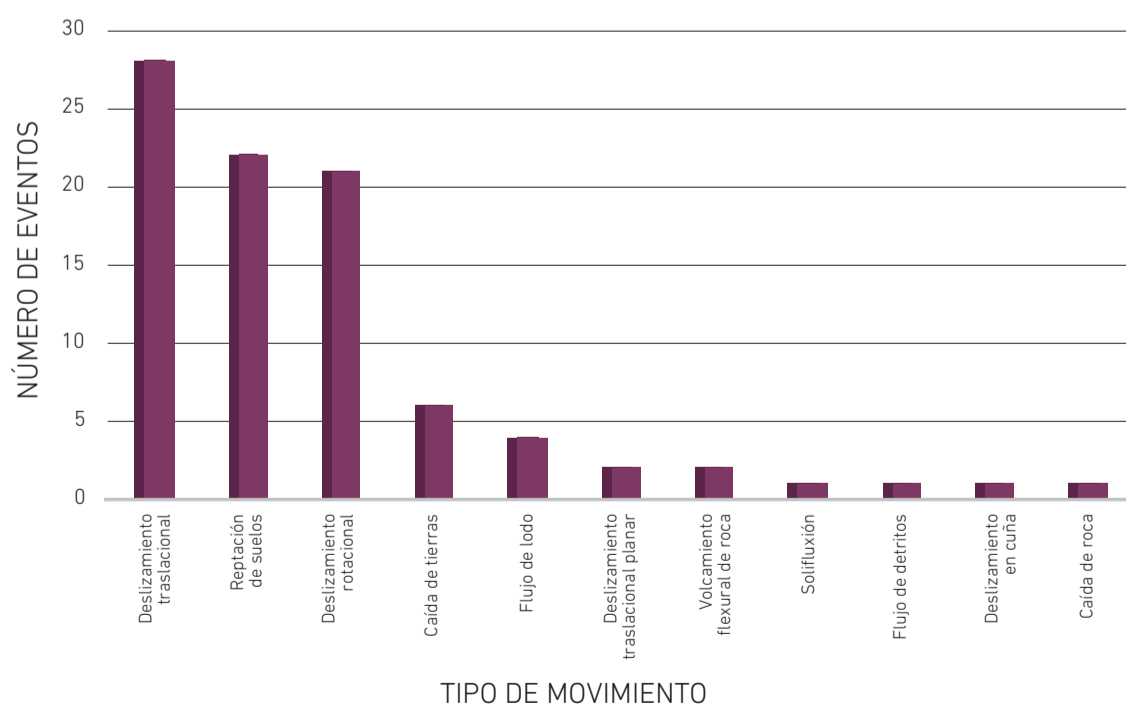


Gráfico 10. Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Bolívar.

La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 muestra las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo y ordenamiento territorial a nivel regional.

A manera de ejemplo, se presenta uno de los procesos de movimientos en masa inventariado en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Bolívar (véase fotografía 46).

Mapa 18. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Bolívar.



Fotografía 45. Panorámica del sitio donde se presentó el movimiento en masa tipo flujo de lodo, municipio Santa Rosa del Sur, vereda Los Canelos (clasificación y fotografía por Jesús David Gómez Gómez, Unipamplona, 2014).

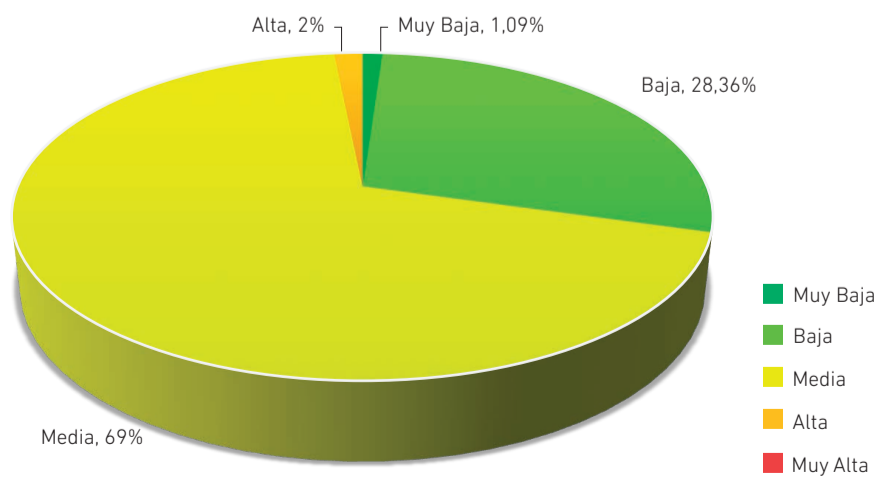
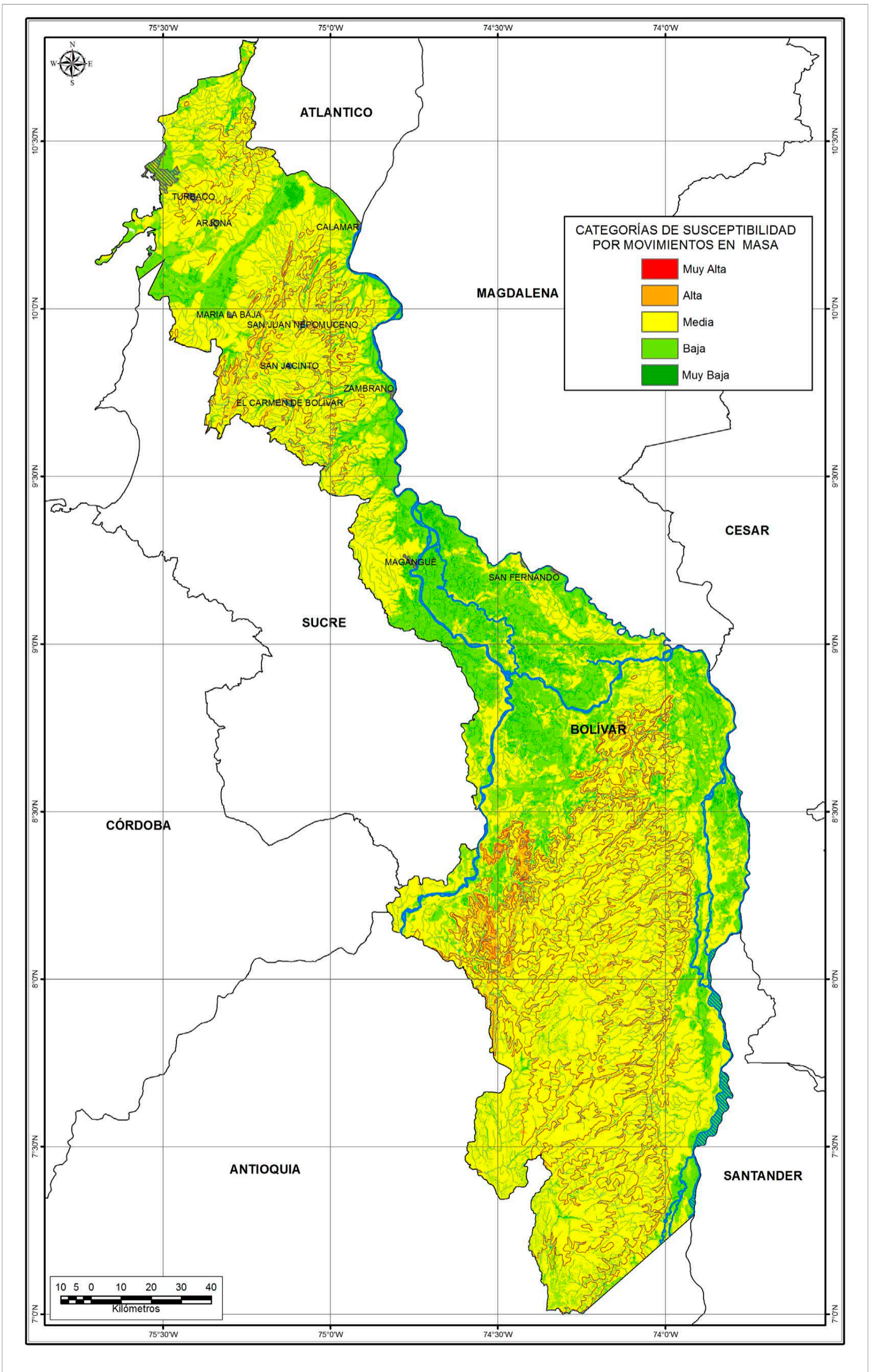
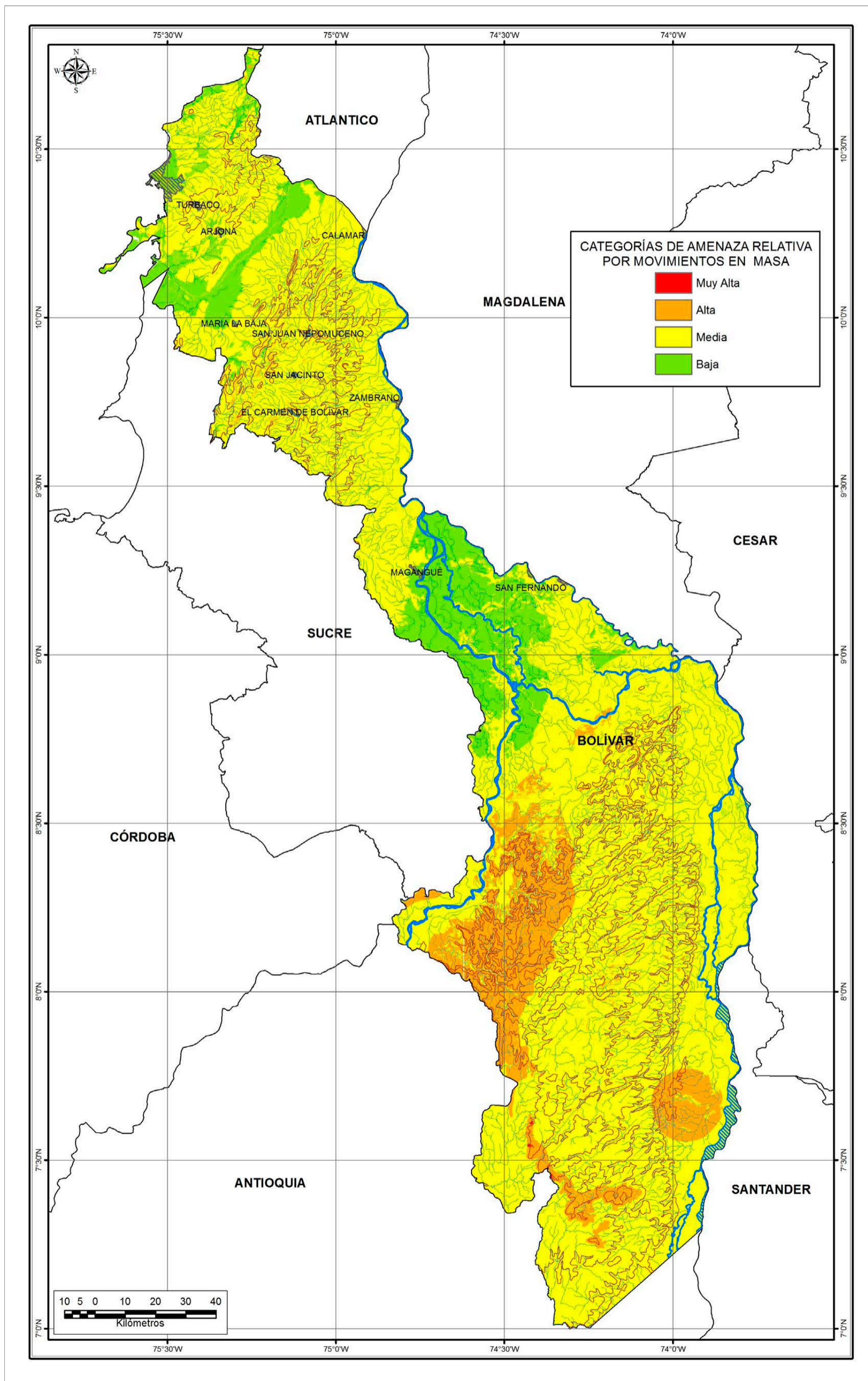


Gráfico 11. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Bolívar.







Fotografía 46.
 Movimiento en masa múltiple conformado por un deslizamiento traslacional y un flujo de detritos, municipio Santa Rosa del Sur (clasificación y fotografía por Jesús David Gómez Gómez, Unipamplona, 2014).

Mapa 19. Mapa de amenaza relativa del departamento de Bolívar.

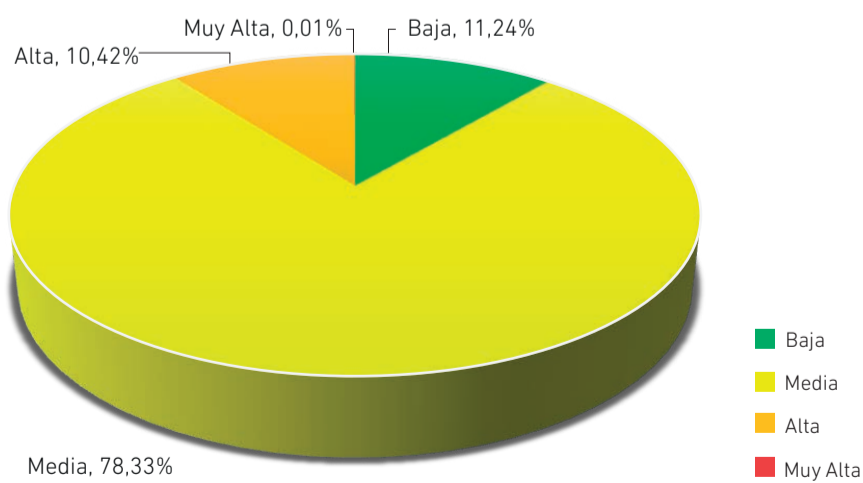
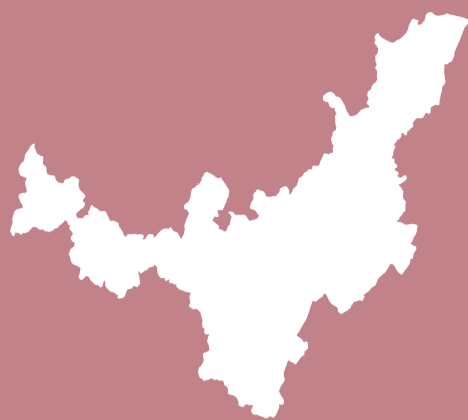
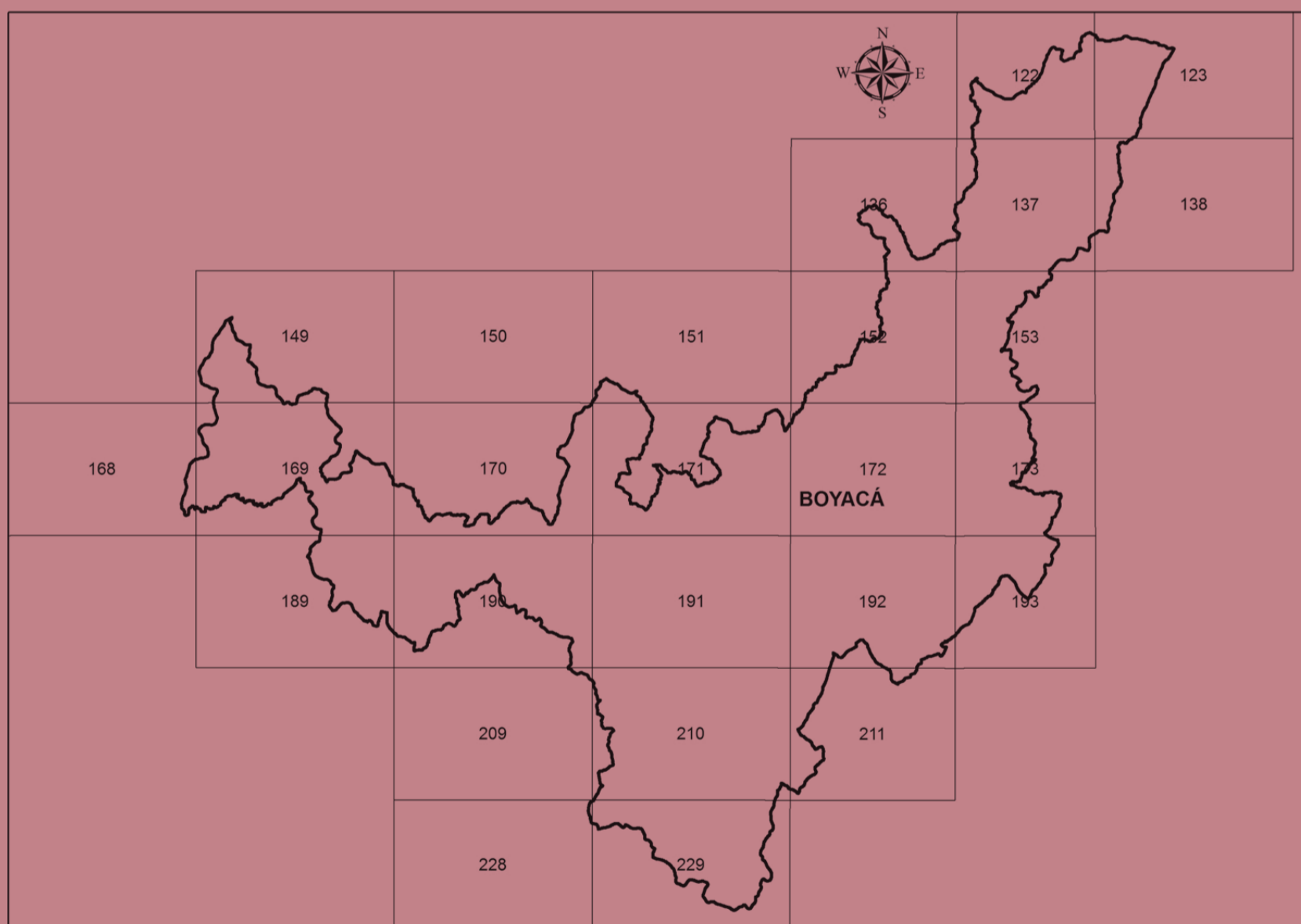



Gráfico 12. Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Bolívar.



BOYACÁ

El departamento de Boyacá, en el centro nororiental del país, en la cordillera Oriental, cuenta con importantes elementos geográficos, como el Valle Medio del Río Magdalena, la cordillera Oriental, el Altiplano Cundiboyacense y el piedemonte de los Llanos Orientales. Está conformado por 123 municipios, tiene 1.279.955 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 23.189 km², superficie cubierta por 26 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 44).



 **Figura 44.** Departamento de Boyacá y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

Históricamente, el territorio boyacense se ha visto afectado por procesos de desestabilización de laderas que han afectado a la población y a su infraestructura. Entre los movimientos en masa más antiguos para esta región se encuentra el deslizamiento que afectó al municipio de Socha el 16 de enero 1922. En Paz del Río, el 15 de noviembre 1933 se presentaron un deslizamiento y flujo de detritos, provocados por socavación lateral de la quebrada Colorada, que causaron la destrucción del poblado. Recientemente, el 10 de agosto de 2016, en el municipio de Garagoa, un proceso de reptación de suelos desvió el cauce de la quebrada El Tejar; una posible implicación de este proceso puede ser el represamiento de la quebrada y posterior rompimiento de la presa, que afecta zonas situadas aguas abajo del punto del daño causado (véase fotografía 47). Otro evento significativo ocurrió el 26 de octubre de 2016 en el municipio de Tenza, se presentó un movimiento en la zona urbana de la vereda El Volcán, que afectó vías y viviendas.

De los 813 casos de movimientos en masa reportados documentalmente para el departamento, 188 presentan una clasificación y localización precisa, siendo más comunes, entre los diferentes tipos de procesos reportados, los deslizamientos traslacionales y rotacionales, los cuales se registran de manera análoga en casi todos los municipios del departamento de Boyacá (véase gráfico 13).

La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 muestra las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo y ordenamiento territorial a nivel regional. Los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa muestran que la categoría de susceptibilidad que predomina en el departamento de Boyacá es la media (61 %), principalmente en las provincias de Gutiérrez, Norte y Valderrama, y en menor porcentaje en Tundama, Sugamuxi, La Libertad, Centro, Occidente, Neira y Lengupá. La susceptibilidad alta se distribuye uniformemente en todo las regiones del departamento, presenta un 36 % (véase gráfico 14 y mapa 20).

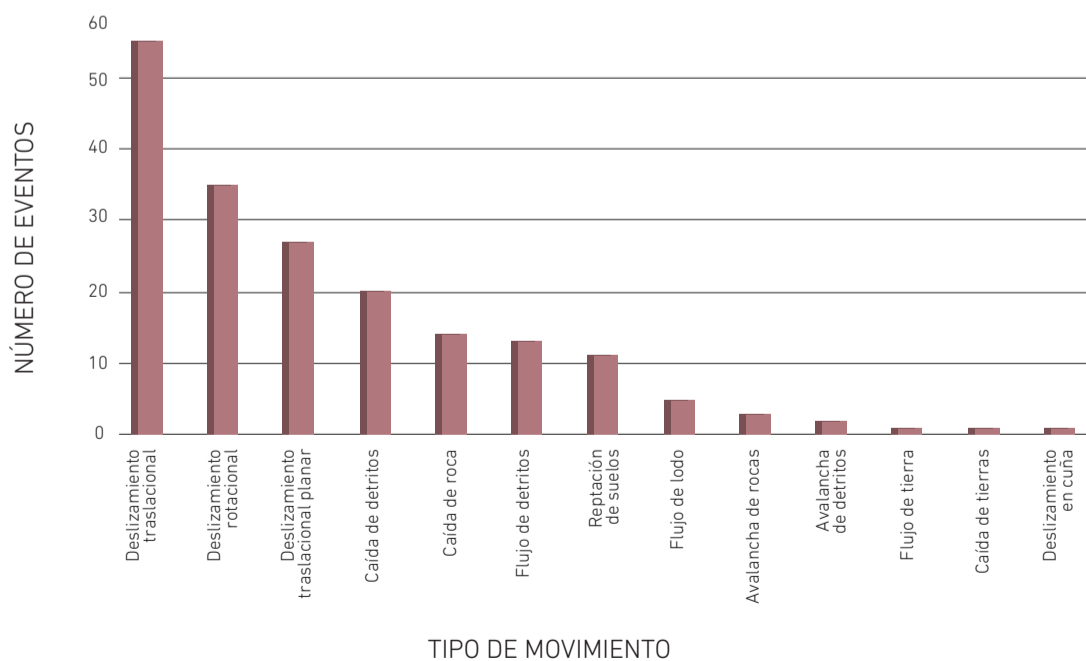
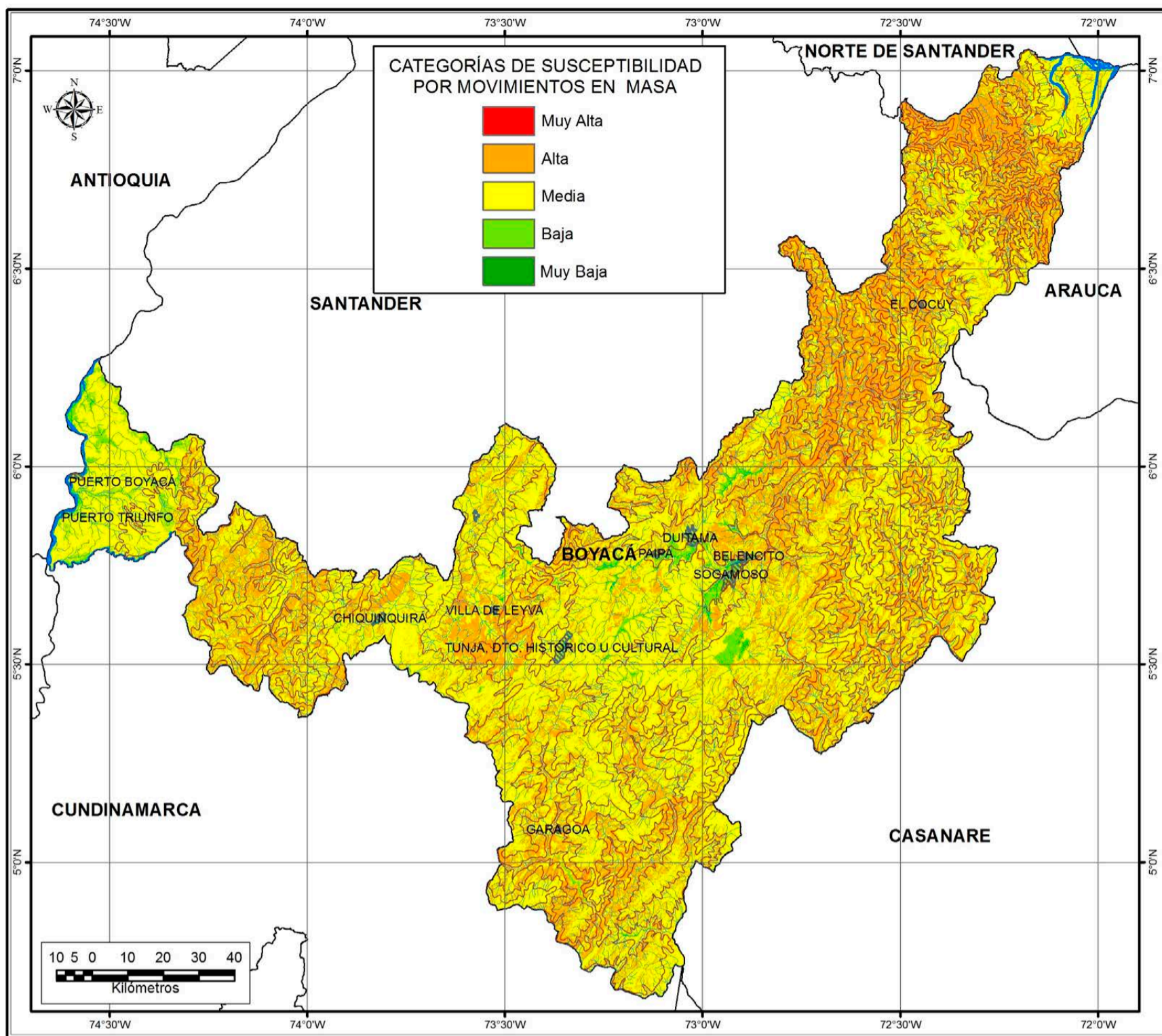


Gráfico 13. Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Boyacá.



Mapa 20. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Boyacá.

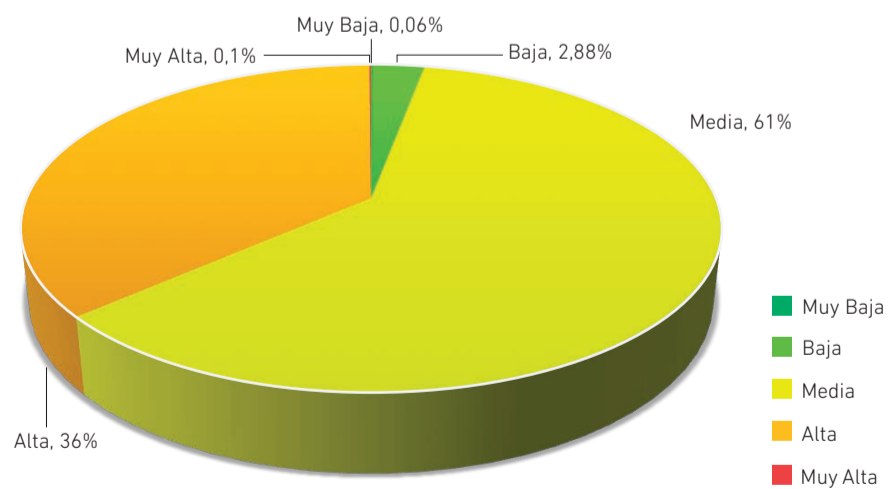
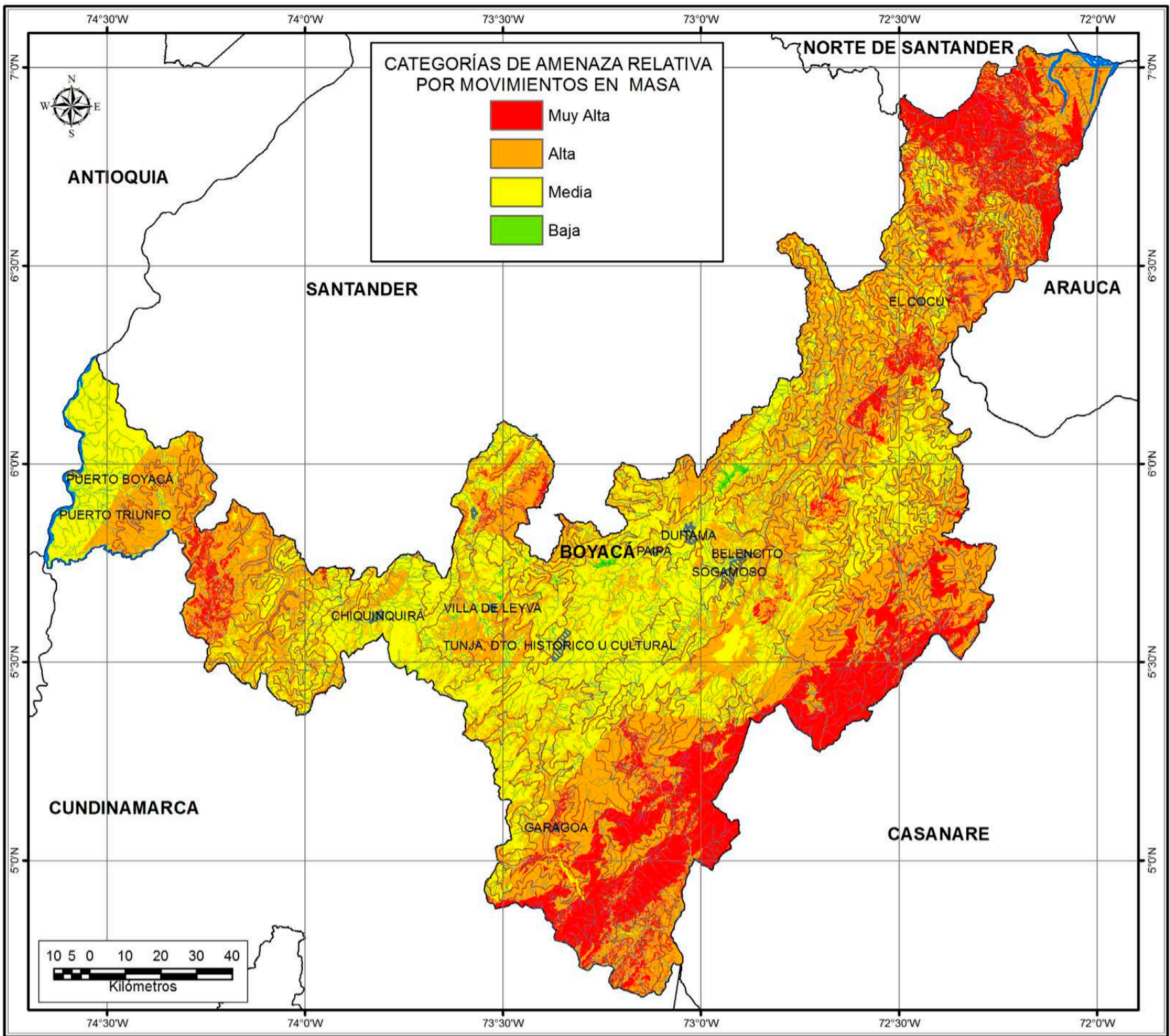
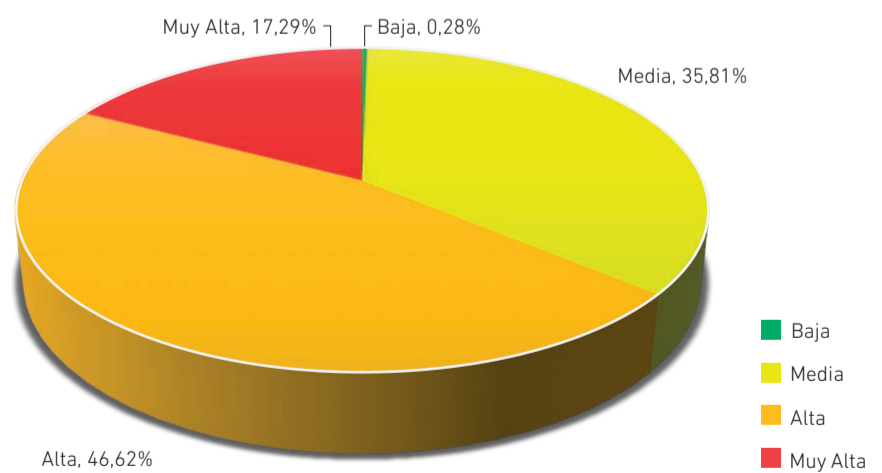


Gráfico 14. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Boyacá.



Mapa 21. Mapa de amenaza relativa del departamento de Boyacá.


Gráfico 15. Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Boyacá.



La amenaza muy alta (17,29 %) predomina en los municipios del borde llanero, en la provincia de Gutiérrez y en menor porcentaje en las provincias de Valderrama y Occidente; los municipios de Páez, Pajarito y Chivor presentan más de un 80 % de su territorio en esta categoría. La amenaza alta, la de mayor porcentaje en el departamento (46,62), la tienen zonas aledañas a la anterior categoría. La amenaza media, en el centro, sur y occidente del departamento, llega al 35,81 % (véanse gráfico 15 y mapa 21).

En el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Boyacá, se inventariaron numerosos procesos de movimientos en masa; a continuación se presentan algunos (véanse fotografías 48 y 49).



 **Fotografía 47.**
Proceso de reptación de suelos en el predio El Hallazgo del municipio de Garagoa (fuente: Corpochivor, 2016).



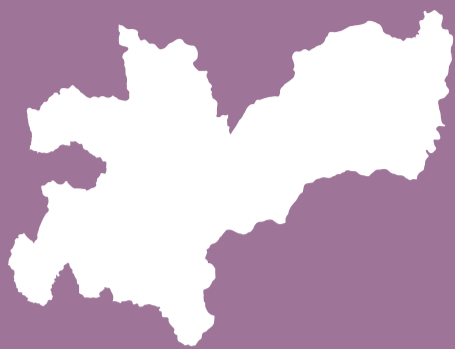
Fotografía 48.

Deslizamiento traslacional y caída de detritos, municipio de Jericó (clasificación y fotografía por Milena Polo, SGC, 2012).



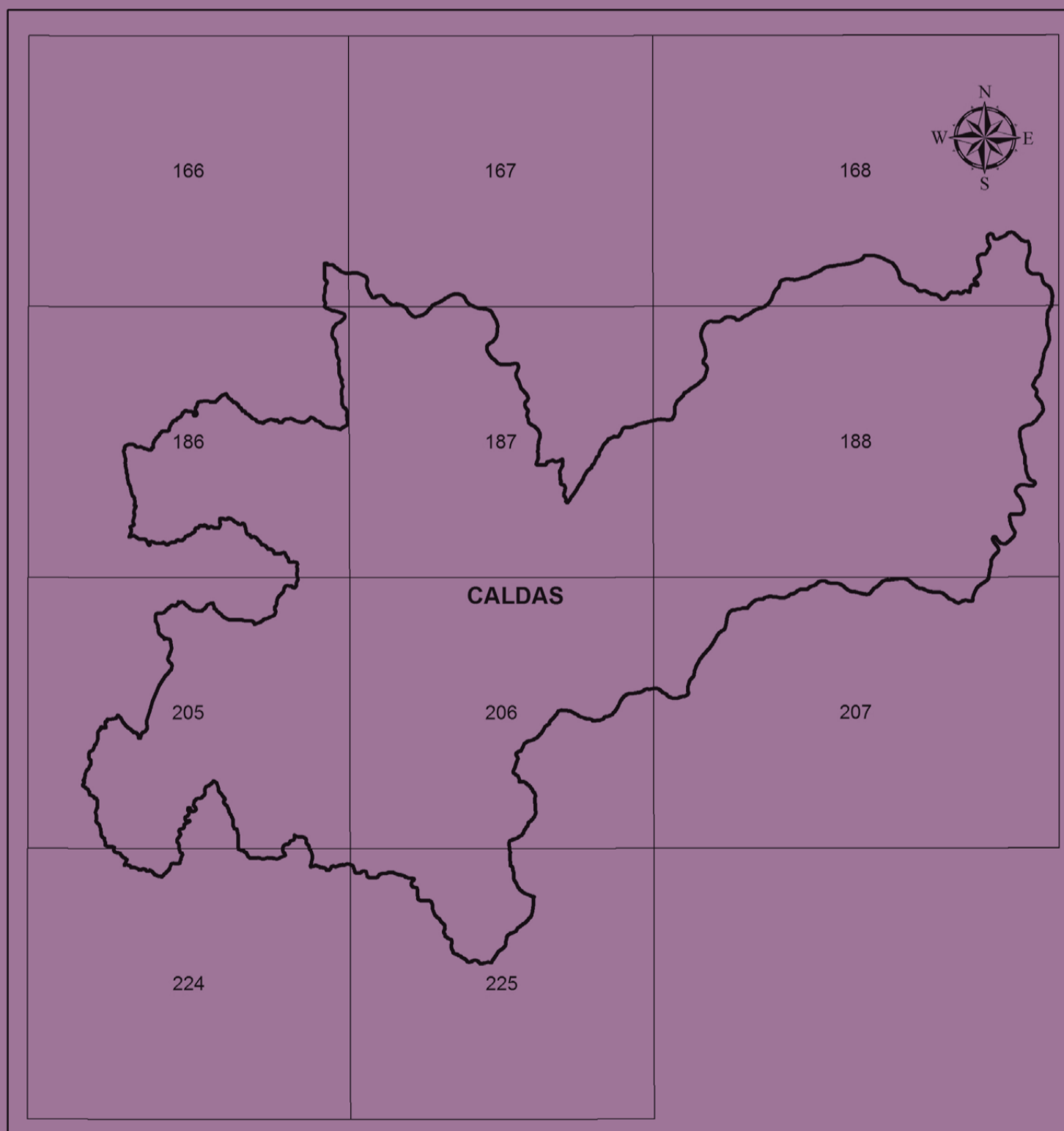
Fotografía 49.


Movimiento en masa tipo flujo y crecida de detritos, municipio de Susacón (clasificación y fotografía por Hárold Moya, SGC, 2013).



CALDAS

El departamento de Caldas está en el centro del país, su territorio se localiza principalmente sobre la cordillera Central; al oriente se encuentra el valle del río Magdalena y al occidente la cordillera Occidental, separada de la Central por el río Cauca. Está conformado por 27 municipios, tiene 991.860 habitantes (proyección 2017, DANE, 2007) y 7.888 km², superficie cubierta por 11 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 45).



 **Figura 45.** Departamento de Caldas y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

Históricamente, el territorio caldense se ha visto afectado por procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto población como infraestructura. Entre los movimientos en masa más antiguos registrados documentalmente, se encuentran el ocurrido en el municipio de Manizales en 1901 y el que se presentó en el municipio de Marmato en 1916. Desde este hecho ha habido recurrentemente deslizamientos, desprendimientos y hundimientos, asociados a la extracción de oro en la región.

El 5 de noviembre de 2011, en el barrio Cervantes de la ciudad de Manizales, hubo un movimiento en masa que causó la pérdida de 46 vidas y afectación de 16 viviendas. El movimiento inició con una caída de tierra y posteriormente se transformó en un flujo de tierra; el principal causante fue el escape de agua de tuberías del sector (véanse fotografías 50 y 51).

De 720 casos reportados, 150 presentan clasificación y localización precisa, siendo los más comunes, entre los diferentes tipos de procesos registrados, los deslizamientos y las caídas de materiales térreos (véase gráfico 16).

La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo. De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, en el departamento se presenta predominio de la categoría susceptibilidad media (59,2 %), seguida de la susceptibilidad alta (37,45 %); esta última especialmente en la zona central del departamento, que corresponde a los municipios ubicados en la cordillera Central. La susceptibilidad media predomina en los municipios del occidente y el oriente (véanse gráfico 17 y mapa 22).

La amenaza muy alta (3,84 %) se presenta especialmente en los municipios de Marquetalia, Samaná, Pensilvania y Manzanares –en el centrooriente del departamento– y en Neira y Villamaría –en el sur–. Marquetalia tiene el mayor porcentaje (78,38) del área de su municipio en esta categoría de amenaza.

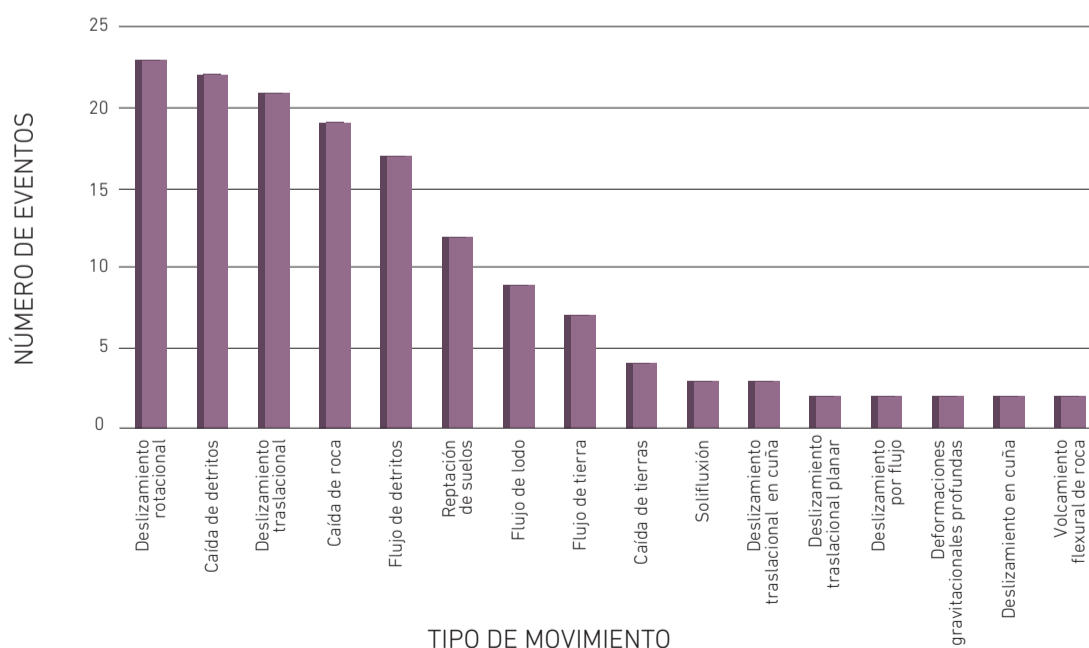
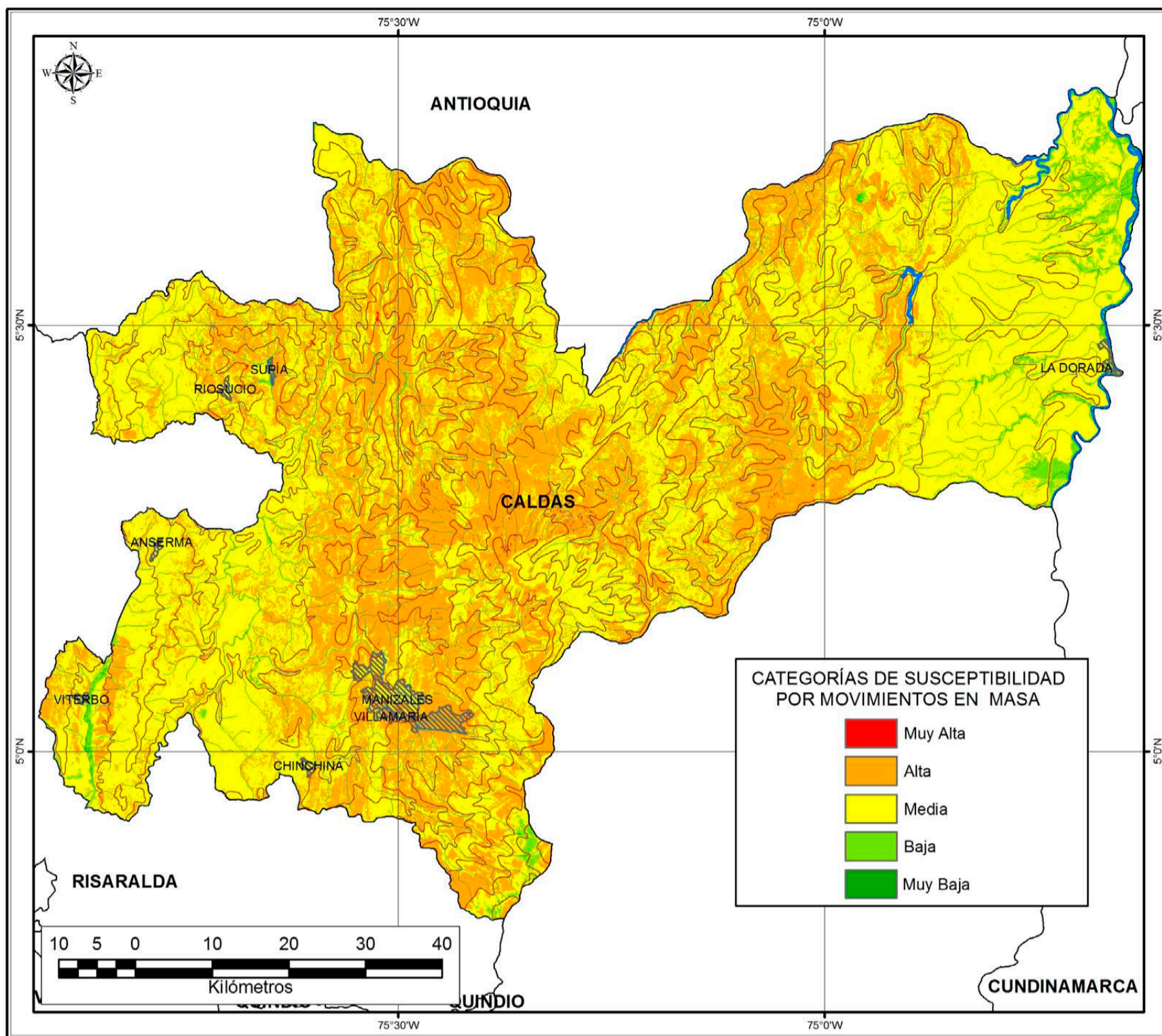


Gráfico 16. Frecuencia de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Caldas.



Mapa 22. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Caldas.

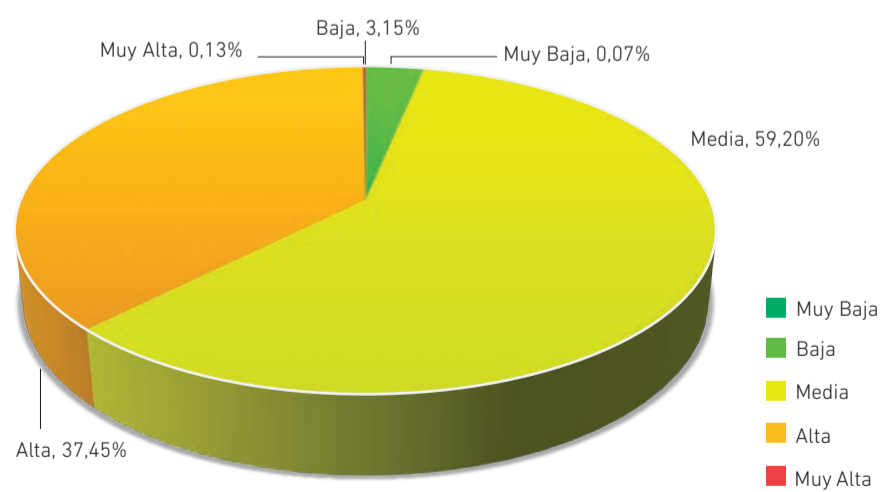
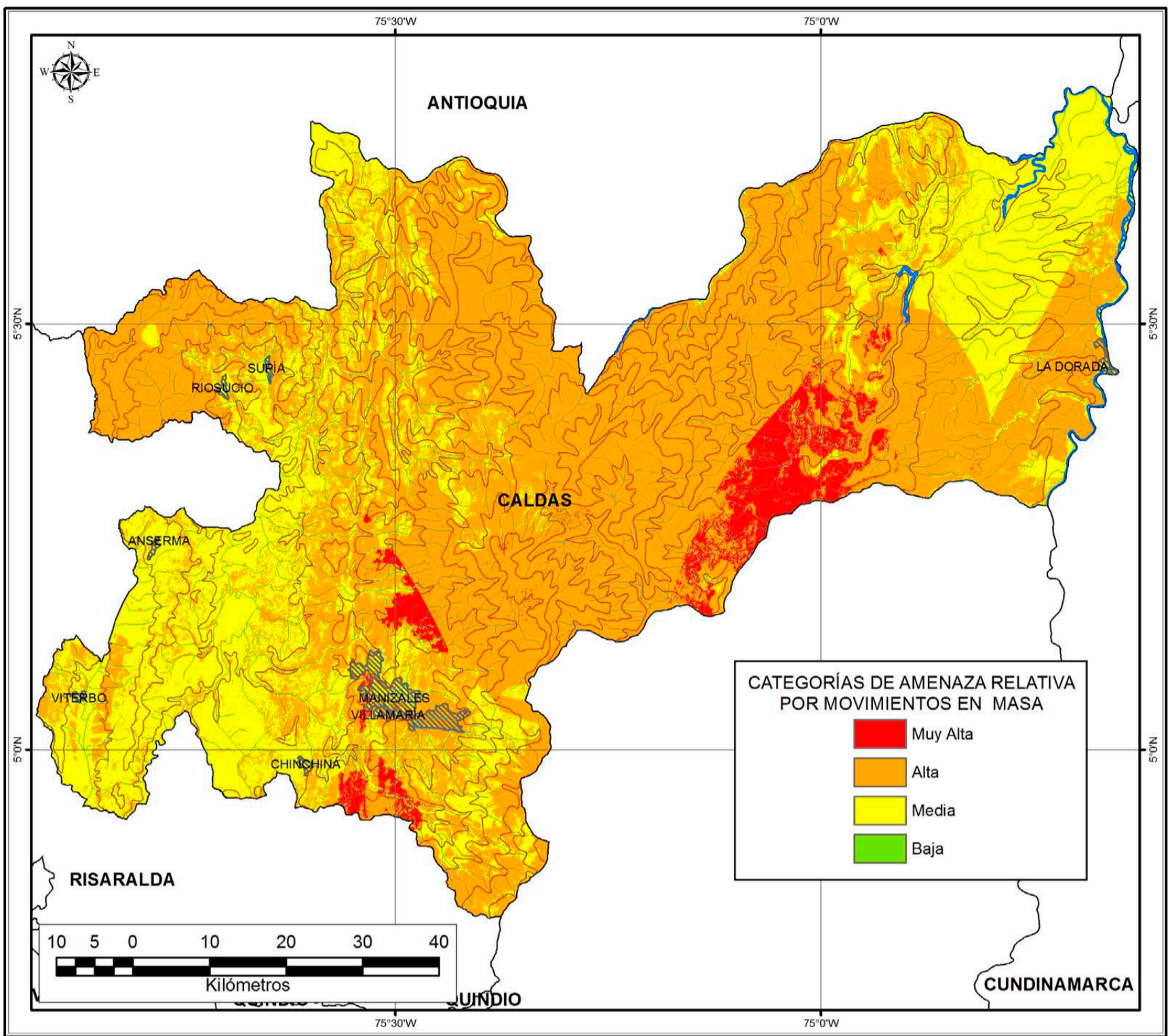
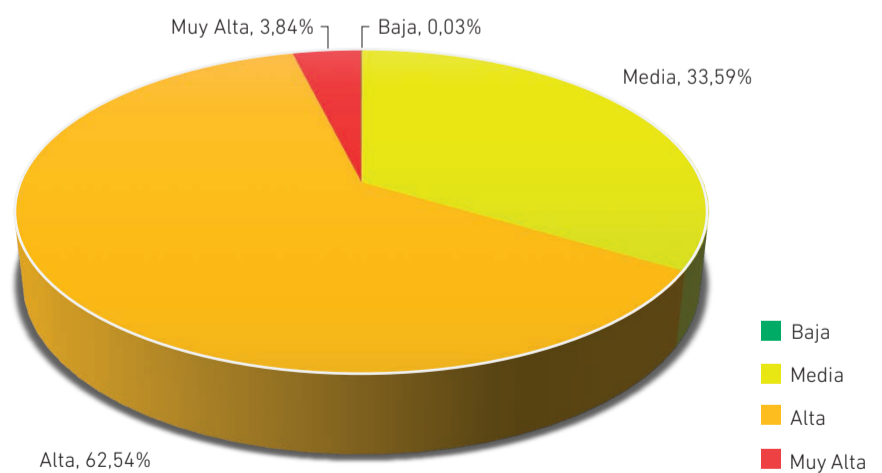


Gráfico 17. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Caldas.



Mapa 23. Mapa de amenaza relativa del departamento de Caldas.

Gráfico 18. Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Caldas.



La amenaza alta (62,54 %) existe en todos los municipios del departamento; Marulanda cuenta con el mayor porcentaje (96,86) de su territorio en esta categoría. La amenaza media (33,56 %) se encuentra principalmente en los municipios de los valles de los ríos Cauca y Magdalena, en el oriente (véanse gráfico 18 y mapa 23).

A manera de ejemplo, se presentan algunos eventos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Caldas (véanse fotografía 52).





Fotografía 50.

Movimiento en masa complejo, conformado por una caída de tierra y un flujo de tierra en el barrio Cervantes, municipio de Manizales (tomada por el geólogo Gustavo Trejos, SGC, 2011).





 **Fotografía 51.** Movimiento en masa complejo conformado por una caída de tierra y un flujo de tierra en el barrio Cervantes, municipio de Manizales (tomada por el geólogo Gustavo Trejos, SGC, 2011).

 **Fotografía 52.** Movimiento en masa tipo flujo de lodo, municipio de Manizales (tomada por Jhon Jairo Porras, UPTC, 2013).





CAQUETÁ

El departamento de Caquetá, en el suroriente del país, en el piedemonte oriental de la cordillera Oriental, está conformado por 16 municipios, cuenta con 490.056 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 88.965 km², superficie cubierta por 14 planchas IGAC escala 1:100.000 y parte de 5 planchas escala 1:500.000 (véase figura 46). En el proyecto se zonificaron las 14 planchas escala 1:100.000, equivalente a un 18,06 % del territorio departamental, 16.067 km² aproximadamente (véase gráfico 19). El 81,94 % de su área cuenta con la versión actualizada del Mapa de Amenaza escala 1:500.000.

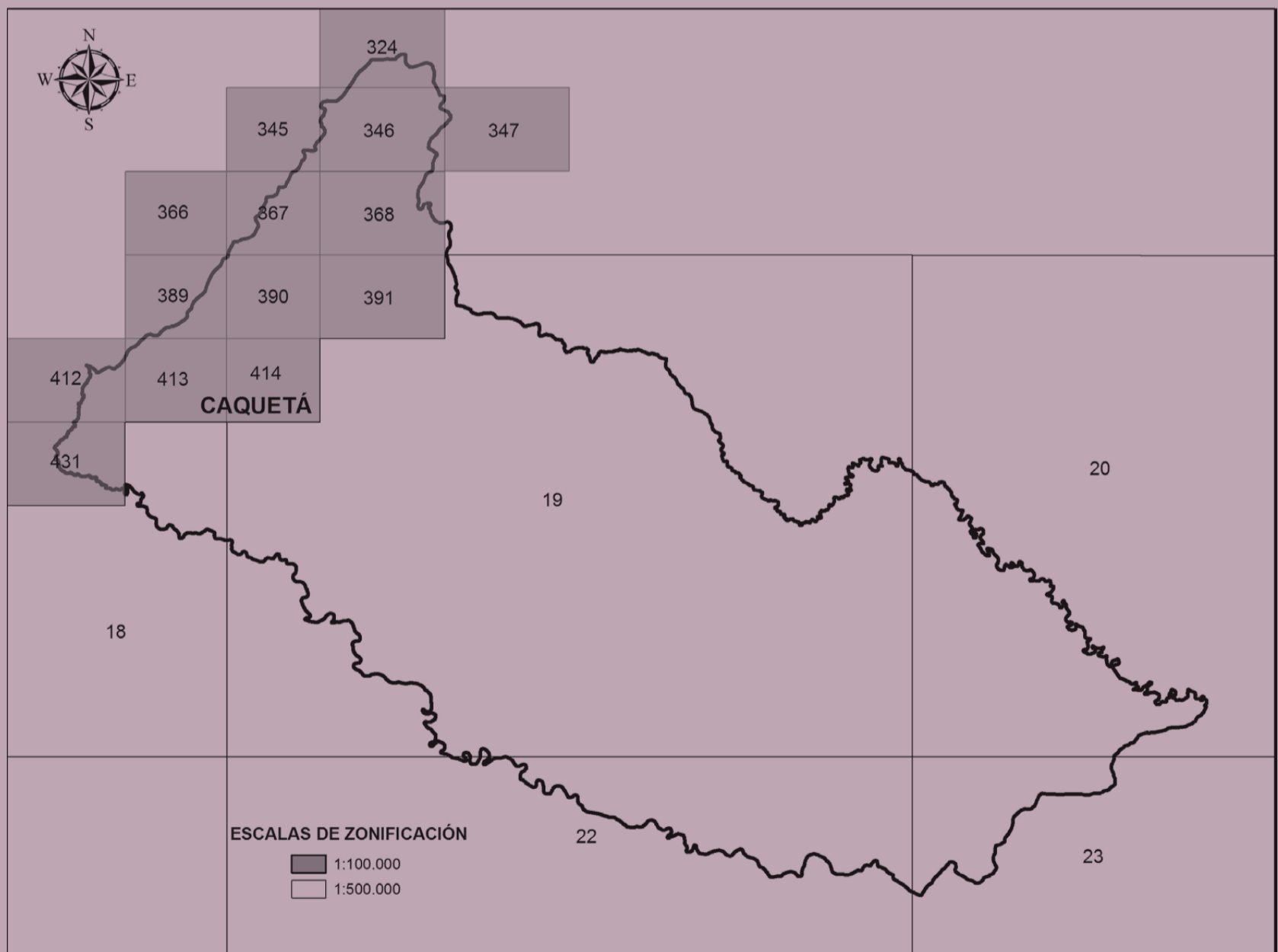


Figura 46. Planchas escala 1:100.000 del departamento de Caquetá que hicieron parte del proyecto mapa nacional de amenaza.

Este departamento ha tenido procesos de movimientos en masa, causando desestabilización del terreno y afectación a la población y a importante infraestructura. Entre los procesos más antiguos registrados documentalmente se encuentran un flujo y una avalancha de detritos, ocurridos en el año 1919 en el municipio de Puerto Rico. El 4 de octubre de 1999 se presentaron procesos en el municipio de Florencia detonados por intensas lluvias; un flujo y una avalancha de detritos destruyeron cultivos en la vereda Alto Quebradón, dejaron 39 personas heridas y cobraron la vida de otras 18.

De los 68 eventos reportados para el departamento de Caquetá, 41 cuentan con información detallada de tipo, localización, causas, daños, entre otros datos. De los diferentes tipos de procesos registrados, la reptación de suelos y los deslizamientos rotacionales se presentan con más frecuencia, afectando principalmente a los municipios de Puerto Rico y El Doncello (véase gráfico 20).

La zonificación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.00 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo. Las estadísticas que se muestran en este documento corresponden a las 14 planchas escala 1:100.00 que se zonificaron en el proyecto mapa nacional, tanto para la susceptibilidad como para la amenaza. Si se desea consultar el resto de las planchas de amenaza, se debe remitir al mapa nacional de amenaza escala 1:500.000 (SGC, 2016).

Los resultados del proyecto muestran que la categoría de susceptibilidad que predomina en el departamento de Caquetá es la media (72,36 %), principalmente en el oriente y suroriente de los municipios de San José del Fragua, Belén de los Andaquíes, Morelia, Florencia, Puerto Rico, El Doncello, San Vicente del Caguán, El Paujil y Montañita. Este rango de susceptibilidad predomina en las zonas topográficamente más bajas de los ríos que drenan estas zonas. La susceptibilidad alta (25,74 %) se localiza en la vertiente oriental de la de la cordillera Oriental, más precisamente en las zonas de ladera de los municipios de San José del Fragua, Belén de los Andaquíes, Morelia, Florencia, Puerto Rico, El Doncello, San

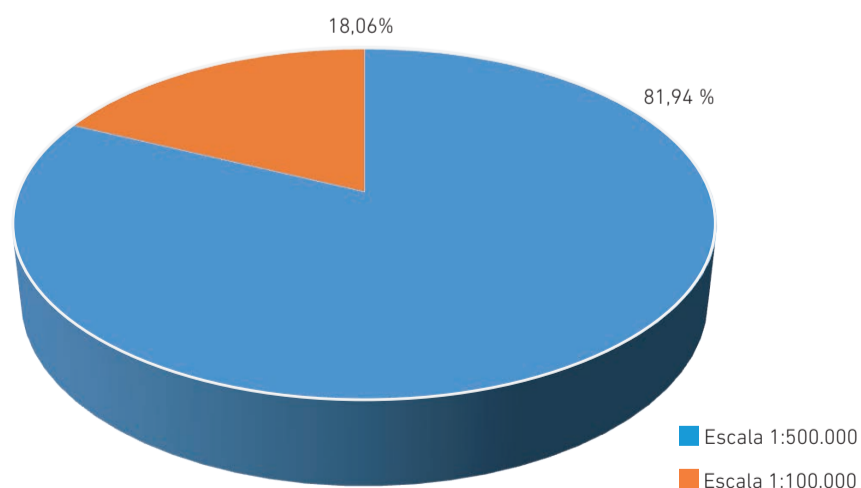


Gráfico 19. Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales que ha trabajado el SGC.

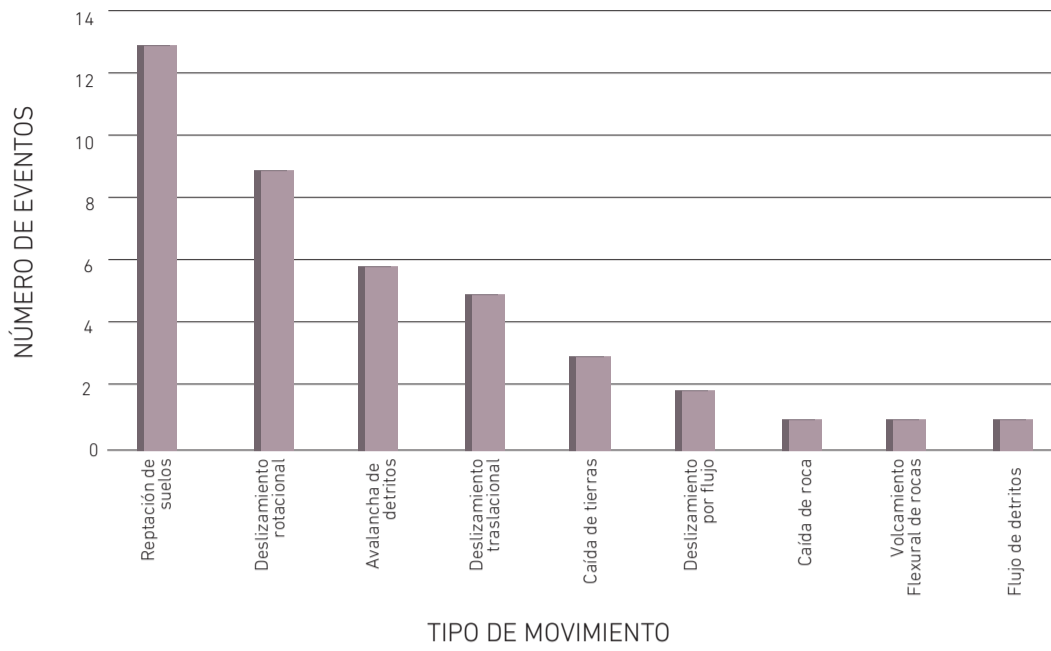


Gráfico 20. Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma para el departamento de Caquetá.

Vicente del Caguán, El Paujil y Montañita. La susceptibilidad baja solo abarca el 1,89 % del departamento, en zonas topográficamente bajas y planas asociadas a los principales ríos y quebradas del piedemonte (véanse gráfico 21 y mapa 24). Para el resto del departamento, se debe consultar el mapa de susceptibilidad escala 500.000, (SGC, 2016).

La amenaza media es la que predomina en el departamento (52 %), la cual se localiza principalmente en el oriente y suroriente de los municipios de San José del Fragua, Belén de los Andaquíes, Morelia, Florencia, Puerto Rico, El Doncello, San Vicente del Caguán, El Paujil y Montañita. La amenaza alta ocupa el 42,89 %, en las zonas de laderas, en menor o mayor proporción de los municipios de San José del Fragua, Belén de los Andaquíes, Morelia, Florencia, Puerto Rico, El Doncello, San Vicente del Caguán, El Paujil y Montañita. La amenaza muy alta (4,48 %) se localiza en las zonas de laderas de alta pendiente, específicamente en los municipios de Belén de los Andaquíes y San José de Fragua y en el sector norte de Florencia.

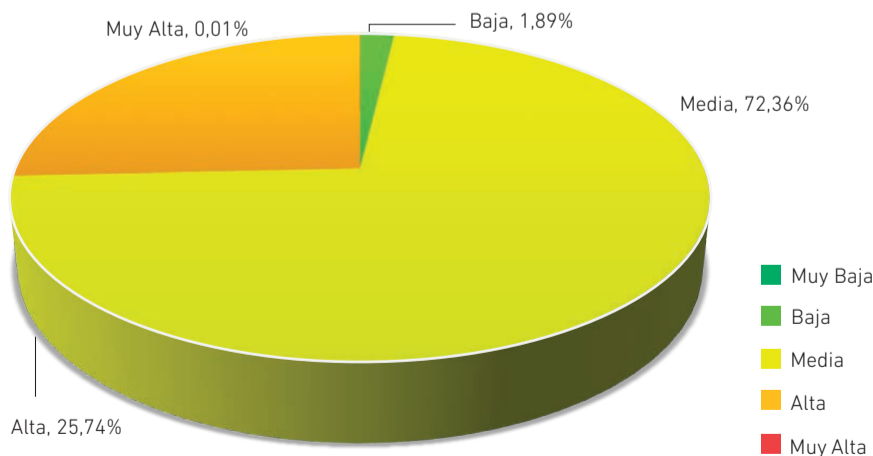
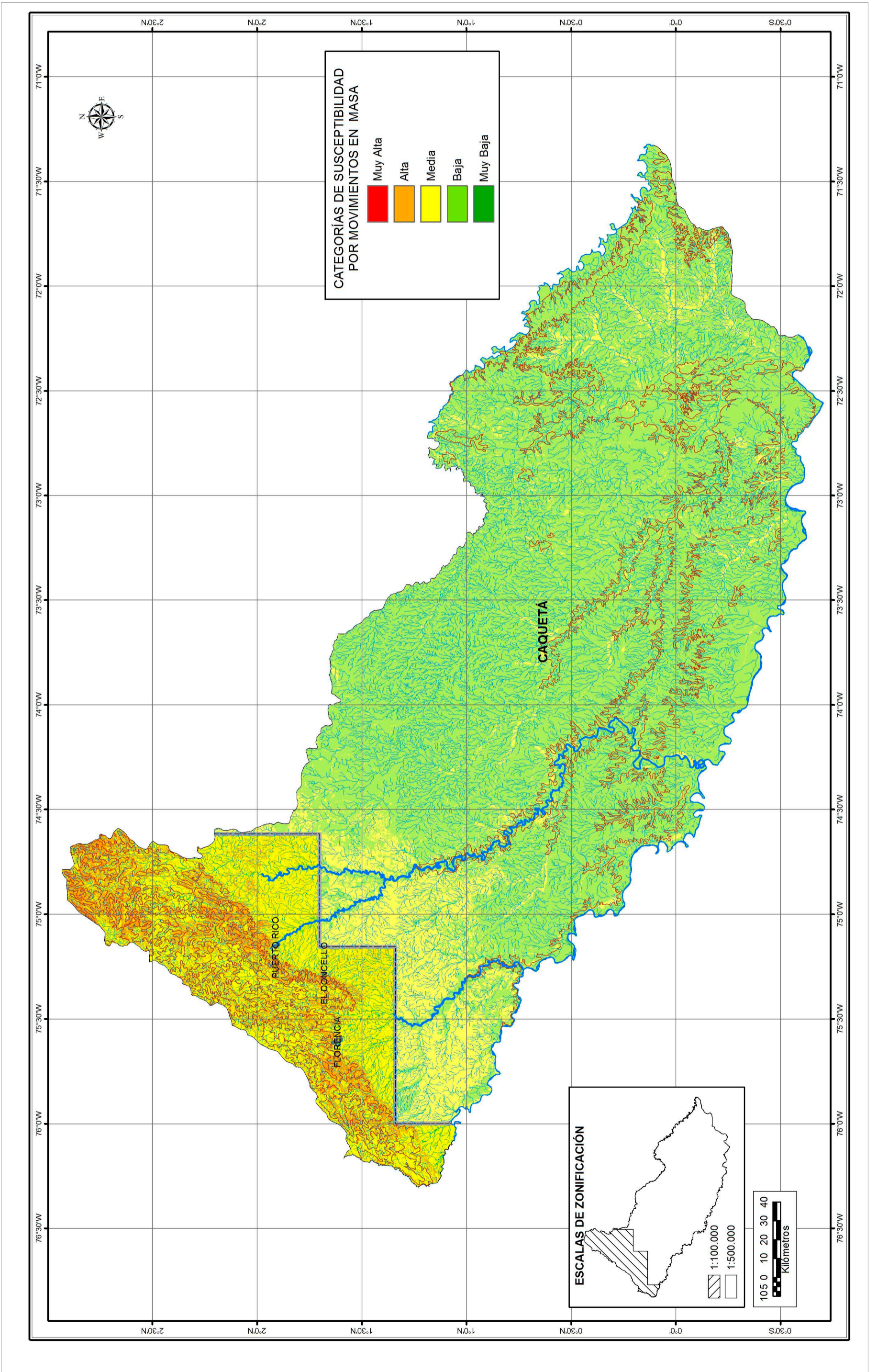
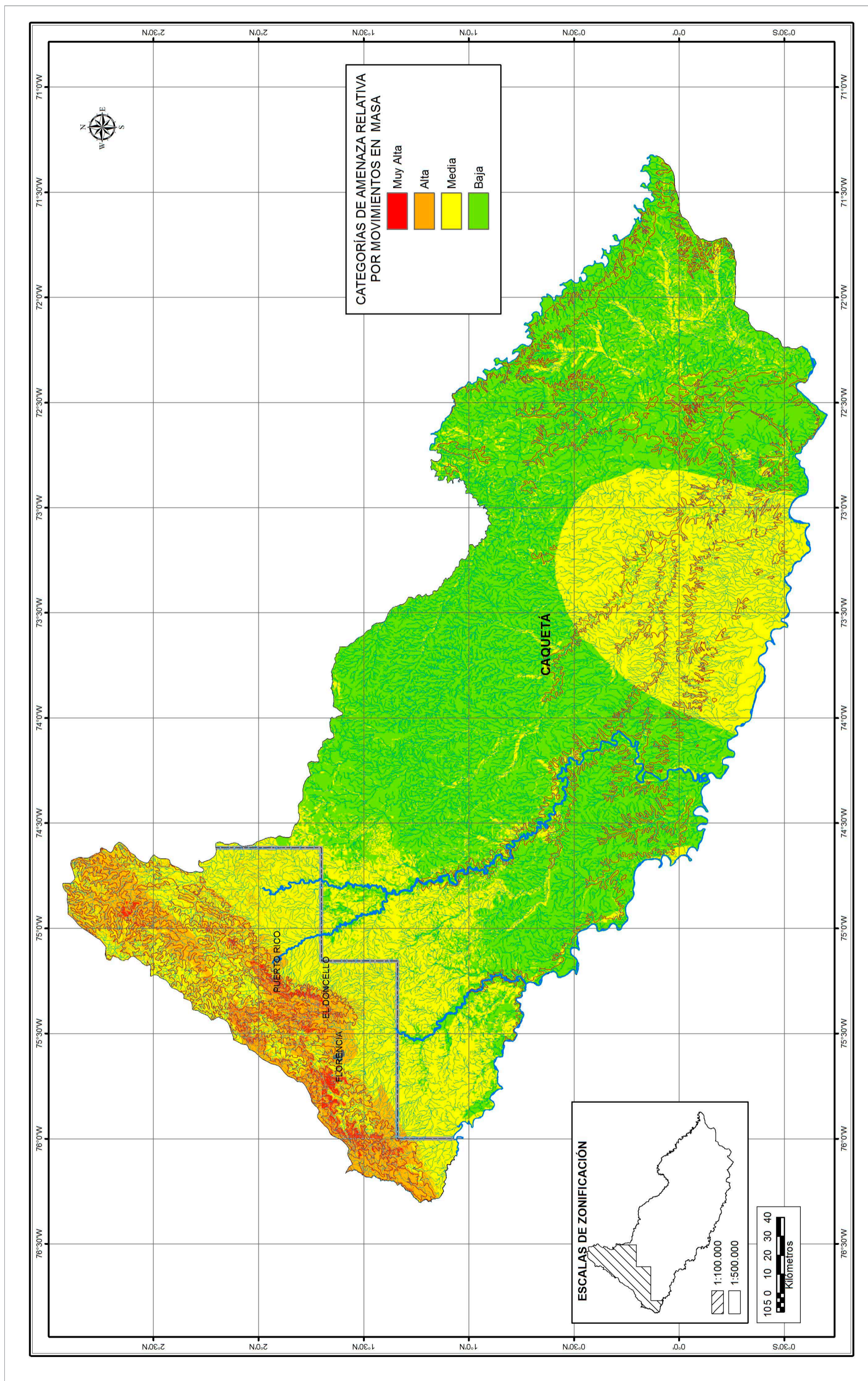


Gráfico 21. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad de las planchas del departamento de Caquetá.

Mapa 24. Mapa integrado de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Caquetá.





Los municipios con mayor área de amenaza muy alta por movimientos en masa son Belén de los Andaquíes (15,59 %), Florencia (11,22 %) y San José de Fragua (8,3 %) (véanse gráfico 22 y mapa 25).

A manera de ejemplo, se presentan algunos eventos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Caquetá (véanse fotografías 53, 54, 55 y 56).



Fotografía 53. Movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento traslacional y un flujo de detritos, municipio de San Vicente del Caguán, vereda Troncales (clasificación y fotografía por William Fernando Duarte, UIS, 2014).

Mapa 25. Mapa integrado de amenaza a los movimientos en masa del departamento de Caquetá.

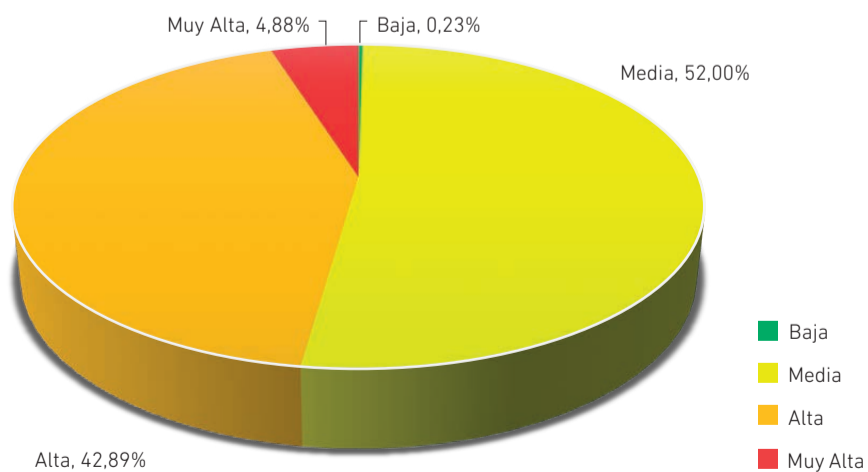


Gráfico 22. Porcentajes de las categorías de amenaza de las planchas del departamento de Caquetá.



Fotografía 54.

Movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento traslacional y reptación de tierras, municipio de El Doncello, vereda Birmania (clasificación y fotografía por la Universidad Nacional sede Bogotá, 2014).



Fotografía 55.

Deslizamiento traslacional, municipio de San Vicente del Caguán, vereda Bajo Pato (clasificación y fotografía por William Fernando Duarte, UIS, 2014).





Fotografía 56.

Deslizamiento traslacional, municipio de San Vicente del Caguán, vereda Tocaima (clasificación y fotografía por William Fernando Duarte, UIS, 2014).



CASANARE

El departamento de Casanare, en el piedemonte oriental de la cordillera Oriental, hace parte de la Orinoquia. Está conformado por 19 municipios, tiene 368.989 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 44.640 km², superficie cubierta por 12 planchas IGAC escala 1:100.000 y parte de una plancha escala 1:500.000 (véase figura 47). En el proyecto mapa nacional de amenaza se zonificaron los 12 planchas escala 1:100.000, equivalente a un 29,26 % del territorio departamental, 13.060 km² aproximadamente (véase gráfico 23). El 70,74 % de su área cuenta con la versión actualizada del mapa de amenaza escala 1:500.000.

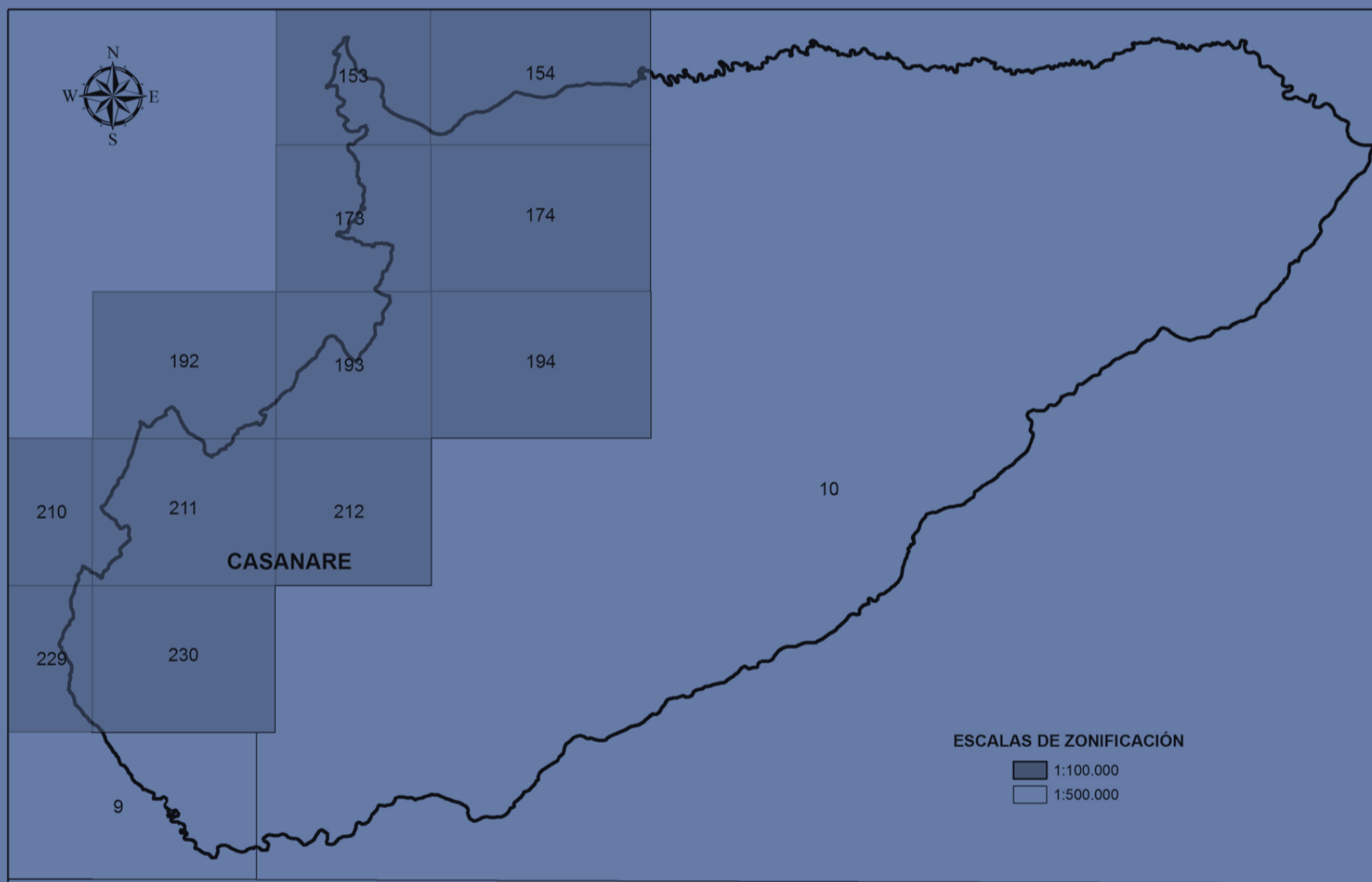


Figura 47. Planchas escala 1:100.000 que conforman el departamento de Casanare. El achurado muestra la información a escala 1:100.000.

A lo largo de su historia, el departamento de Casanare ha sido afectado por procesos de movimientos en masa, causando desestabilización del terreno y afectación a la población y a importante infraestructura. Entre los movimientos más antiguos registrados documentalmente se encuentran una caída de detritos y una caída de roca –en 1977 en el municipio de Pore, a 10 km del casco urbano– y el deslizamiento ocurrido en 1999 en el corregimiento de El Morro (Yopal), cerca de la quebrada La Almorzadereña, el cual causó afectación a ocho personas.

Recientemente, el 1.º de junio de 2011 se presentó un evento en la ciudad de Yopal que destruyó la planta de tratamiento de agua potable, afectando a los 130.923 habitantes que se abastecían de esta, ocasionando una problemática social de gran impacto (véanse fotografías 57 y 58).

De 99 casos reportados para el Casanare, 89 presentan clasificación y localización precisa, siendo más comunes la caída de detritos y caída de roca, que ocurren principalmente en los municipios de Monterrey, Pore y Paz de Ariporo (véase gráfico 24).

La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo. De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, donde se zonificaron 12 de las 33 planchas escala 1:100.000 que conforman el departamento, en estas planchas se presenta predominio de la categoría de susceptibilidad media (82,89 %), seguida de la susceptibilidad alta (8,52 %), ambas en el piedemonte de la cordillera (véanse gráfico 25 y mapa 26).

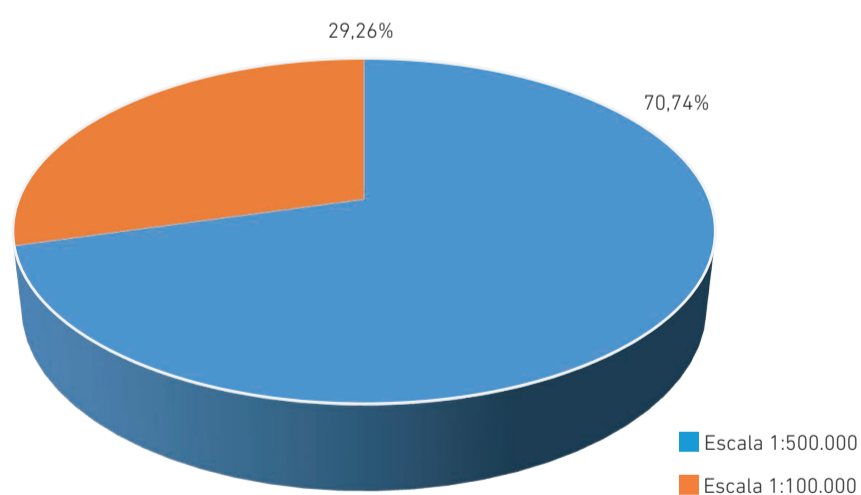


Gráfico 23. Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales que ha trabajado el Servicio Geológico Colombiano.



Fotografía 57. Ruinas de la planta de tratamiento de agua potable, destruida por un movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento rotacional y una caída de roca (tomada por Camilo Andrés Talero Neita, UPTC, 2014).

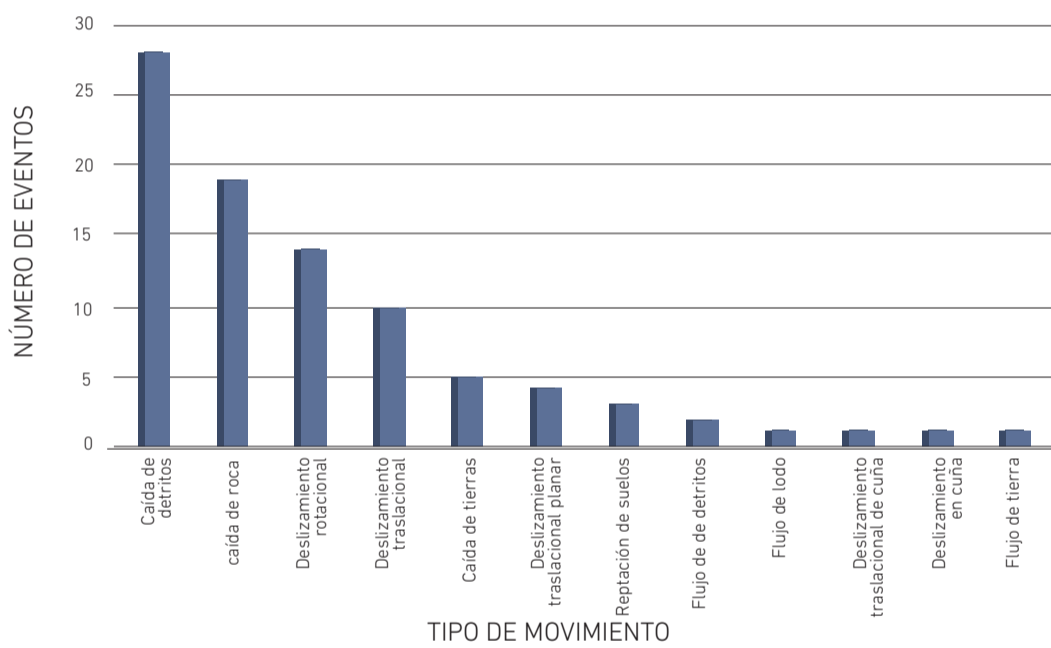


Gráfico 24. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma para el departamento de Casanare.

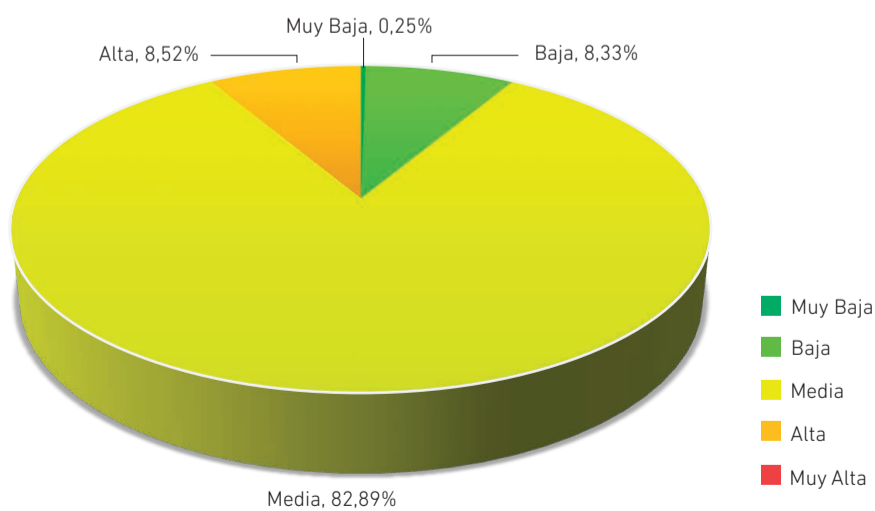
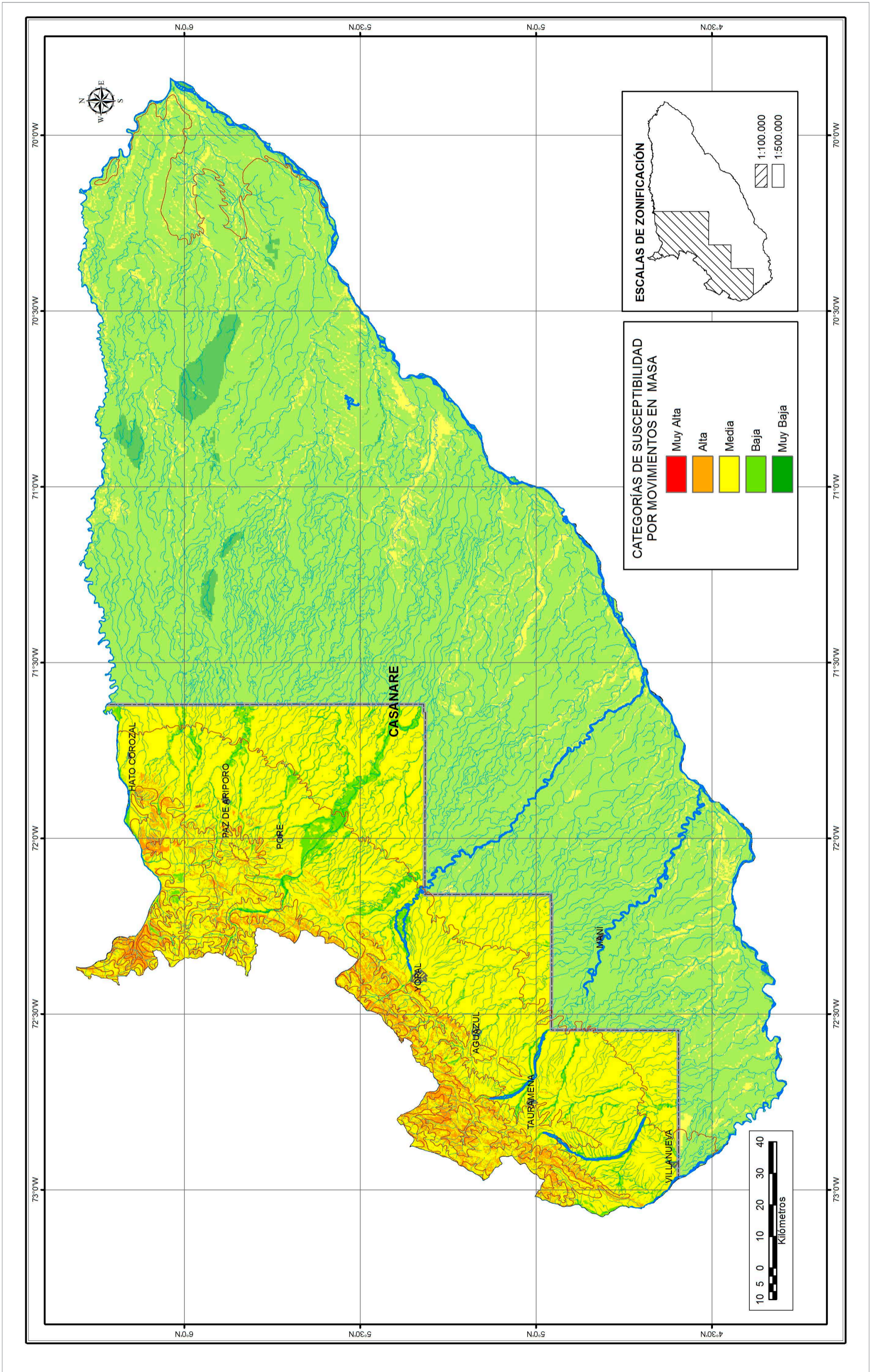
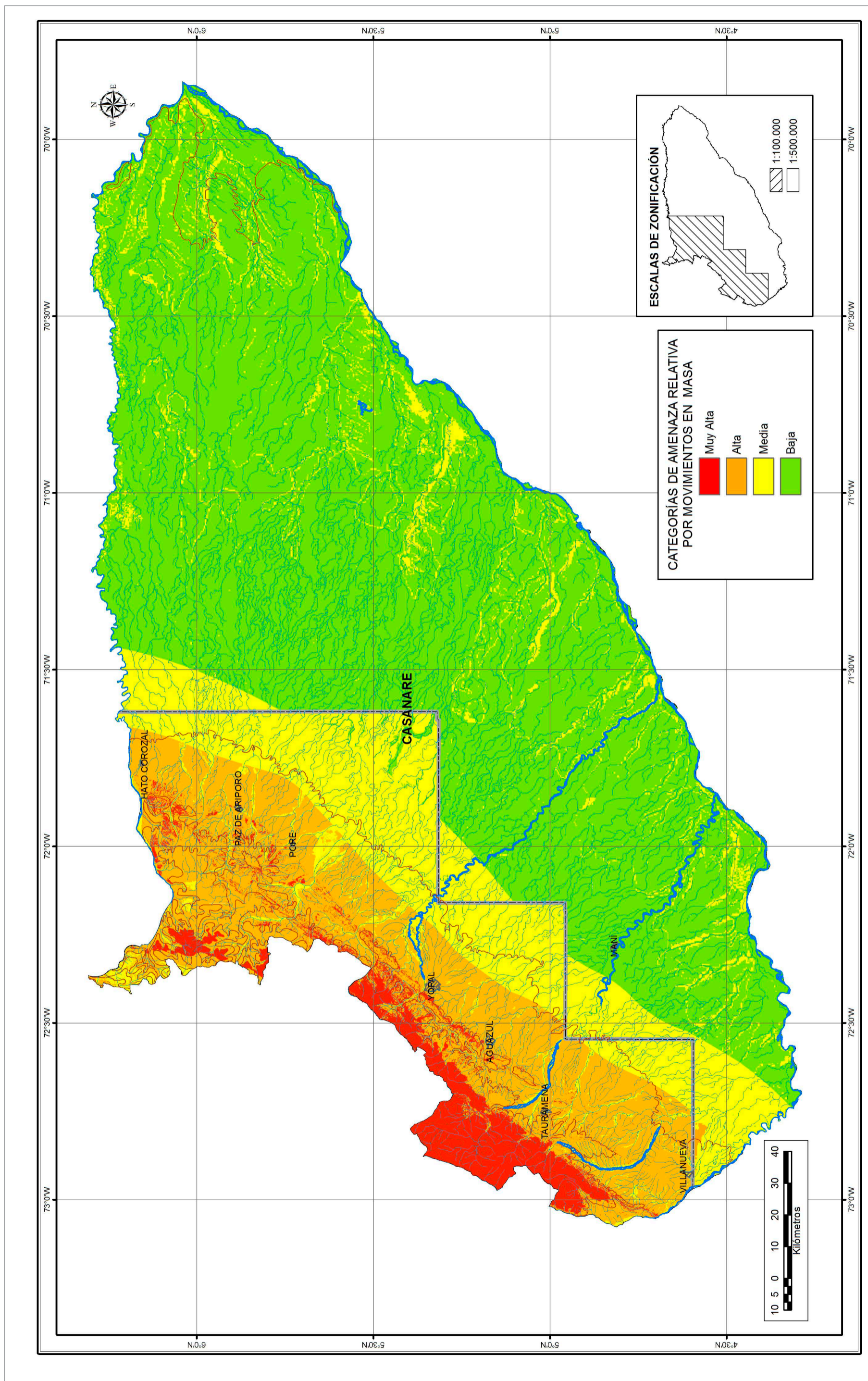


Gráfico 25. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad de las planchas del departamento de Casanare.

Mapa 26. Mapa integrado de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Casanare







Fotografía 58.

Movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento rotacional y una caída de roca, que destruyó la planta de tratamiento de agua potable (tomada por Camilo Andrés Talero Neita, UPTC, 2014).

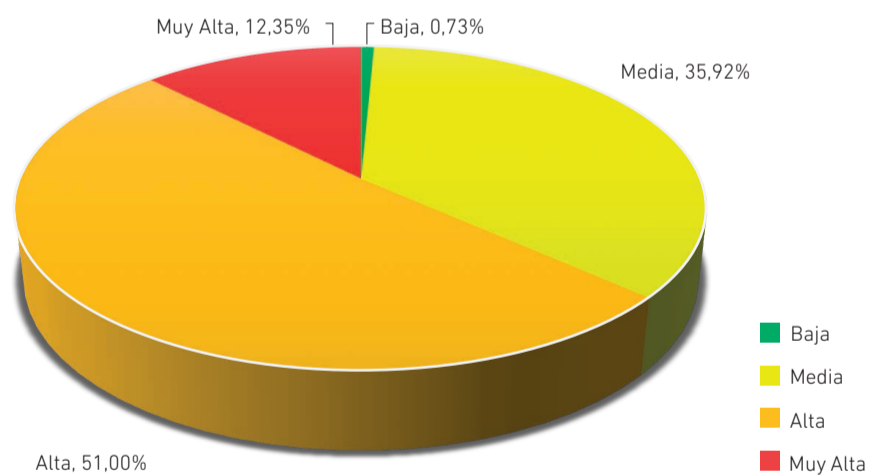


Gráfico 26. Porcentajes de las categorías de amenaza de las planchas del departamento de Casanare.

La amenaza muy alta (12,35 %) se presenta especialmente en los municipios de borde llanero. Chámeza y Recetor tienen más del 90 % del área estudiada en esta categoría. La amenaza alta (82,89 %) existe en todos los municipios (véanse gráfico 26 y mapa 27).

A manera de ejemplo, se presentan algunos eventos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Casanare (véanse fotografías 59, 60 y 61).



Mapa 27. Mapa integrado de amenaza a los movimientos en masa del departamento de Casanare.





Fotografía 59.

Movimiento en masa deslizamiento rotacional, municipio de Yopal (clasificación y fotografía por Chayanna del Carmen Vega Pérez, UPTC, 2014).





 **Fotografía 60.**
Movimiento en masa flujo de detritos, municipio de Paz de Ariporo (clasificación y fotografía por Kenia Johana Martínez Carrascal, UPTC, 2014).

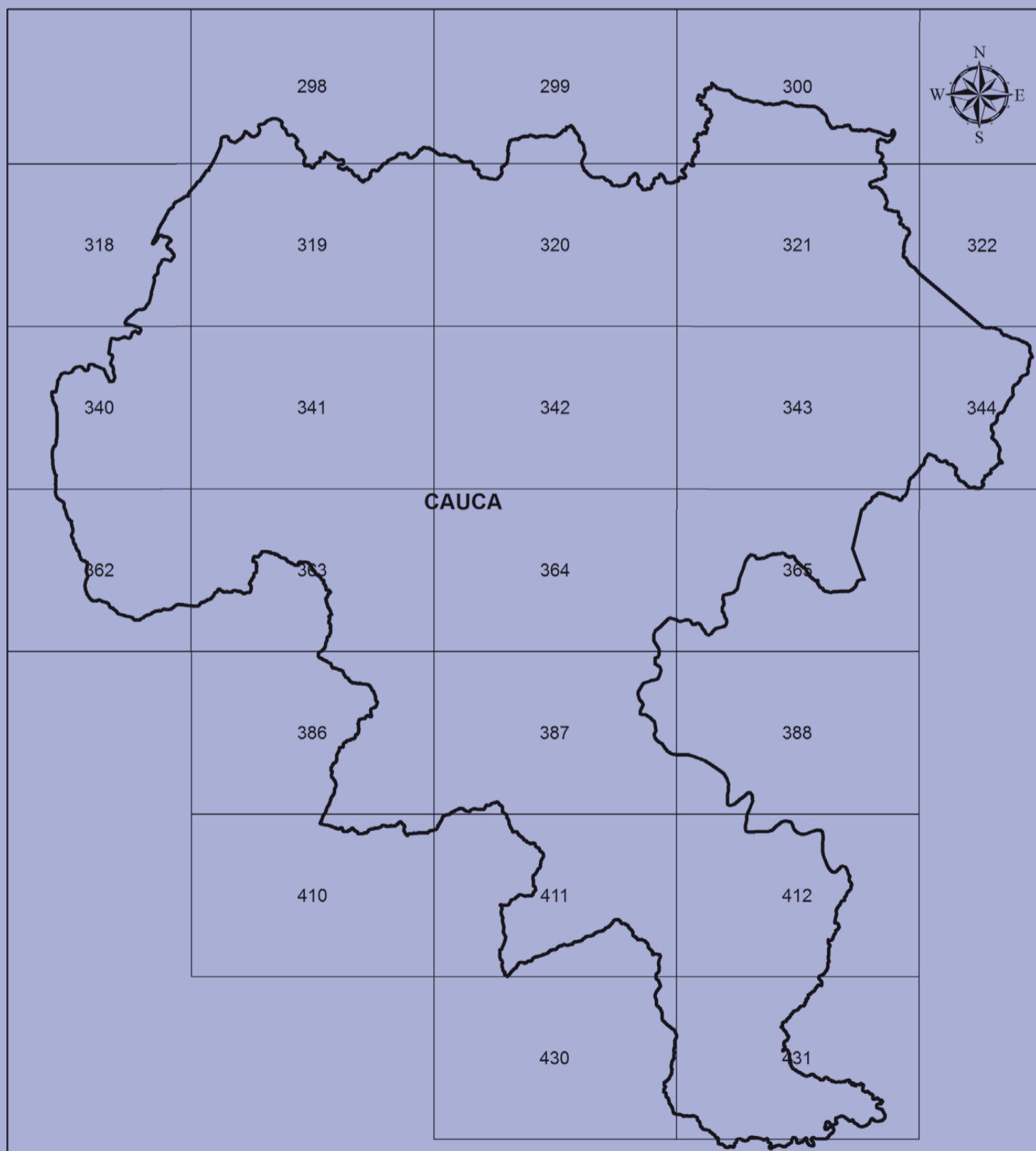
 **Fotografía 61.**
Movimiento en masa deslizamiento rotacional, municipio de Pore (clasificación y fotografía por Jairo Alonso Pérez Siabatto, UPTC, 2014).





CAUCA

El departamento de Cauca está en el suroccidente del país en el denominado Macizo Colombiano. Tiene 42 municipios, 1.404.205 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 29.308 km², superficie cubierta por 26 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 48).



 **Figura 48.** Departamento de Cauca y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

Históricamente, el territorio caucano se ha visto afectado por procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto a la población como la infraestructura. Entre los movimientos en masa más antiguos registrados documentalmente se encuentran el ocurrido en la vereda Los Cafés (municipio de Morales) el 3 de mayo de 1900 –catalogado como un deslizamiento rotacional que causó daños ambientales– y un deslizamiento traslacional en cuña, margen derecha del río Hondo, el 28 de febrero de 1915 en el municipio de Popayán en la vereda Figueroa.

El 21 de julio de 1994 se presentaron numerosos flujos de detritos y tierra, detonados por un sismo de magnitud 6,4, afectando a más de mil personas, de las cuales 270 perdieron la vida, y causando daños en diez poblaciones, miles de damnificados, cuatro mil viviendas destruidas y 100 km de carretera semidestruida. Otro de los agentes que contribuyó a la generación de los movimientos en masa fueron las intensas lluvias de los días precedentes. El 10 de mayo de 2016, en la vía que comunica a Popayán con Inzá, hubo numerosos deslizamientos que afectaron el funcionamiento de la vía en los sectores de Córdoba, Riosucio y Belencito, sepultando seis vehículos entre maquinaria y automotores (véase fotografía 62).

De los 1.280 casos reportados, 317 presentan clasificación y localización precisa, siendo más comunes los deslizamientos traslacionales (véase gráfico 27).

La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 muestra las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo y ordenamiento territorial a nivel regional. Los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa muestran que la categoría de susceptibilidad predominante en el departamento de Cauca es la media (55,78 %), principalmente en la zona de la costa del Pacífico, suroriente,

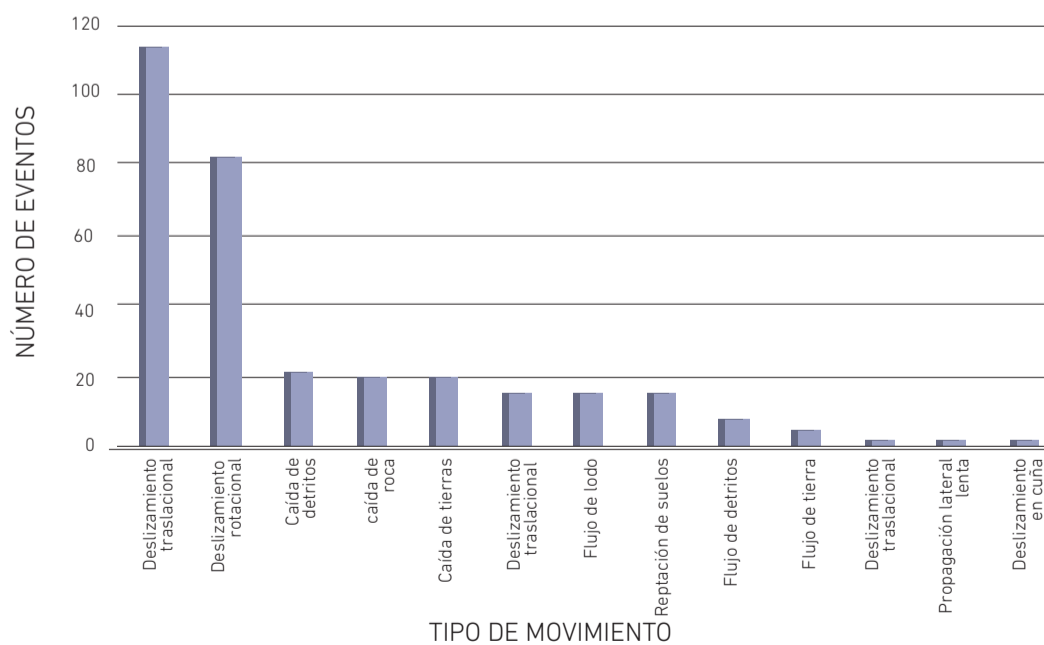
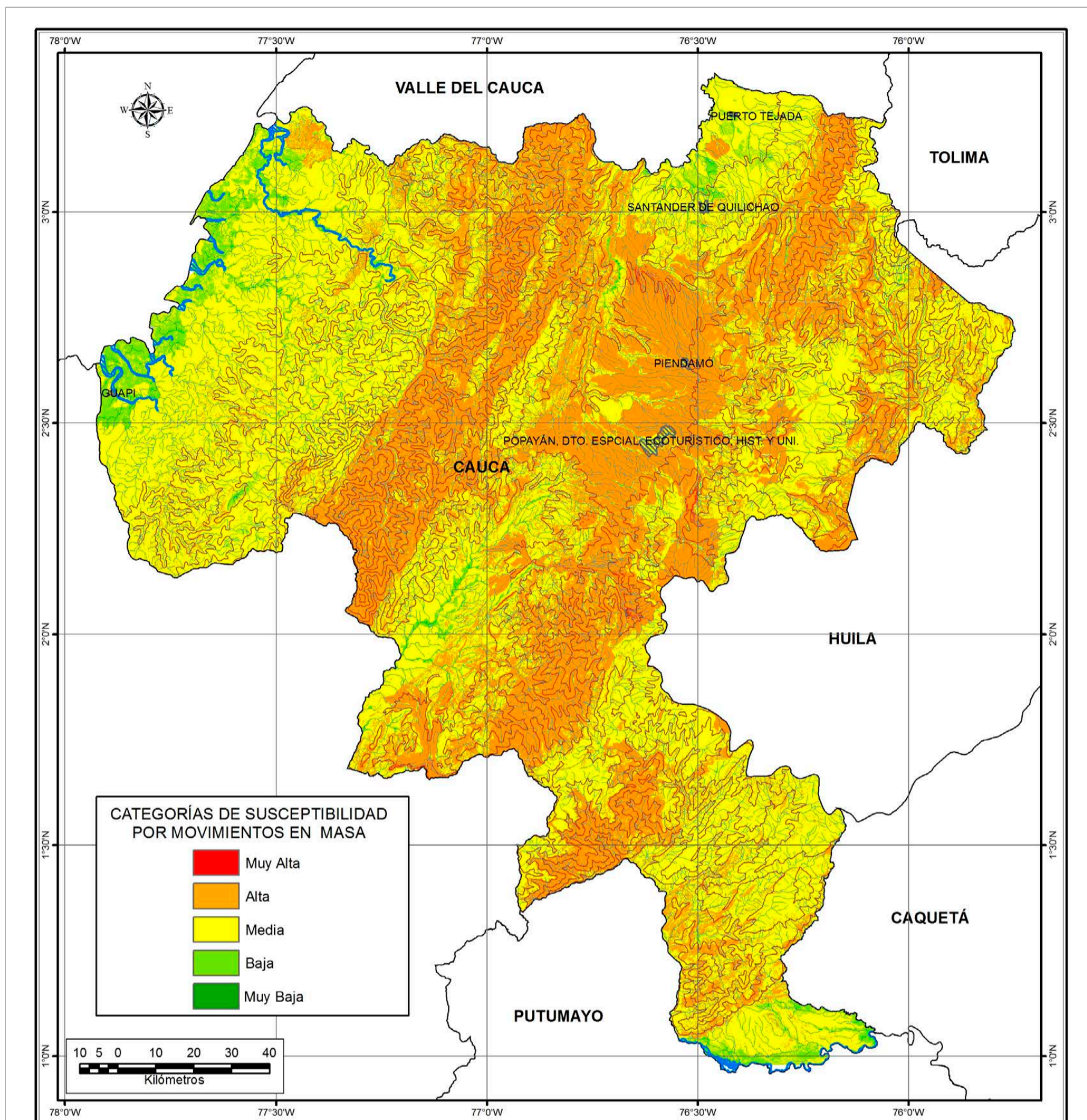


Gráfico 27. Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Cauca.



Mapa 28. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Cauca.

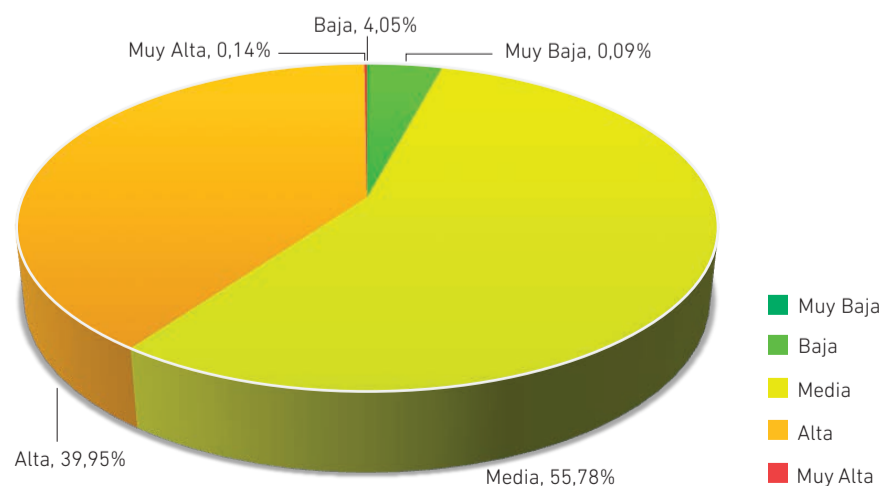
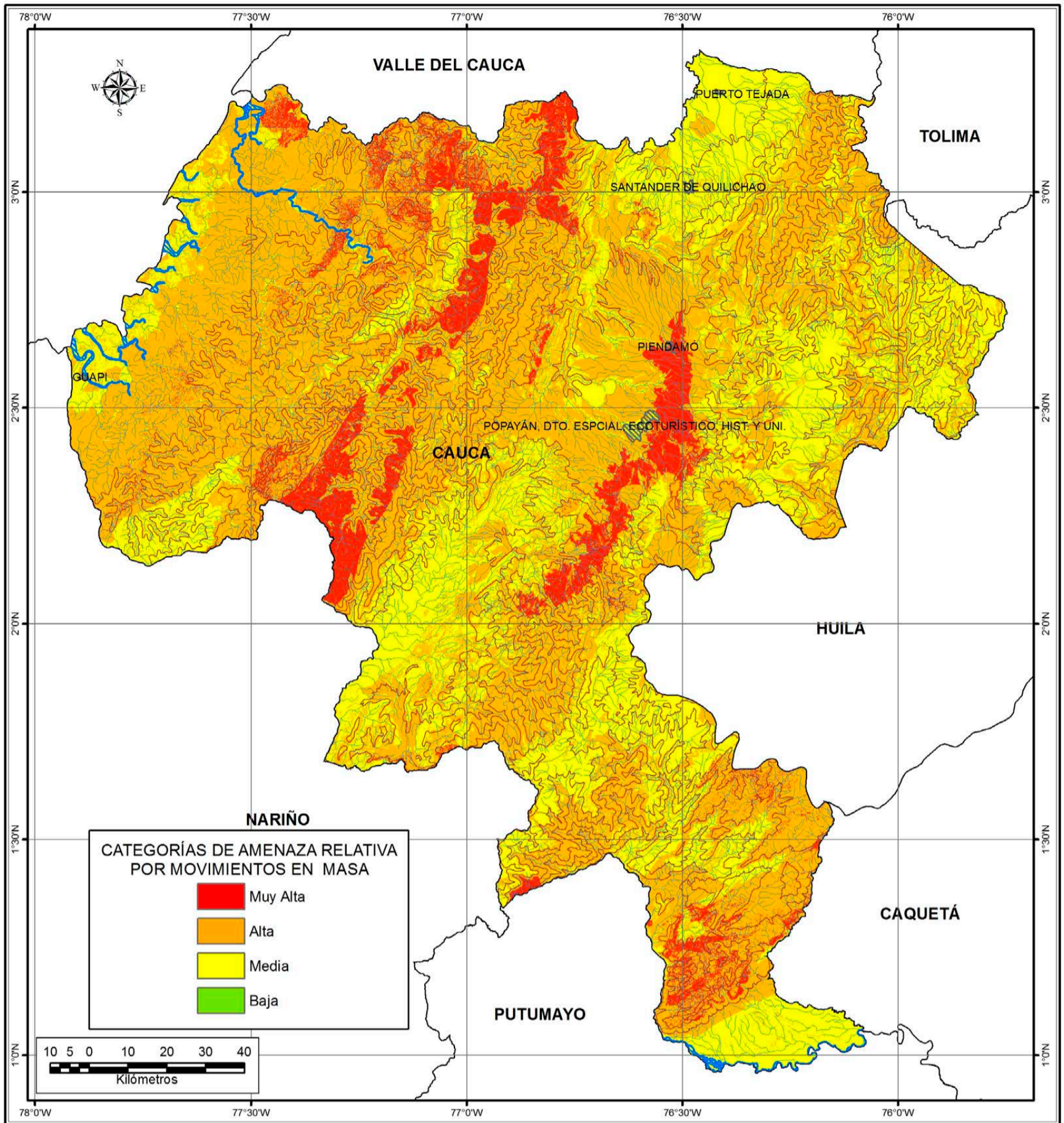
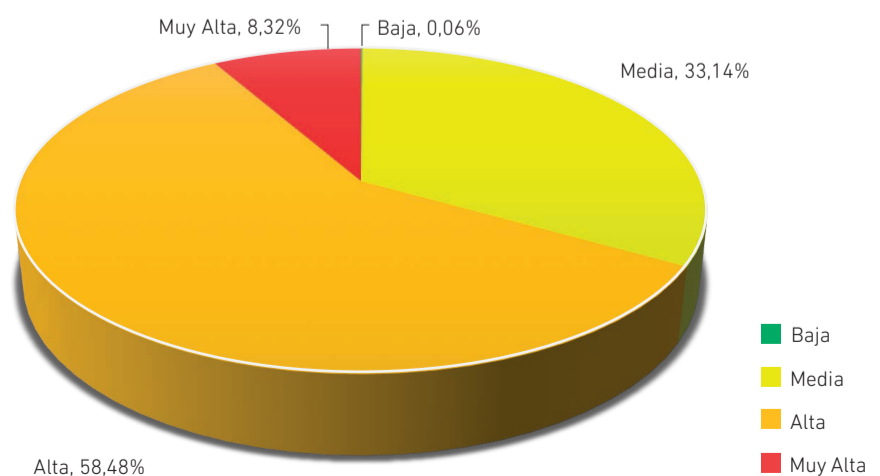


Gráfico 28. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Cauca.



Mapa 29. Mapa de amenaza relativa del departamento de Cauca

Gráfico 29. Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Cauca.



nororiente y en algunos municipios de la zona centro. La susceptibilidad alta (33,95 %) predomina en los municipios del centro y nororiente (véanse gráfico 28 y mapa 28). La amenaza muy alta (8,32 %) predomina en los flancos occidentales de las cordilleras Central y Occidental y en el sur en los límites de los municipios de Santa Rosa y Piamonte; el municipio de Argelia tiene 47,27 % de su territorio en esta categoría. La amenaza alta es la categoría que presenta un mayor porcentaje en el departamento (58,48), se distribuye de manera homogénea en todos los municipios; los municipios de Almaguer, Timbiquí, Morales y Timbío tienen más del 80 % de su territorio en esta categoría. La amenaza media (33,14 %) se presenta en el centrosur, nororiente y la parte más occidental de la zona de la costa del Pacífico (véanse gráfico 29 y mapa 29).

A manera de ejemplo, se presenta uno de los procesos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Cauca (véase fotografía 63).



Fotografía 62.

Daños causados por el deslizamiento en Popayán - Inza

(fuente: <http://www.eltiempo.com/colombia/cali/derrumbes-en-cauca/16587910>).



Fotografía 63.

Deslizamiento traslacional, municipio de Popayán, vereda El Canelo (clasificación y fotografía por Óscar E. Romero, UIS, 2014).



CESAR

El departamento de Cesar, en la parte nororiental del país, cuenta con importantes rasgos fisiográficos, como la Sierra Nevada de Santa Marta, serranía del Perijá, Complejo Cenagoso de Zapatosa, valle del río Cesar, valle del río Ariguani y valle del río Magdalena. Está conformado por 25 municipios, su capital es la ciudad de Valledupar. Tiene 1.053.475 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 22.925 km², superficie cubierta por 25 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 49).

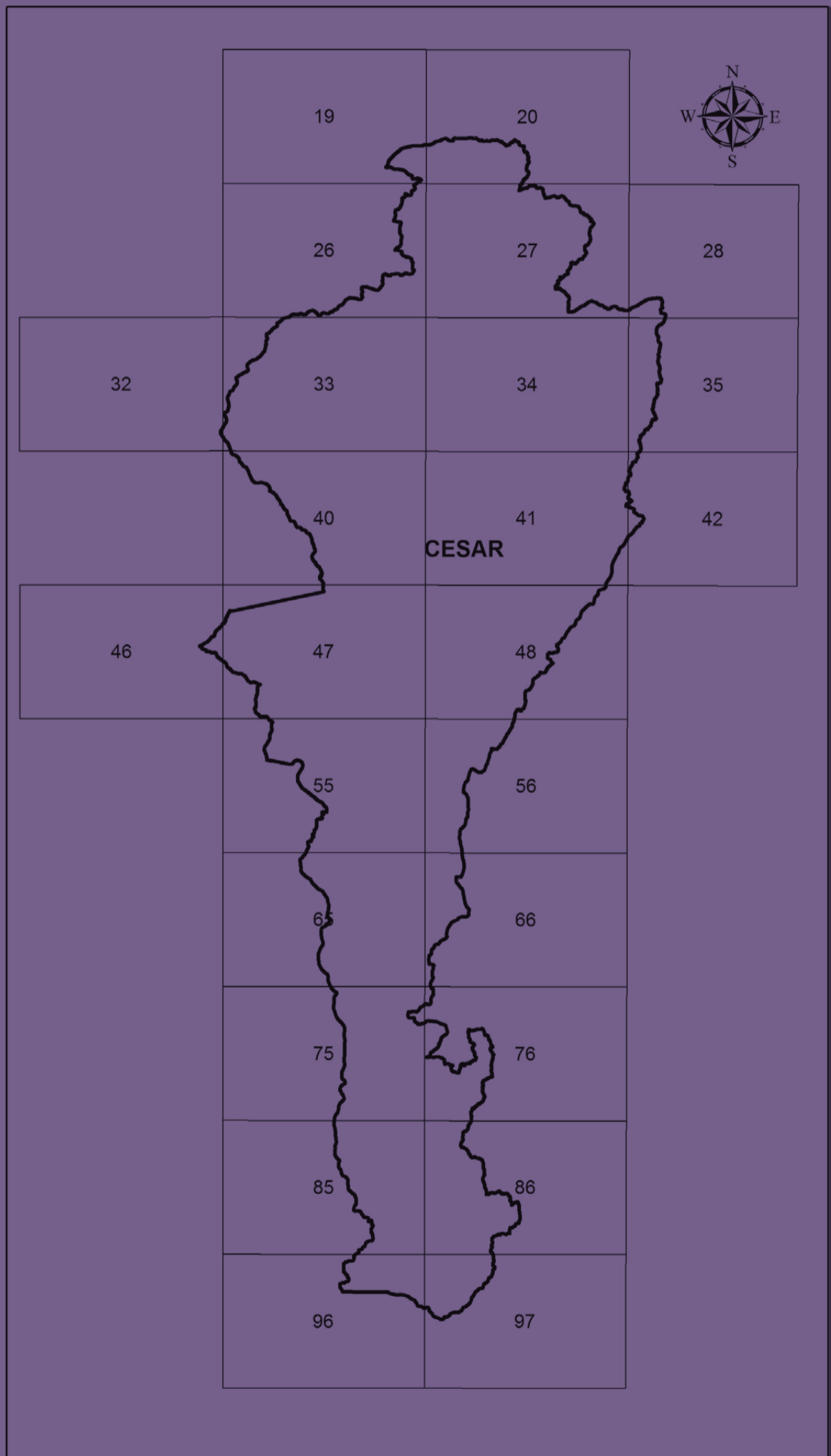


Figura 49. Departamento de Cesar y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

Históricamente, el departamento de Cesar se ha visto afectado por procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto a la población como la infraestructura y generado grandes daños ambientales. Entre los movimientos en masa más antiguos para este departamento están los ocurridos en el municipio de Valledupar en 1961 y el que se presentó en el municipio de Chimichagua en 1984.

El 12 de noviembre del año 2000, hubo una avalancha de detritos en el municipio de Tamalameque, afectando a varias familias y a unas 180 personas por pérdida de cultivos. Otro evento fue el ocurrido en el año 1999 en el municipio de Agustín Codazzi, afectando a varias familias y a cerca de 540 personas por pérdida de cultivos y destrucción de viviendas. Otro evento significativo se registró en el año 1996 en el corregimiento Pueblo Nuevo, del municipio de Valledupar, el cual causó la pérdida de nueve vidas y varios heridos. En mayo de 2016 tuvo lugar un deslizamiento traslacional en el municipio de Pailitas que generó un bloqueo parcial de un tramo de la vía que conduce a la vereda Bobalí (véase fotografía 64).

Analizando los casos expuestos, se evidencia que los movimientos en masa son el resultado de la acción de diferentes factores, entre los cuales prevalecen la actividad sísmica, las condiciones meteorológicas y la actividad antrópica. A su vez, se puede entender que estos procesos forman parte de la evolución del paisaje y están actuando a través del tiempo desde antiguos períodos geológicos.

En el departamento de Cesar existen 148 casos de movimientos en masa registrados –52 con información detallada–; entre estos, los más comunes son los deslizamientos traslacionales y rotacionales y las avalanchas de detritos, los cuales se reportaron en los municipios de Chemesquemena, Pailitas y Valledupar, respectivamente (véase gráfico 30).

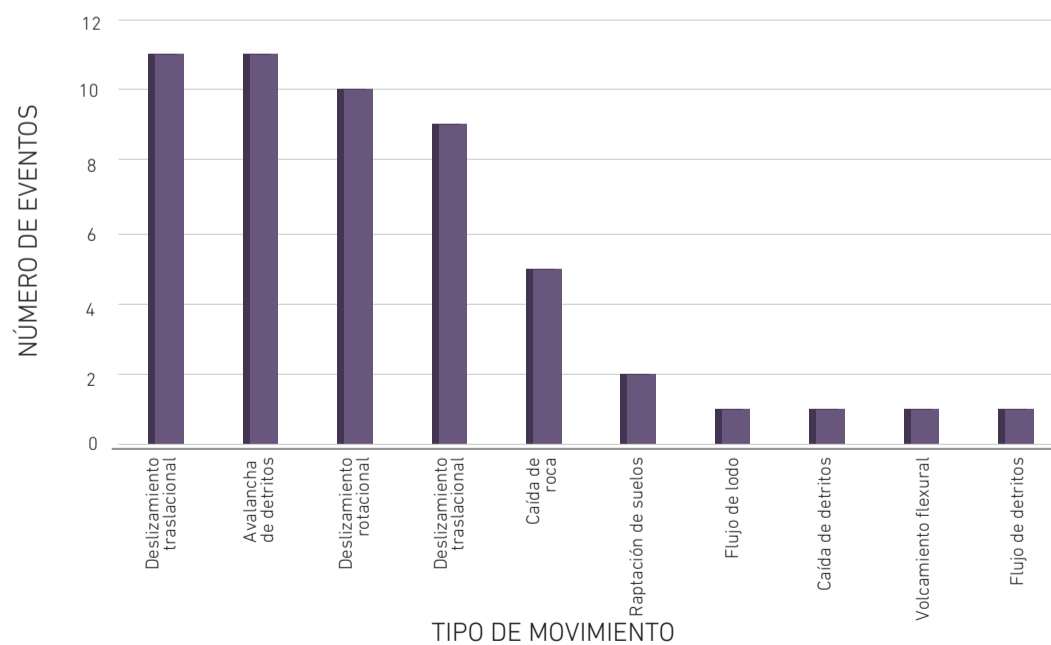


Gráfico 30. Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Cesar.

La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 muestra las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo y ordenamiento territorial a nivel regional.

De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, la susceptibilidad media (74 %) es la que mayor área ocupa en este departamento, predomina en la subregión norte –principalmente en los municipios de Valledupar, El Copey y San Diego–, al igual en la subregión Noroccidental –más precisamente en los municipios de Astrea, Bosconia y El Paso–; en la subregión Central –en el sector occidental, específicamente en los municipios Becerril, La Jagua de Ibirico y Chiriguaná–; y en la subregión Sur, en los municipios de San Alberto, San Martín, Río de Oro, González y Aguachica.

La susceptibilidad alta ocupa el 11 % del territorio departamental, la cual predomina en la vertiente occidental de la cordillera Oriental, en la subregión Norte –más precisamente en los municipios de Manaure Balcón del Cesar, La Paz, Agustín Codazzi–, al igual que en la subregión Central –en los municipios de La Jagua de Ibirico, Chiriguaná y Curumaní– y en menor proporción en la subregión Sur, en el sector oriental de los municipios de Río de Oro, San Alberto, La Gloria y Aguachica (véase gráfico 31 y mapa 30).

La amenaza media predomina en el departamento (80 %), subregión Norte –principalmente en los municipios de Valledupar, El Copey y San Diego–, al igual que en la subregión Noroccidental –más precisamente en los municipios de Astrea, Bosconia y El Paso–, en la subregión Central –en el sector occidental, específicamente en los municipios Becerril, La Jagua de Ibirico y Chiriguaná– y en la subregión Sur –en los municipios de San Alberto, San Martín, Río de Oro, González y Aguachica–.

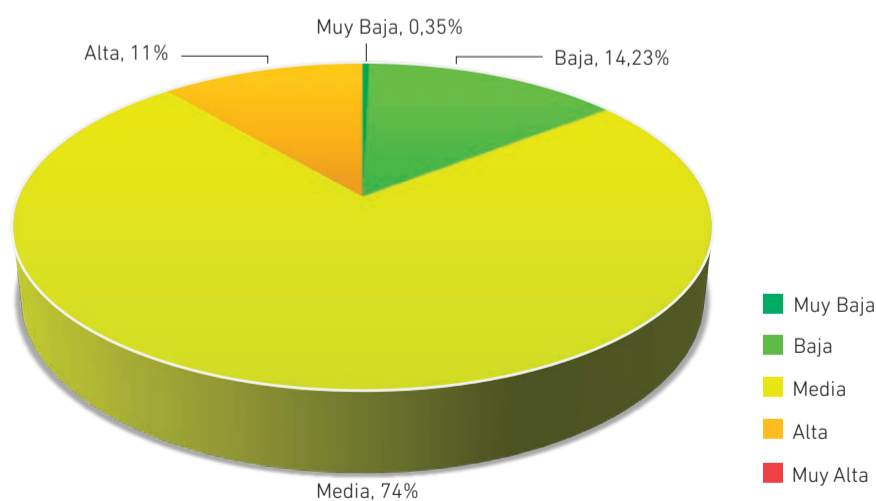
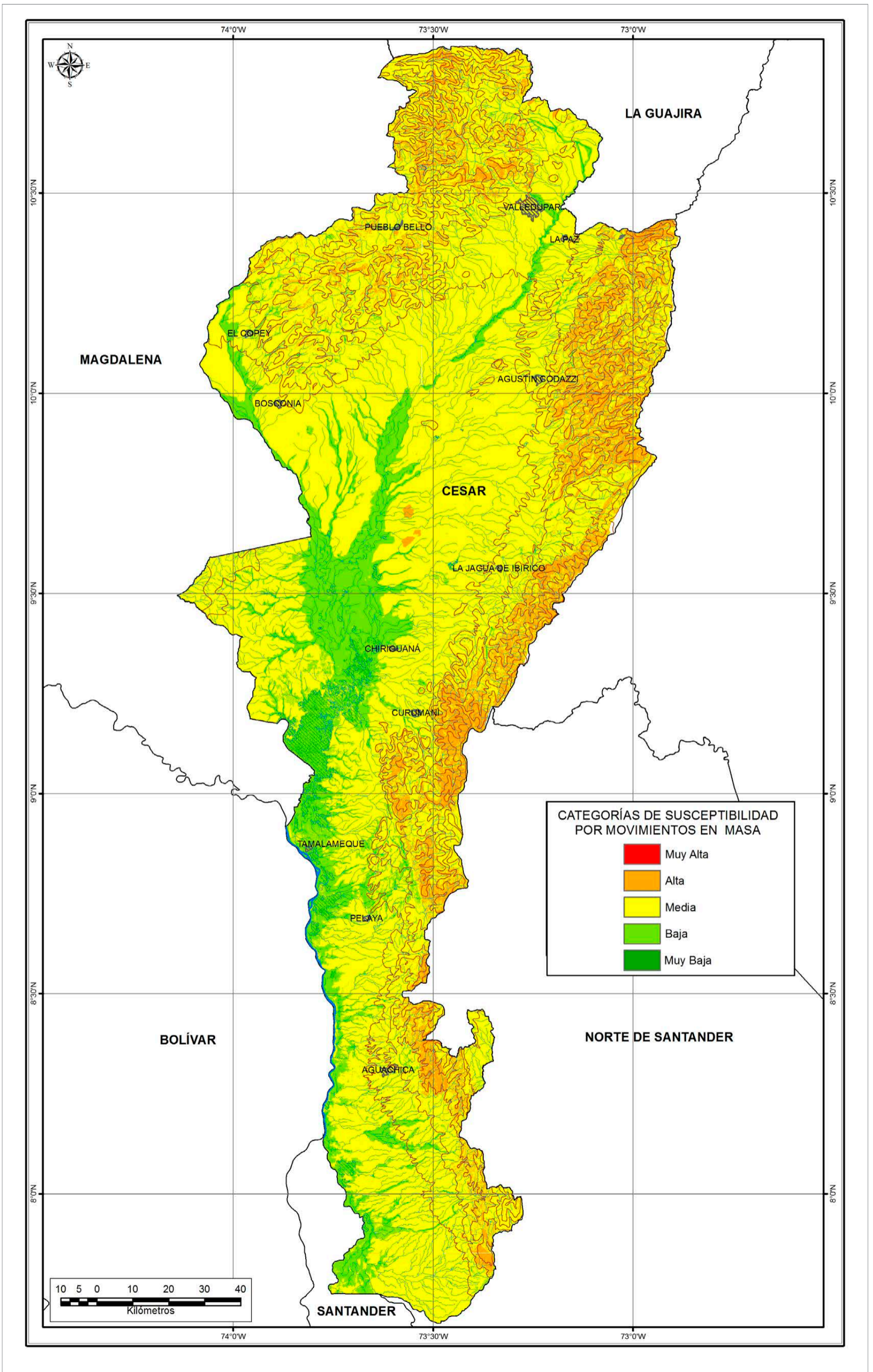
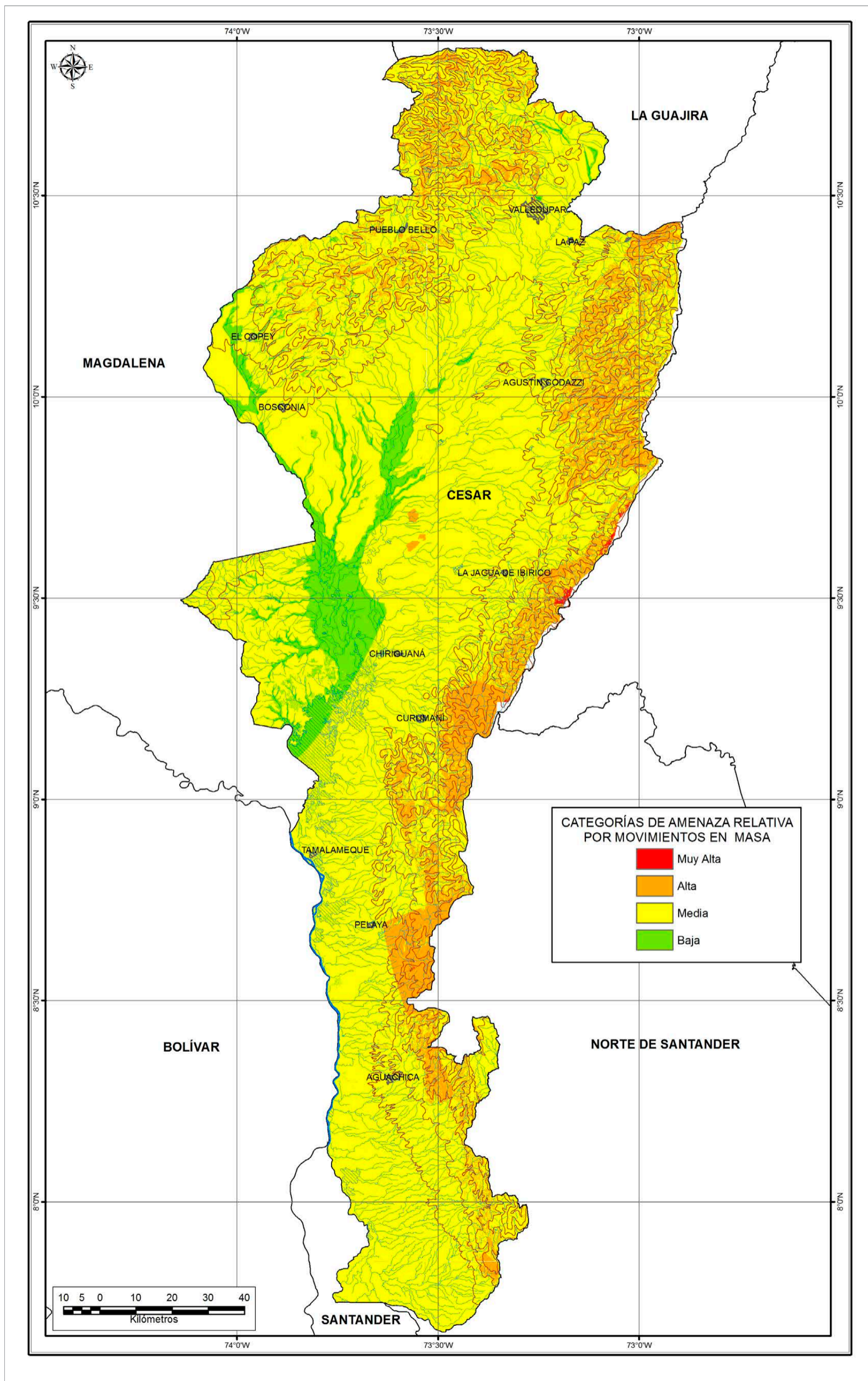


Gráfico 31. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Cesar.

Mapa 30. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Cesar.





Mapa 31. Mapa de amenaza relativa del departamento de Cesar.

En lo que respecta la amenaza muy alta (12 %), predomina en la vertiente occidental de la cordillera Oriental, en la subregión Norte –más precisamente en los municipios de Manaure Balcón del Cesar, La Paz, Agustín Codazzi–, al igual que en la subregión Central –en los municipios de La Jagua de Ibirico, Chiriguana y Curumaní– y en menor proporción en la subregión Sur –en el sector Oriental de los municipios de Río de Oro, San Alberto y Aguachica–.

Es importante destacar que los municipios del departamento que presentan mayor territorio de amenaza alta por movimientos en masa son Manaure Balcón del Cesar (51 %), La Gloria (35 %), Curumaní (32 %), Agustín Codazzi (24 %) y La Paz (23 %). Los municipios que presentan mayor área de amenaza muy alta por movimientos en masa son La Jagua de Ibirico (1,18 %) y Becerril (0,4 %) (véase gráfico 32 y mapa 31).

A manera de ejemplo se presentan algunos procesos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Cesar (véanse fotografías 65 y 66).

Fotografía 64. Movimiento en masa tipo deslizamiento traslacional. Fuente: Diario *El Pilón*, mayo de 2016 (fuente: <http://elpilon.com.co/derrumbes-afectan-via-zona-rural-pailitas/>).

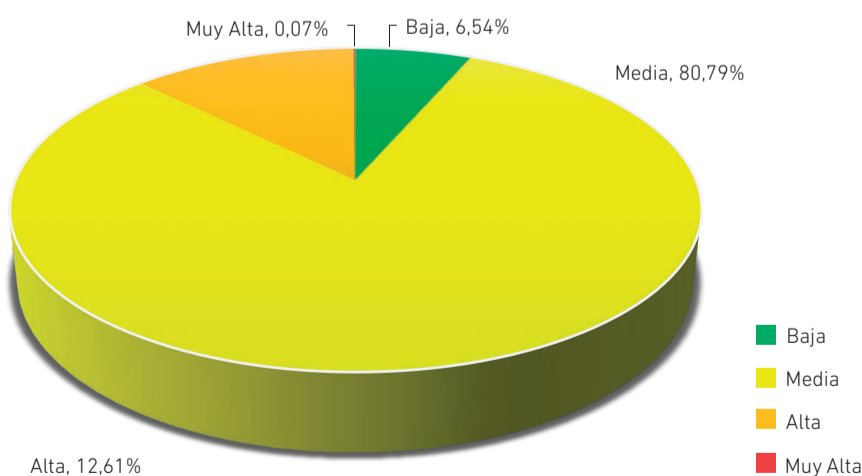


Gráfico 32. Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Cesar.





Fotografía 66.

Movimiento en masa sucesivo conformado por un deslizamiento traslacional, municipio de Valledupar, vereda Chemesquemena (clasificación y fotografía por José Duque, Eafit, 2014).



Fotografía 65.

Movimiento en masa compuesto conformado por un deslizamiento traslacional y flujo de detritos, municipio de Pailitas, vereda San Isidro (clasificación y fotografía por Claudia Bibiana Grisales, Unipamplona, 2014).



CHOCÓ

El departamento de Chocó, en la zona noroeste del país, en la región del Pacífico colombiano, cuenta con importantes elementos geográficos, como las selvas del Darién, las cuencas de los ríos Atrato y San Juan y múltiples zonas de manglares. Está conformado por 30 municipios, su capital es la ciudad de Quibdó. Tiene 510.047 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 46.530 km², superficie cubierta por 39 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 50).

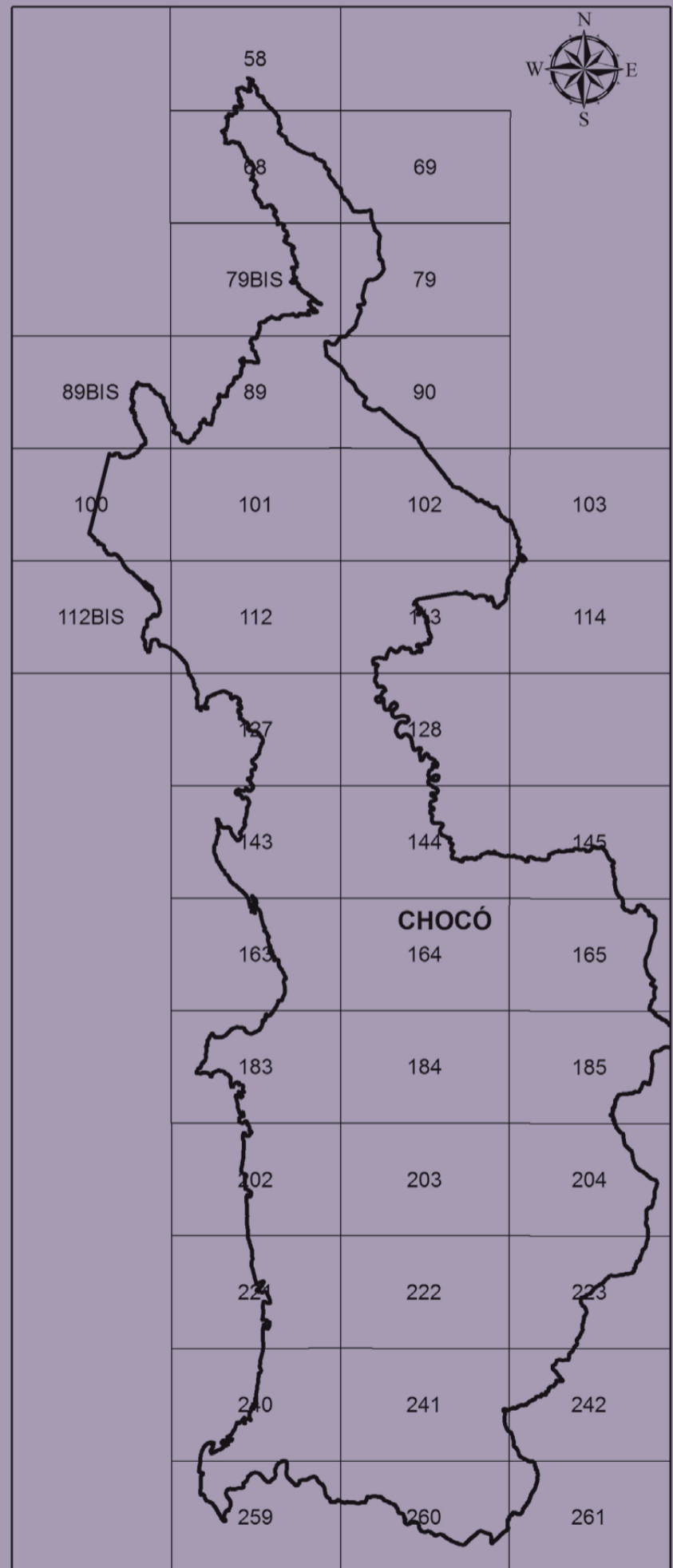


Figura 50. Departamento de Chocó y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000

Históricamente, el territorio chocoano ha vivido procesos de desestabilización de laderas que han afectado a sus habitantes, la población y la infraestructura. Entre los movimientos en masa más antiguos para este departamento se encuentran el flujo que se presentó en el municipio de El Carmen en el año 1916 y lo ocurrido en el municipio de Bojayá, vereda Pogue, en el año 1941, causando este último afectación a aproximadamente treinta viviendas y a las familias que las habitaban. Recientemente, un evento en el año 2016 en la vía que comunica a Quibdó con Medellín, en el municipio de Tadó, el cual causó la pérdida de nueve vidas, la desaparición de treinta personas y daño de la vía (véase fotografía 67).

En el departamento de Chocó existen 607 casos de movimientos en masa registrados (60 de ellos con información detallada); entre estos, los más comunes son los deslizamientos rotacionales, reportados en los municipios de El Carmen y Juradó (gráfico 33).

La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 muestra las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo y ordenamiento territorial a nivel regional. Los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa muestran que la categoría de susceptibilidad predominante en el departamento de Chocó es la media (75 %), principalmente en las vertientes oriental y occidental del río Atrato, en especial en la subregión de bajo Atrato (Urabá chocoano), alto, medio y bajo San Juan.

La susceptibilidad alta (14 %) predomina en las subregiones de bajo Atrato, sector occidental del municipio de Unguía; en el litoral del Pacífico, en la zona topográficamente más alta, más precisamente en los municipios de Bahía Solano, Bajo Baudó (Pizarro), alto Baudó (Pie de Pato) y Nuquí.

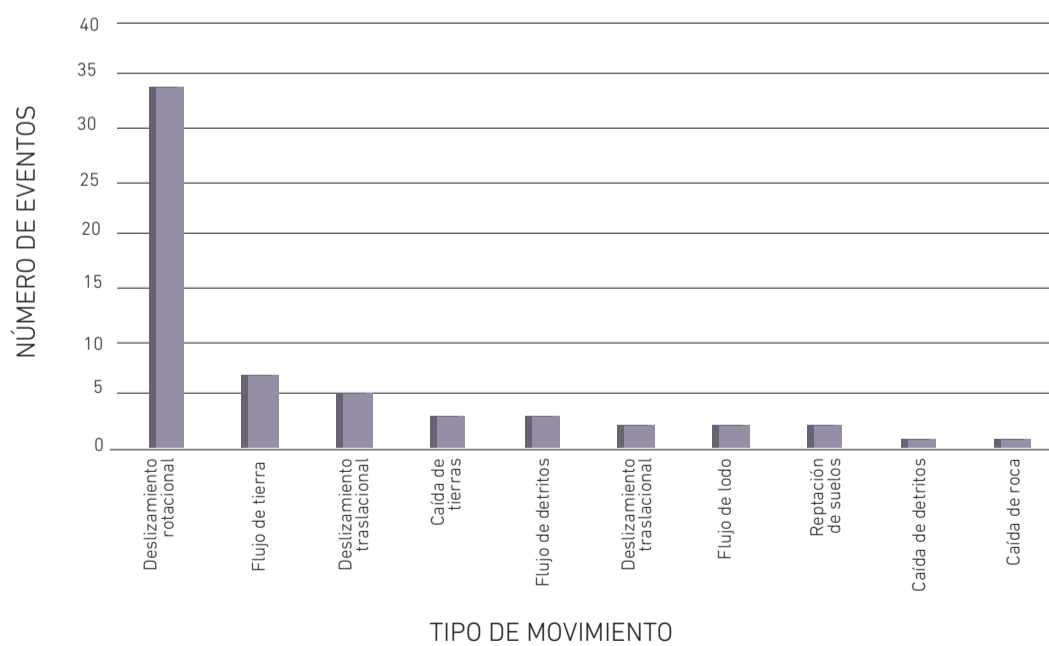
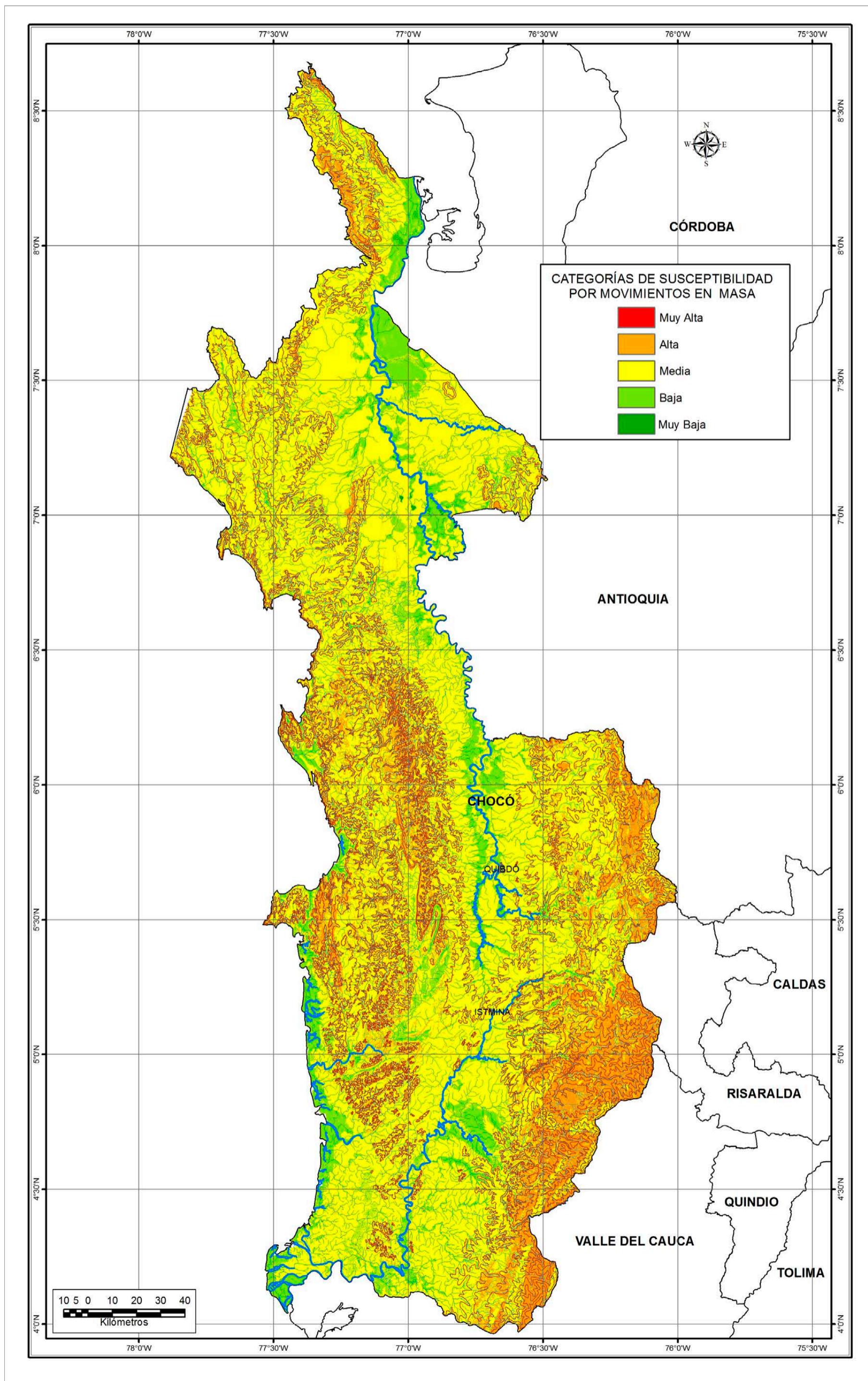


Gráfico 33. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Chocó.



Mapa 32. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Chocó

La susceptibilidad baja ocupa el 10,27 % del territorio, la cual predomina en las zonas topográficamente más bajas del río Atrato, en las subregiones de bajo Atrato (Urabá chocoano), municipios de Unguía y Riosucio; en la subregión de medio Atrato, municipios de Quibdó y Bojayá, y en el alto, medio y bajo San Juan, más exactamente en los municipios de Istmina, el litoral de San Juan. Así mismo, en la subregión del litoral Pacífico, sector más occidental del departamento (véase gráfico 34 y mapa 32).

La amenaza alta predomina en el departamento (72,45 %), en las subregiones de bajo Atrato (Urabá chocoano), municipios de Acandí y Unguía, en el alto y medio San Juan, municipios del litoral de San Juan, sur de bajo Baudó (Pizarro), alto Baudó (Pie de Pato) y en el litoral Pacífico, más precisamente en los municipios de Juradó, Riosucio, occidente de Quibdó y Bojayá.

La amenaza media (10,11 %) predomina en el nororiente de los municipios de Riosucio y Quibdó, en el suroccidente de Bahía Solano, occidente del bajo Baudó y sector occidental de los municipios de Sipí, Nóvita y Condoto. Es importante destacar que los municipios del departamento con mayor territorio de amenaza alta por movimientos en masa son Acandí (81 %), alto Baudó (Pie de Pato) (79 %) y Atrato (37 %). Los municipios que presentan mayor área de amenaza muy alta por movimientos en masa son Lloró (85 %), El Carmen (78 %) y Cérteguí (63 %) (véase gráfico 35 y mapa 33).

En el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Chocó se inventariaron numerosos procesos de movimientos en masa; a continuación se presenta uno de estos (véase fotografía 68).

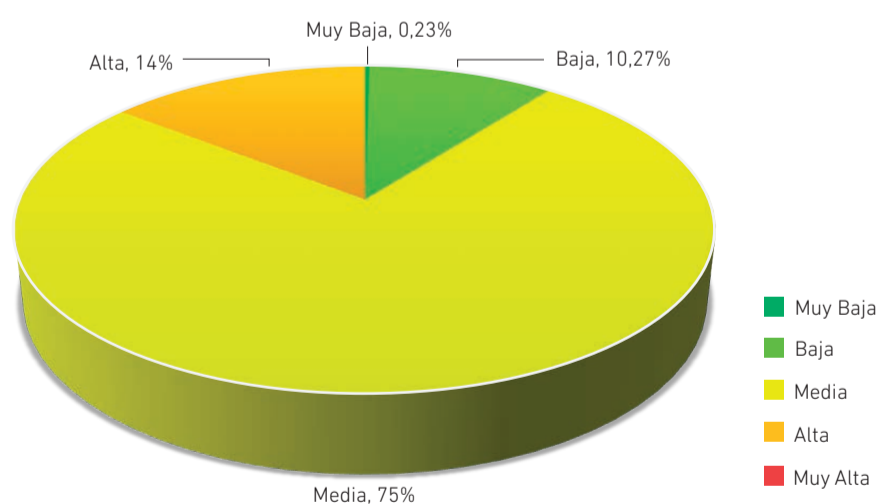
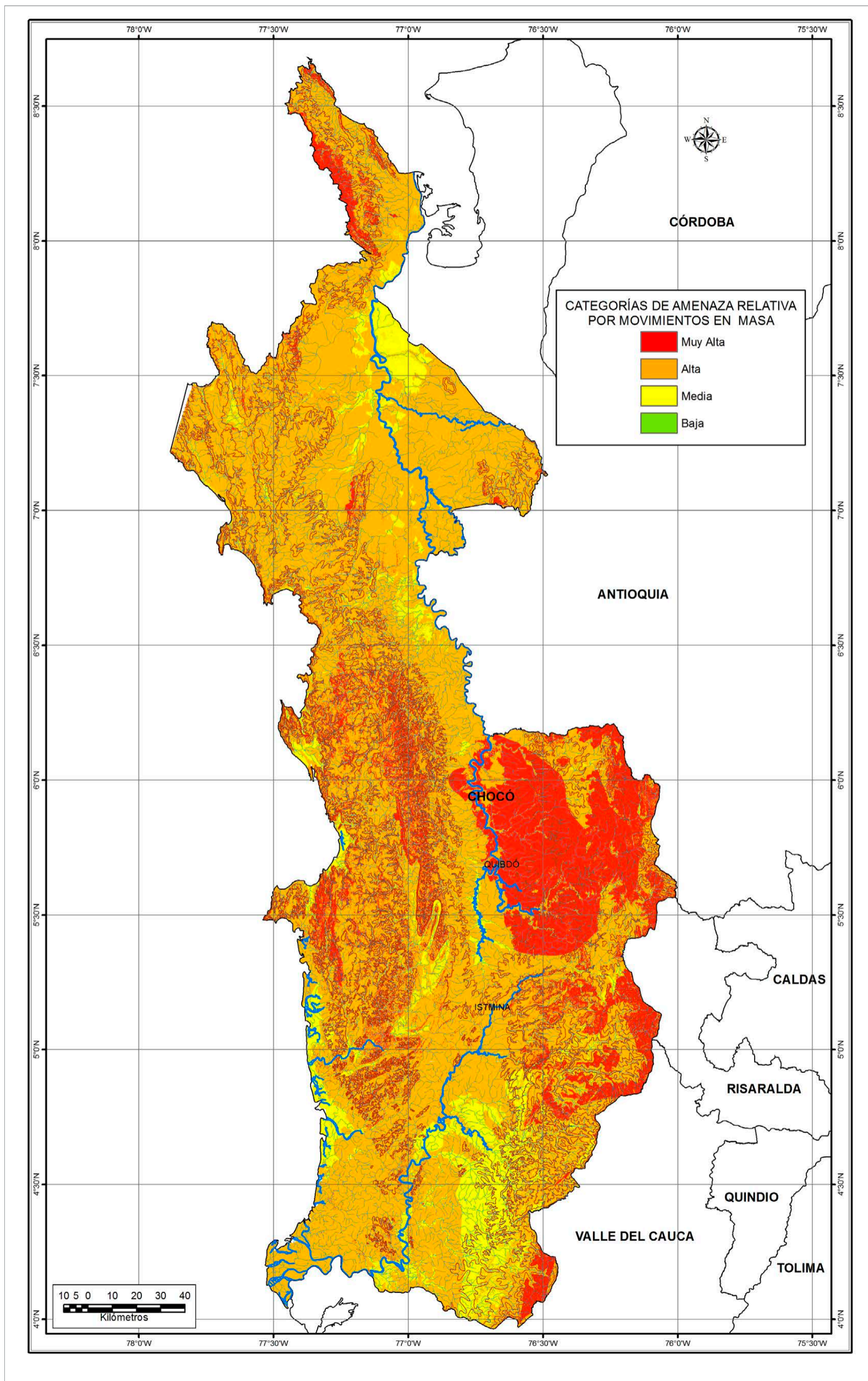


Gráfico 34. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Chocó.





Fotografía 67.
 Movimiento en masa tipo deslizamiento traslacional en el municipio de Tadó (fuente: Noticias RCN, abril de 2016).



Fotografía 68.
 Movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento rotacional y flujo de detritos, municipio de Bahía Solano, vereda El Valle (clasificación y fotografía por Camilo Flórez, Eafit, 2014).

Mapa 33. Amenaza relativa del departamento de Chocó.

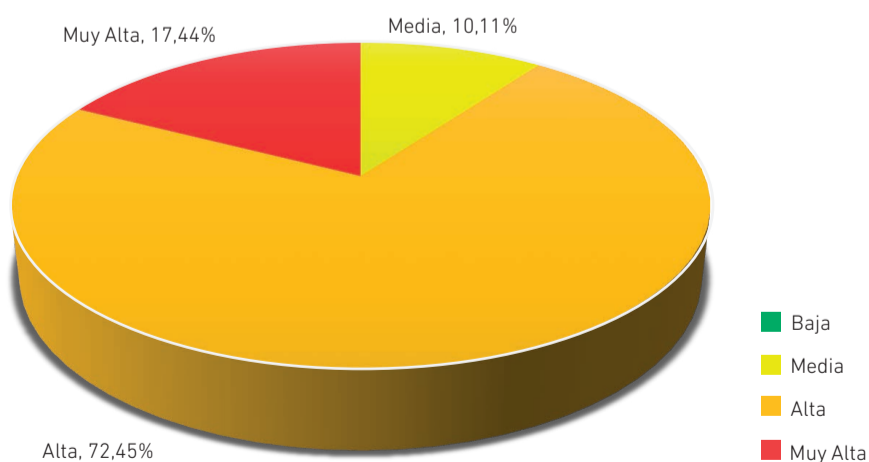
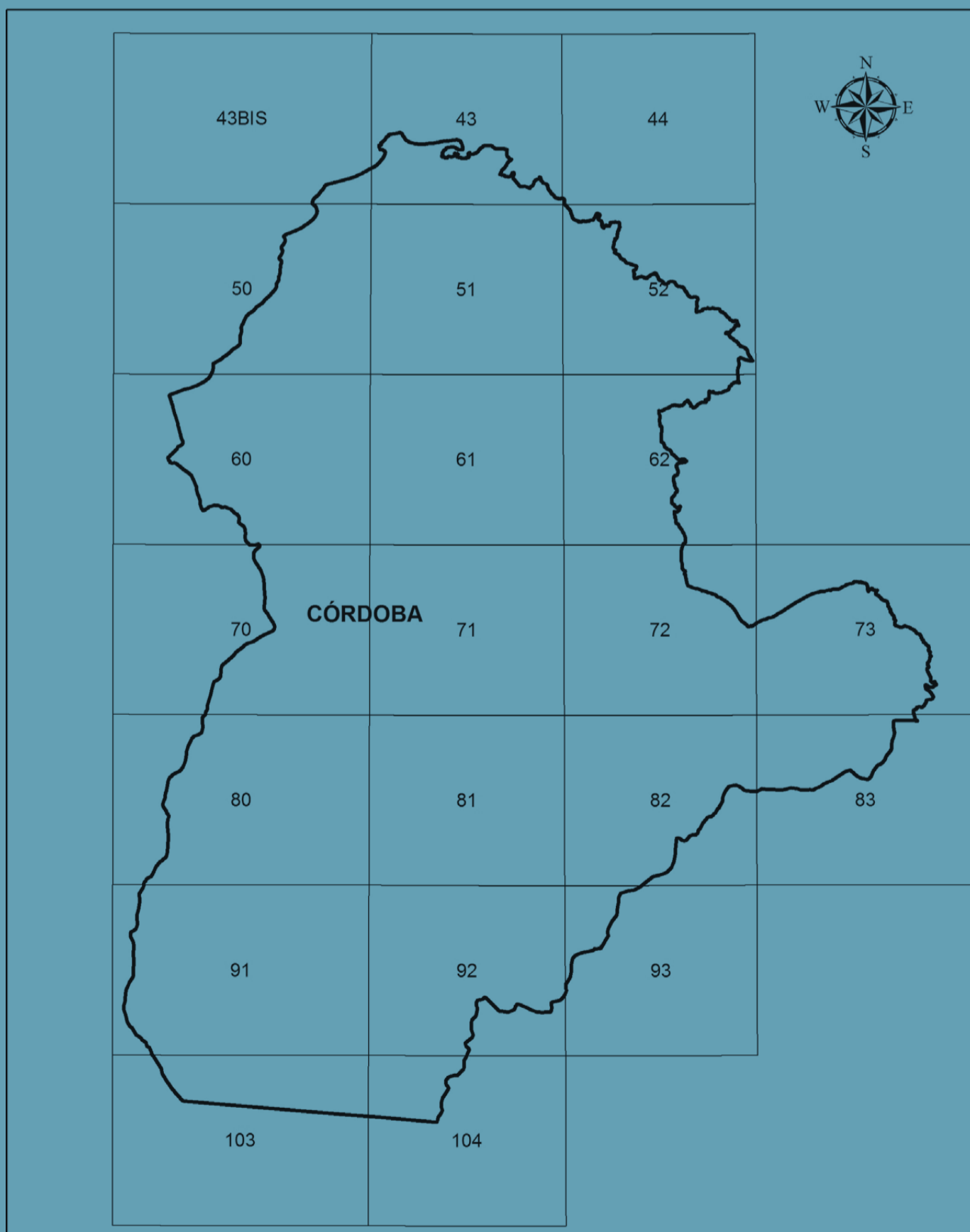


Gráfico 35. Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Chocó.



CÓRDOBA

El departamento de Córdoba, en la zona noroeste del país, cercano al mar Caribe, cuenta con importantes rasgos fisiográficos, como el volcán de Iodo, las serranías de Abibe, Ayapel y San Jerónimo y los valles del río Sinú y del río San Jorge. Está conformado por 30 municipios, su capital es la ciudad de Montería. Tiene 1.762.530 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 23.980 km², superficie cubierta por 22 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 51).



 **Figura 51.** Departamento de Córdoba y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000

A lo largo de su historia, procesos de desestabilización de laderas han afectado en el departamento de Córdoba tanto a la población como la infraestructura y han generado cuantiosos daños ambientales y económicos. Entre los movimientos en masa más antiguos registrados para este departamento, se encuentran el ocurrido en el municipio de San Pelayo en 1969 y el que se presentó en el municipio de Puerto Libertador en 1992. Se registró una caída de rocas en el año 2005 en el municipio de Pueblo Nuevo que afectó a cerca de 210 personas, los caseríos La Bonita, San Felipe, El Edén, La Siberia y destruyó siete viviendas.

En el departamento de Córdoba existen cuarenta casos de movimientos en masa registrados, de los cuales dieciséis cuentan con información detallada de localización y clasificación, siendo más frecuentes los deslizamientos rotacionales, que se reportan principalmente en el municipio de Tierralta (véase gráfico 36).

La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 muestra las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo y ordenamiento territorial a nivel regional.

De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, la categoría de susceptibilidad que predomina en el departamento de Córdoba es la media (82 %), presentándose en casi todos los municipios; la susceptibilidad baja (9,78 %) predomina en la subregión bajo Sinú –más exactamente en los municipios de Lorica, Cotorra, Purísima, Chimá y Cereté–, en menor proporción en los municipios de Ayapel, Tierralta y Valencia. La susceptibilidad alta (8 %) predomina en los municipios de Tierralta, sur y occidente de Montelíbano y en el sur de Puerto Libertador (véase gráfico 37 y mapa 34).

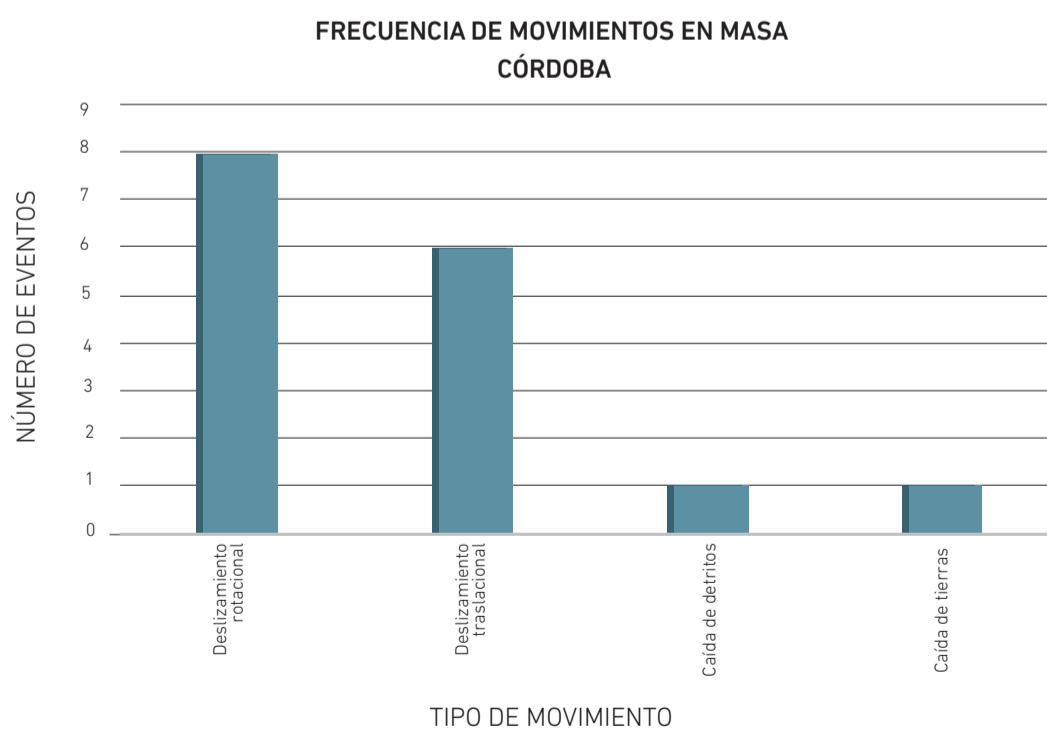
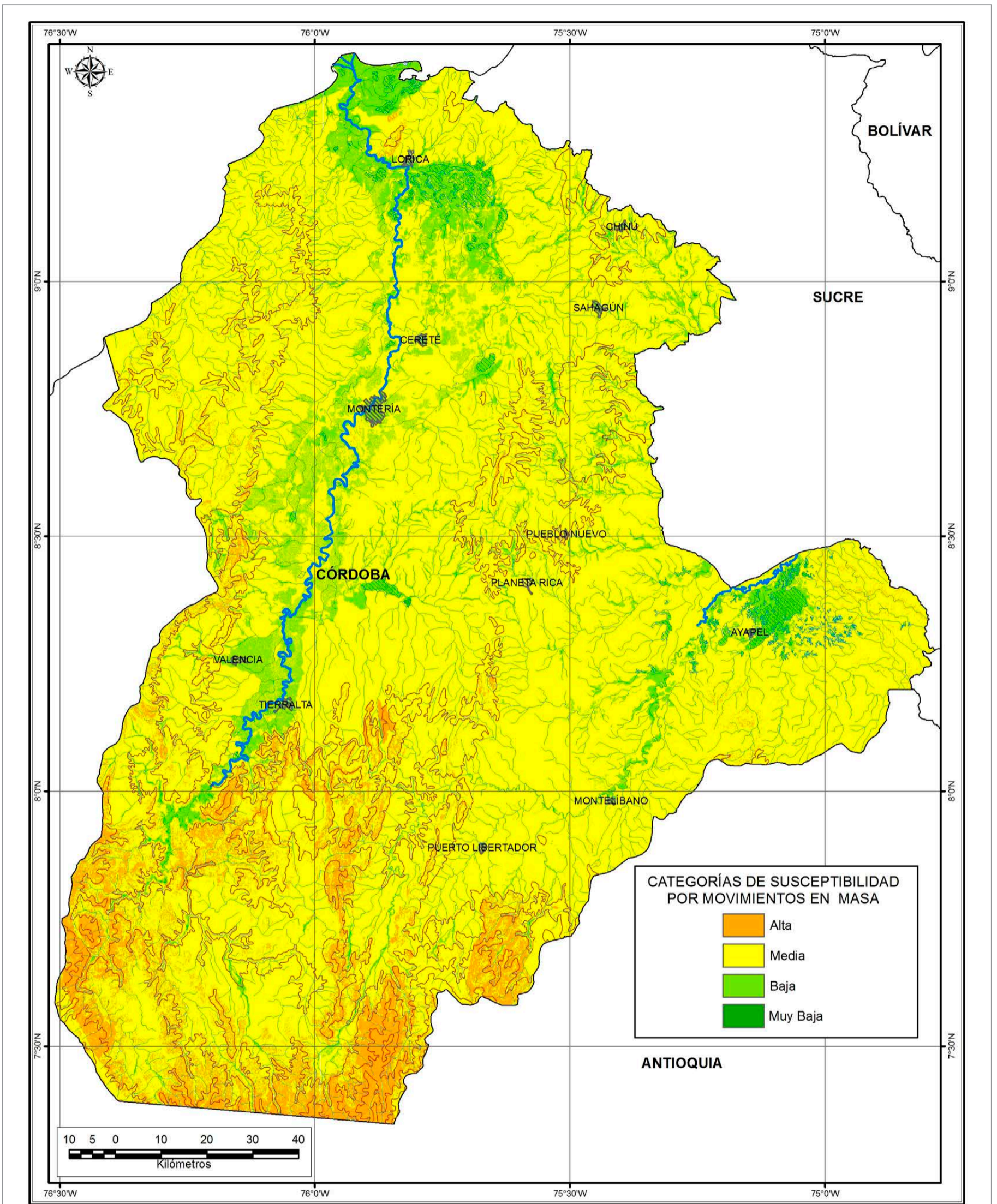
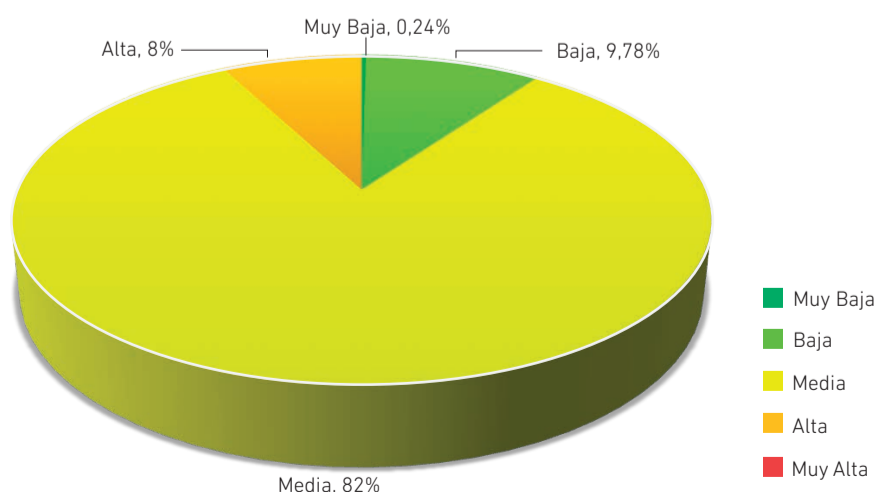


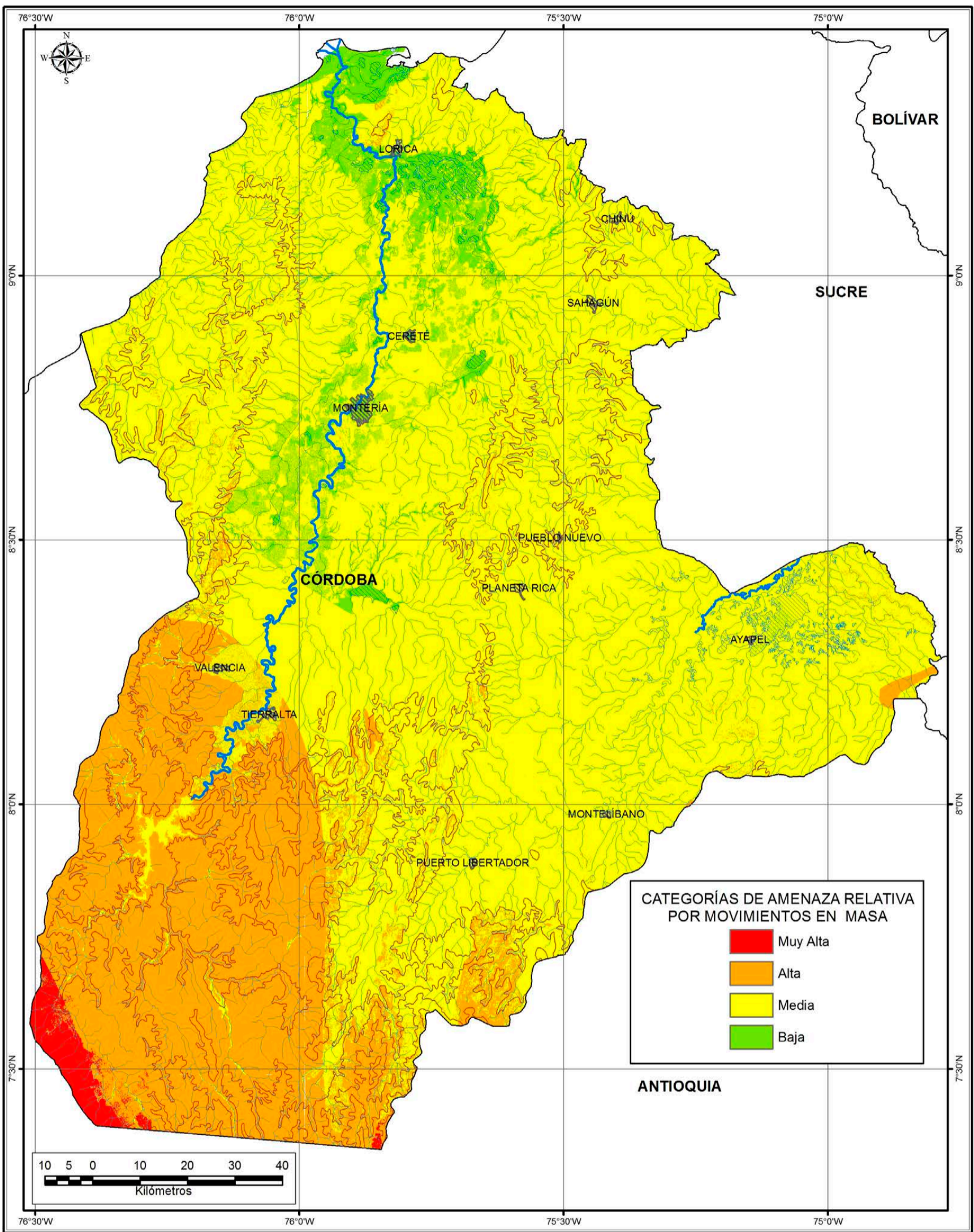
Gráfico 36. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Córdoba.



Mapa 34. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Córdoba.

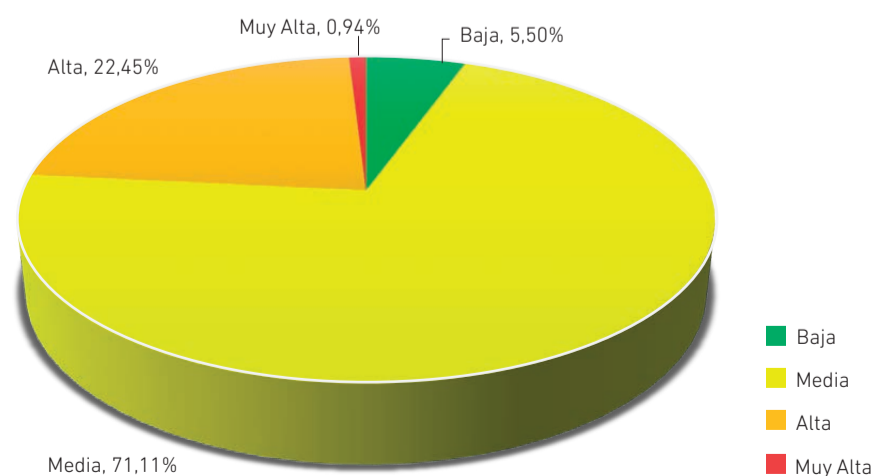
Gráfico 37. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Córdoba.





Mapa 35. Amenaza relativa del departamento de Córdoba.

Gráfico 38. Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Córdoba.



La amenaza alta ocupa el 71,11 % del territorio, predomina en la provincia de San Jorge, municipios de Ayapel, Montelíbano, Puerto Libertador, Planeta Rica; de igual manera en la provincia de Sabanas –en los municipios de Sahagún, Chinú, Pueblo Nuevo y San Andrés de Sotavento– y en el sector más occidental de la subregión de Costanera, municipios de San Antero, San Bernardo del Viento, Moñitos, Los Córdoba, Canalete y Puerto Escondido. La amenaza alta (22,45 %) predomina en la subregión del alto Sinú, en los municipios de Tierralta y Valencia. La amenaza baja (5,50 %) predomina en las subregiones del medio y bajo Sinú, municipios de Montería, norte de Tierralta, Cereté, Lórica, San Antero y San Bernardo del Viento.

Es importante destacar que los municipios del departamento que presentan mayor territorio de amenaza alta por movimientos en masa son Tierralta (77 %), Valencia (74 %) y Puerto Libertador (26 %). Los municipios que presentan mayor área de amenaza muy alta por movimientos en masa son Tierralta (4 %) y Puerto Libertador (0,35 %) (véase gráfico 38 y mapa 35).

A manera de ejemplo, se presentan algunos procesos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Córdoba (véanse fotografías 69 y 70).



Fotografía 69.

Movimiento en masa único, clasificado como deslizamiento rotacional, municipio de Tierralta, vereda Campobello (clasificación y fotografía por Jhónatan Rincón, Universidad Nacional, sede Medellín, 2014).





Fotografía 70.

Movimiento en masa único, clasificado como deslizamiento rotacional, municipio de Puerto Libertador, vereda Caracolí (clasificación y fotografía por Jénifer A. y Juan Carlos M., Universidad Nacional, sede Medellín, 2014).



CUNDINAMARCA

El departamento de Cundinamarca, en la parte central del país, sobre la cordillera Central, cuenta con importantes elementos geográficos, como los páramos de Sumapaz y Cruz Verde, la altiplanicie de la Sabana de Bogotá, los valles de los ríos Bogotá, Ubaté, Simijaca y Magdalena. Está conformado por 116 municipios, su capital es la ciudad de Bogotá. Tiene 2.762.784 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 24.210 km², superficie cubierta por 22 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 52).

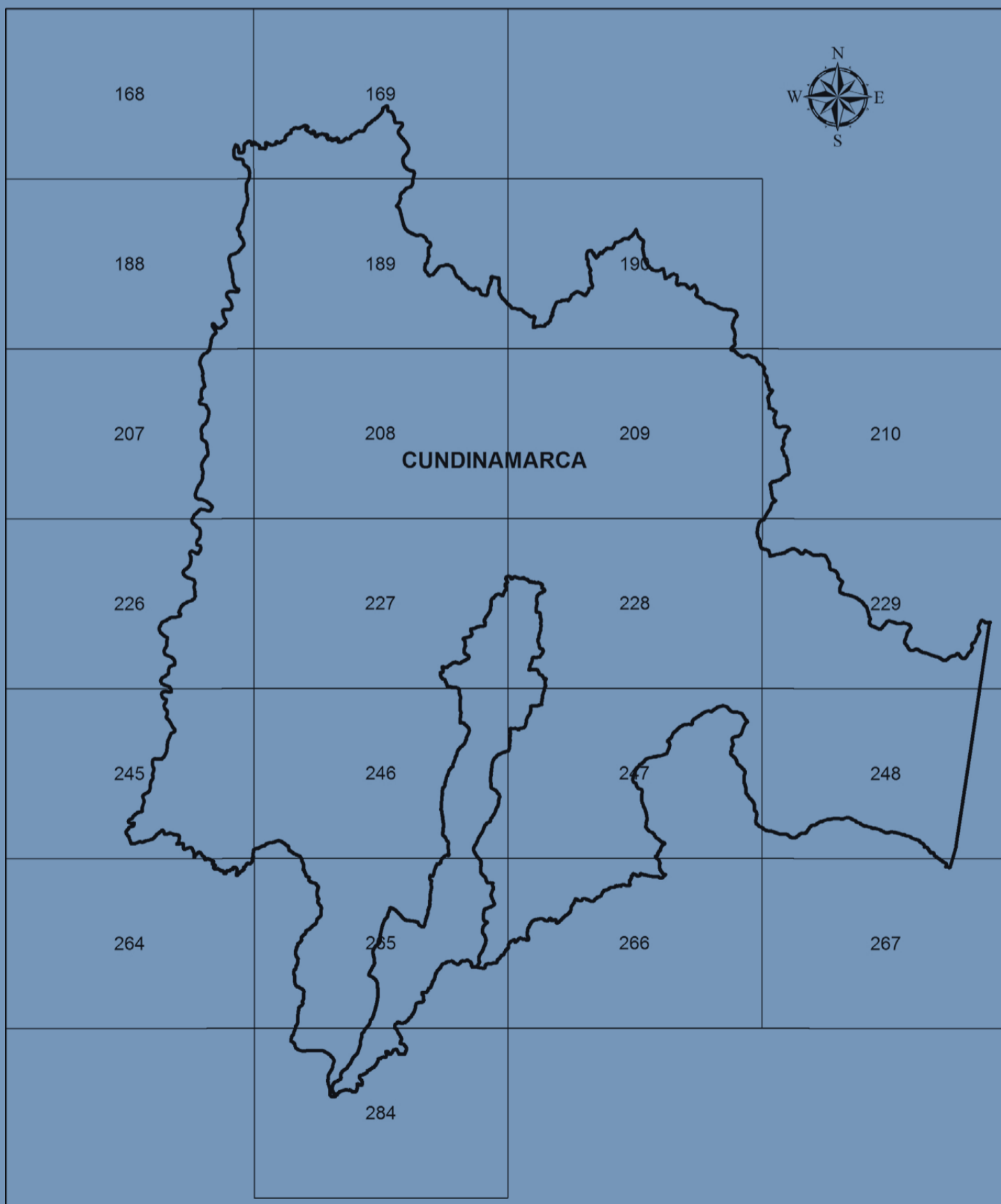


Figura 52. Índice de planchas IGAC escala 1:100 000 que cubren el departamento de Cundinamarca.

El territorio cundinamarqués a través de la historia ha padecido movimientos en masa en diferentes municipios, movimientos que han afectado tanto a la población como la infraestructura y han generado considerables daños ambientales. Muchos de estos procesos han sido atendidos en visita de emergencia por parte del Servicio Geológico Colombiano, con el fin de brindar un diagnóstico de la situación y dar recomendaciones; además, se han elaborado importantes estudios detallados para intervención del territorio y su estabilidad, como es el caso de los estudios de zonificación de amenazas por movimientos en masa para Cáqueza y Útica y otros para reubicación, como es el caso de San Cayetano (véanse fotografías 71, 72 y 73).

Entre los movimientos en masa antiguos registrados en el departamento está el ocurrido en el municipio de Guayabetal en 1974, movimiento que destruyó la carretera Bogotá-Villavicencio, sepultó varios vehículos, provocó cerca de un centenar de muertos y demandó la construcción de una variante, lo que generó una alta inversión económica para el país.

En el departamento de Cundinamarca existen 1.552 casos registrados (739 con información detallada); entre estos, los más comunes son los deslizamientos traslacionales, la mayoría de los cuales se reportan en el municipio de Quebradanegra (véase gráfico 39).

La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo. De acuerdo con los resultados del proyecto Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa, la mayor parte del territorio del departamento de Cundinamarca presenta susceptibilidad media (56 % del área total): en el oriente, la provincia de Medina –que incluye parte de los municipios

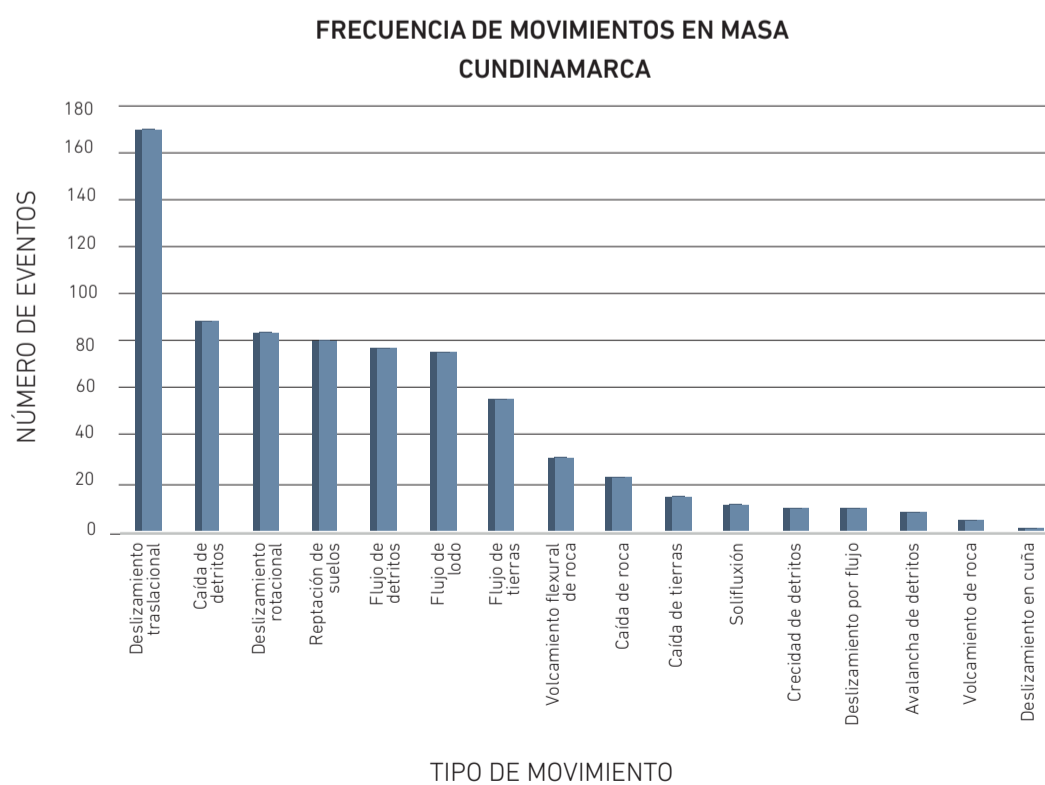
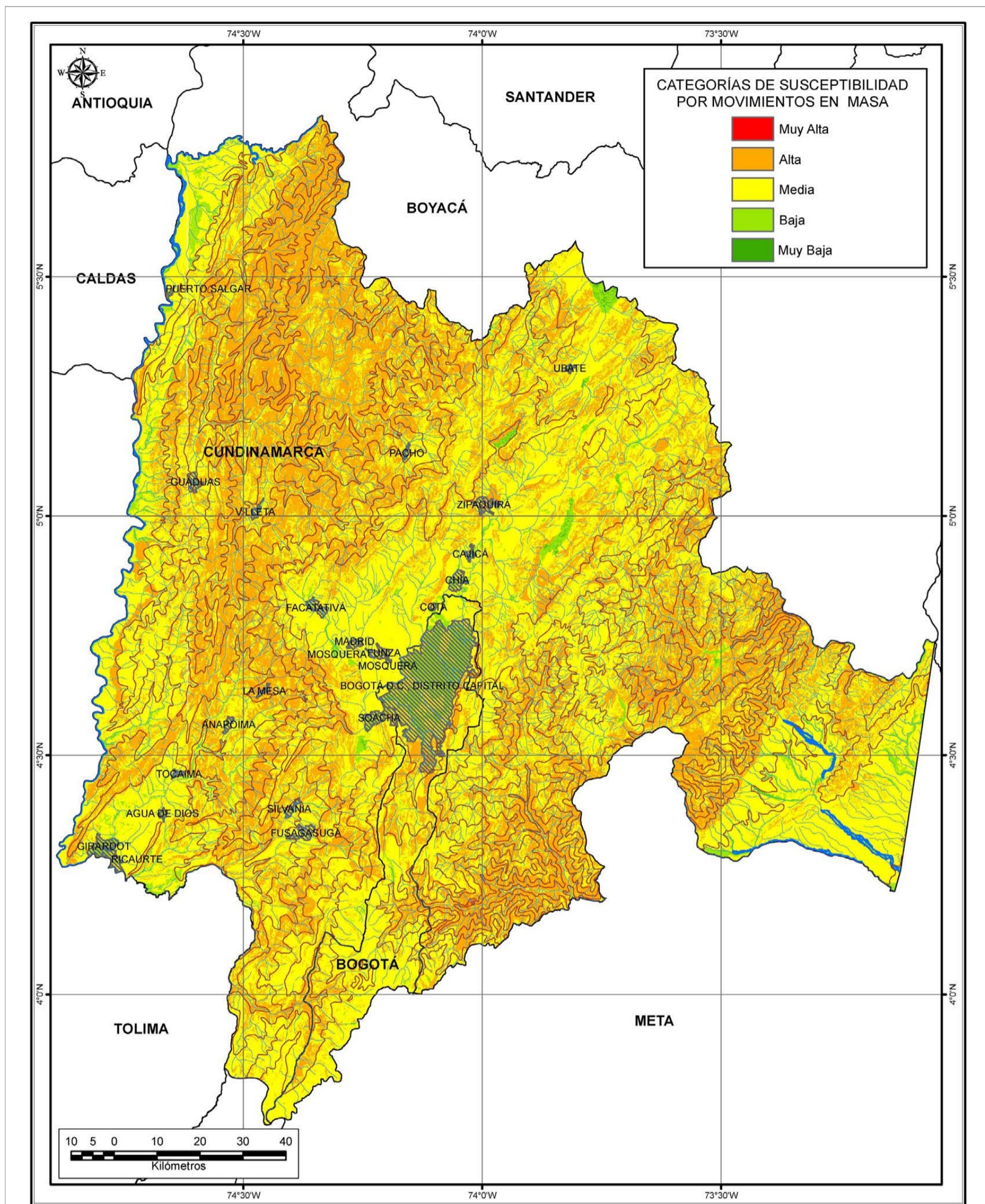
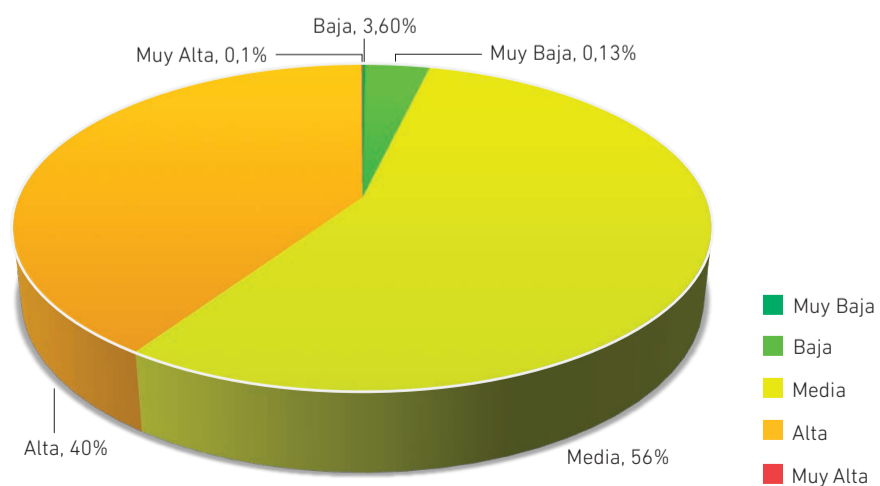


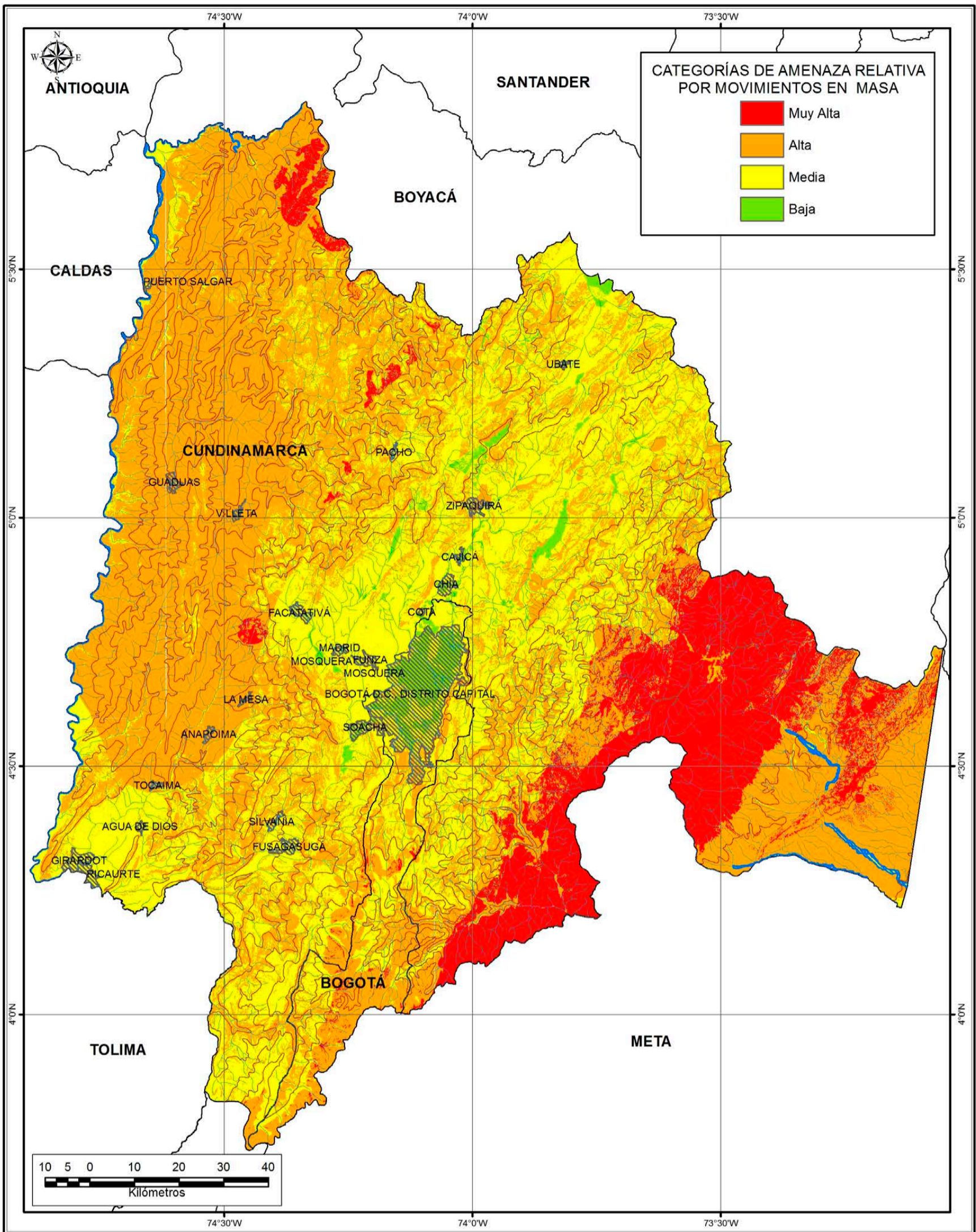
Gráfico 39. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Cundinamarca.



Mapa 36. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa para el departamento de Cundinamarca.

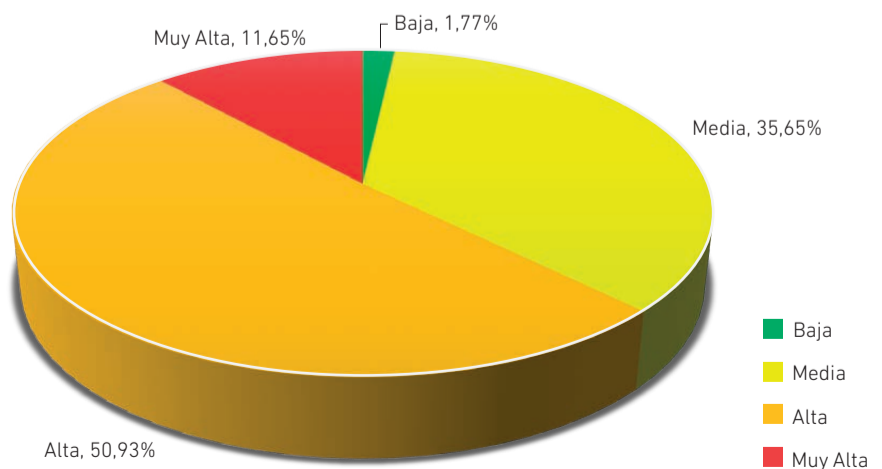
Gráfico 40. Categorías de susceptibilidad por movimientos en masa y sus porcentajes de ocupación en el departamento de Cundinamarca.





Mapa 37. Mapa de amenaza por movimientos en masa para el departamento de Cundinamarca.

Gráfico 41. Categorías de amenaza por movimientos en masa y sus porcentajes de ocupación para el departamento de Cundinamarca.



de Paratebuena y Medina–; en el sur, parte del Distrito Capital y la provincia de Sumapaz, abarcando los municipios de Cabrera, Venecia y San Bernardo; en el centro, las provincias de Soacha, Sabana Occidente, Distrito Capital y Sabana Centro, ocupando parte de los municipios aledaños al casco urbano de Bogotá y también sobre la franja más occidental del departamento a lo largo del valle medio del Magdalena.

La siguiente categoría que ocupa más área en el departamento es la susceptibilidad alta (40 %): predomina hacia las regiones occidental y noroccidental, donde se encuentran las zonas montañosas de la cordillera Oriental, que atraviesa de sur a norte el departamento, que corresponde a las provincias de Gualivá, Rionegro, Tequendama, Guavio y de Oriente.

La susceptibilidad baja comprende el 3,60 % del territorio, se relaciona con el área que cubre el casco urbano del municipio de Bogotá, las zonas de embalses y las llanuras de inundación de los ríos más importantes de este departamento ubicados en la franja occidental y en la zona oriental de este.

Finalmente, las categorías que ocupan menos territorio del departamento son la susceptibilidad muy alta (0,1 %) –con ocurrencias esporádicas en algunos sectores en el oriente del departamento, en cercanías del embalse de El Guavio– y la susceptibilidad muy baja (0,13 %), en pequeñas áreas sobre cauces de algunos ríos en el oriente del departamento y en el área cubierta por algunos embalses, que son regiones planas que no representan condiciones favorables a los movimientos en masa (véase mapa 36 y gráfico 40).



Fotografía 71.

Movimiento compuesto, parte alta de la quebrada Negra del municipio de Útica. Fecha del evento: 24/06/2013 (clasificación y fotografía por Andrés Reyes, SGC, 2013).





Fotografía 72.

Movimiento complejo (traslacional, caída de roca y flujo de detritos) presentado en la bocatoma del municipio de Ubaté. Fecha del evento: 19 de abril de 2012 (clasificación y fotografía por Andrés Reyes, SGC, 2012).



Fotografía 73.

Vista general del proceso de movimiento en masa complejo, tipo deslizamiento rotacional-flujo, sobre un depósito de origen coluvial. Soacha, Cundinamarca (clasificación y fotografía por Ingeominas, 2006).

Después de la amenaza media se encuentra la amenaza muy alta (12 % del área total), que comprende diferentes sectores en el oriente (provincias de Medina y Guavio) y suroriente del departamento (provincia de Oriente), abarca las estribaciones más orientales de la cordillera Oriental y parte del piedemonte llanero. Finalmente, la amenaza baja es la menor en el departamento, pues tan cubre el 2 % del territorio, la cual se restringe a los cauces de algunos ríos y a los embalses. Es importante destacar que los municipios del departamento que presentan mayor territorio de amenaza muy alta por movimientos en masa son Guayabetal (97 %), Gachalá (96 %), Ubalá y Quetame (83 %) y Gama (74 %), mientras que aquellos con mayor área de amenaza alta son Útica (100 %), Pulí, Quebradanegra, Villeta, Nimaima, Guayabal de Síquima, Nocaima, Caparrapí, Bituima, Chaguaní, San Juan de Rioseco, Quipile, La Mesa, La Peña, Vianí y Guaduas (más del 90 % del territorio) (véanse mapa 36 y gráfico 41).

A manera de ejemplo se presentan algunos eventos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Cundinamarca (véanse fotografías 74 y 75).

**Fotografía 74.**

Movimiento en masa complejo, que consta de un deslizamiento traslacional y caídas de rocas, sobre la margen izquierda de la quebrada La Sucia, en el municipio de Medina (tomada por Chayanna del Carmen Vega Pérez, UPTC, 2014).

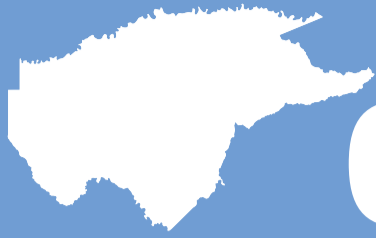




Fotografía 75.

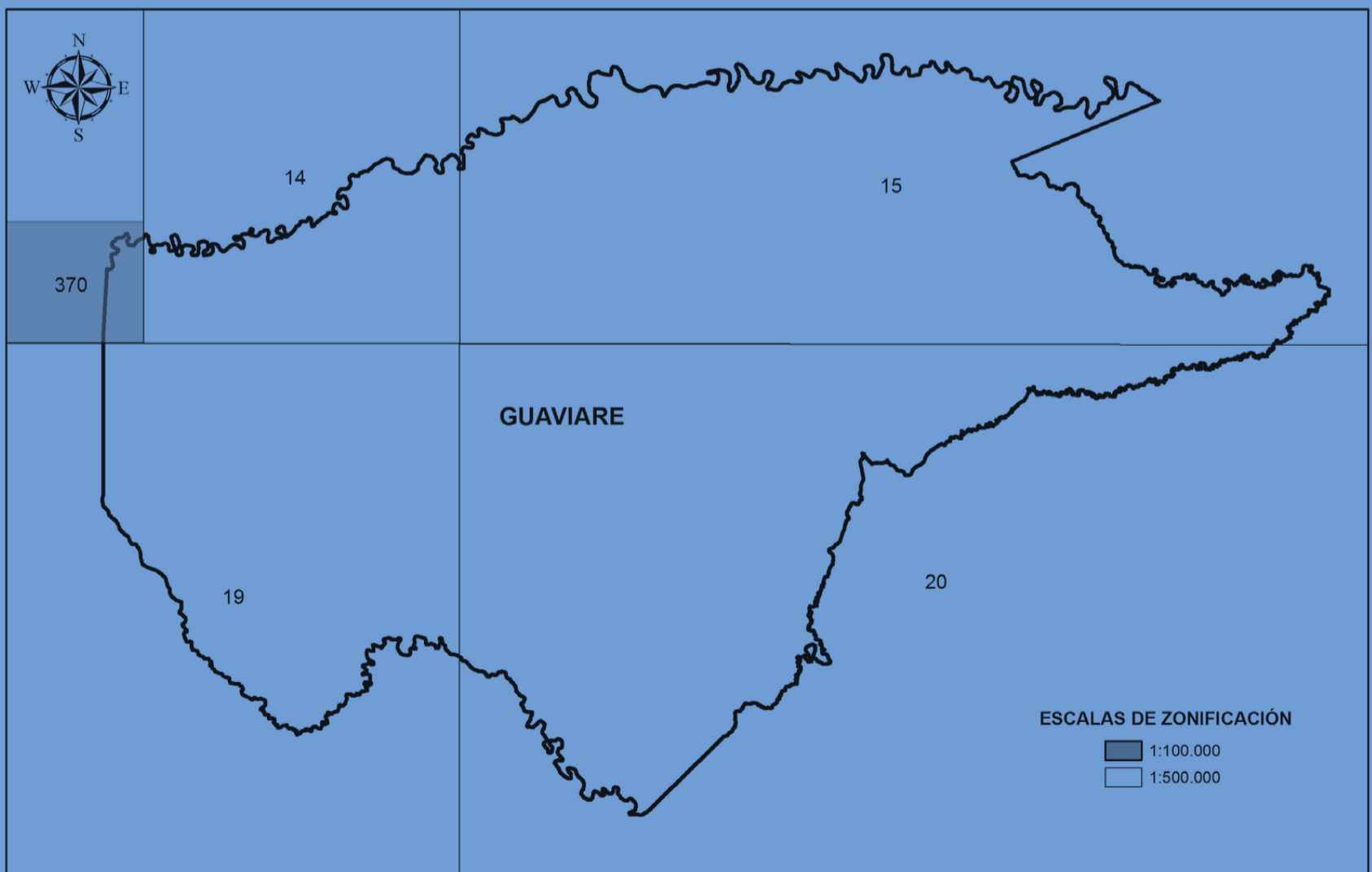
Movimiento en masa complejo, conformado por deslizamiento traslacional principal (al fondo) y flujos de detritos, el cual deposita los materiales removidos sobre el cauce del caño Blanco en la vereda Los Alpes del municipio de Medina (tomada por Chayanna del Carmen Vega Pérez, UPTC, 2014).





GUAVIARE

El departamento de Guaviare, en el oriente del país, está conformado por cuatro municipios, cuenta con 114.207 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 42.327 km², superficie cubierta por una plancha IGAC escala 1:100.000 y parte de cuatro planchas escala 1:500.000 (véase figura 53). En el proyecto Mapa Nacional de Amenaza se zonificó una plancha escala 1:100.000, equivalente a un 0,86 % del territorio departamental, 364 km² aproximadamente. El 99,14 % de su área cuenta con la versión actualizada del mapa de amenaza escala 1:500.000 (véase gráfico 42).



 **Figura 53.** Plancha escala 1:100.000 del departamento de Guaviare.

La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.00 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo. De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, donde se zonificó la plancha 370 de este departamento, se presentan las estadísticas de susceptibilidad y amenaza del área de dicha plancha, que pertenece al departamento de Guaviare. Si se desea consultar el resto de las planchas de amenaza, se debe remitir al Mapa Nacional de Amenaza escala 1:500.000 (SGC, 2016).

En esta plancha se presenta predominio de la categoría de susceptibilidad media (91,74 %), localizada en la esquina noroccidental del municipio de San José del Guaviare, asociada con la zona de transición entre la serranía de La Macarena y la zona plana oriental. En menor porcentaje (8,18 %) está la categoría baja, asociada al cauce del río Guayabero (véanse gráfico 43 y mapa 38).

La plancha presenta amenaza media en el 91,74 % en terrenos ondulados de esta parte del municipio y amenaza baja (8,26 %) en terrenos bajos inundables del río Guayabero (véanse gráfico 44 y mapa 39).

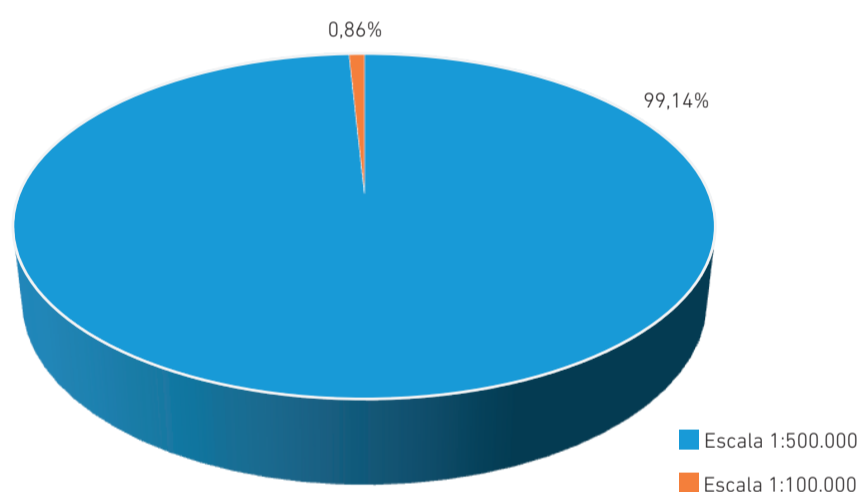
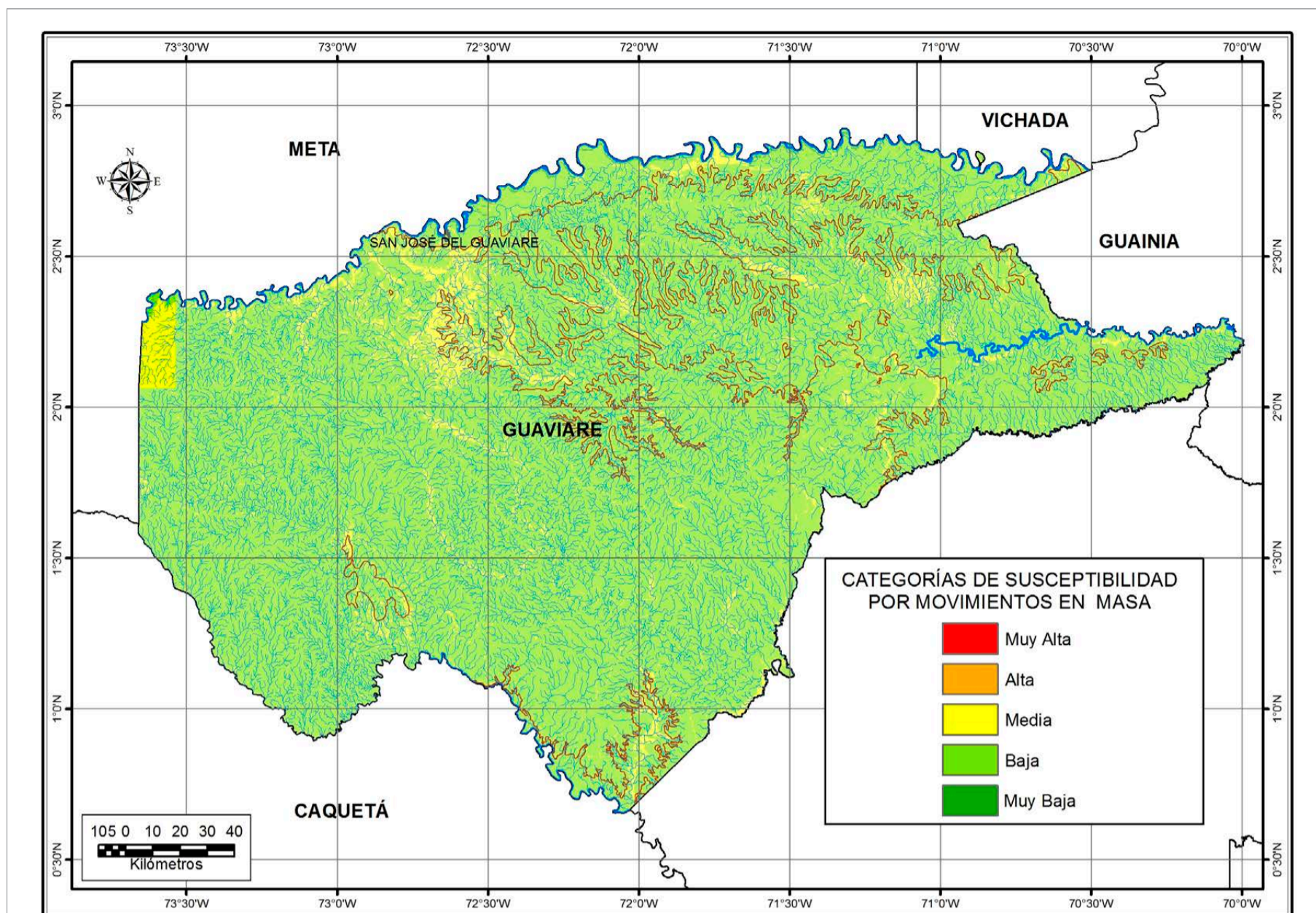


Gráfico 42. Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales que ha trabajado el Servicio Geológico Colombiano.



Mapa 38. Mapa integrado de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Guaviare.

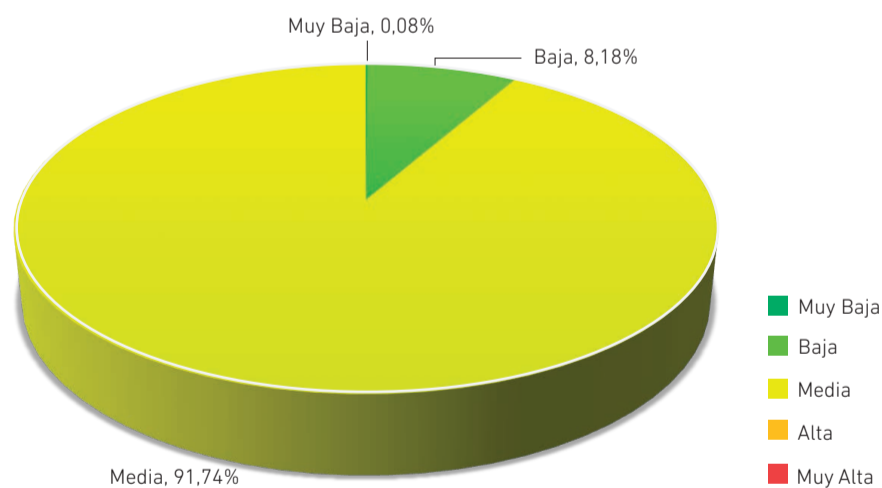
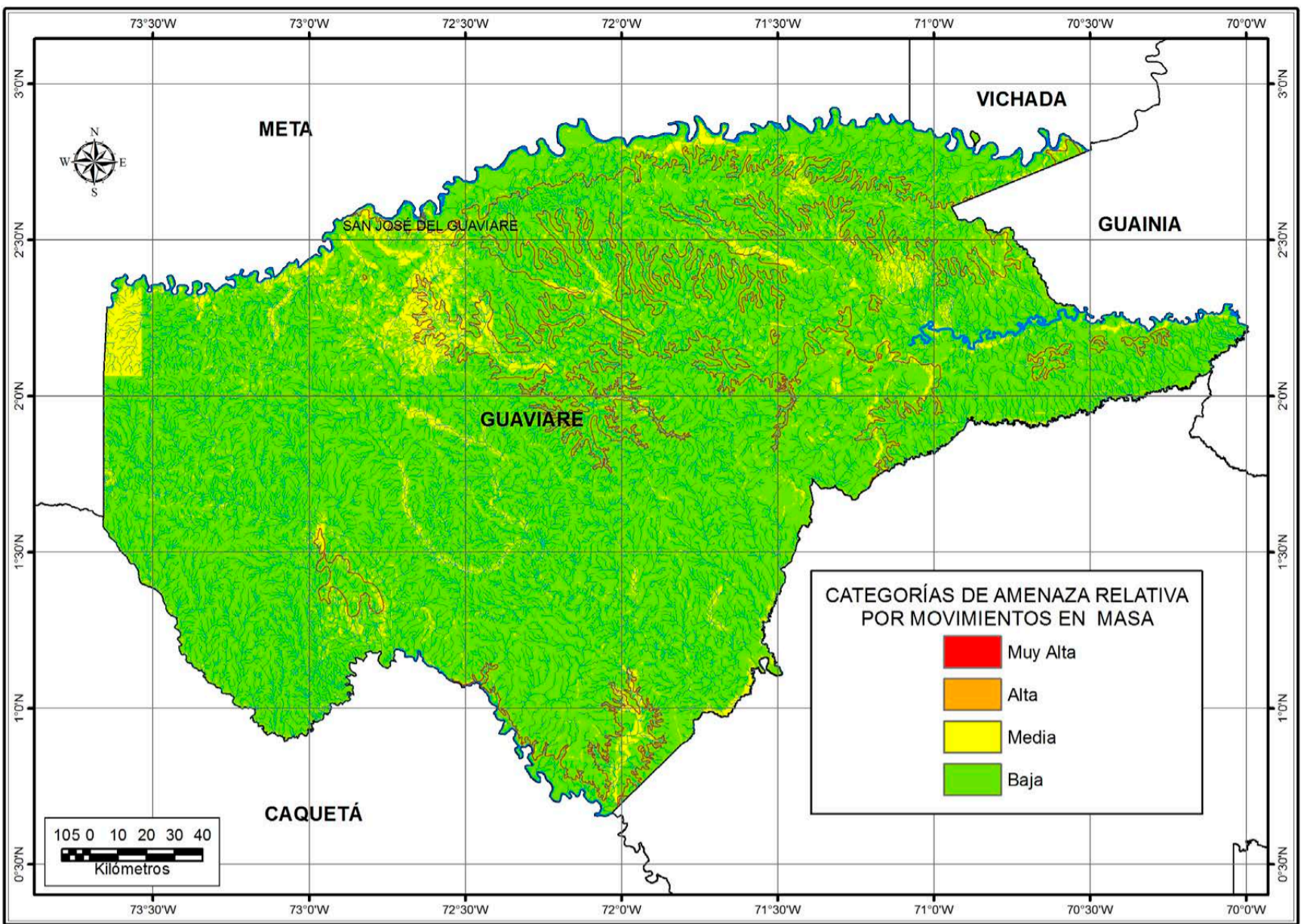


Gráfico 43. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad de las planchas del departamento de Guaviare.



Mapa 39. Mapa integrado de amenaza a los movimientos en masa del departamento de Guaviare.

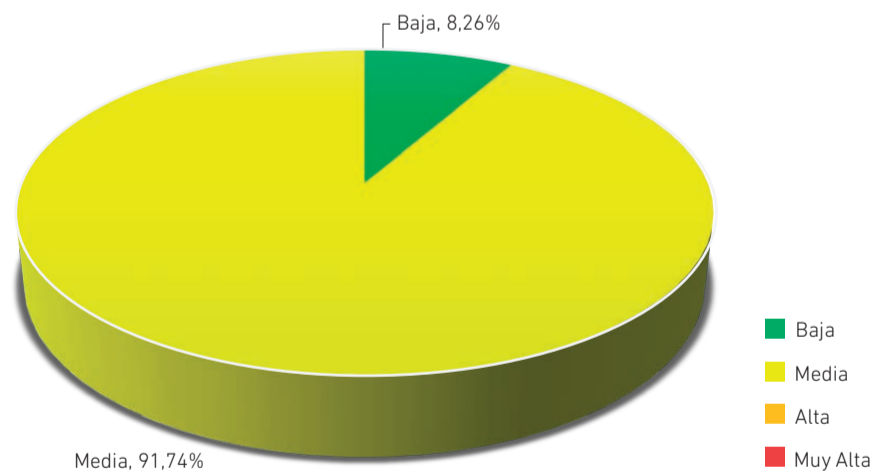
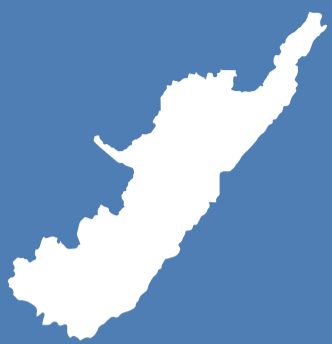
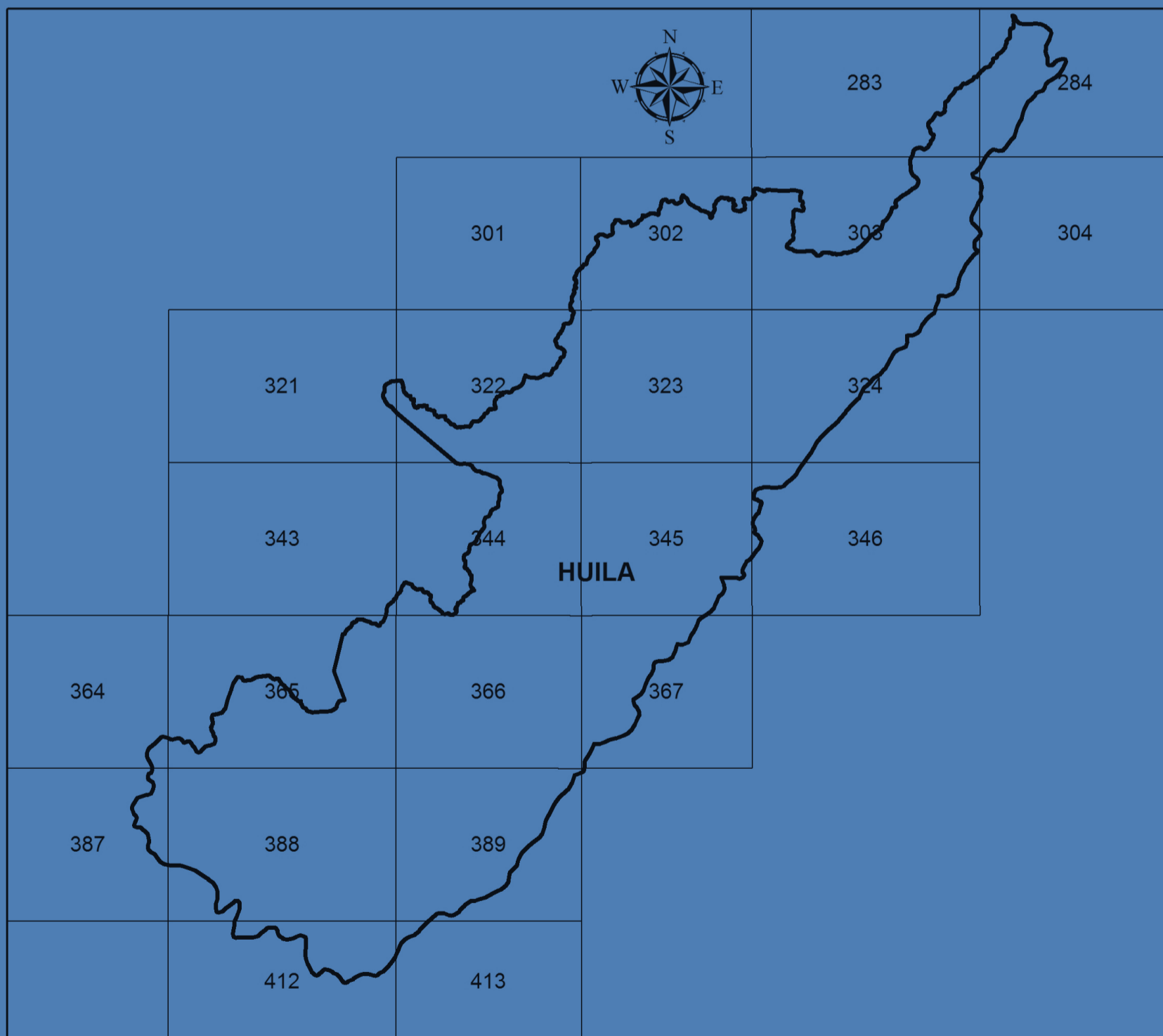


Gráfico 44. Porcentajes de las categorías de amenaza de las planchas del departamento de Guaviare.



HUILA

El departamento de Huila, en el suroccidente del país, cuenta con importantes elementos geográficos –como una región del Macizo Colombiano, el valle del río Suaza, la Sierra Nevada de los Coconucos, el Desierto de la Tatacoa– y culturales –como el Parque Arqueológico de San Agustín–. Está conformado por 37 municipios, su capital es la ciudad de Neiva. Tiene 1.182.944 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 19.890 km², superficie cubierta por 23 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 54).



 **Figura 54.** Índice de planchas IGAC escala 1:100 000 que cubren el departamento de Huila.

El territorio huilense se ha visto afectado a lo largo de su historia por procesos de desestabilización de laderas que han afectado a población e infraestructura. Entre los procesos más antiguos registrados documentalmente se encuentran el flujo de detritos ocurrido en 1928 en el municipio de Gigante –que afectó a 13 personas– y el deslizamiento en 1953 en el municipio de Guadalupe. Desde estas épocas se han presentado recurrentemente deslizamientos, caídas de rocas y flujos debido a las condiciones naturales propias de esta región y a la acción antrópica.

En el año 2011 se produjeron dos movimientos en masa significativos debido a los efectos que causaron. El primero, un movimiento compuesto por un deslizamiento traslacional con flujos de tierra, asociado a infiltración de agua por planos de diaclasamiento de los macizos rocosos durante una temporada de lluvias que tuvo lugar en marzo en el municipio de Aipe, en el kilómetro 30 de la vía Aipe-Planadas-Praga, bloqueó este tramo de la vía y dejó incomunicadas varias veredas del sector. En el segundo proceso, en la vía Palermo-Santa María, hubo un deslizamiento traslacional con flujo de tierra debido a la erosión hídrica y al grado de fracturamiento de los materiales, generó el cierre parcial de este tramo de la vía, que afectó el transporte de carga y de pasajeros.

En el departamento de Huila existen actualmente 640 casos de movimientos en masa reportados, de los cuales 198 presentan clasificación y localización precisa, siendo más comunes, entre los diferentes tipos de procesos registrados, los deslizamientos traslacionales y las caídas de roca y detritos se presentan en Aipe, Palermo y Santa María (véase gráfico 45).

Dados los antecedentes históricos y recientes de esta problemática en el departamento, es importante conocer la zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.00, pues brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del territorio y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo a nivel regional.

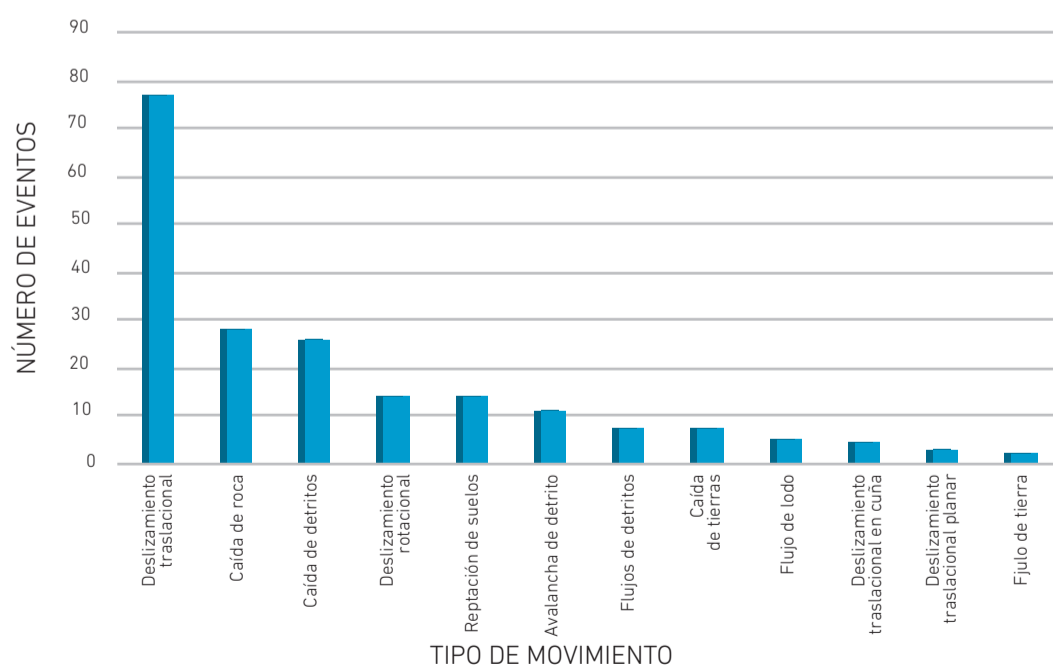
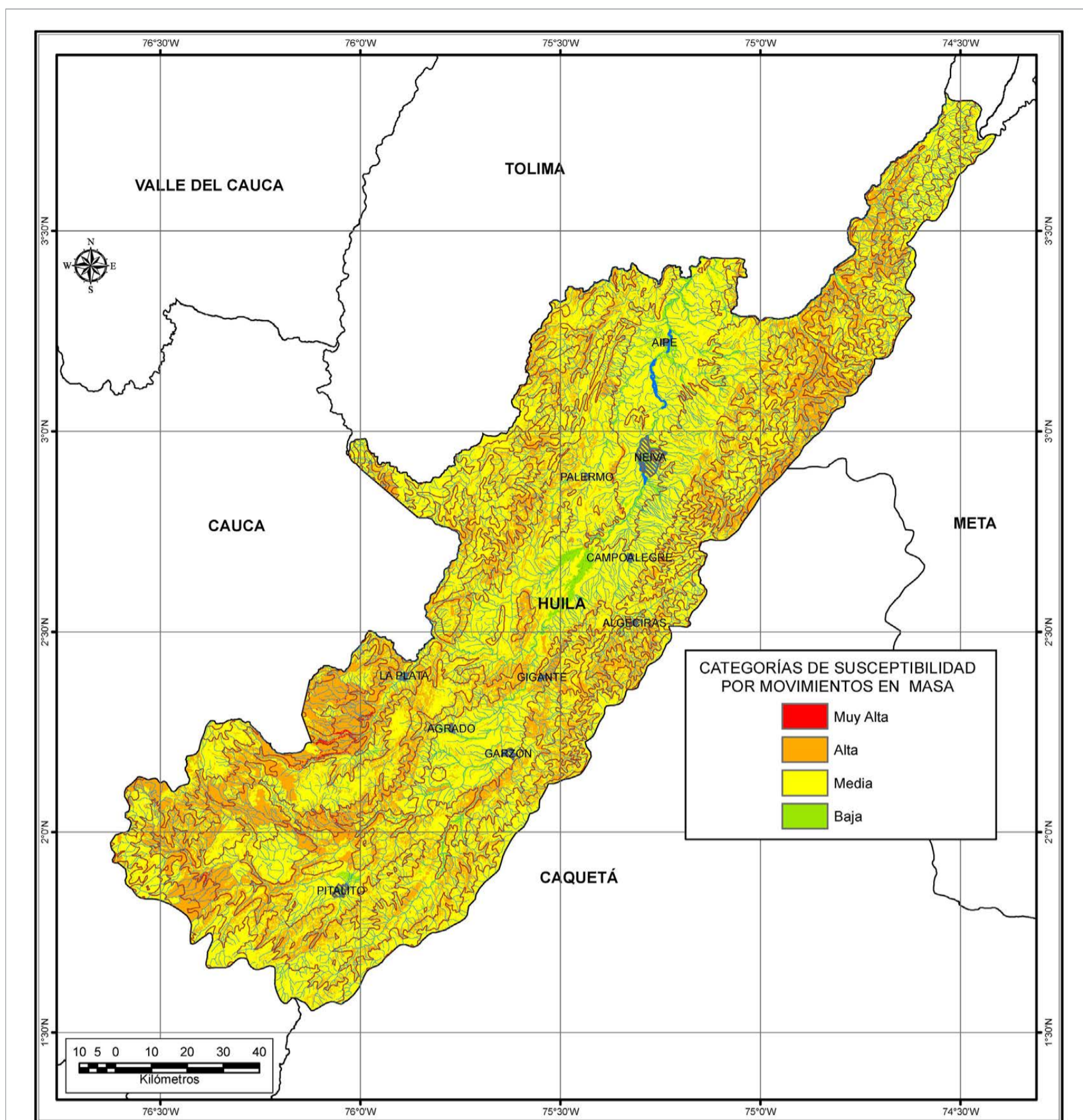


Gráfico 45. Frecuencia de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Huila.



Mapa 40. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa para el departamento de Huila.

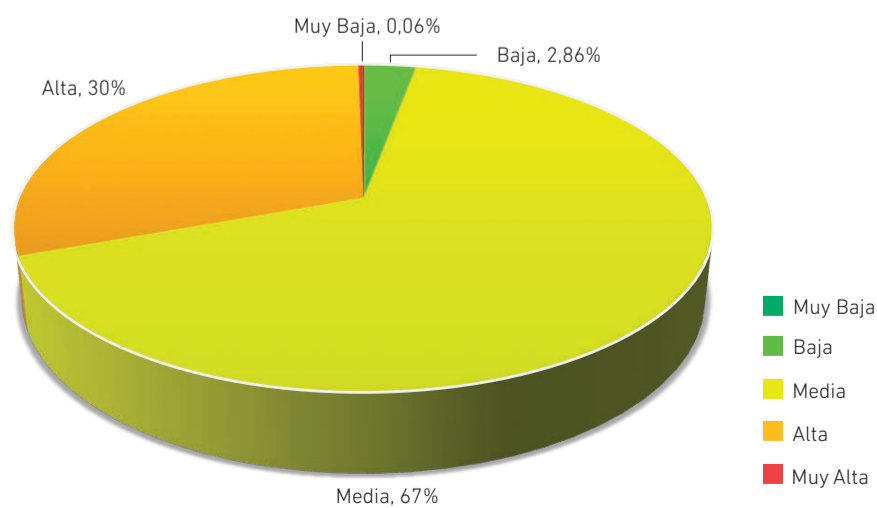
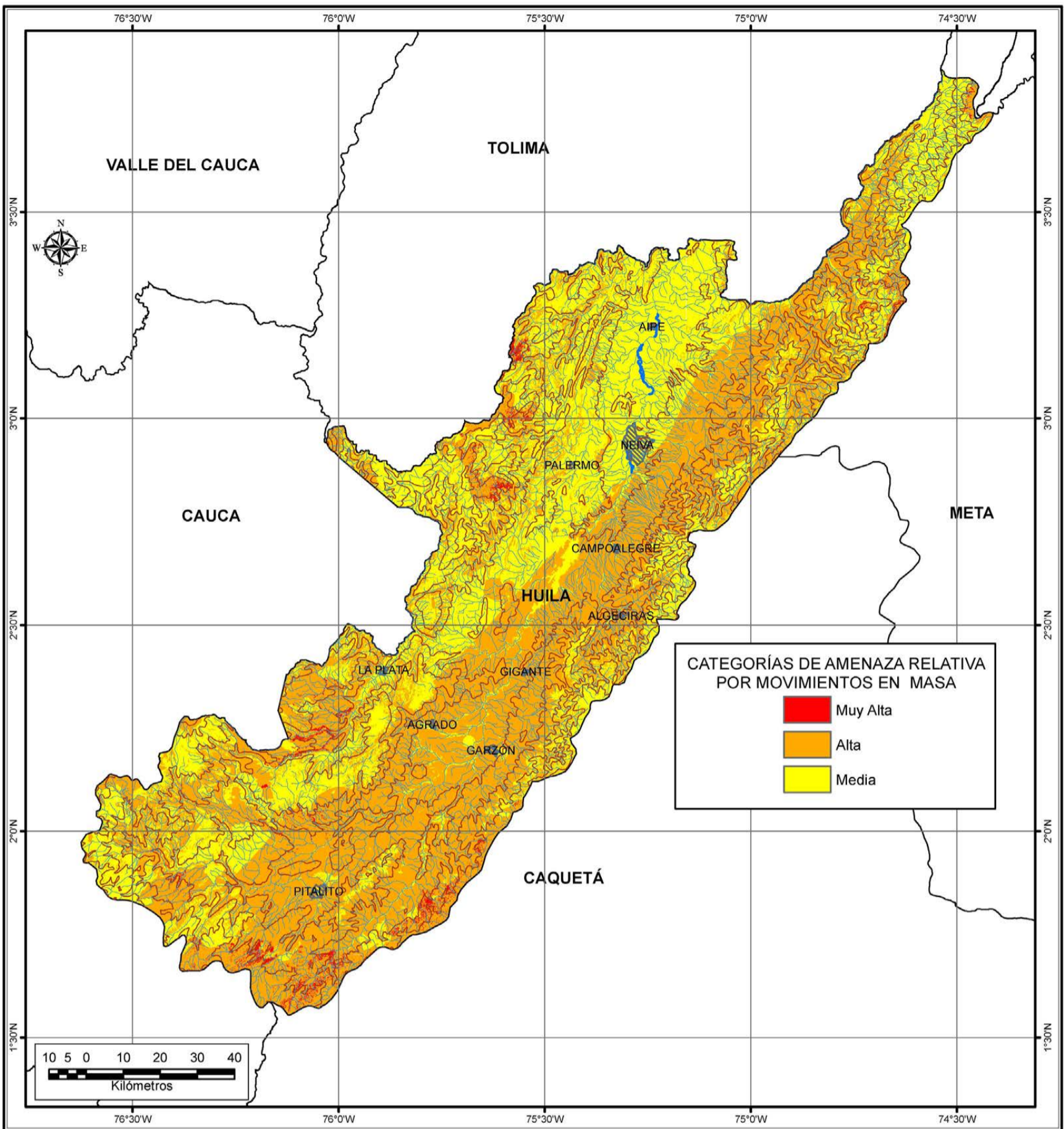
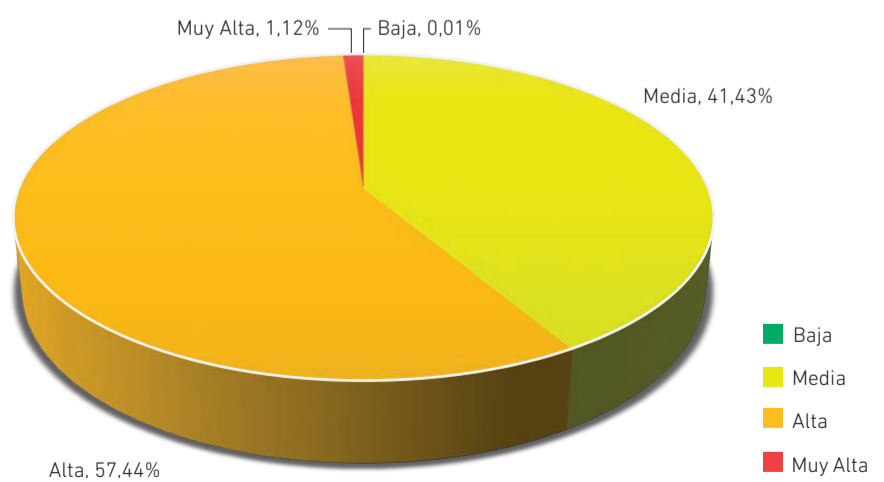


Gráfico 46. Categorías de susceptibilidad por movimientos en masa y sus porcentajes de ocupación del territorio huilense.



Mapa 41. Mapa de amenaza por movimientos en masa para el departamento de Huila.

Gráfico 47. Categorías de amenaza por movimientos en masa y sus porcentajes de ocupación para el departamento de Huila.



Los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa evidencian que la mayor parte del territorio del departamento de Huila presenta susceptibilidad media, la cual comprende el 67 % del área total, abarca parte de todos los municipios, predominando en los municipios de la franja central correspondiente al Valle Superior del Magdalena y en la esquina norte del departamento.

En cuanto a importancia por ocupación de área, continúa la amenaza alta, pues comprende el 30 % del departamento, distribuida en diferentes sectores, pero con ocurrencias trascendentes en las franjas oriental (cordillera Oriental), sur (Macizo Colombiano) y occidental (cordillera Central) del territorio. La susceptibilidad baja comprende el 2,86 % del territorio y se ubica principalmente en la franja central correspondiente al Valle Superior del Magdalena, relacionándose con zonas de inundación del río Magdalena y algunos afluentes y la represa de Betania.

Finalmente, las categorías que ocupan menos territorio del departamento son la susceptibilidad muy alta (0,3 %) –con ocurrencias esporádicas en algunos sectores en el suroccidente del departamento, sobre las microcuencas de los ríos Aguacatal y Loro– y la susceptibilidad muy baja (0,06 %), localizada en pequeñas áreas sobre cauces de los ríos más importantes en el centro del departamento y en el área cubierta por algunos embalses, que son regiones planas que no representan condiciones favorables para que se den los movimientos en masa (véase mapa 40 y gráfico 46).

El panorama de amenaza por movimientos en masa en el departamento de Huila muestra que la amenaza alta predomina en todo el departamento, pues ocupa el 57 % del área total. Esta categoría de amenaza se distribuye en casi todos los sectores del departamento, pero sus principales ocurrencias se dan hacia la franja oriental sobre la zona montañosa de la cordillera Oriental y en el occidente del departamento, sobre algunos sectores de la cordillera Central.



Fotografía 76.

Deslizamiento traslacional sobre una ladera con erosión en terracetas o patas de vaca en la vereda Las Iglesias del municipio de Puerto Rico (clasificación y fotografía por Ferney Hernández, UIS, 2013).

La siguiente categoría que abarca mayor área del departamento es la amenaza media (41 %), se encuentra en diversos sectores hacia el centro, noroccidente y norte del departamento, ocupando zonas del Valle Superior del Magdalena y las cordilleras Central y Oriental. Posteriormente está la amenaza muy alta (1,1 % del área total), en diferentes sectores, caracterizados por sus altas pendientes en zonas montañosas de las cordilleras Oriental y Central. Finalmente, la amenaza baja es la de menor ocurrencia en el departamento, pues tan solo el 0,01 % del territorio se encuentra bajo ella, la cual se restringe a los cauces de algunos ríos y a los embalses.

Es importante destacar que los municipios del departamento que presentan mayor territorio de amenaza muy alta por movimientos en masa son Acevedo (7,40 %), Suaza (5,82 %) y con más del 3 % Palestina, La Plata y Santa María. Los municipios que presentan mayor área de amenaza alta son Elías, Altamira, Guadalupe, Palestina y Pitalito (con más del 90 % del territorio) (véase mapa 41 y gráfico 47).

En las fotografías 76 y 77 se muestra un par de ejemplos de movimientos en masa inventariados en el departamento de Huila durante el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa.



Fotografía 77.

Movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento traslacional y un flujo de tierra, municipio de Aipe, vereda Aipe (clasificación y fotografía por Hernán Ferney Hernández, UIS, 2013).





LA GUAJIRA

El departamento de La Guajira, en el norte del país, está conformado por 15 municipios, cuenta con 1.012.926 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 20.848 km², superficie cubierta por 11 planchas IGAC escala 1:100.000 y parte de 2 planchas escala 1:500.000 (véase figura 55). En el proyecto Mapa Nacional de Amenaza se zonificaron las 11 planchas escala 1:100.000, equivalente a un 50,51 % del territorio departamental, 10.530 km² aproximadamente. El 49,49 % de su área cuenta con la versión actualizada del mapa de amenaza escala 1:500.000 (véase gráfico 48).

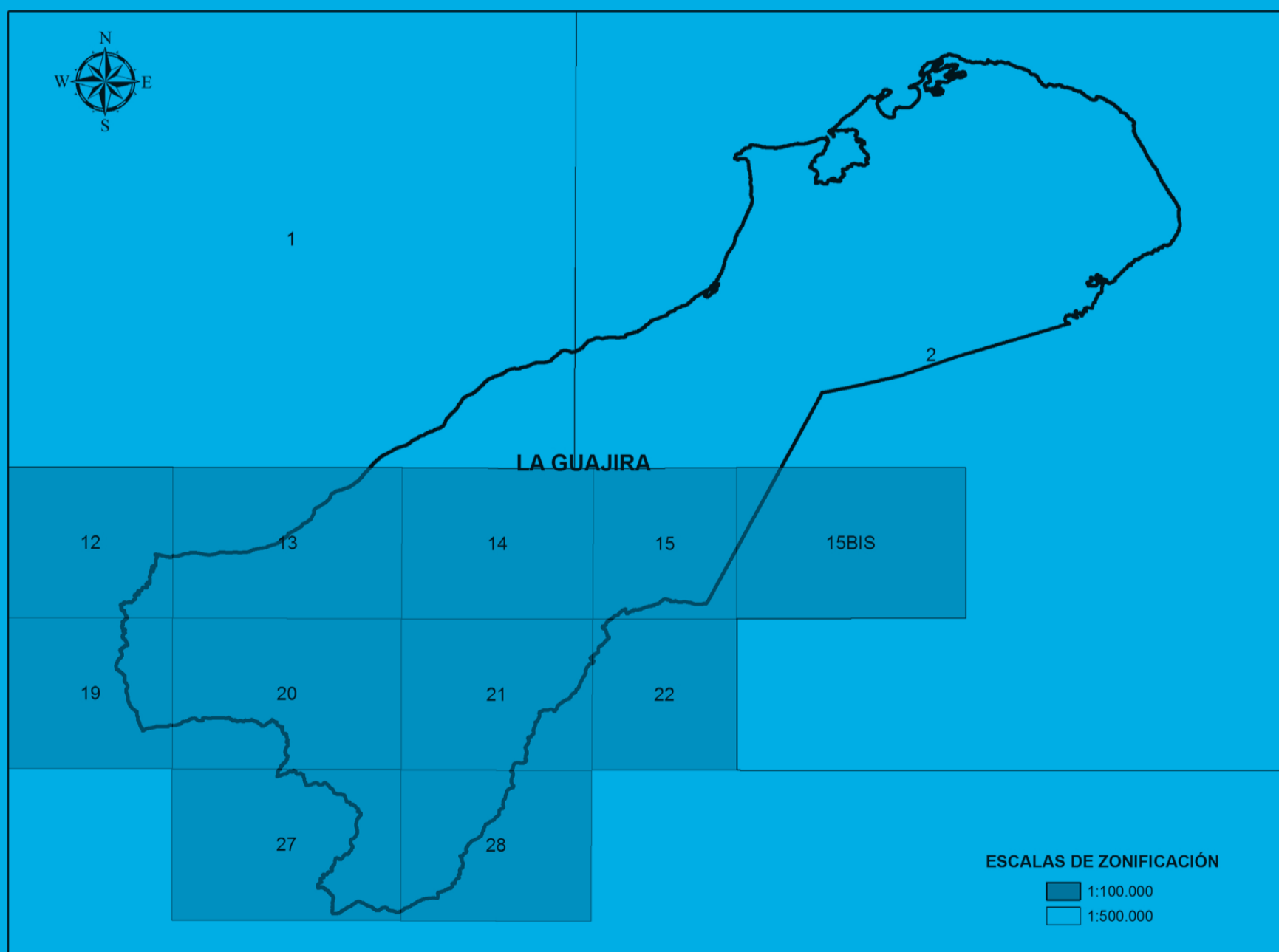


Figura 55. Planchas escala 1:100.000 que conforman el departamento de La Guajira. La zona sombreada del mapa muestra la información a escala 1:100.000.

El departamento de La Guajira cuenta con seis eventos registrados documentalmente; entre estos, tres movimientos en masa, los cuales cuentan con información detallada de tipo, localización, causas, daños, entre otros; el más antiguo corresponde a un flujo ocurrido el 2 de noviembre de 1984 en el municipio de Uribia. Recientemente, el 1.º de septiembre de 2008 se presentó un deslizamiento complejo que tuvo caída de rocas y detritos en el municipio de Riohacha, vereda Punta de Remedios (véase gráfico 49).

La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.00 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo. Las estadísticas que se presentan corresponden a las 11 planchas escala 1:100.00 que se zonificaron en el proyecto Mapa Nacional, tanto para la susceptibilidad como para la amenaza. Si se desea consultar el resto de las planchas de amenaza, se debe remitir al mapa nacional de amenaza escala 1:500.000 (SGC, 2016).

La categoría susceptibilidad alta ocupa una extensión del 7,09 %, se asocia con zonas de alta pendiente en la estribación **N** de la Sierra Nevada de Santa Marta y en la estribación **W** de la serranía de Perijá. Se localiza especialmente en los municipios de San Juan del Cesar, Dibulla, Distracción, Hato Nuevo, Uramita y Riohacha.

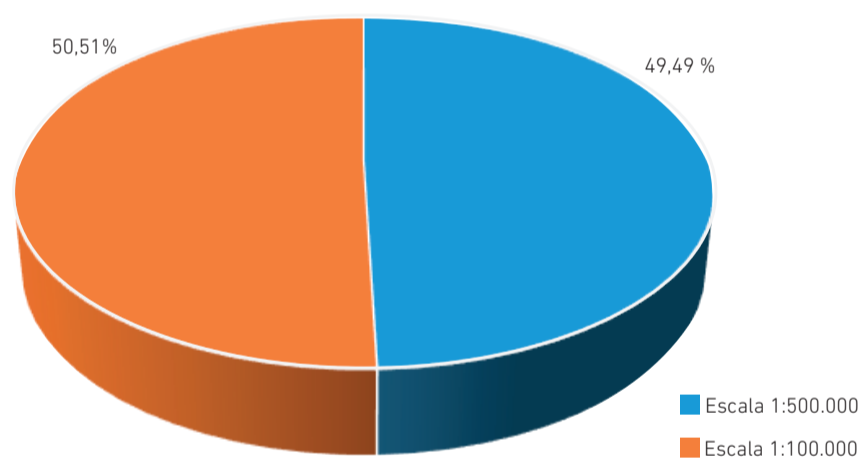


Gráfico 48. Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales que ha trabajado el Servicio Geológico Colombiano.

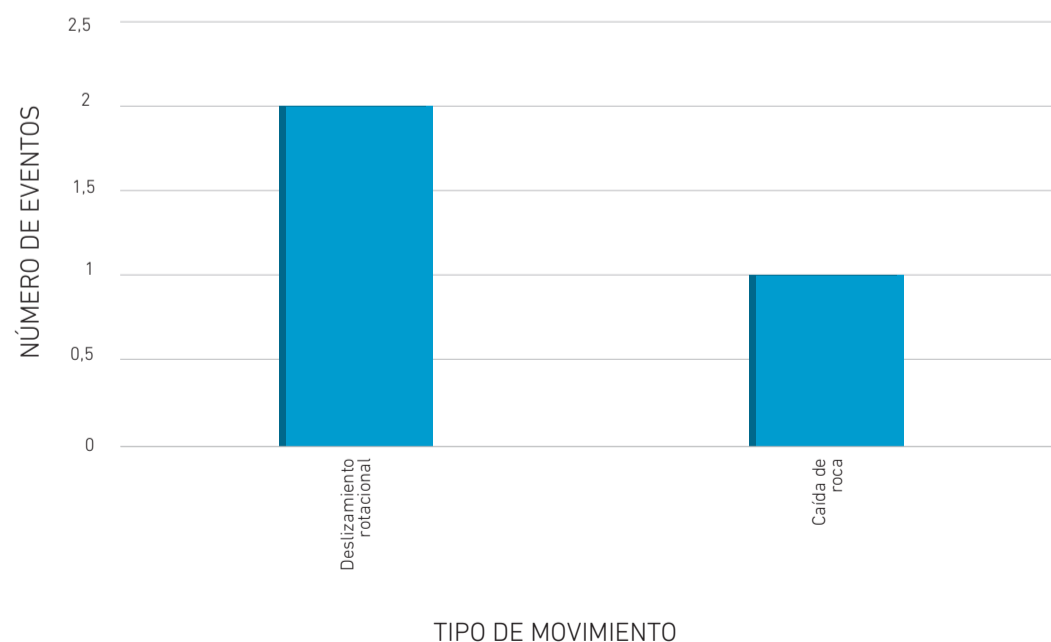
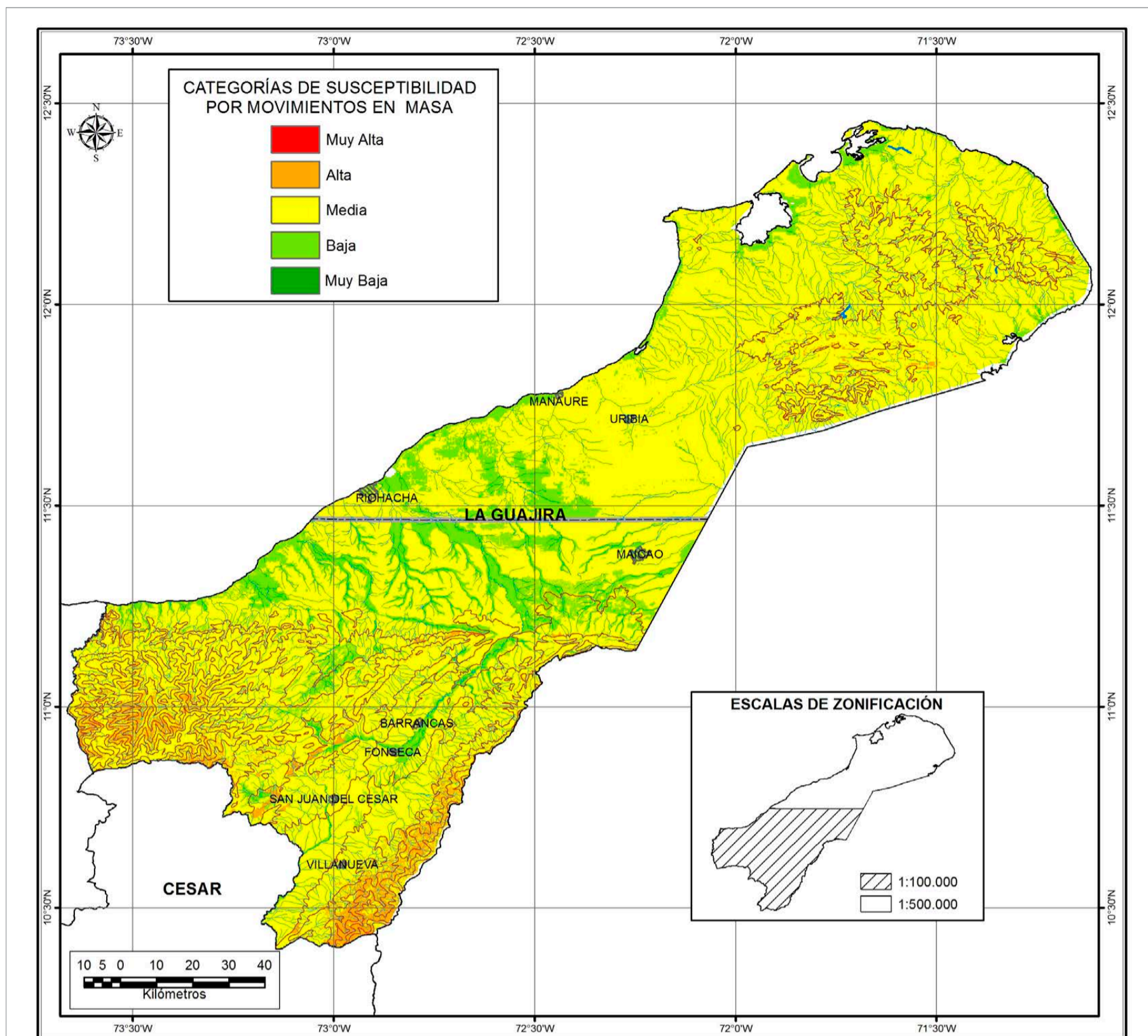


Gráfico 49. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma para el departamento de La Guajira.



Mapa 42. Mapa integrado de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de La Guajira.

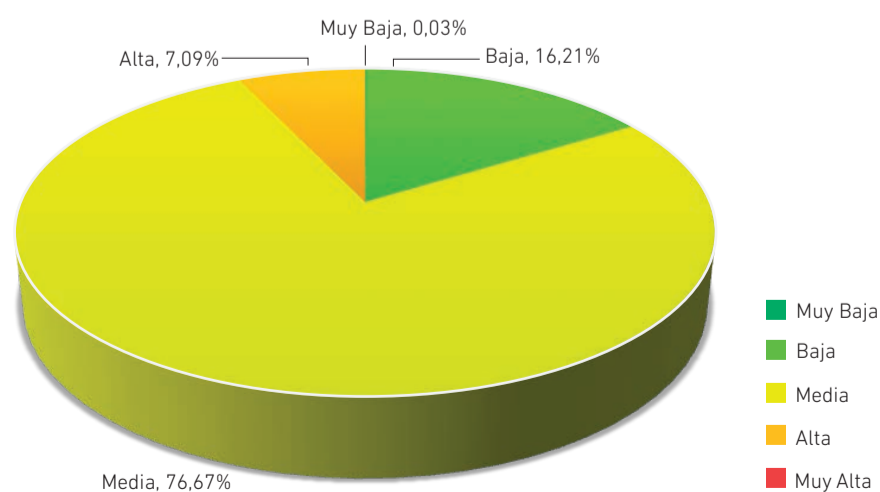
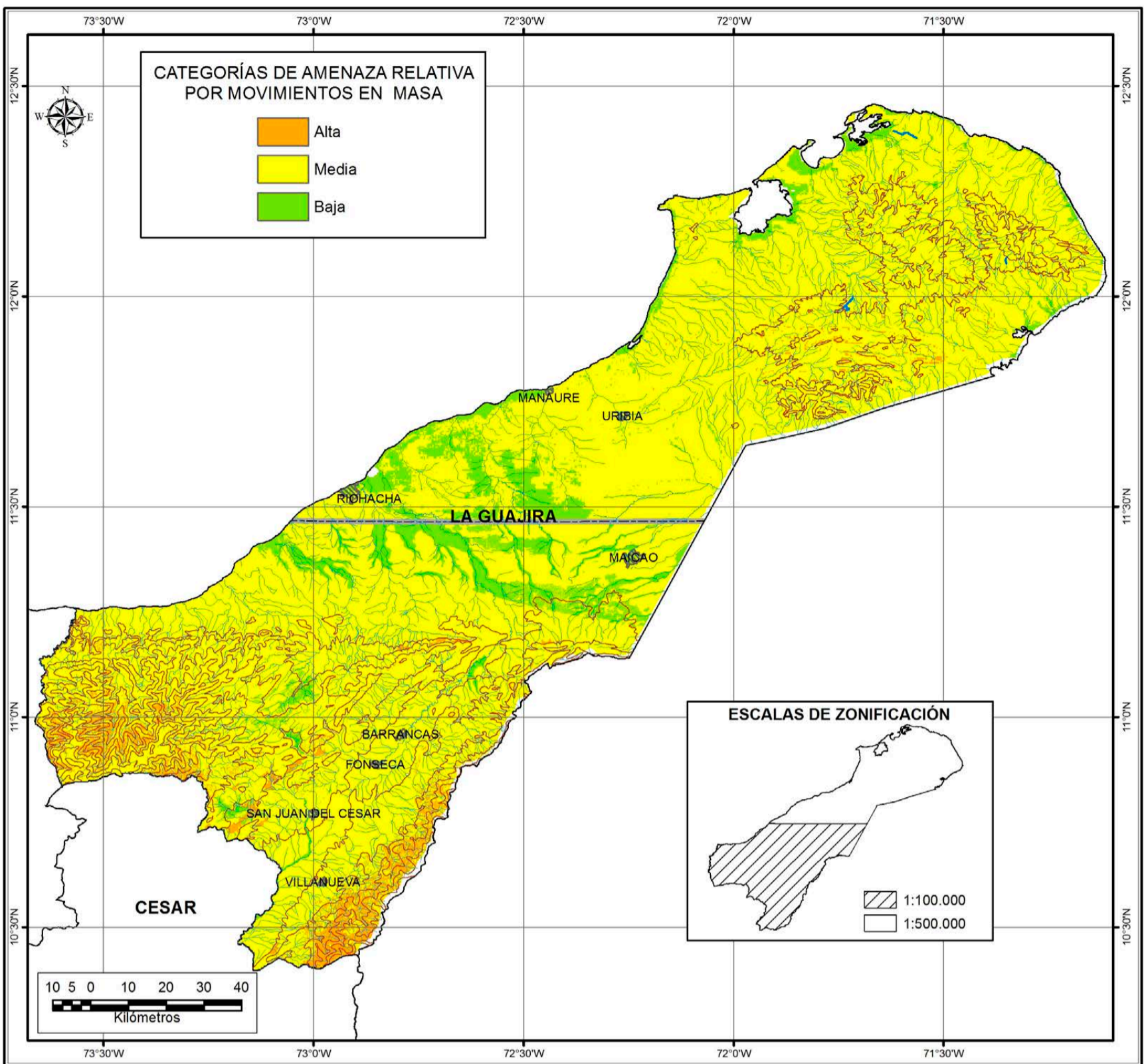
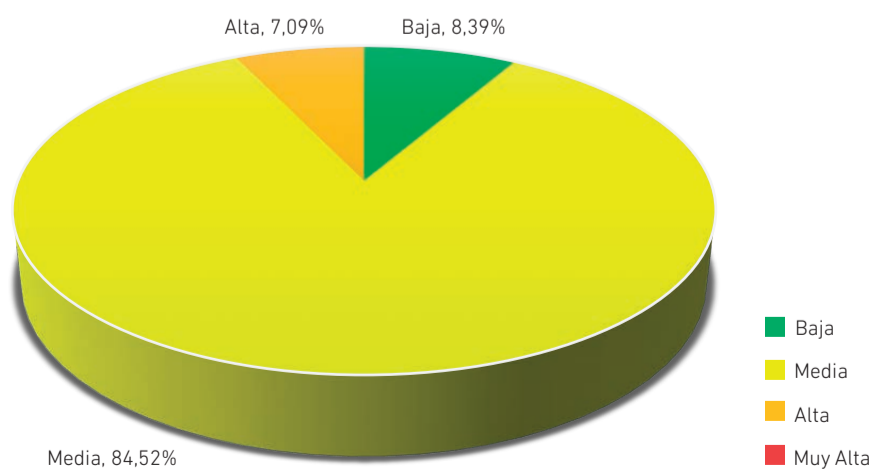


Gráfico 50. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad de las planchas del departamento de La Guajira.



Mapa 43. Mapa integrado de amenaza a los movimientos en masa del departamento de La Guajira.

Gráfico 51. Porcentajes de las categorías de amenaza de las planchas del departamento de La Guajira.



La categoría de susceptibilidad media es la de mayor extensión en el departamento (76,67 %), la cual se distribuye uniformemente en el área, ocupando gran parte de la región norte, correspondiente a la península de La Guajira, en el Macizo Guajiro, serranías de Macuira, Jarara, Cocinas y cerro de la Teta, municipios de Uribia, Manaure y Maicao; y en la región sur, asociada con la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía de Perijá o Montes de Oca, municipios de San Juan del Cesar, Dibulla, Riohacha, Fonseca, Distracción, Barrancas, Hato Nuevo y Albania. Le sigue en extensión la categoría baja (16,21 %), asociada con zonas planas a semionduladas y regadas por los ríos Ranchería, Palomino al occidente y Jerez al oriente, así como zonas de ciénagas. Por último, está la categoría muy baja (0,03 %), que ocupa básicamente los lechos de los principales ríos (véanse gráfico 50 y mapa 42).

De igual forma, en el departamento se presenta amenaza alta (7,09 %), localizada básicamente en las estribaciones noroccidente-norte y nororiente de la Sierra de Santa Marta, así como en la estribación occidental de la serranía de Perijá en los municipios de Dibulla, parte sur de Riohacha y en algunos lugares de la serranía de Cocinas y Macuira, municipios de Uramita, Villanueva y el Molino.

La categoría de amenaza media (84,52 %) se presenta prácticamente en todo el departamento, asociada a las características del territorio y a la presencia de importantes sistemas de fallas. Finalmente, la categoría de amenaza baja (8,39 %), a lo largo de los principales ríos, como el Ranchería (véanse gráfico 51 y mapa 43).

A manera de ejemplo se presenta uno de los movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de La Guajira (fotografía 78).



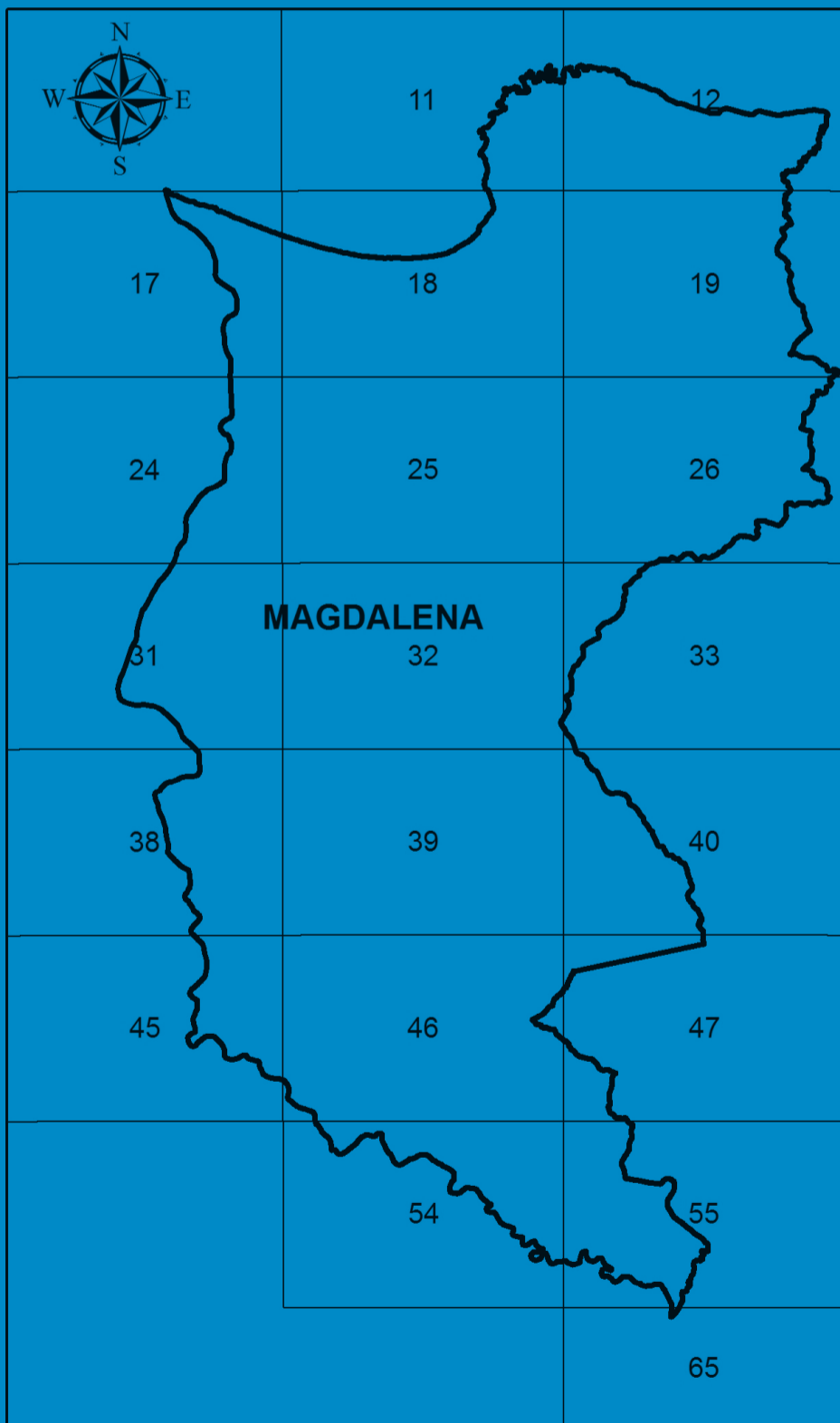
Fotografía 78.

Deslizamiento rotacional en el municipio de Riohacha (clasificación y fotografía por Eafit, 2014).



MAGDALENA

El departamento de Magdalena, en el norte del país, cuenta con importantes rasgos fisiográficos –como la Sierra Nevada de Santa Marta, cuenca del río Magdalena, cuenca del río Ariguani, ciénaga de Zapatosa, Ciénaga Grande de Santa Marta–, está conformado por 30 municipios, su capital es la ciudad de Santa Marta. Tiene 1.285.384 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 23.188 km², superficie cubierta por 20 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 56).



 **Figura 56.** Departamento de Magdalena y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

Históricamente, el departamento de Magdalena se ha visto afectado por procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto a población como infraestructura. Entre los movimientos en masa más antiguos registrados documentalmente se encuentran desprendimientos de suelo y flujos de arena y escombros, ocurridos el 14 de diciembre de 1999 en las partes alta y media de las cuencas de los ríos Manzanares, Guachaca, Mendiguaca y Piedras, que generaron represamientos transitorios de las aguas de dichos ríos e inundaciones que afectaron los barrios Las Malvinas, Las Vegas, Tayrona, Minuto de Dios y la urbanización El Río en Santa Marta (véase fotografía 79).

De 53 casos reportados, 17 presentan clasificación y localización precisa, siendo más comunes, entre estos, los deslizamientos traslacionales, frecuentes en los municipios de Ciénaga y Santa Marta (véase gráfico 52).

La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo. De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, la mayor parte del territorio del departamento de Magdalena presenta susceptibilidad media, la cual comprende el 67 % del área total y se distribuye casi en todos los municipios del departamento, predominando en aquellos que forman parte de las subregiones Centro, Norte, Santa Marta (Sierra Nevada de Santa Marta y parte de la costa Caribe) y Sur.

La siguiente categoría que ocupa mayor área en el departamento es la susceptibilidad baja (27 %), localizada principalmente en los municipios de la subregión Río y en menor medida las subregiones Centro y Sur, que corresponde a sectores planos y anegadizos, aledaños al cauce del río Magdalena y sus afluentes.

La susceptibilidad alta comprende el 4 % del área departamental y se localiza en diferentes sectores de la plancha, con predominio en las subregiones Santa Marta y Norte, en laderas con pendientes escarpadas que forman parte de la Sierra Nevada de Santa Marta.

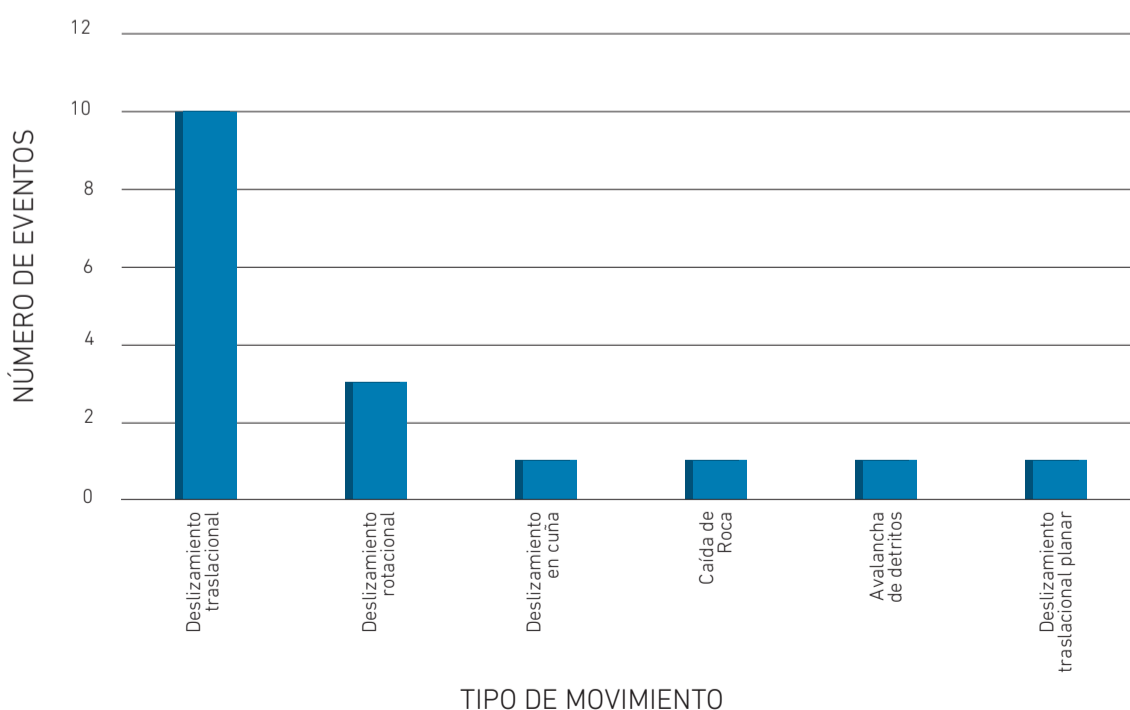


Gráfico 52. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Magdalena.



Mapa 44. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Magdalena.

Fotografía 79. Vista de las zonas afectadas por los flujos en la cuenca del río Manzanares, en el norte del barrio Tayrona en Santa Marta. 14 de diciembre de 1999 (tomado de Ingeominas, 2000).

Finalmente, la categoría que ocupa menor territorio en el departamento es la susceptibilidad muy baja (0,92 %), relacionada con las zonas de cauces de algunos ríos y otros cuerpos de agua en diferentes sectores del departamento (véase mapa 44 y gráfico 53).

Los resultados de la zonificación de amenaza por movimientos en masa muestran que la categoría con mayor ocurrencia en el departamento de Magdalena es la amenaza media (81%), ocupa todos los sectores del departamento, con predominio hacia las subregiones Norte, Santa Marta, Centro y Sur.

La siguiente categoría con mayor ocupación de área corresponde a la amenaza baja (15 %), la cual se localiza sobre una franja de la subregión Río y en pequeñas áreas en el sur del departamento en las subregiones Centro y Sur, coincidiendo con áreas planas inundables en el valle del río Magdalena y algunos de sus afluentes. Luego se encuentra la amenaza alta (4 %), la cual se relaciona con la región montañosa de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el nororiente del departamento.

Es importante destacar que los municipios del departamento que presentan mayor territorio de amenaza alta por movimientos en masa son Ciénaga (21 %), Santa Marta (17 %), Aracataca y Fundación (con el 12 % de sus territorios) (véase mapa 45 y gráfico 54).

A manera de ejemplo, se presentan dos eventos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Magdalena (véase fotografía 80).

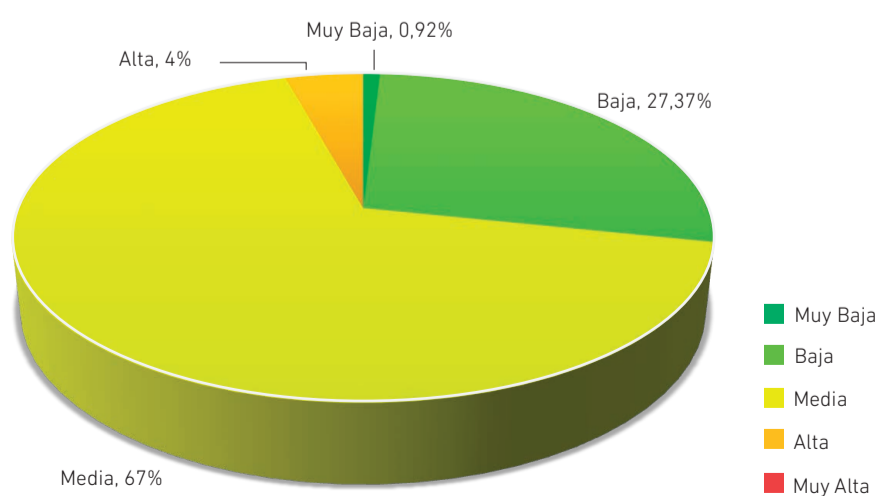
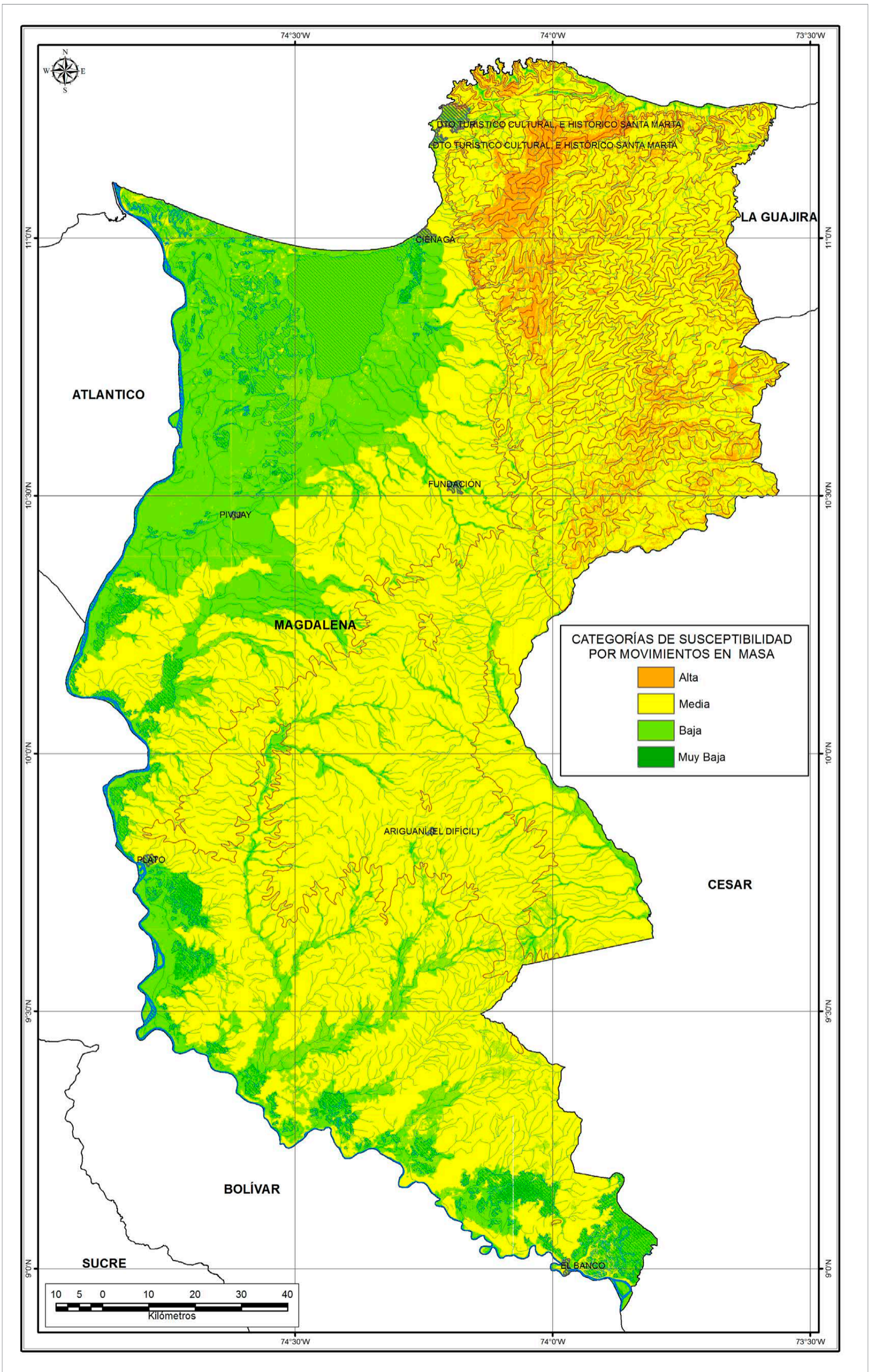
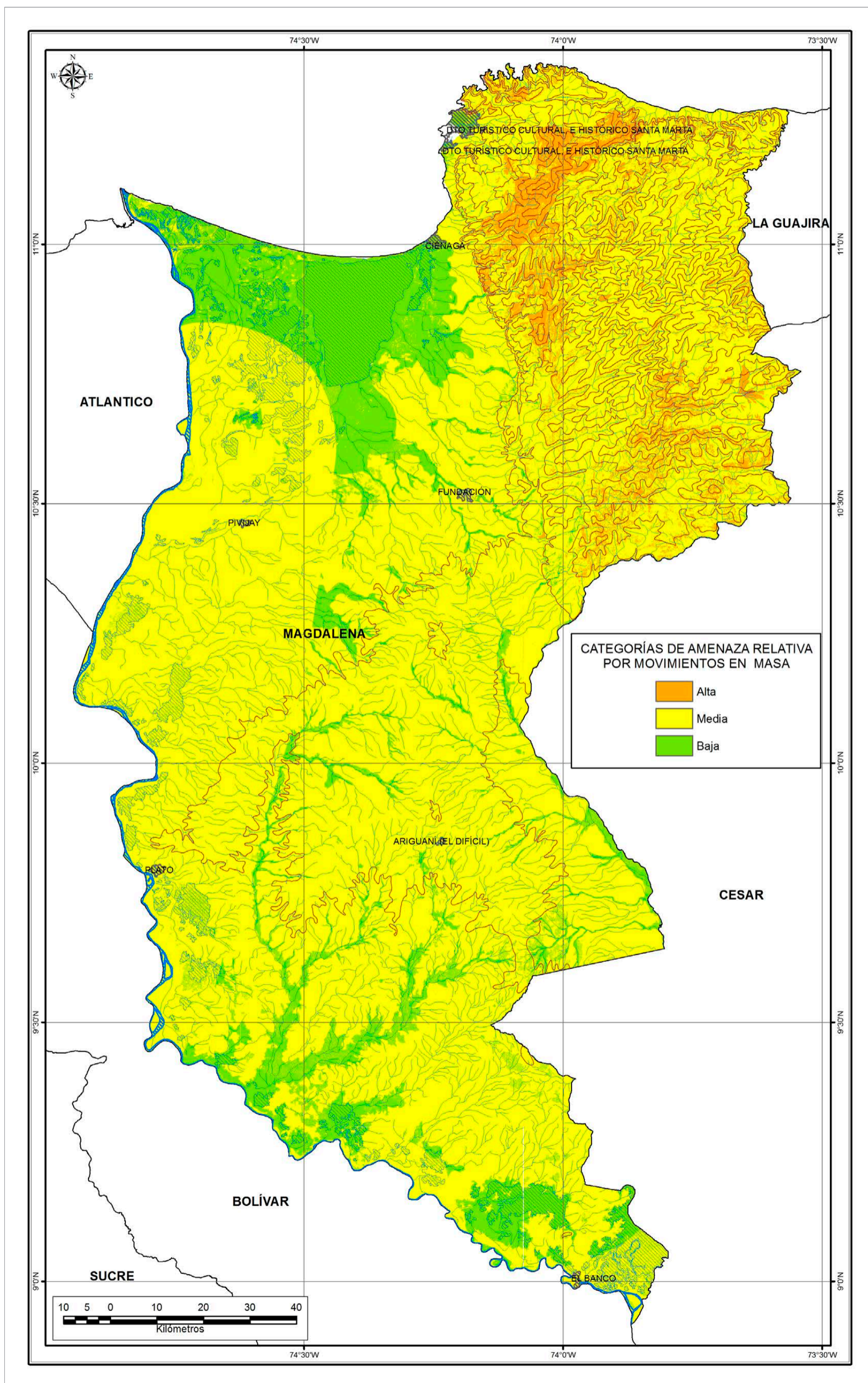


Gráfico 53. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Magdalena.







Fotografía 80.
Deslizamiento rotacional localizado en el municipio de Ciénaga (tomada por la Universidad Eafit, 2013).

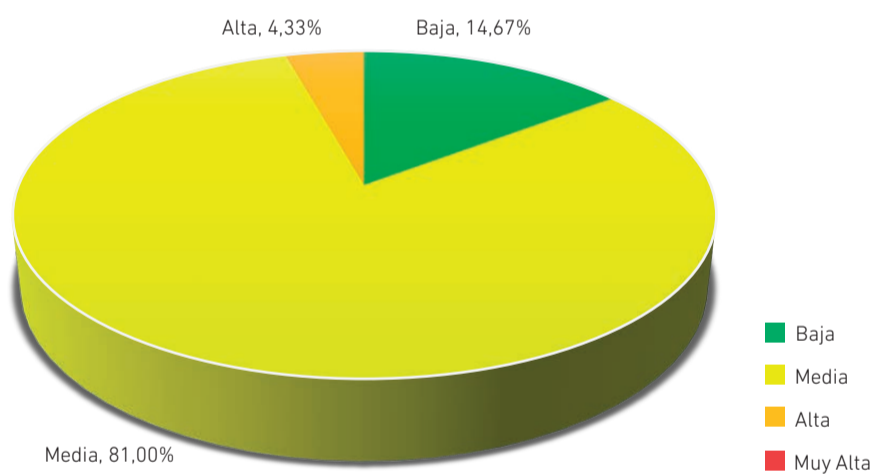


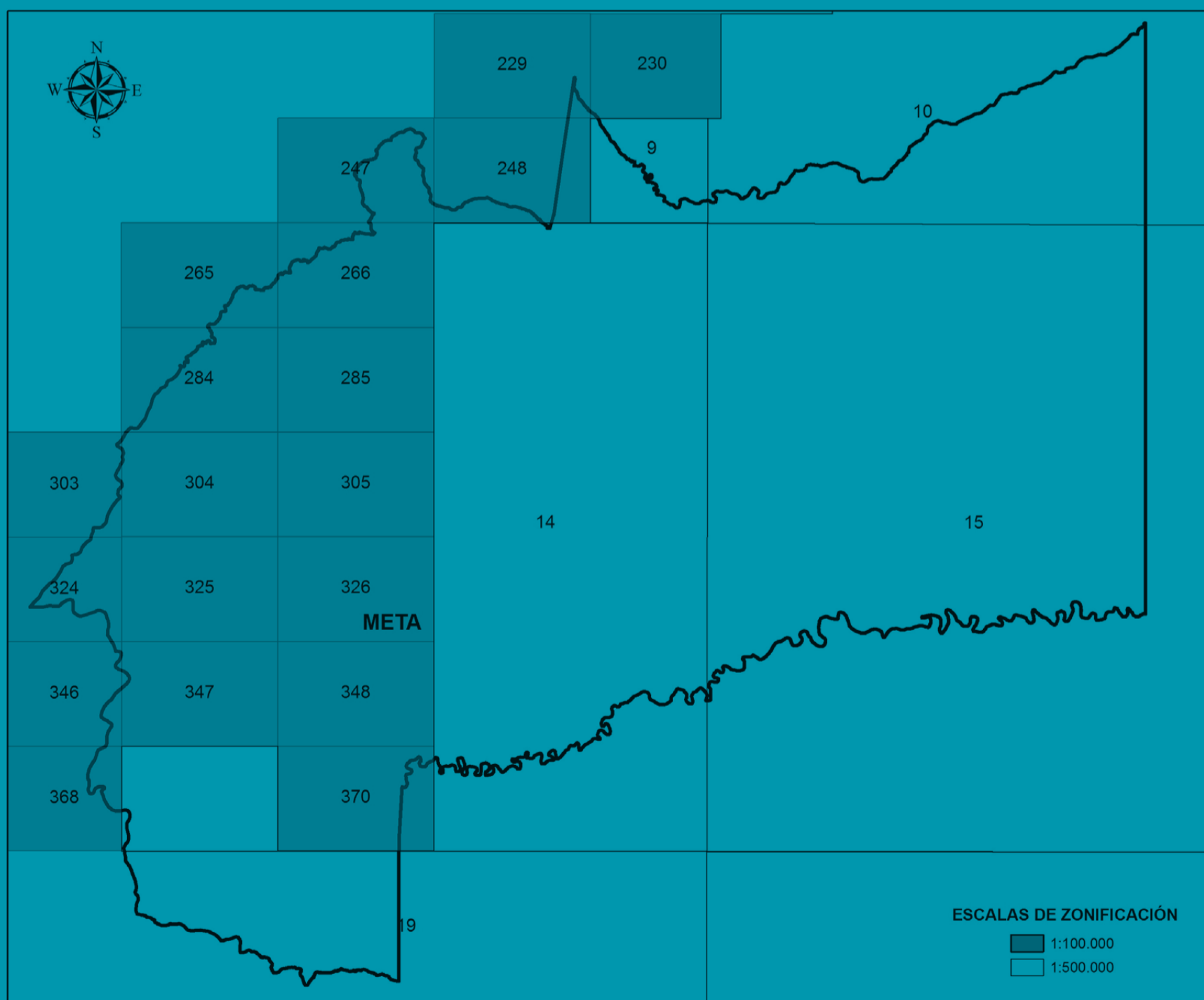
Gráfico 54. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Magdalena.

Mapa 45. Mapa de amenaza relativa del departamento de Magdalena.



META

El departamento de Meta, en el centro del país, está conformado por 29 municipios, cuenta con 998.162 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 85.635 km², superficie cubierta por 19 planchas IGAC escala 1:100.000 y parte de 5 planchas escala 1:500.000 (véase figura 57). En el proyecto mapa nacional de amenaza se zonificaron las 19 planchas escala 1:100.000, equivalente a un 29,72 % del territorio departamental, 25.450 km² aproximadamente. El 70,28 % de su área tiene la versión actualizada del mapa de amenaza escala 1:500.000 (gráfico 55).



 **Figura 57.** Departamento de Meta y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

A lo largo de su historia, el departamento de Meta ha sido afectado por procesos de movimientos en masa, causando desestabilización del terreno y afectación a la población. Entre los movimientos más antiguos registrados documentalmente se encuentra el deslizamiento rotacional ocurrido el 1.º de enero de 1960 en el municipio de Restrepo. Recientemente, el 1.º de enero de 1993, se presentaron en el sector de Servitá, parte alta de la cuenca quebrada La Argentina del municipio de Villavicencio, cuantiosos flujos de detritos que afectaron áreas veredales de ese municipio.

De 190 casos reportados para el Meta, 30 presentan clasificación y localización precisa, siendo más común, entre los diferentes tipos de procesos registrados, los deslizamientos traslacionales, los cuales se dan principalmente en el municipio de Villavicencio (véase gráfico 56).

La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.00 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo. Las estadísticas que se muestran en este documento corresponden a las 19 planchas escala 1:100.00 que se zonificaron en el proyecto mapa nacional, tanto para la susceptibilidad como para la amenaza. Si se desea consultar el resto de las planchas de amenaza, se debe remitir al mapa nacional de amenaza escala 1:500.000 (SGC, 2016).

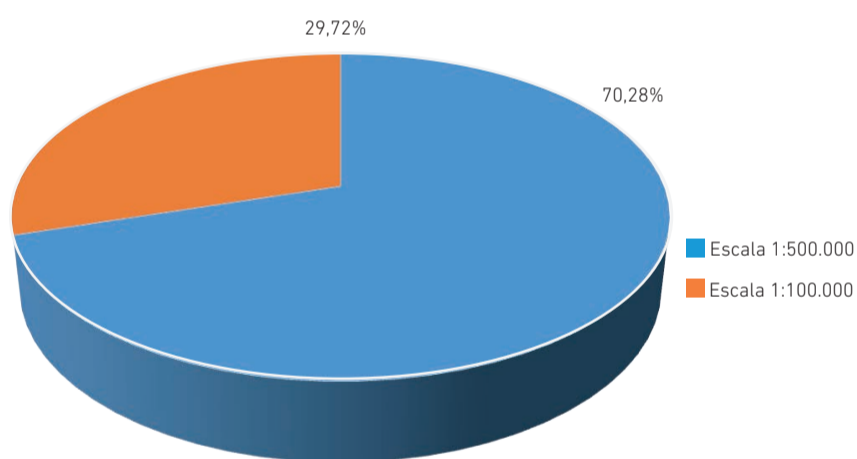


Gráfico 55. Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales que ha trabajado el Servicio Geológico Colombiano.

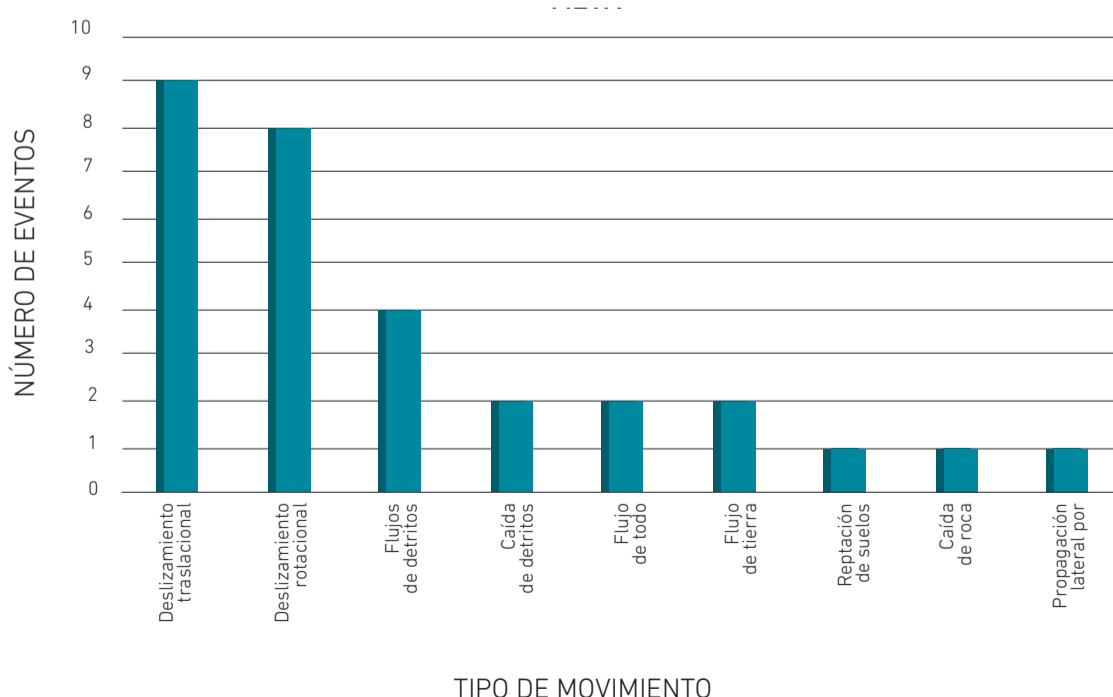
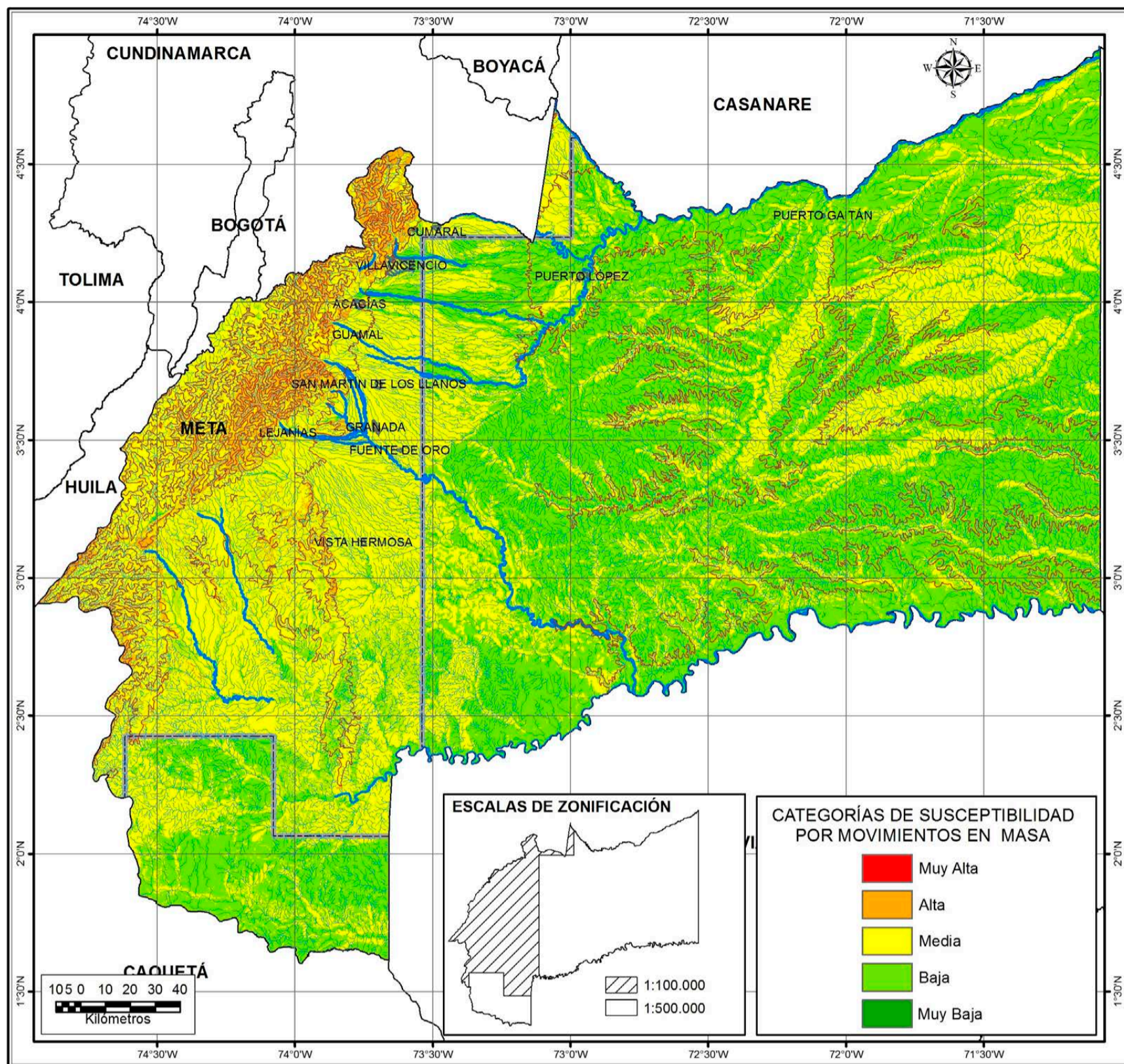


Gráfico 56. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Meta.



Mapa 46. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Meta.

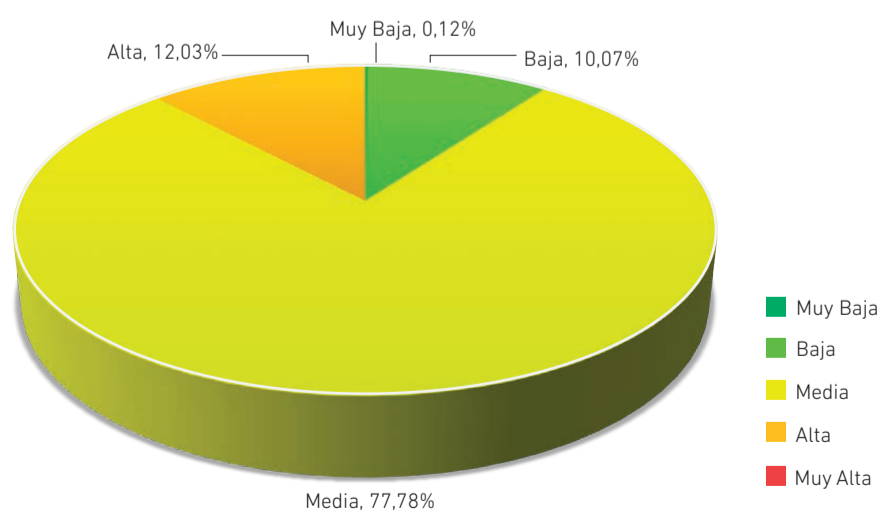
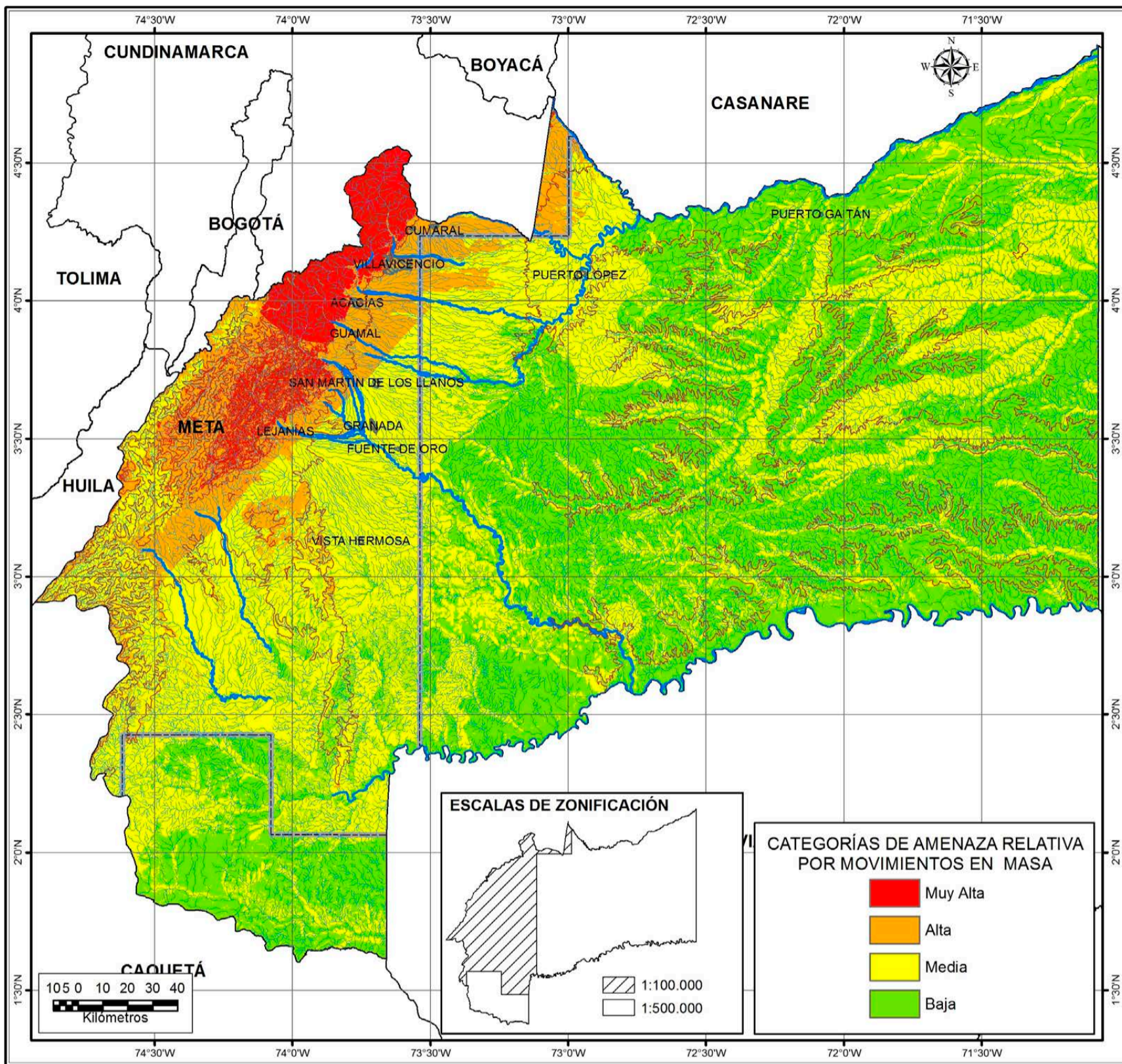
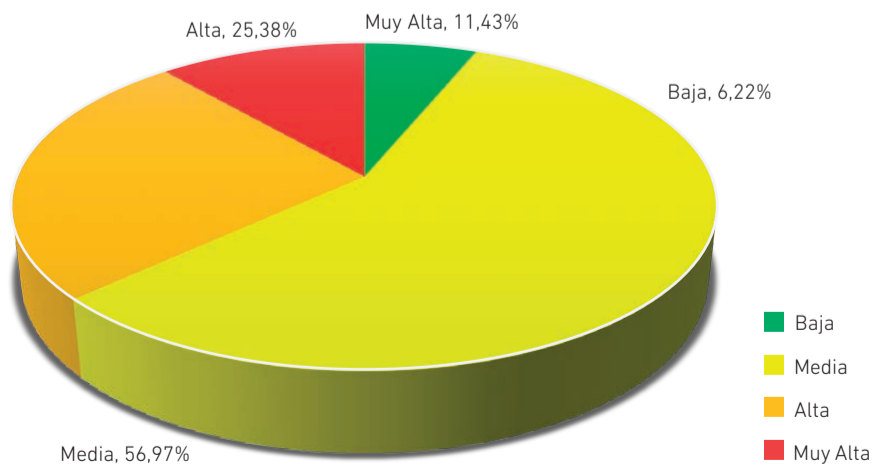


Gráfico 57. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Meta.



Mapa 47. Mapa de amenaza relativa del departamento de Meta.

Gráfico 58. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Meta.



Esta zona presenta una categoría de susceptibilidad alta, con un porcentaje del área considerada de 12,03, asociada a la estribación oriental de la cordillera Oriental, con alturas que pueden alcanzar los 4.000 m, en límites con los departamentos de Huila y Cundinamarca, y en la estribación de la sierra de La Macarena, municipios de Guayabetal, El Calvario, San Juanito, Restrepo, Cumaral y Villavicencio.

La categoría media ocupa un 77,78 % y corresponde al piedemonte o el área de transición entre la cordillera, la llanura y la serranía de La Macarena, ubicada en forma casi perpendicular a la cordillera Oriental, municipios de Villavicencio, Guamal, Cubarral, Acacías, Lejanías del Castillo, Mesetas de San Juan de Arama, La Uribe, Vista Hermosa y La Macarena.


La categoría de susceptibilidad baja ocupa un 10,07 % se asocia con las zonas de inundación de los principales ríos –como el Manacacías y el Guayuriba– y con los municipios de Villavicencio, Acacías y Vista Hermosa.


Finalmente, la categoría muy baja ocupa un 0,12 %, se limita a los cauces de los principales ríos (véanse gráfico 57 y mapa 46).

La amenaza muy alta (11,43 %), asociada con la zona cordillerana de altas pendientes del borde llanero, municipios de El Castillo, El Dorado, Cubarral, Lejanías y Guamal. La categoría alta ocupa el 25,38 %, corresponde a zonas de piedemonte con pendientes medias en los municipios de El Castillo, Acacías, Villavicencio y Mesetas. La categoría media ocupa un 56,97 %, se presenta en los municipios de Vista Hermosa, San Juan de Arama, Puente de Oro y Granada. Finalmente, la categoría baja se localiza en la parte suroriental del área zonificada, principalmente asociada con zonas bajas e inundables, municipios de La Macarena y La Uribe (véanse gráfico 58 y mapa 47).

A manera de ejemplo, se presentan dos eventos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Meta (véanse fotografías 81 y 82).



 **Fotografía 81.**
Movimiento en masa múltiple con caída de roca y de detritos, municipio de San Juan de Arama (clasificación y fotografía de Jairo Alonso Pérez, UPTC, 2014).

 **Fotografía 82.**
Movimiento en masa compuesto por deslizamiento rotacional y caída de detritos, municipio de Lejanías (clasificación y fotografía de Jairo Alonso Pérez, UPTC, 2014).





NARIÑO

El departamento de Nariño, en el suroeste del país, presenta importantes accidentes geográficos –como la Planicie del Pacífico con áreas de manglares; en la zona Andina están el Nudo de los Pastos, los volcanes Chiles, Cumbal, Azufral, Doña Juana y Galeras, la laguna de la Cocha y las cuencas de los ríos Juanambú, Churuyaco y Patascoy. Está conformado por 64 municipios, su capital es la ciudad de Pasto. Tiene 1.787.545 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y 33.268 km², superficie cubierta por 28 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 58).



Figura 58. Departamento de Nariño y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

Históricamente, en el territorio de Nariño ha habido procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto a población como infraestructura. Entre los movimientos en masa más antiguos registrados documentalmente se encuentra el ocurrido el 9 de noviembre de 1954 en el municipio de Pasto.

En épocas recientes se han registrado movimientos en masa que han causado serios efectos en diferentes sectores del departamento. Tal es el caso del presentado en el municipio de Imués el 25 de agosto de 2002, dejando diez personas heridas. Así mismo, el 11 de abril de 2002 se produjo un desprendimiento en el municipio de Chachagüí sobre la vía Panamericana (PR 18 + 800), el cual dejó cinco personas heridas, mientras que el martes 12 de abril de 2011 murieron cuatro personas en la vereda San Antonio de la Chuza (municipio del Tambo) a causa de un movimiento en masa (véanse fotografías 83 y 84).

De los 460 casos reportados, 371 presentan clasificación y localización precisa, siendo más recurrentes entre estos los deslizamientos traslacionales, que predominan en los municipios de San Pablo, La Unión y Albán (San José) (véase gráfico 59).

La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo.

De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, en el departamento de Nariño se presenta predominio de la categoría de susceptibilidad media (61 %), en la totalidad de sus municipios, predomina en la subregión Pacífica, específicamente en el centrooriente de los municipios de Tumaco, Roberto Payán (San José), Magüí (Payán), Santa Bárbara (Iscuandé) y Guapi; además, en la subregión sur, en los municipios de Ipiales, Potosí, Córdoba y Pasto, seguida de la susceptibilidad alta (27 %), especialmente en subregión norte, en los municipios de Leiva, Policarpa, Cumbitara, Los Andes, El Tambo y Tablón de Gómez; así mismo, en Barbacoas y Cumbal (véase gráfico 60 y mapa 48).

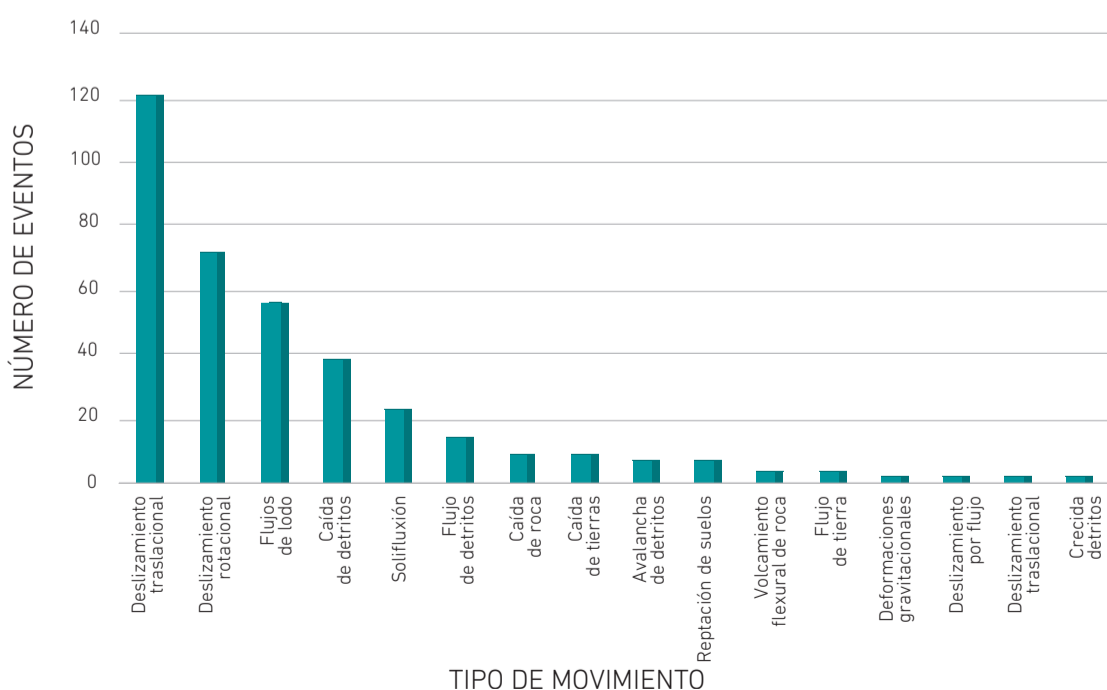
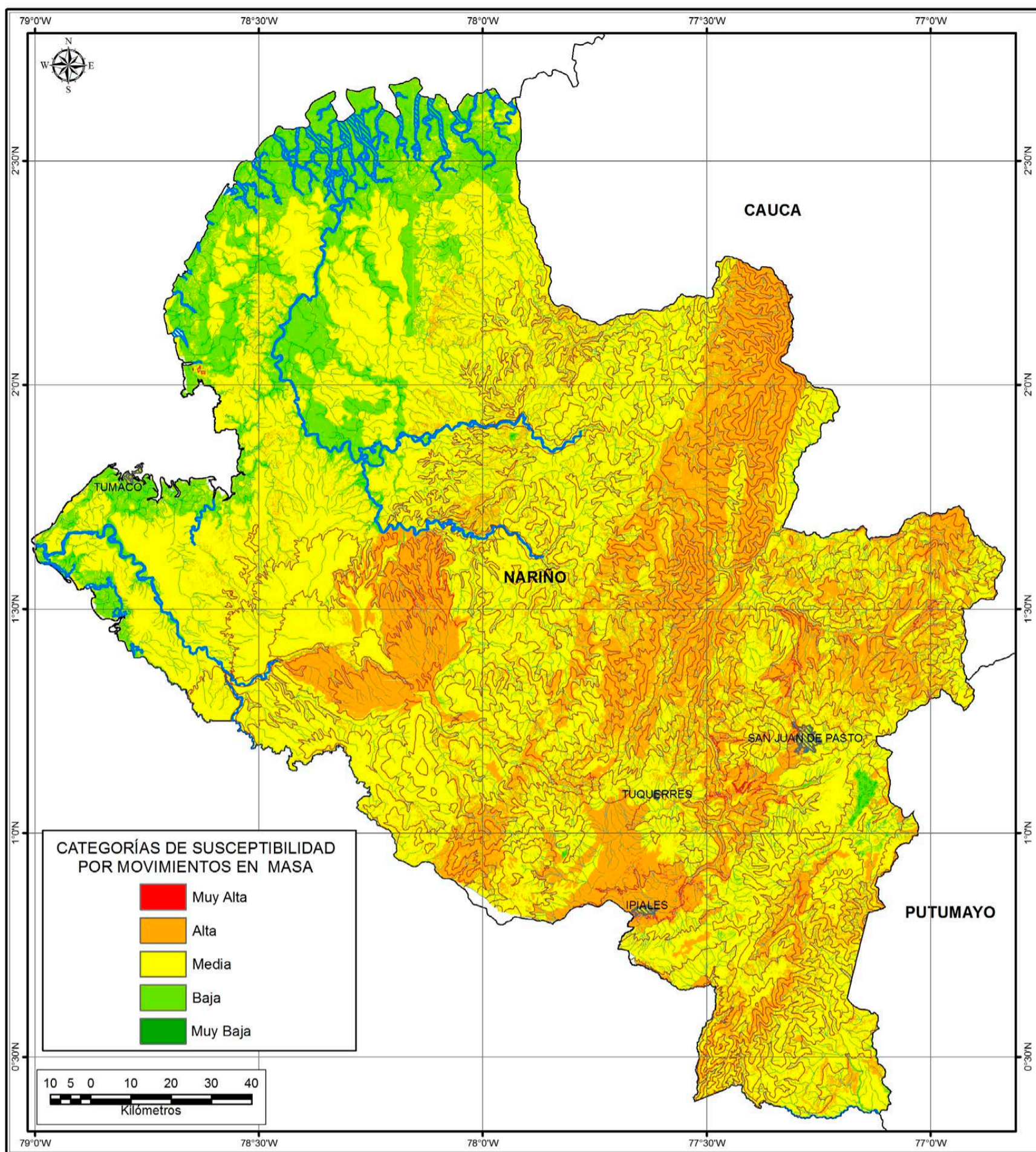


Gráfico 59. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Nariño.



Mapa 48. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Nariño.

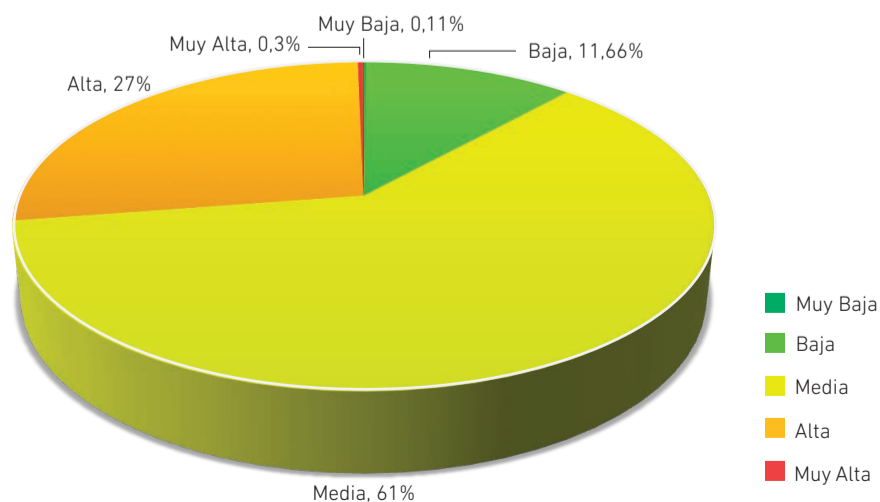
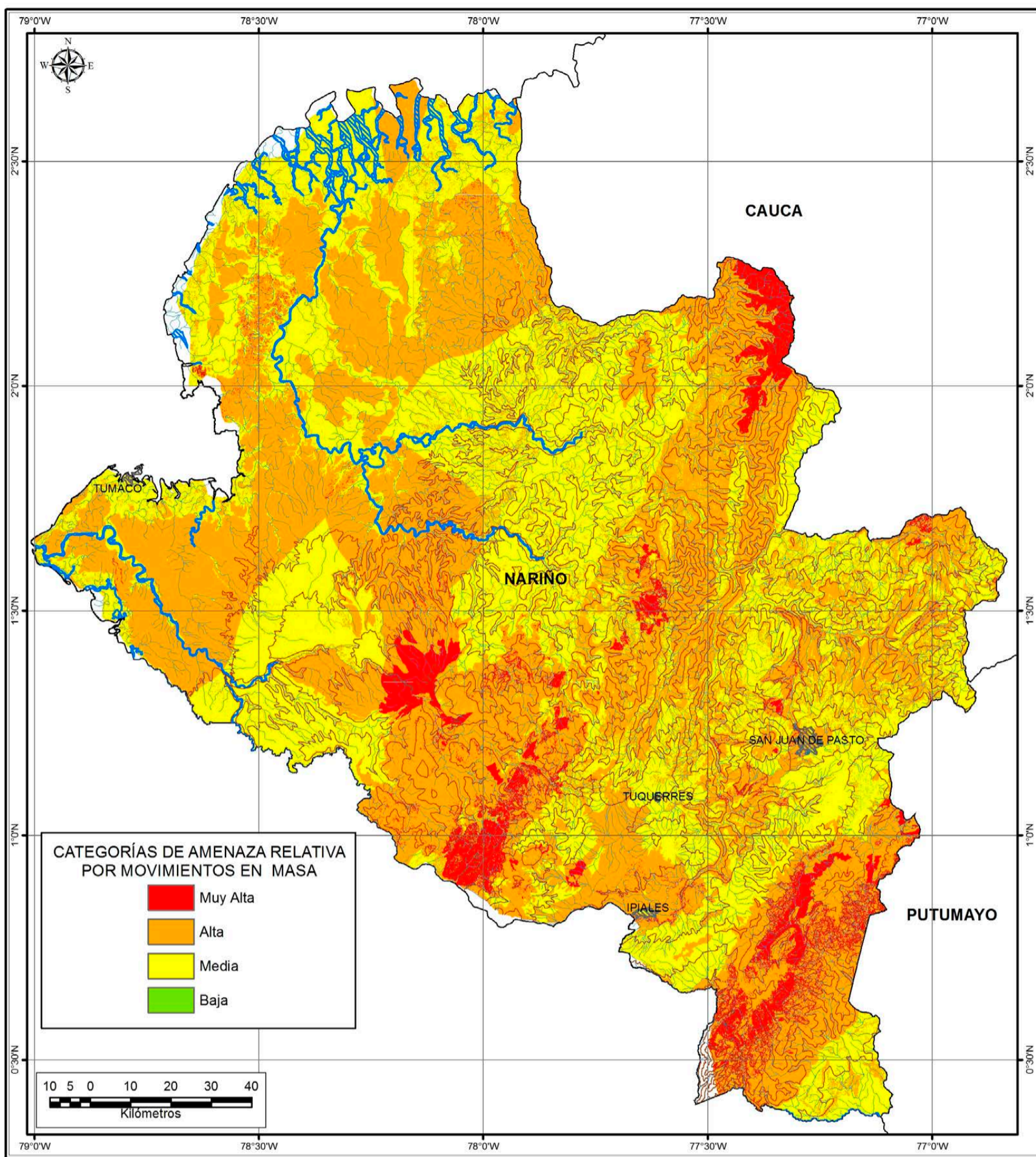
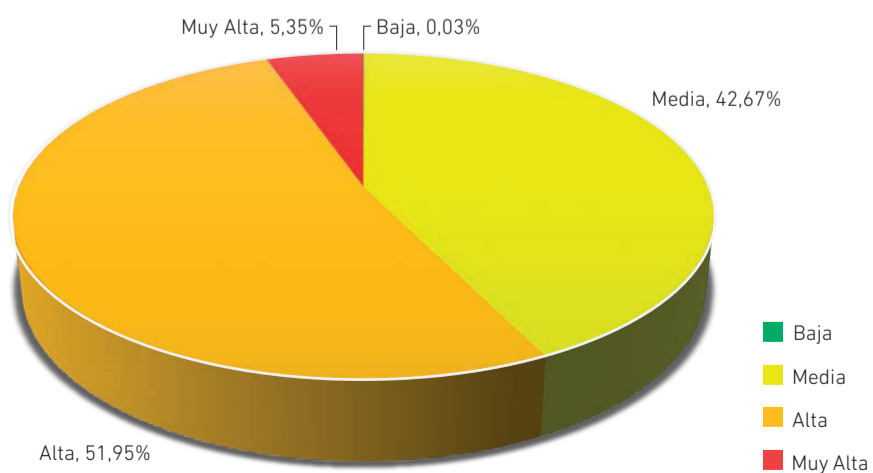


Gráfico 60. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Nariño.



Mapa 49. Mapa de amenaza relativa del departamento de Nariño.

Gráfico 61. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Nariño.



La amenaza alta es la que predomina en el departamento de Nariño (51,95 %), se presenta en la totalidad de los municipios, especialmente en el sector occidental del departamento, en la subregión Pacífica, específicamente en los municipios de Tumaco, Barbacoas, Roberto Payán (San José), Santa Bárbara (Iscuandé) y El Charco; así mismo en la subregión sur. La amenaza muy alta (5,35 %) se presenta especialmente en los municipios de El Charco, Barbacoas, Cumbal, Mallama (Piedrancha), Los Andes (Sotomayor), Ipiales, Córdoba y Potosí y en los sectores suroriental y noroccidental de Pasto.

Es importante destacar que los municipios del departamento con mayor territorio de amenaza alta por movimientos en masa son Aldana (98,78 %), Cuaspud (Carlosama) (96,34 %) y Pupiales (86,87 %). Los municipios con mayor área de amenaza muy alta por movimientos en masa son Puerres (26 %), Cumbal (25 %) y Córdoba (23 %) (véase gráfico 61 y mapa 49).

A continuación se presenta un ejemplo de movimiento en masa inventariado en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Nariño (véase fotografía 85).



Fotografía 83.

Municipio de Chachagüí, vía Panamericana PR 18 + 800: movimiento en masa traslacional (Ingeominas, 2007).



Fotografía 84.
 Municipio de El Tambo, vereda San Antonio de la Chuza: movimiento en masa en el sector Saracocho (tomado de http://tamboaldia.blogspot.com.co/2011_04_01_archive.html).



Fotografía 85.
 Movimiento en masa compuesto, presenta un deslizamiento rotacional y caída de tierra, municipio de Ipiales (clasificación y fotografía de la Universidad de Caldas, 2014).



NORTE DE SANTANDER

El departamento de Norte Santander, en el nororiente del país, cuenta con importantes elementos fisiográficos como las serranías de Los Motilones, de Tibú, los Estoraques, los páramos de Tamá y Santurbán y el valle del río Catatumbo. Está conformado por 40 municipios, su capital es la ciudad de Cúcuta. Tiene una población de 1.379.533 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y posee un área de 22.367 km², superficie que está cubierta por 21 planchas IGAC, escala 1:100.000 (véase figura 59).

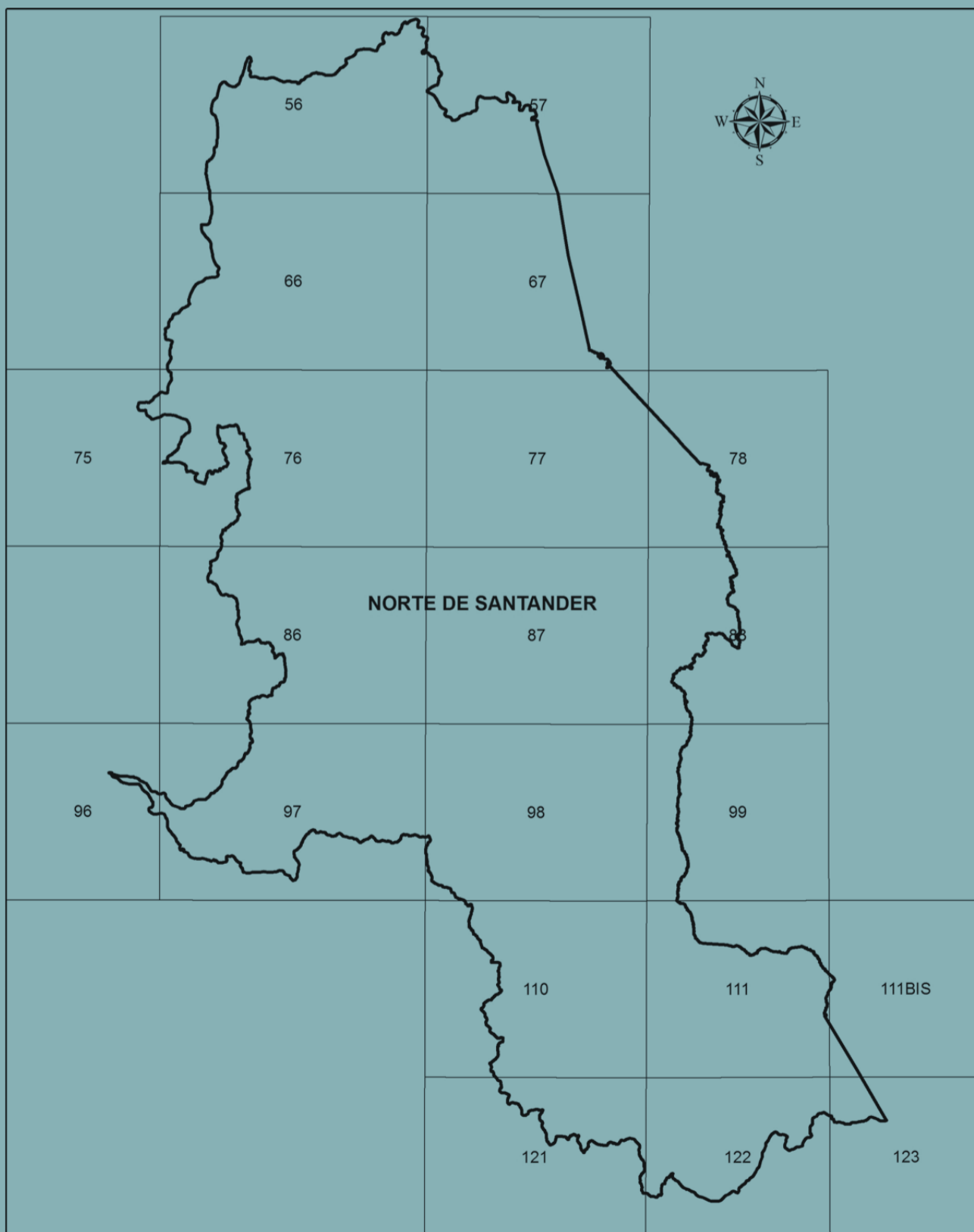


Figura 59. Departamento de Norte de Santander y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

El territorio de Norte de Santander se ha visto impactado a lo largo de su historia por procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto a su población como a su infraestructura. Entre los procesos más antiguos registrados documentalmente se encuentra un movimiento en masa presentado el 29 de julio de 1943 en el municipio de Cáchira. Desde estas épocas se han presentado recurrentes deslizamientos, caídas de rocas y flujos debido a las condiciones naturales propias de esta región y a la acción antrópica.

En la última década uno de los movimientos en masa más significativos corresponde al ocurrido en el municipio de Gramalote el 12 de diciembre de 2010, el cual afectó por lo menos a mil doscientas familias, dejando destruido casi la totalidad del casco urbano de este municipio, por lo que el Servicio Geográfico Colombiano participó en la identificación y caracterización de los posibles sitios para la reubicación de dicho centro poblado (véase fotografía 86).

En este departamento existe actualmente un total de 694 casos de movimientos en masa reportados, de los cuales 207 presentan una clasificación y localización precisa, presentan mayor frecuencia los deslizamientos traslacionales y los deslizamientos rotacionales que predominan en los municipios de Toledo, Lourdes y Cáchira (véase gráfico 62).

Dados los antecedentes históricos y más recientes de esta problemática en el departamento, es importante conocer la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.00, pues brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del territorio y constituye una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo regional. Es así como los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa evidencian que la mayor parte del territorio nortesantandereano presenta susceptibilidad media, la cual comprende el 64 % del área total y se distribuye casi en todas las subregiones del departamento, predominando la subregión norte, especialmente, en los municipios de Tibú, El Tarra, en la subregión occidental; en los de La Esperanza, Cáchira, Ábrego y en la provincia suroriental, especialmente

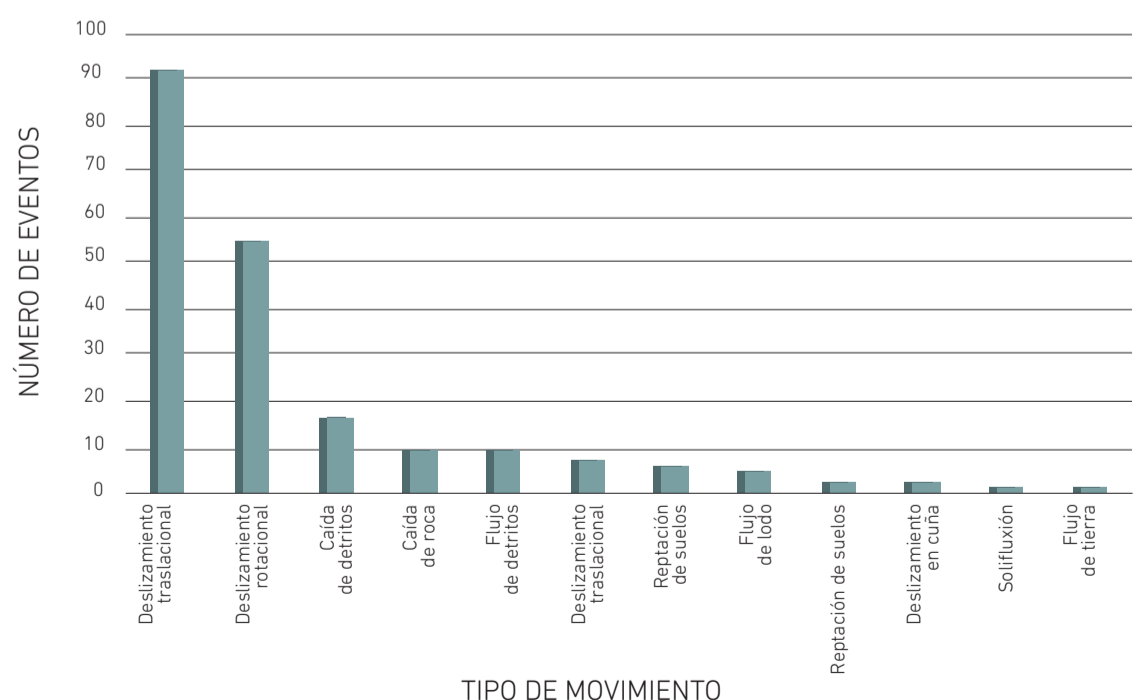


Gráfico 62. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Norte de Santander.

en Toledo; en la provincia oriental, especialmente, en Villa del Rosario, Los Patios y Bochalema; la susceptibilidad alta ocupa el 32 % del departamento, la cual predomina en la provincia norte, en los municipios de El Carmen, El Tarra y en el norte de Tibú; en la subregión occidental, en los de Convención y Teorama; en la subregión centro, en los de Salazar, Gramalote y Santiago y, finalmente, en la subregión sur occidental, municipios de Chitagá y sur de Toledo (véase mapa 50 y gráfico 63).

Con respecto a la amenaza por movimientos en masa es importante mencionar que la categoría con mayor registro en el departamento es la amenaza alta con un 51 % de ocupación, la cual se distribuye en menor o mayor proporción en la totalidad de los municipios del departamento, y predomina en la subregión norte, en los municipios de El Tarra, en el noroccidente de Tibú y en el sector noroccidental de El Carmen; así como en la subregión occidental, específicamente, en los municipios del sur de El Carmen, Teorama y Convención, en la subregión de oriental, en los de Cúcuta, Villa del Rosario, Patios y El Zulia, en la subregión suroriental, en los de Toledo, Pamplonita y Labateca y en la subregión suroccidental en Chitagá, Silos y Cácuta. La siguiente categoría con mayor ocupación de área corresponde a la amenaza media, con el 39 %, esta se localiza en los municipios de El Carmen, sector oriental del municipio de Tibú, la Esperanza, Ocaña, Cáchira y Ábrego, de igual manera, en Cucutilla, Silos y norte de Labateca. Es importante destacar que los municipios del departamento que presentan mayor territorio bajo amenaza alta por movimientos en masa son: Gramalote y Herrán (99 %), seguido de Santiago (98), Lourdes (95) y Durania (94). Los municipios que presentan mayor área con amenaza muy alta por movimientos en masa son Toledo (69 %), Chigatá (38), Chinácota (28), Villa del Rosario (27), Los Patios (26) y Ragonvalia (22) (véase mapa 51 y gráfico 64).

En las fotografías se muestran algunos ejemplos de movimientos en masa representativos, inventariados en el departamento de Norte de Santander durante el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa (véase fotografía 87).

Mapa 50. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Norte de Santander.

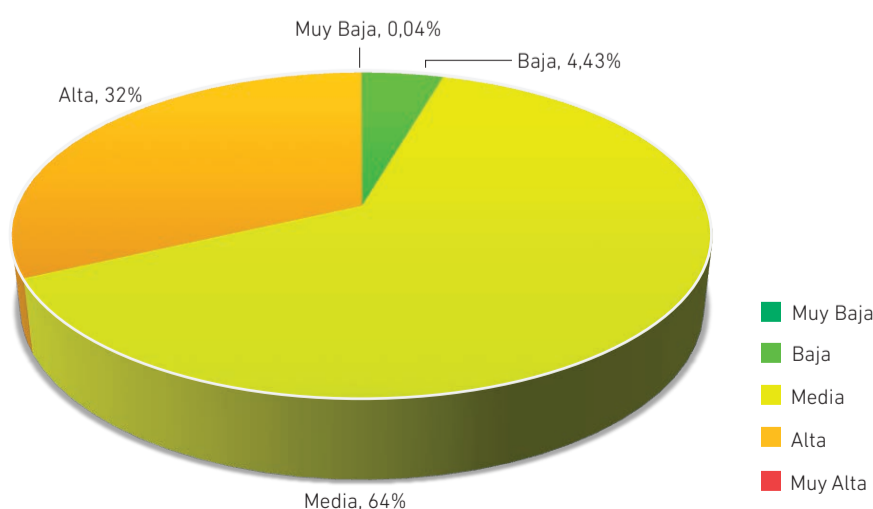
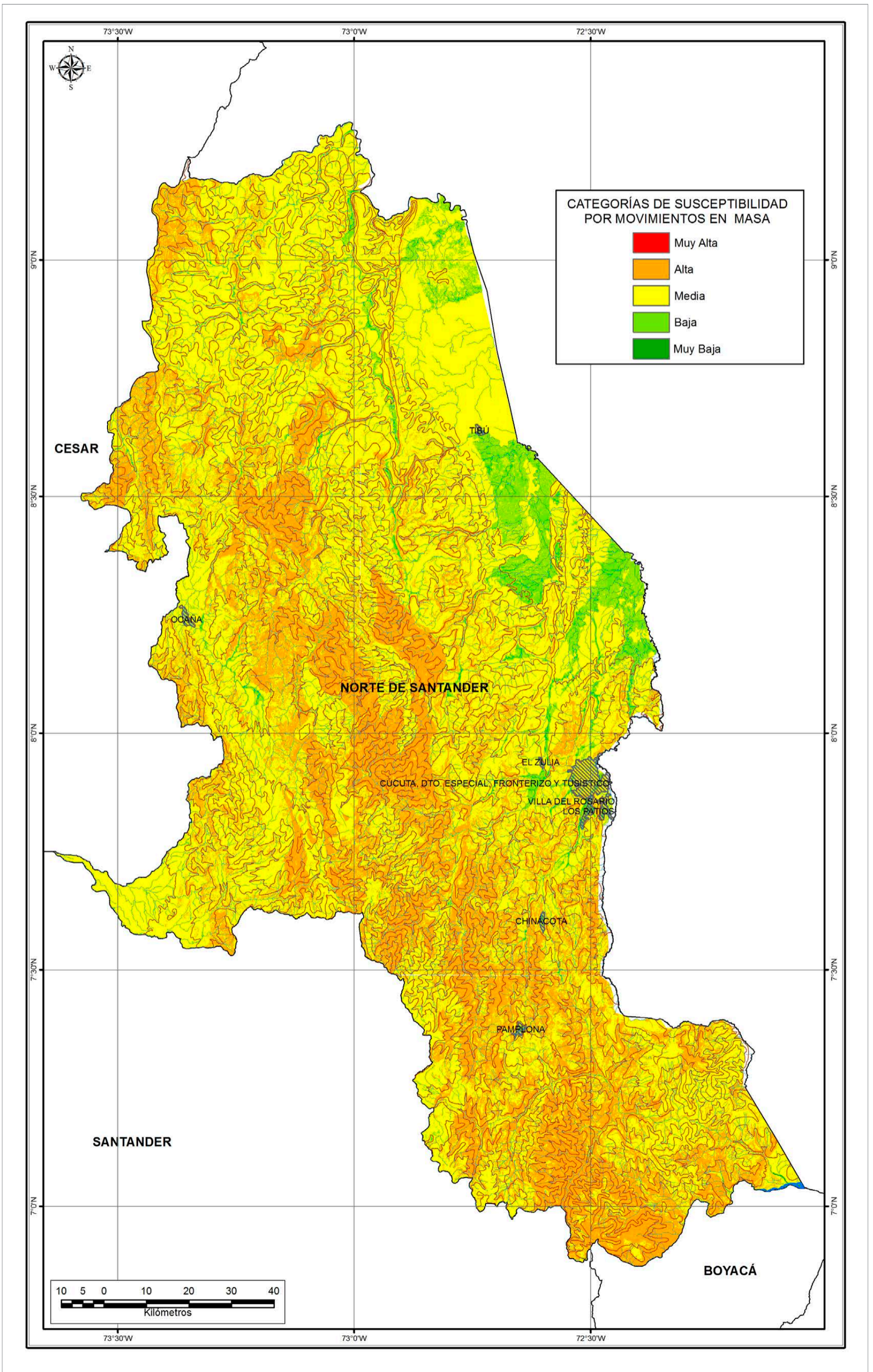
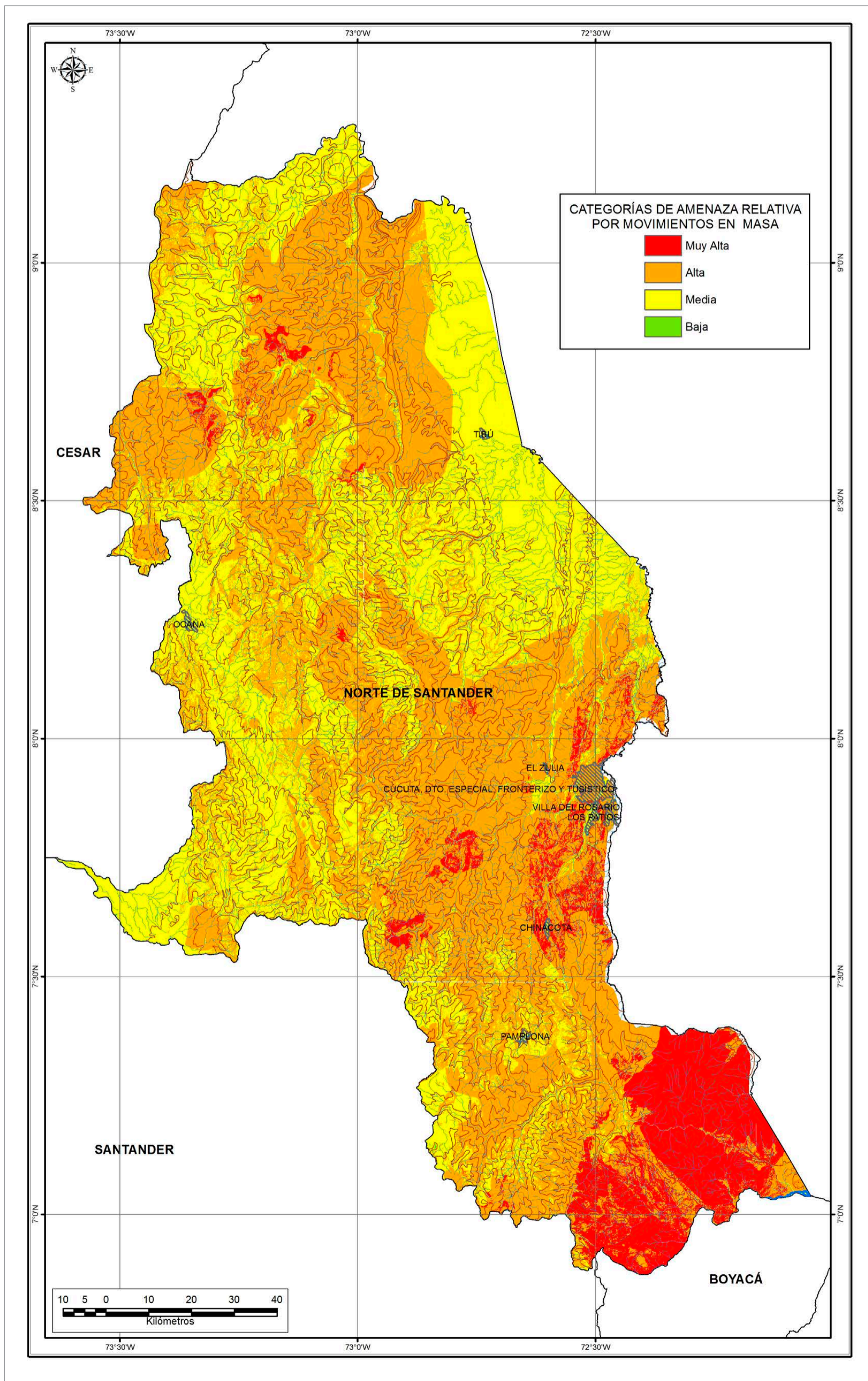


Gráfico 63. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Norte de Santander.







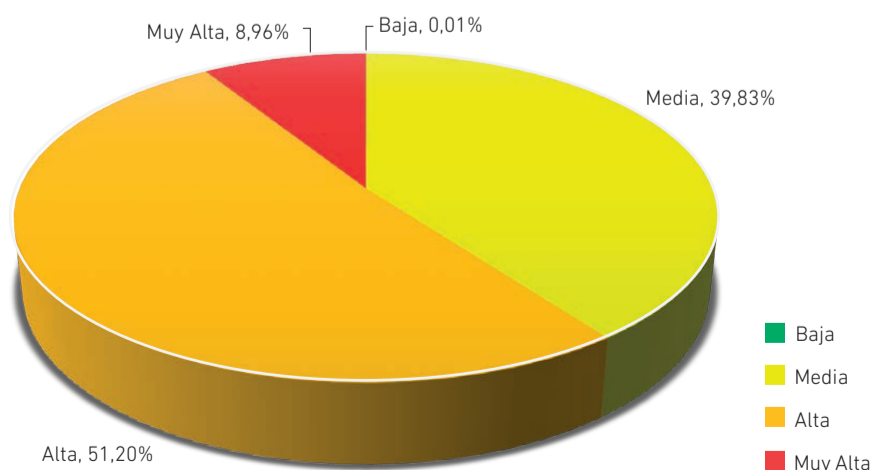
Fotografía 86.
Ruinas del casco urbano del municipio de Gramalote destruido por un movimiento en masa (Fuente: SGC, 2012).



Fotografía 87.
Movimiento en masa compuesto, consta de un deslizamiento traslacional con flujo de detritos en inmediaciones de las veredas Paramito y Pedro Alonso del municipio de Labateca (clasificación y fotografía por Diego Yónathan Hernández, UIS, 2013).

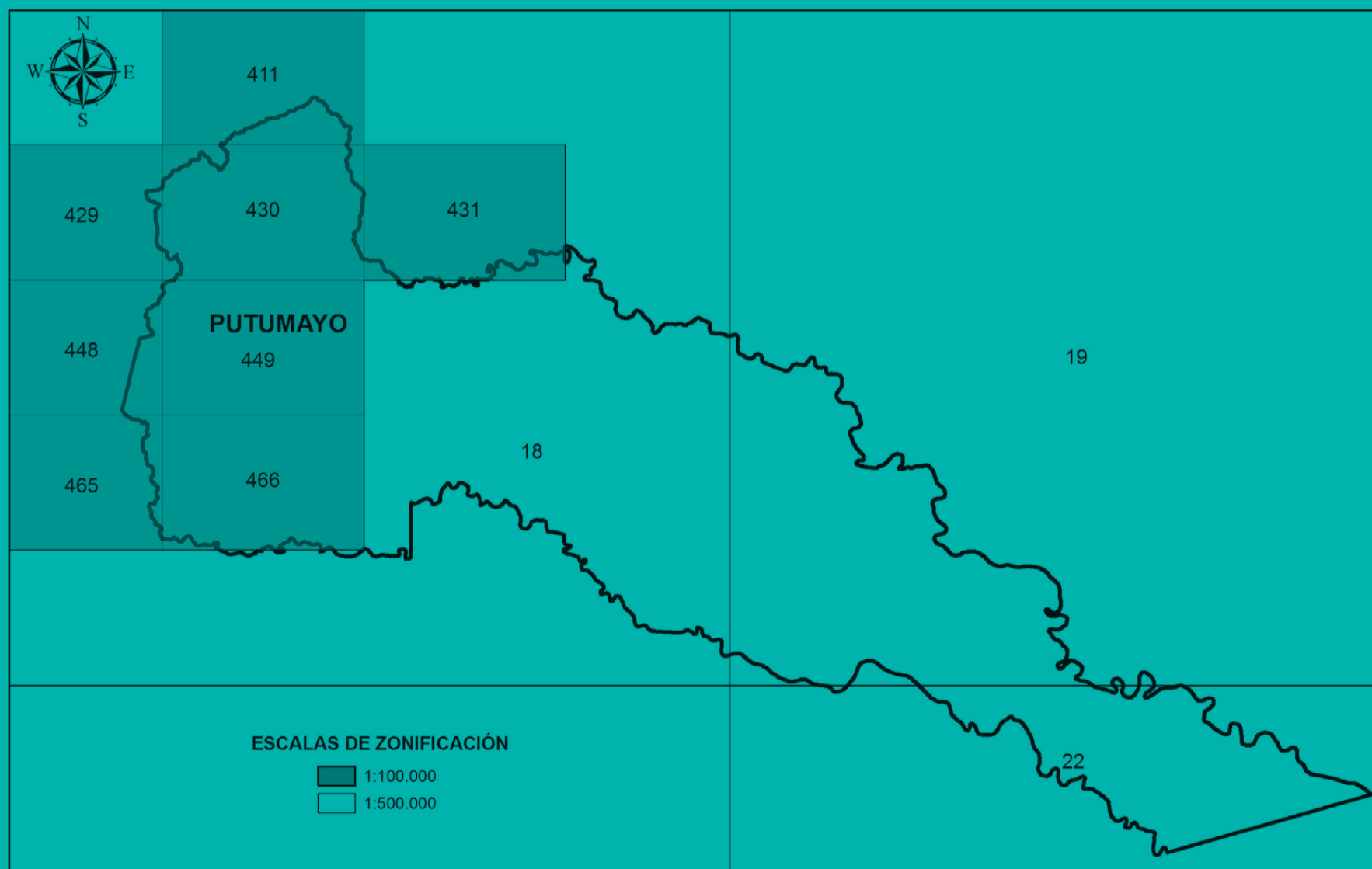
Mapa 51. Mapa de amenaza por movimientos en masa para el departamento de Norte de Santander.

Gráfico 64. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Norte de Santander.



PUTUMAYO

El departamento del Putumayo está ubicado en el suroeste del país. Lo conforman 13 municipios, cuenta con una población de 354.094 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y un área de 25.648 km², superficie que está cubierta por 8 planchas IGAC escala 1:100.000 y parte de 3 planchas escala 1:500.000 (véase figura 60). En el proyecto mapa nacional de amenaza se zonificaron las 8 planchas a escala 1:100.000, equivalente a un 32,44 % del territorio departamental, 8.320 km² aproximadamente. El 67,56 % de su área cuenta con la versión actualizada del mapa de amenaza escala a 1:500.000 (véase gráfico 69).



 **Figura 60.** Departamento de Putumayo y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

A lo largo de su historia, el departamento de Putumayo ha sido afectado por procesos de movimientos en masa, causando desestabilización del terreno y afectación a la población y a la infraestructura. Entre los movimientos en masa más antiguos, registrados documentalmente, se encuentra un flujo de detritos ocurrido en 7 de noviembre 1978 en el municipio de Mocoa y un deslizamiento, el 22 de junio 1986 en el municipio de Sibundoy. Recientemente, el 12 de julio de 2007, se presentaron afectaciones en algunas vías de los municipios de Mocoa y en la vía Condagua-Yunguillo, debido a un deslizamiento traslacional y reptación de suelos en la primera, y a una caída de detritos en la segunda. Se identificó como causa el deterioro del talud por erosión pluvial (véase fotografías 88).

De los 66 casos reportados en el departamento de Putumayo, 55 presentan una clasificación y localización precisa, siendo más comunes, entre los diferentes tipos de procesos registrados, los deslizamientos rotacionales y las avalanchas de detritos, afectando, principalmente, a los municipios de Mocoa y Santiago (véase gráfico 66).

El tipo de movimiento en masa que presenta mayor frecuencia en el departamento del Putumayo es el deslizamiento traslacional, el cual se evidencia principalmente en el municipio de Mocoa (véase fotografía 89).

Gráfico 65. Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales, trabajadas en el Servicio Geológico Colombiano.

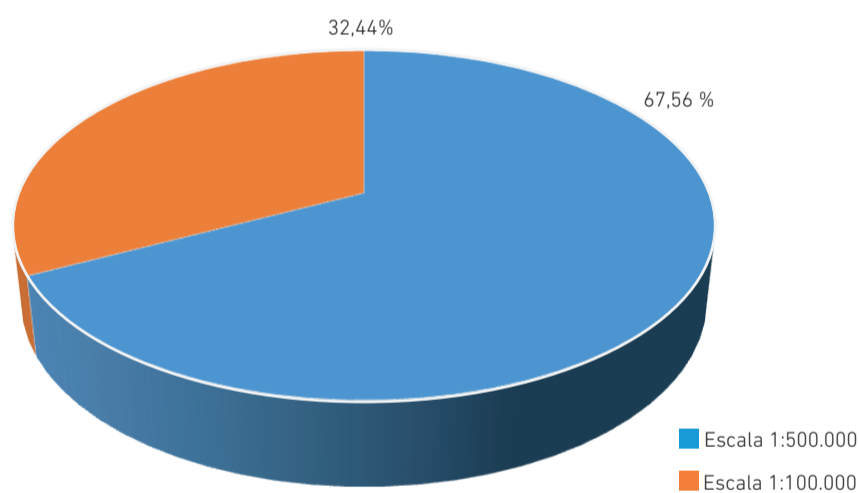
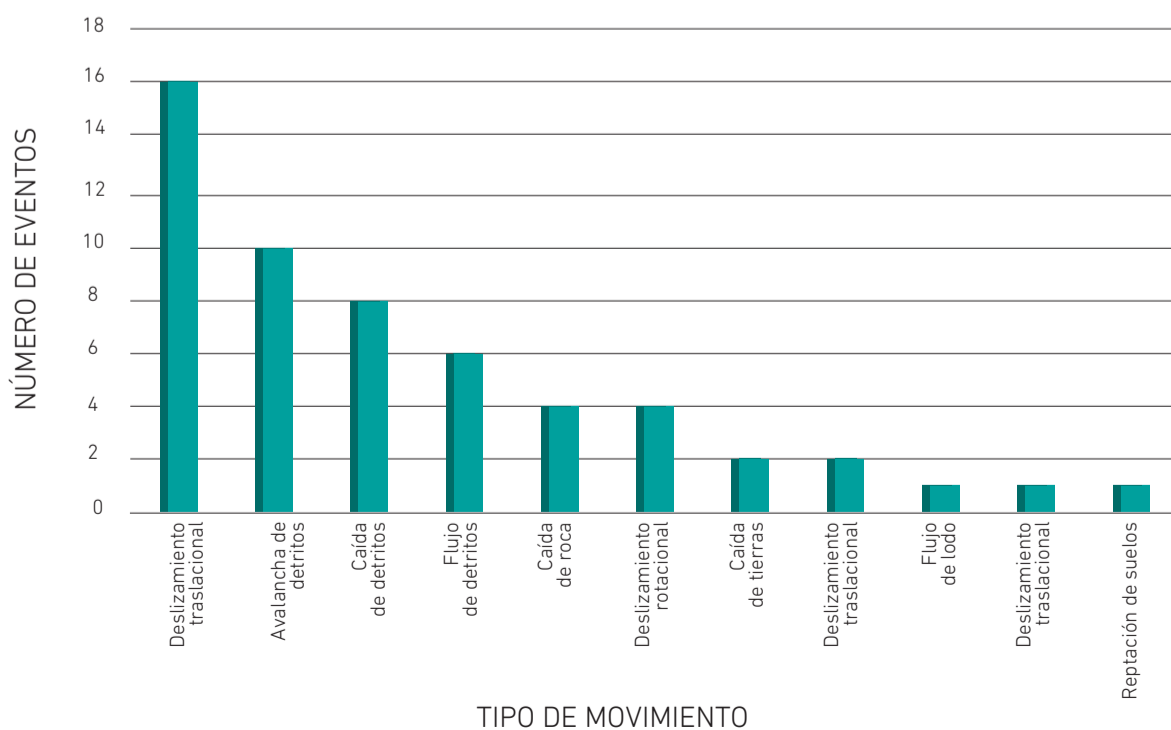


Gráfico 66. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Putumayo.



La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa en escala 1:100.00 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo regional. Las estadísticas que se presentan corresponden a las 8 planchas (escala 1:100.00) que se zonificaron en el proyecto mapa nacional, tanto para la susceptibilidad como para la amenaza, si se desea consultar el resto de las planchas de amenaza se debe remitir al mapa nacional de amenaza escala 1:500.000 (SGC, 2016).

En esta área se presenta una categoría de susceptibilidad muy alta, con un porcentaje de 0,09 % a lo largo de la cuenca del río San Pedro, en los municipios de Colón y Sibundoy. La categoría de amenaza alta ocupa un 22,74 %, está asociada con el borde de la cordillera Oriental, con pendientes medias a altas, con alturas que sobrepasan los 3.500 m, como en los cerros de Patascoy y Putumayo, localizados en los municipios de Mocoa, Sibundoy, Colón, San Francisco, Santiago, Villa Garzón, Orito y Puerto Caicedo. La categoría media, con un 73,67 %, se distribuye en toda el área, está asociada con pendientes medias a bajas. La categoría baja ocupa un 3,08 %, en la parte plana de Villa Garzón y parte de Puerto Asís (véase gráfico 67 y mapa 52).

El área presenta amenaza muy alta con un 11,03 %, se asocia con la zona cordillerana de los municipios de Mocoa, San Francisco, Santiago, Villa Garzón, Orito y Puerto Caicedo, destacándose los municipios de Sibundoy y Colón. La categoría alta ocupa un 40,37 %, y se relaciona con la zona de piedemonte de los municipios de Mocoa, San Francisco, Orito, Villa Garzón y Puerto Caicedo. La categoría media registra un 48,35 %, ocupando la zona de transición entre la zona montañosa y la zona plana de los municipios de Orito, Puerto Caicedo, Villa Garzón, Valle del Guamuez, San Miguel y Puerto Asís. La categoría baja tiene un 0,25 % en las zonas bajas de inundación de los ríos Putumayo en el municipio de Puerto Asís y río Picudo en el municipio de Puerto Caicedo (véase gráfico 68 y mapa 53).

A manera de ejemplo se presentan algunos eventos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Putumayo (véanse fotografías 90 y 91).

Mapa 52. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Putumayo.

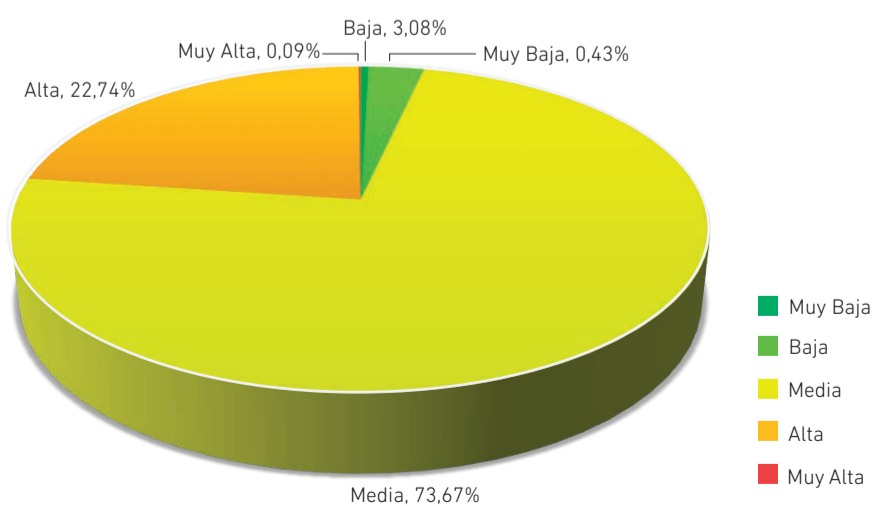
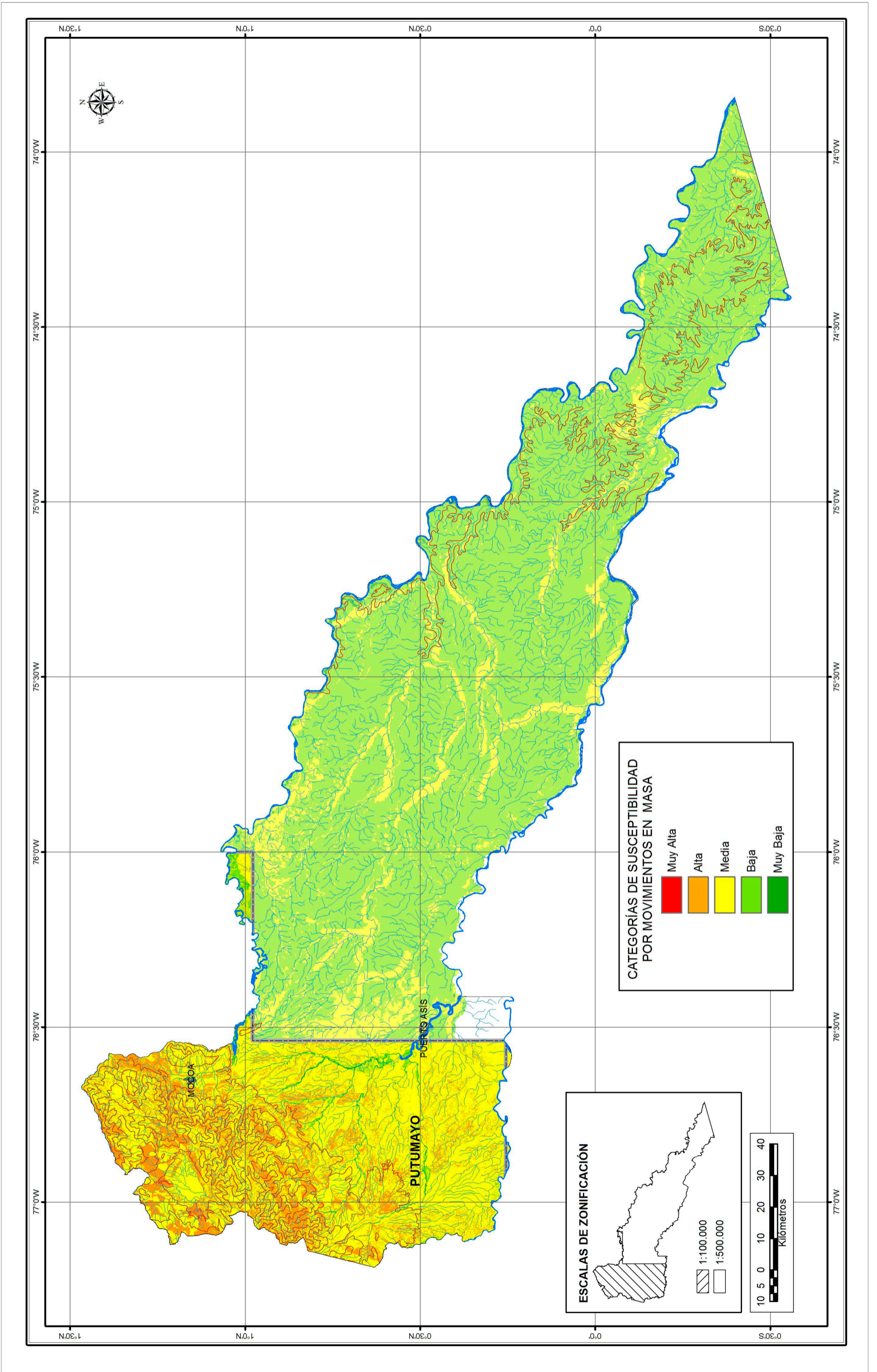
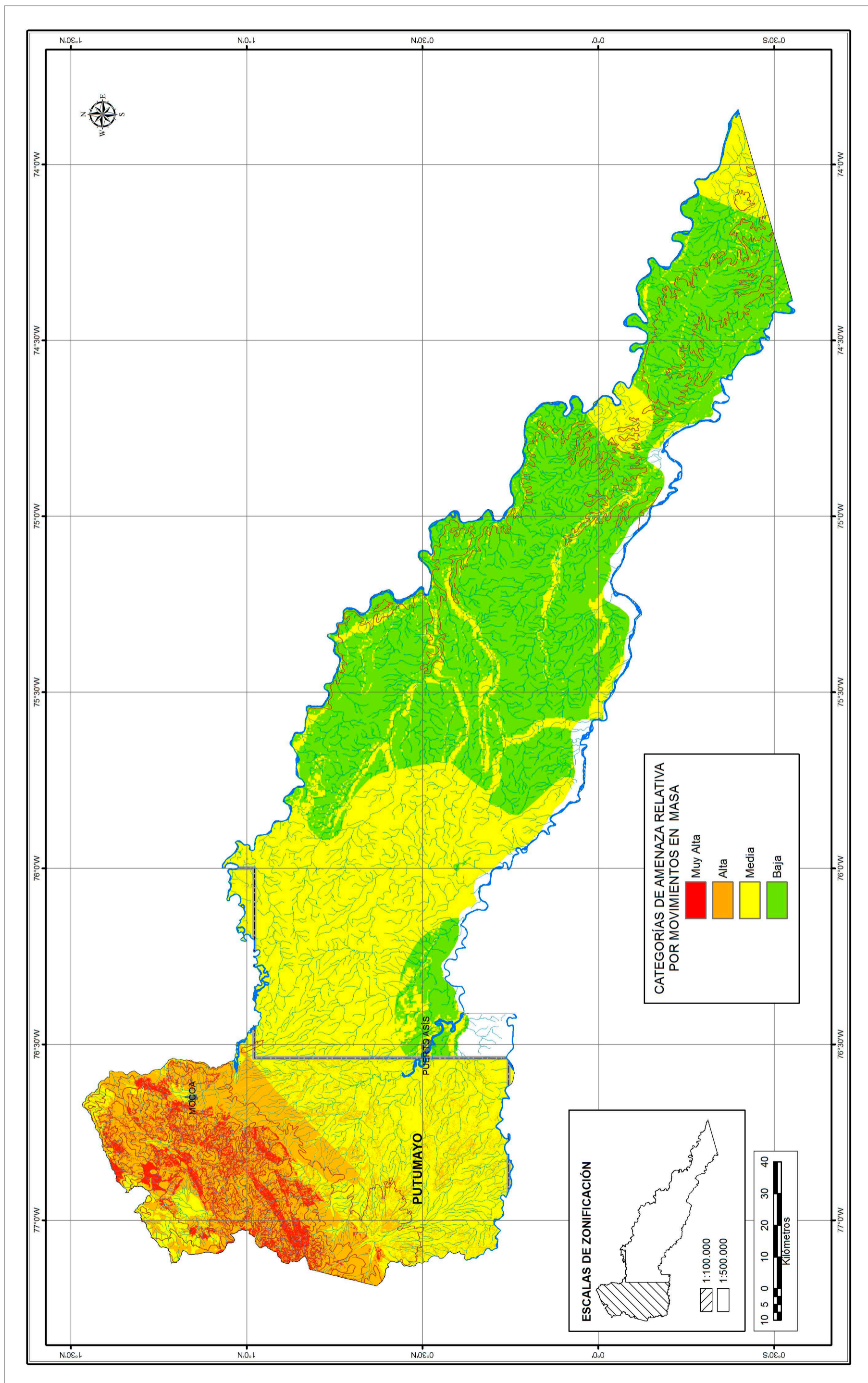


Gráfico 67. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Putumayo.



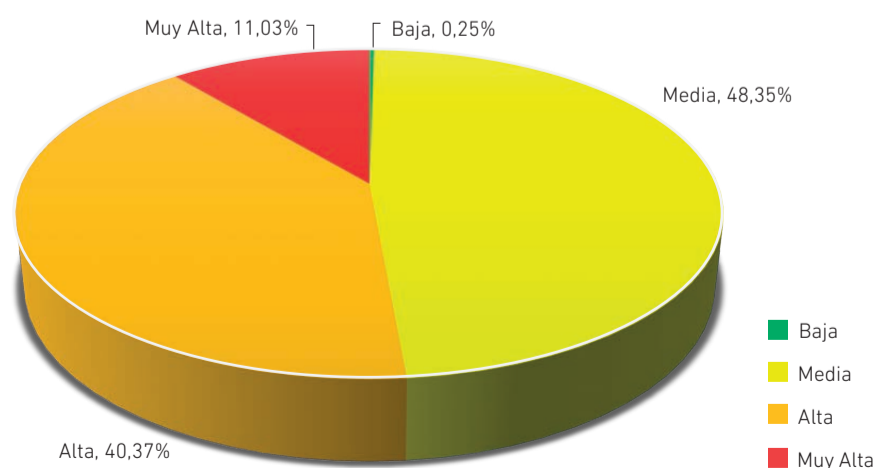




Fotografía 88.
Deslizamiento traslacional localizado en el municipio de Mocoa (clasificación y fotografía por Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, 2013).

Mapa 53. Mapa de amenaza relativa del departamento de Putumayo.

Gráfico 68. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Putumayo.





Fotografía 89.

Deslizamiento traslacional compuesto con caída de detritos en el municipio de Mocoa (clasificación y fotografía por Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, 2013).



Fotografía 90.

Flujo de detritos en el municipio de Villa Garzón (clasificación y fotografía por Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, 2013).





Fotografía 91.


Caída de detritos,
municipio de Mocoa
(clasificación y fotografía
por Universidad Nacional,
sede Bogotá, 2014).



QUINDÍO

El departamento del Quindío, en el centro occidente del país, cuenta con importantes accidentes geográficos como Paramillo del Quindío, los valles de los ríos Barragán, La Vieja y Quindío. Está conformado por 12 municipios, siendo su capital la ciudad de Armenia. Tiene una población de 571.733 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y posee un área de 1.845 km², superficie que está cubierta por 5 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 61).



 **Figura 61.** Departamento de Quindío y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

Históricamente el departamento de Quindío presenta procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto a la población como a la infraestructura, además generan daños ambientales. Entre los movimientos en masa más antiguos, registrados documentalmente, se encuentran el que ocurrió el 22 de noviembre de 1916 en el municipio de Armenia en el sector del río Verde, el cual generó un flujo de lodo que afectó de forma leve la infraestructura vial de la zona.

El 25 de enero de 1999 se presentó un sismo en la zona del Eje Cafetero, en donde se generó un evento de gran alta, cercano a la quebrada La Jaramilla en el municipio de La Tebaida, causando daños en la infraestructura vial no cuantificables. A raíz de este evento se produjo también un deslizamiento tipo traslacional. Otro evento significativo ocurrió el 27 de junio del 2008, en el costado norte del casco urbano del municipio de Génova, junto al río Gris, se formó un deslizamiento rotacional causando daños en la planta de tratamiento de agua y en tres viviendas, afectando moderadamente a las familias que vivían en estas.

Analizando los casos expuestos se evidencia que los movimientos en masa son el resultado de la acción de diferentes factores, entre los cuales prevalecen las condiciones meteorológicas y la actividad antrópica, a su vez se puede entender como estos procesos forman parte de la evolución del paisaje y están actuado a través del tiempo desde antiguos períodos geológicos.

De los 229 casos reportados para el departamento del Quindío, solo quince presentan una clasificación y localización precisa, siendo más comunes los flujos de lodo que predominan en los municipios de Armenia, Salento y Calarcá (véase gráfico 69).

La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 muestra una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y constituye una herramienta para la acertada planeación de su desarrollo y ordenamiento territorial regional.

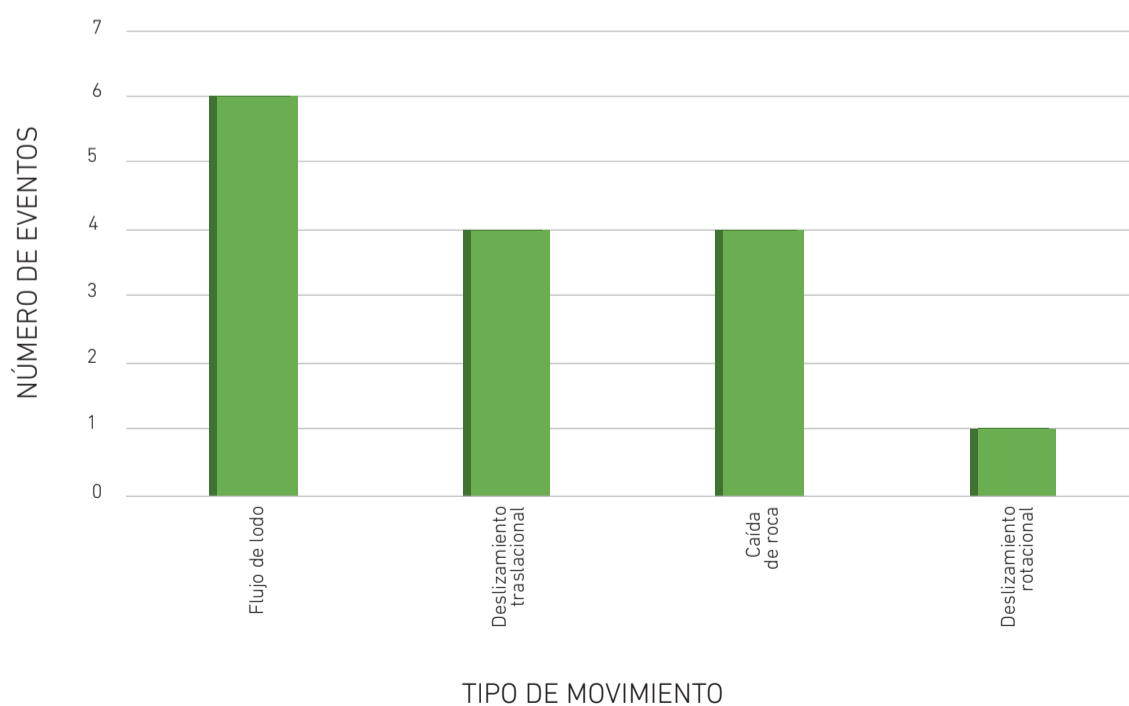
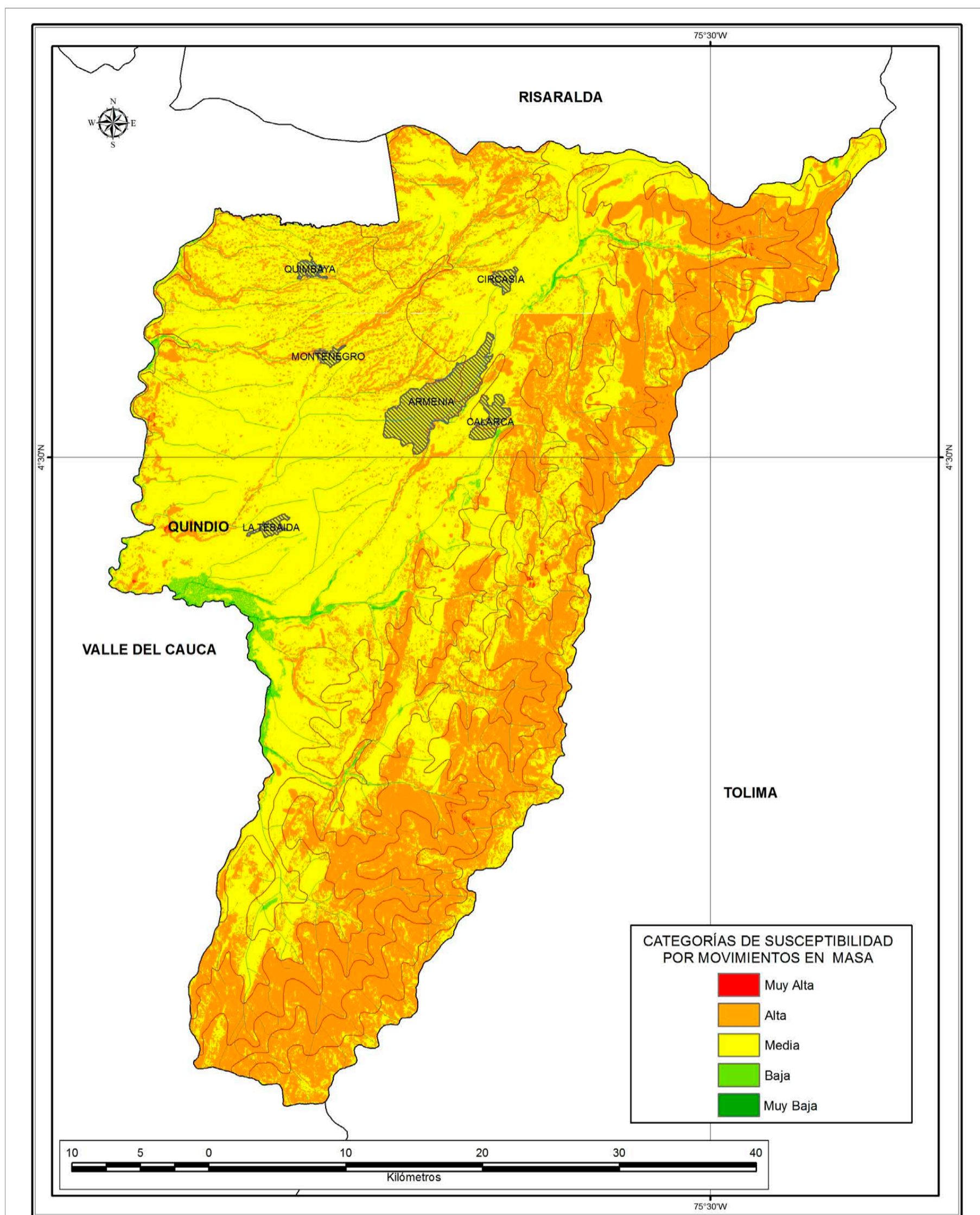


Gráfico 69. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Quindío.



Mapa 54. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Quindío.

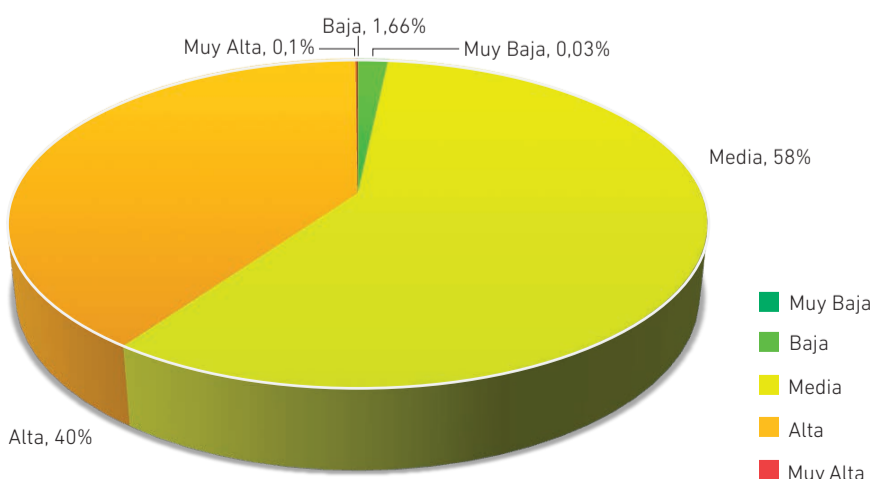
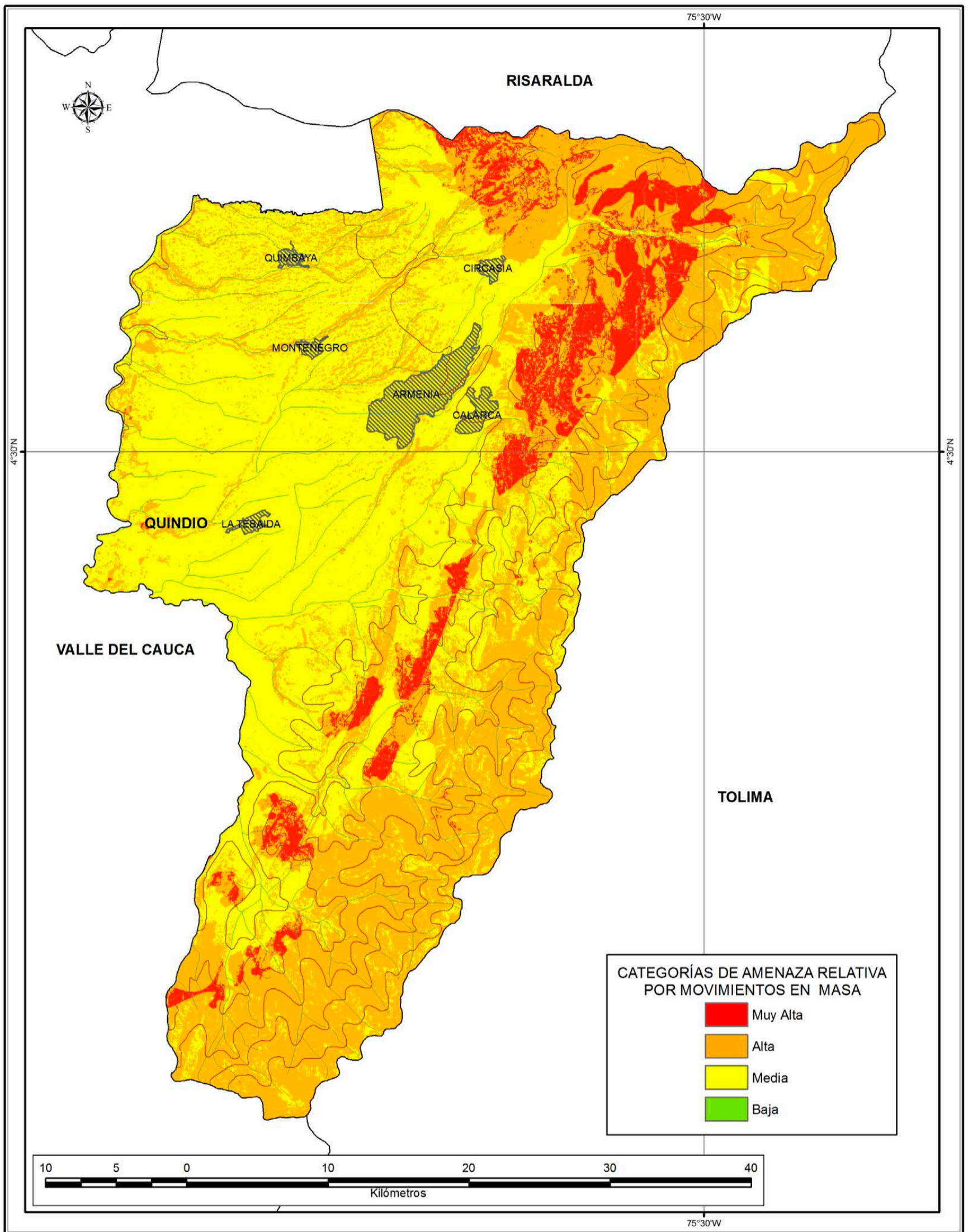
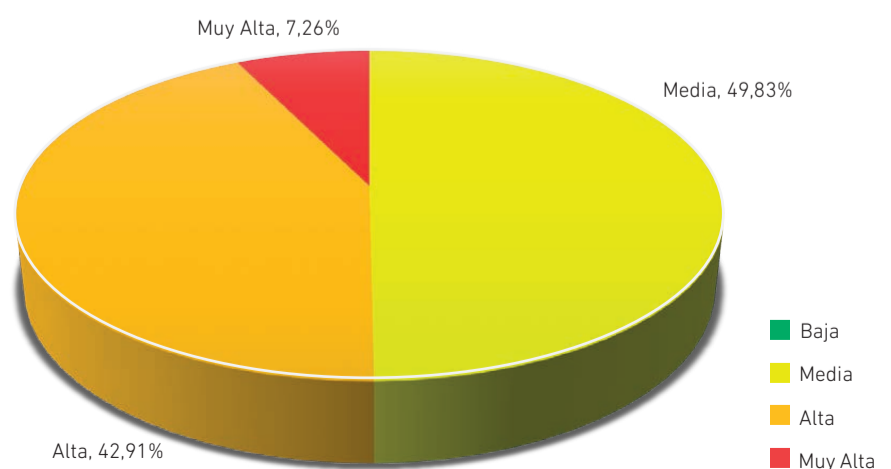


Gráfico 70. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Quindío.



Mapa 55. Mapa de amenaza relativa del departamento de Quindío.

Gráfico 71. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Quindío.



De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, la categoría de susceptibilidad que predomina en el departamento de Quindío es la media con un 58 %, está localizada, principalmente, en el occidente del departamento, en los municipios de Quimbaya, Montenegro, Pijao, La Tebaida, Filandia, norte de Finlandia y Génova, Buenavista, Calarcá y en menor proporción en el sector oriental de Pijao, Córdoba y Calarcá. La susceptibilidad alta, con el 40 %, predomina en el sector oriental del departamento específicamente en los municipios de Salento, Calarcá, Córdoba, Pijao y Génova (véanse gráfico 70 y mapa 54).

La amenaza media, con el 49 %, se registra en mayor o menor proporción en la mayoría de los municipios del departamento del Quindío, , específicamente, en el sector occidental en los municipios de Quimbaya, Montenegro, Pijao, La Tebaida, Filandia, norte de Finlandia y Génova, Buenavista, Calarcá; la amenaza alta con 42 % predomina en el nororiente y oriente, estas regiones están ubicadas en la cordillera Central, en los municipios de Salento, Calarcá, Córdoba, Pijao y Génova. La amenaza alta registra el 7 % del departamento, en los municipios de Salento, sector central de los municipios de Calarcá, Córdoba y Pijao y en menor proporción en el suroccidente de Génova.

Es importante destacar que los municipios del departamento que presentan mayor territorio bajo amenaza alta por movimientos en masa son Génova (70 %), Salento (64 %), Pijao (62 %), Córdoba (42 %) y Finlandia (41 %). Por su parte, los municipios que presentan mayor área bajo amenaza muy alta por movimientos en masa son Salento (20 %), Finlandia (13 %), Calarcá (7 %) y Córdoba (6 %) (véase mapa 55 y gráfico 71).

A manera de ejemplo se presentan algunos procesos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Quindío (véanse fotografías 92 y 93).



Fotografía 92.
Movimiento en masa de tipo caída de roca, municipio de Génova, vereda Santa Elena (clasificación y fotografía por Luis David Mesa, UPTC, 2013).



Fotografía 93.

Movimiento en masa compuesto, presenta un deslizamiento rotacional y un flujo de detritos, municipio de Génova (clasificación y fotografía por Luis David Mesa, UPTC, 2013).



RISARALDA

El departamento de Risaralda, en el centro occidente del país, cuenta con importantes elementos paisajísticos como los cerros de Caramanta y Tamaná, los nevados de Quindío y Santa Isabel, valles del río Otún, Cauca, Guarne, Risaralda y la conocida laguna del Otún. Está conformado por 14 municipios, siendo su capital la ciudad de Pereira. Tiene 962.529 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y posee un área de 4.140 km², superficie que está cubierta por 7 planchas IGAC en escala 1:100.000 (véase figura 62).



 **Figura 62.** Departamento de Risaralda y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

El territorio risaraldense se ha visto afectado, a lo largo de su historia, por procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto a su población como a su infraestructura. Entre los procesos más antiguos, registrados de manera documental, se encuentra el movimiento en masa del 15 de noviembre de 1998 en el municipio de Dosquebradas, que consistió en un deslizamiento rotacional generado por fuertes lluvias, el cual afectó, principalmente, la bocatoma del acueducto de Pereira. Esta zona fue tratada por constituir una grave amenaza para esta estructura. Se presentaron como efectos secundarios algunos perjuicios para la comunidad y una forzosa reparación en las instalaciones del acueducto impactadas por el movimiento, en el caso de que este no se hubiera controlado, las pérdidas económicas podrían haber ascendido a los cien millones de dólares.

En la última década otro movimiento en masa en el departamento es el ocurrido el 1.º de octubre de 2009 en la vía que conduce del municipio de La Virginia hacia El Santuario, en donde se generó una caída de rocas seguida de un flujo de detritos. Este movimiento generó la pérdida productiva del suelo para la alimentación del ganado y la obstrucción de la vía para el acceso a los municipios del departamento. Esto produjo altos costos económicos debido a la inversión en la reparación de estos daños. Además el 1.º de octubre de 2012, en el municipio de Mistrató, sobre la vía que conduce de Belén de Umbría a Guática, la caída de tierras provocó problemas de comunicación terrestre ya que se derrumbó la totalidad de la vía.

En el departamento de Risaralda se registraron 478 casos de movimientos en masa, de los cuales 75 se clasificaron y localizaron de manera precisa; los más comunes, entre los diferentes tipos de procesos registrados, fueron los deslizamientos rotacionales que predominan en los municipios de Pueblo Rico, Santa Rosa de Cabal y Guática (véase gráfico 72).

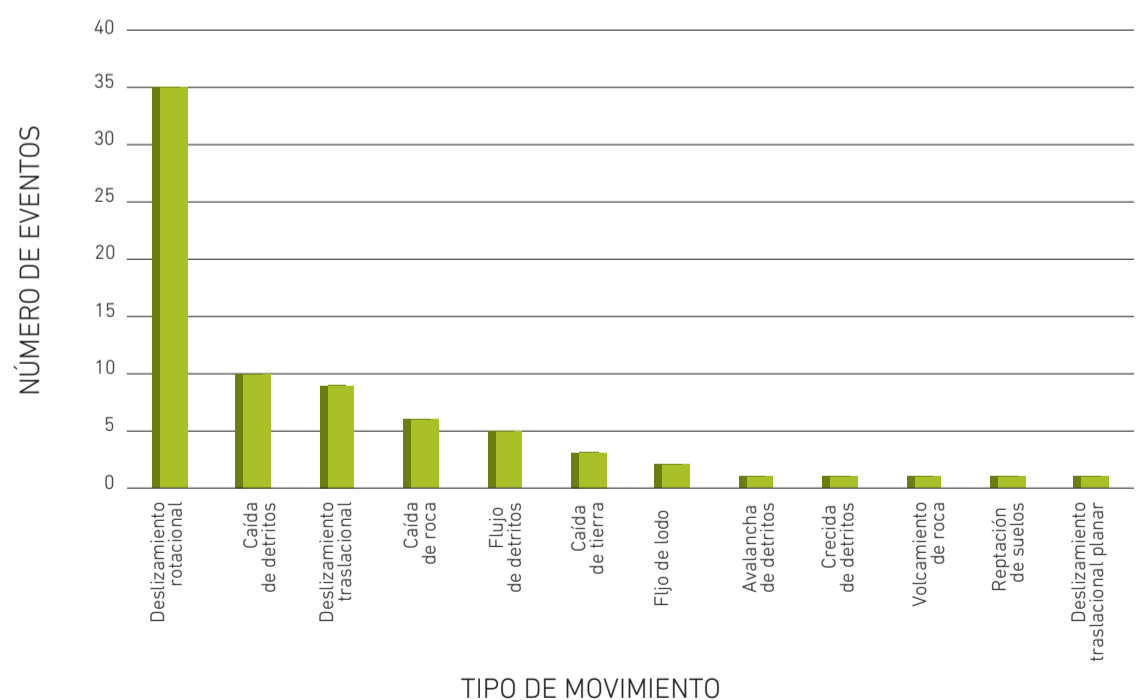
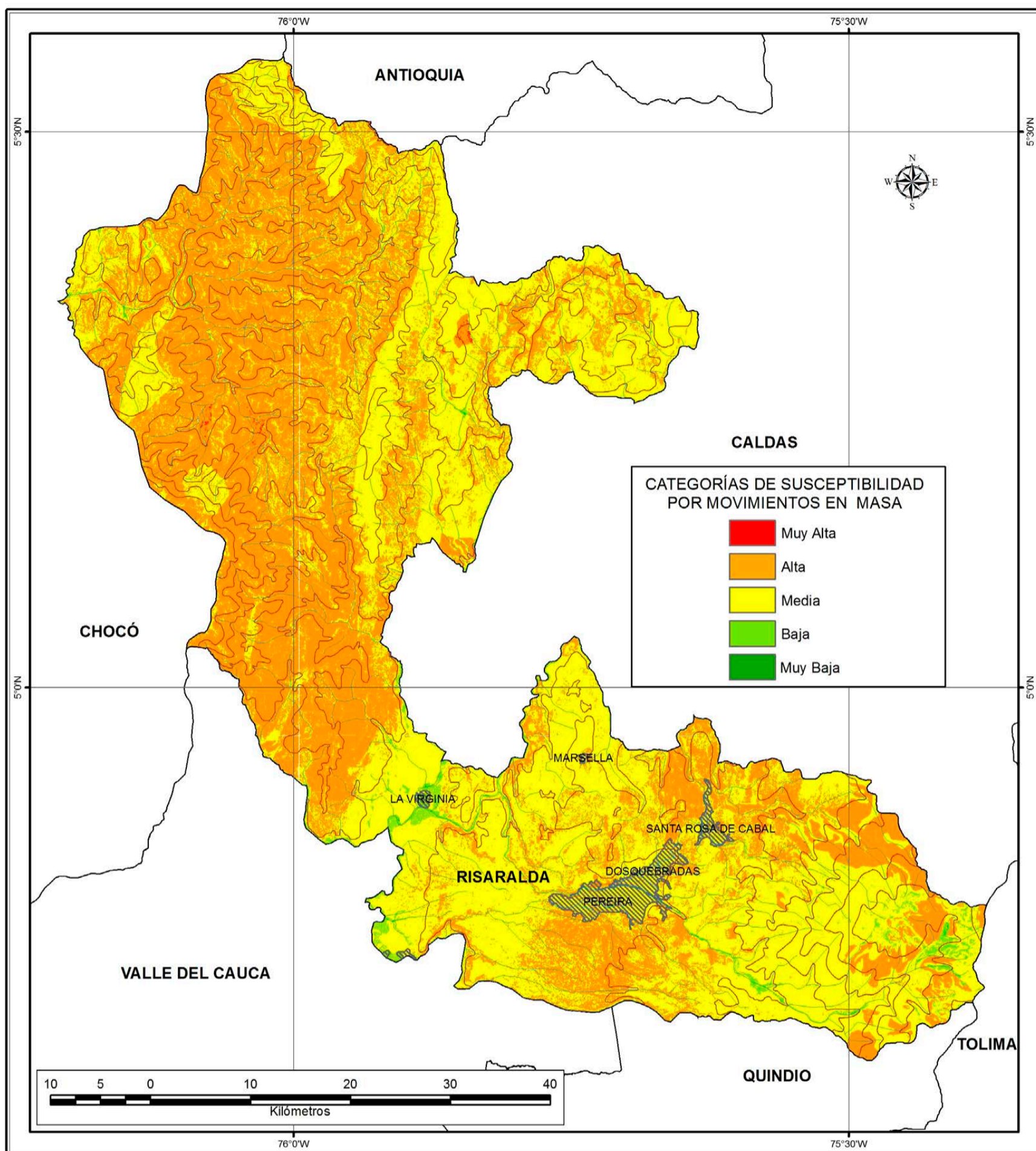


Gráfico 72. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Risaralda.



Mapa 56. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Risaralda.

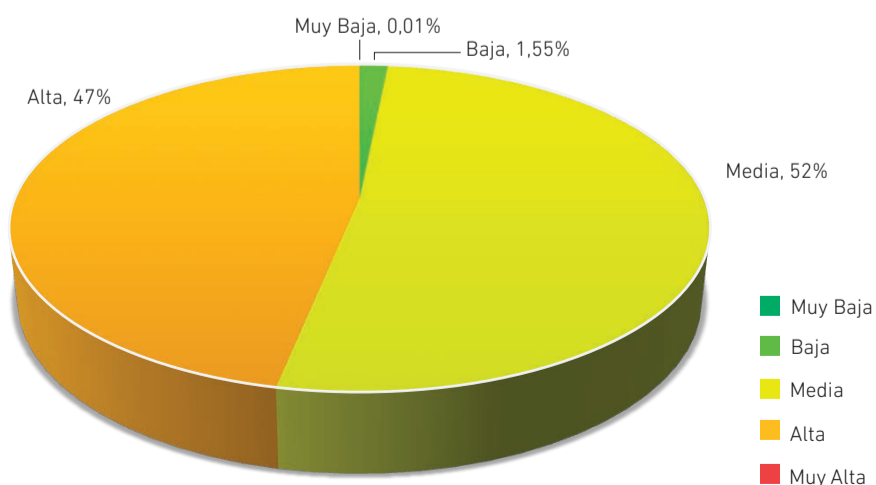
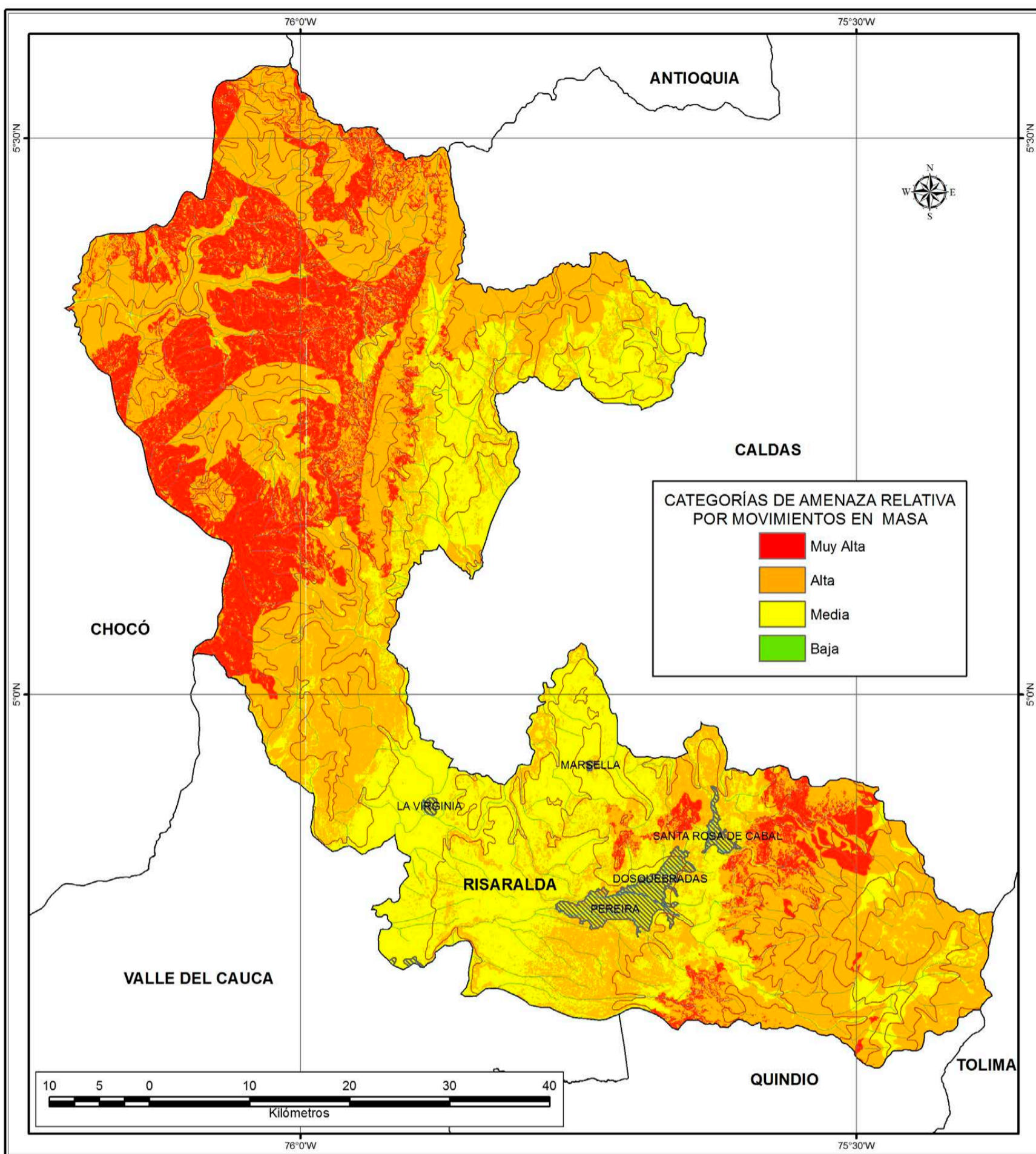
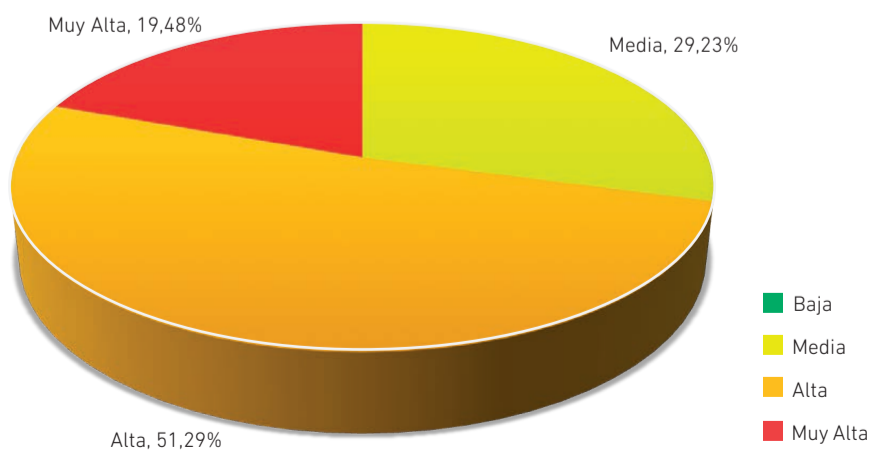


Gráfico 73. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Risaralda.



Mapa 57. Mapa de amenaza relativa del departamento de Risaralda.

Gráfico 74. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Risaralda.



Dados los antecedentes históricos y más recientes de esta problemática en el departamento, es importante conocer la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.00, pues brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del territorio y se constituye en una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo regional.


Es así como los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa evidencian que la mayor parte del territorio risaraldense presenta susceptibilidad media, la cual comprende el 52 % del área total y se distribuye en todos los sectores del departamento, predominando en la subregión de los municipios de Marsella, en el suroriente de Santa Rosa de Cabal, Marsella, Dosquebradas y Pereira; de igual manera, en la subregión II, específicamente, en los municipios de La Virginia, en el suroriente de Balboa y Santuario, Quinchía, Guática, Belén de Umbría y en el oriente de Apía.

Por otra parte, la susceptibilidad alta ocupa el 47 % del territorio del departamento, la cual predomina en la subregión III, específicamente, en los municipios de Mistrató y Pueblo Rico, de igual manera, en el occidente de la subregión II, en los municipios de Balboa, La Celia, Santuario y, en menor proporción, en Apía (véase mapa 56 y gráfico 73).


Con respecto a la amenaza por movimientos en masa, es importante mencionar que la categoría con mayor ocurrencia en el departamento de Risaralda es alta con un 51 %, esta característica predomina en la subregión III, conformada por los municipios de Mistrató, en el sector occidental de Santuario y Pueblo Rico. De igual modo en la subregión I, en los municipios de Dosquebradas, Santa Rosa de Cabal y, en menor proporción, en el suroriente de Pereira, en la subregión II, en los municipios de La Celia, Santuario, Apía, Balboa. Es importante destacar que los municipios del departamento que presentan mayor territorio con amenaza alta por movimientos en masa son La Celia (76 %), Santa Rosa de Cabal (66 %), Guática (64 %), Mistrató (60 %) y Santuario y Apía (56 %). Los municipios que presentan mayor área con amenaza muy alta por movimientos en masa son Pueblo Rico (47 %), Mistrató (33 %), Apía (30 %), Santuario (28 %) y Santa Rosa de Cabal (14 %) (véase mapa 57 y gráfico 74).

En las fotografías se muestran algunos ejemplos de movimientos en masa representativos, fueron inventariados en el departamento de Risaralda durante el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa (véanse fotografías 94 y 95).



 **Fotografía 94.**
Movimiento en masa caída de roca, municipio de Mistrató, (clasificación y fotografía por Luis David Mesa Ríos, UPTC, 2013).

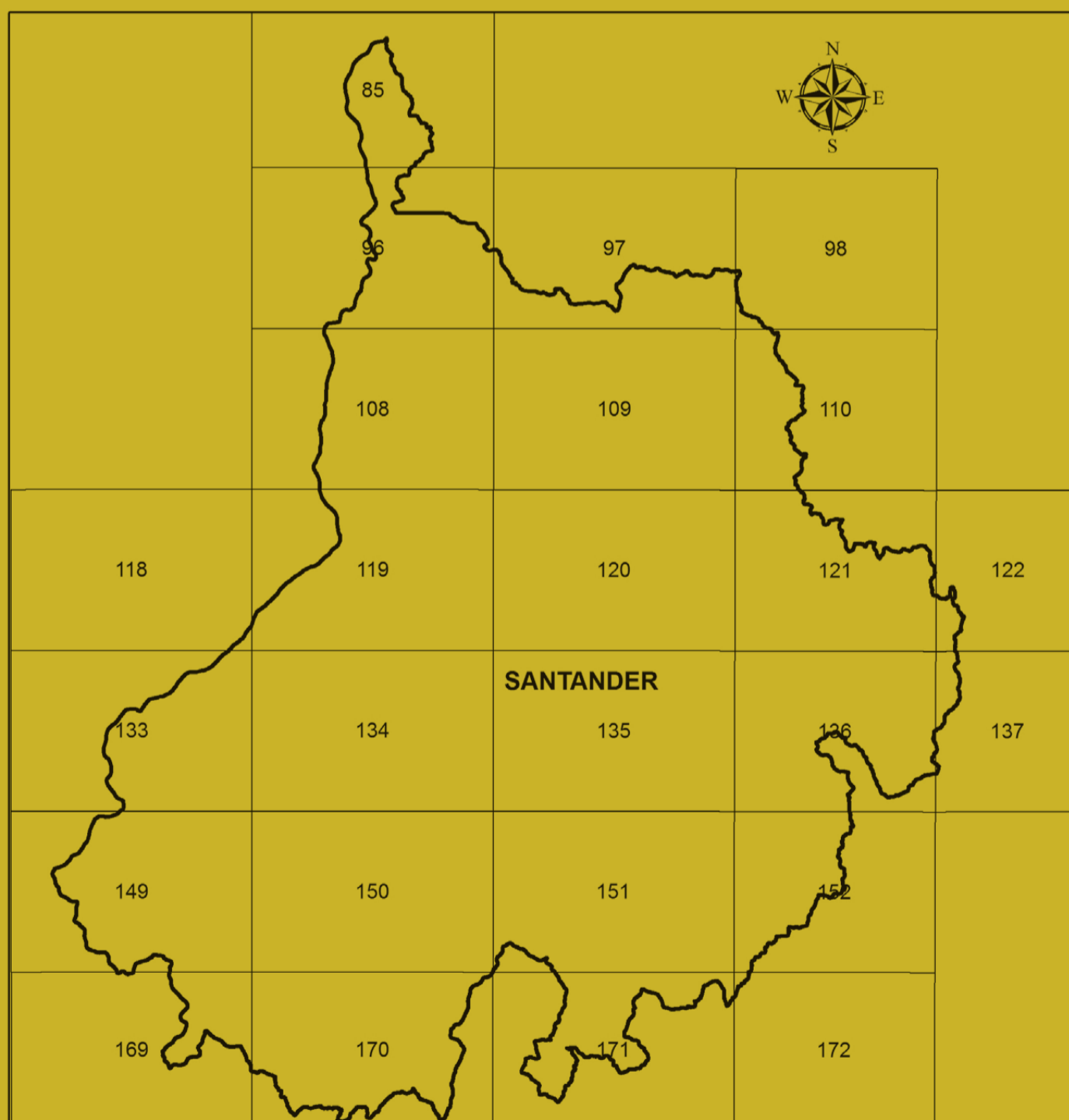


 **Fotografía 95.**
Movimiento en masa flujo de detritos, municipio Belén de Umbría, (clasificación y fotografía por Luis David Mesa, UPTC, 2013).



SANTANDER

El departamento de Santander, en el nororiente del territorio colombiano, limita al occidente con el río Magdalena y, al oriente, con el complejo de páramos de Santurbán, Almorzadero y Berlín. Está conformado por 87 municipios, con una población de 2.080.938 habitantes, datos de 2015 (Proyección 2017, DANE, 2007), cuenta con un área total de 30.537 km², superficie que está cubierta por 25 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 63).



 **Figura 63.** Departamento de Santander y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

El territorio santandereano ha presentado, a lo largo de su historia, procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto a la población como a la infraestructura. Entre los procesos más antiguos, registrados documentalmente, se encuentra un movimiento en masa ocurrido en Bucaramanga en 1939 que dejó un saldo de tres muertos. Además un flujo de detritos en el municipio de Guaca en 1962, el cual causó efectos directos sobre la población, dejó varias familias damnificadas y una amenaza constante para la población de Cepitá, asentada en el depósito generado por dicho movimiento. Desde estos años se han presentado deslizamientos, caídas de rocas y flujos debido a las condiciones naturales propias de esta región y a la acción antrópica.

En la última década uno de los movimientos en masa más significativos en el departamento está asociado a una fuerte temporada invernal ocurrida en febrero de 2005 en el municipio de Girón, en donde se produjo una saturación del suelo, este dio lugar a diferentes flujos y deslizamientos traslacionales generando la pérdida de 97 vidas humanas, 39 personas heridas y decenas de familias damnificadas.

En el departamento de Santander existen, actualmente, de 1.029 casos de movimientos en masa reportados, de los cuales 380 presentan una clasificación y localización precisa, siendo más comunes, entre los diferentes tipos de procesos registrados, los deslizamientos traslacionales y los rotacionales (véase gráfico 75).

Con base en los antecedentes históricos y los datos recientes de esta problemática, es importante conocer la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.00, pues brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del territorio y constituye una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo regional. Por ello los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa evidencian que la mayor parte del territorio santandereano presenta susceptibilidad media, la cual comprende el 74 % del área y se distribuye en todos los sectores del departamento, predomina en los municipios de la franja occidental que hacen parte del valle

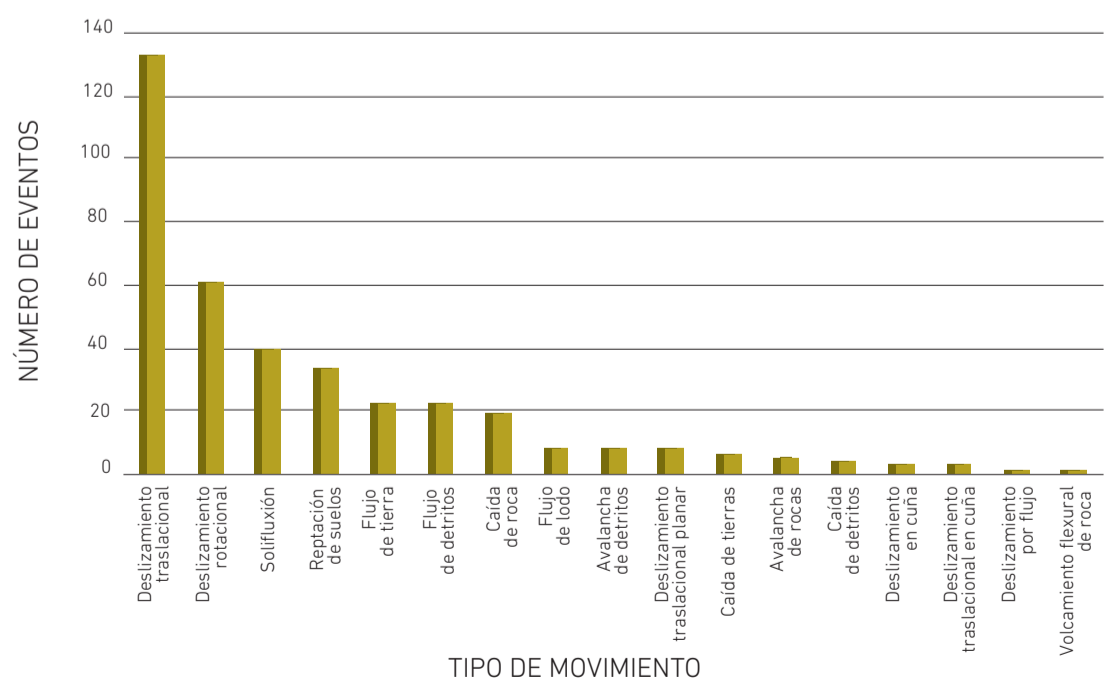
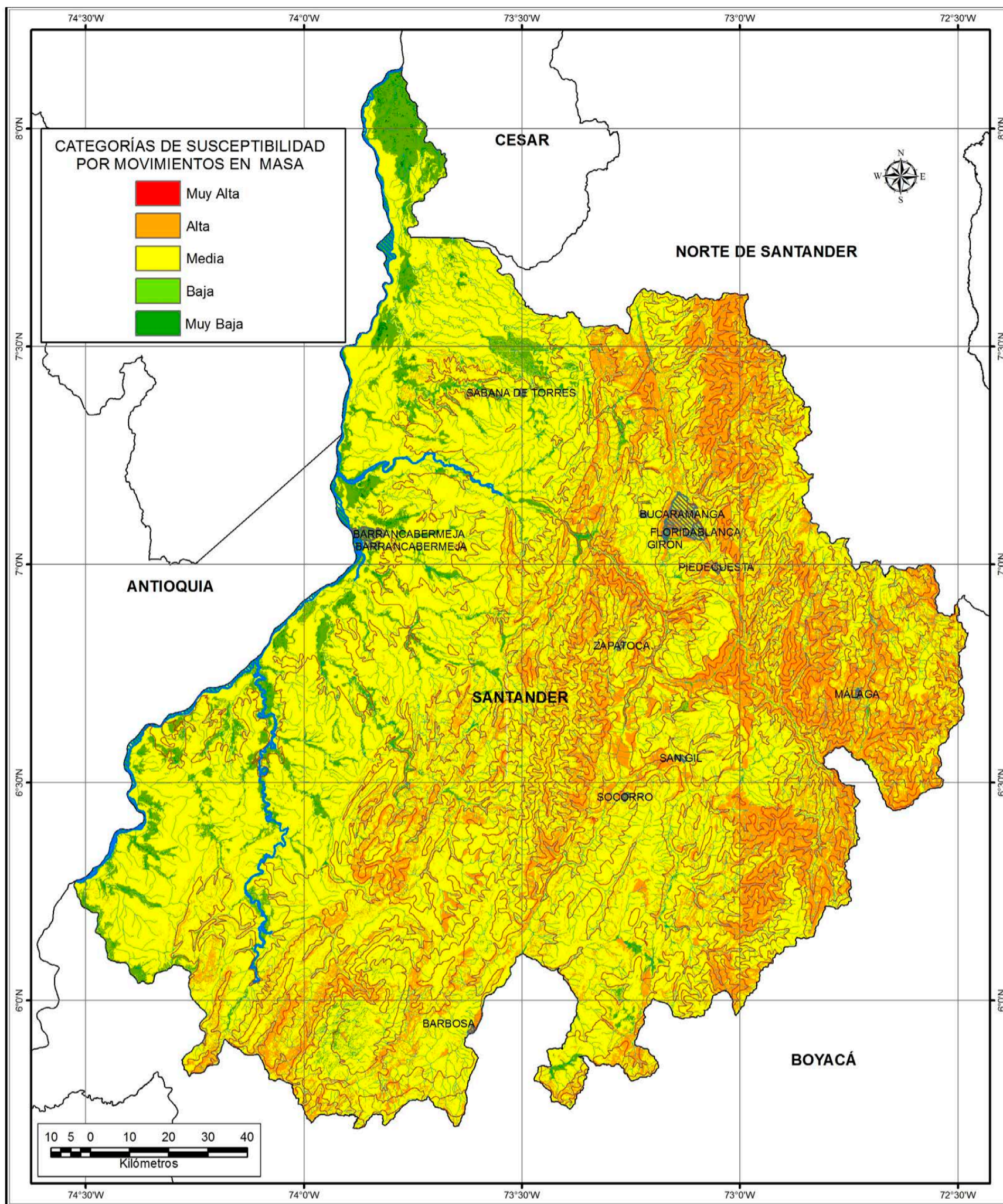


Gráfico 75. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Santander.



Mapa 58. Mapa de Susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Santander.

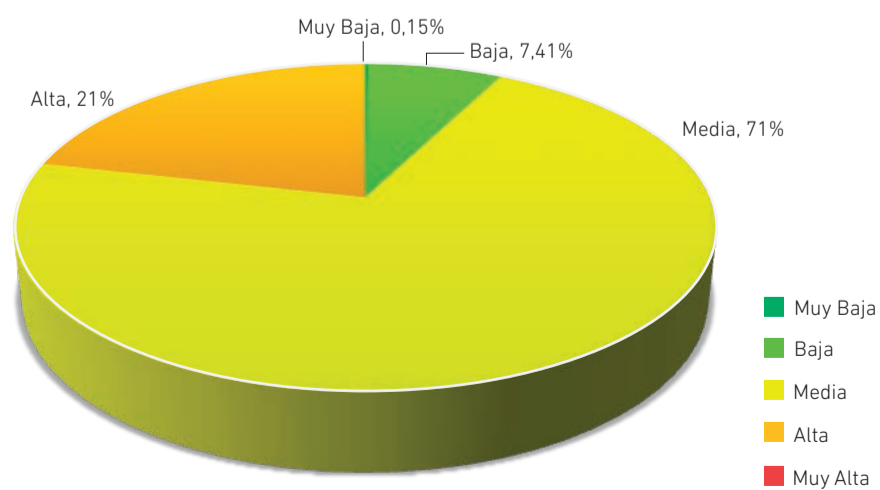
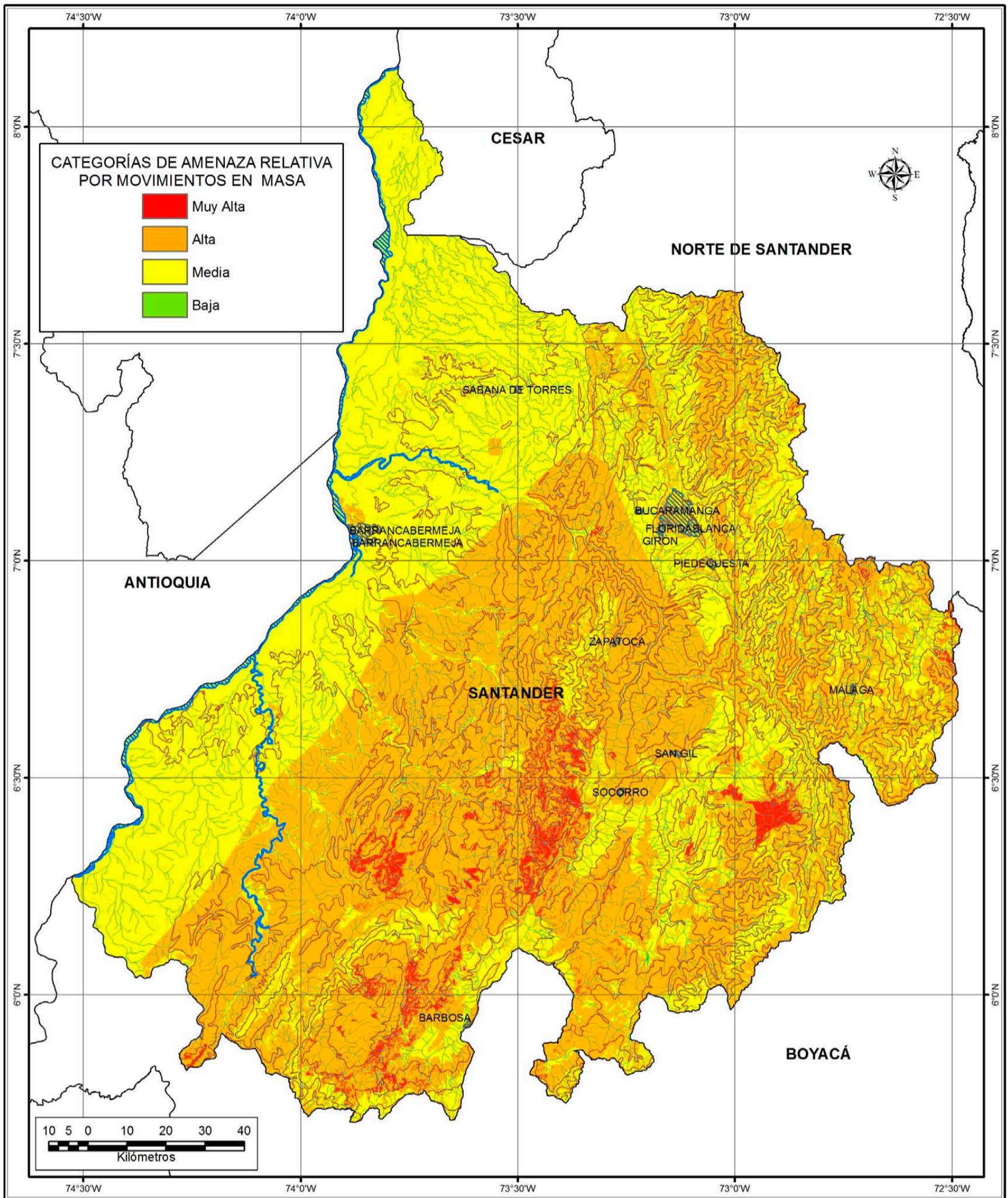
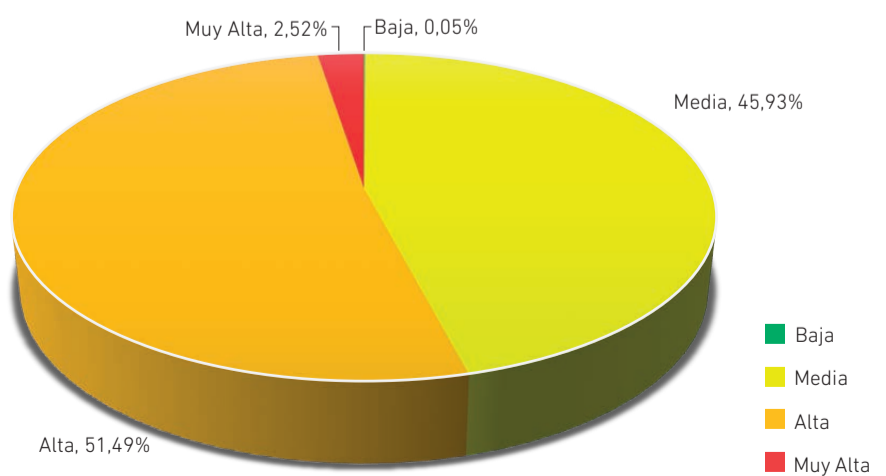


Gráfico 76. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Santander.



Mapa 59. Mapa de amenaza relativa del departamento de Santander.

Gráfico 77. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Santander.



medio del Magdalena. Asimismo la susceptibilidad baja registra 14 % y se localiza en diferentes sectores de la plancha, con predominio hacia la franja occidental, en sectores aledaños a las ciénagas y cauces que confluyen en el río Magdalena, caracterizados por presentar pendientes planas. La susceptibilidad alta abarca el 11 % del área total de la plancha y se ubica, principalmente, en los municipios de las franjas sur, centro y oriente, corresponde a los sectores montañosos de la cordillera oriental. Finalmente, las categorías que ocupan menor territorio en el departamento son la susceptibilidad muy baja (0,35 %) ubicándose en las zonas de ciénagas y llanuras de inundación de diferentes ríos y la susceptibilidad muy alta (0,03 %) en sectores escarpados del páramo del Almorzadero en el oriente de la plancha (véanse mapa 58 y gráfico 76).

Con respecto a la amenaza por movimientos en masa, es importante mencionar que la categoría con mayor ocurrencia en este departamento es la amenaza alta (51,49 %) abarca la franja central y la oriental, sobre la región montañosa que forma parte de la cordillera oriental incluyendo el área de los páramos de Santurbán y Almorzadero. La siguiente categoría, con mayor ocupación de área, corresponde a la amenaza media (45,93 %) esta se localiza en la franja occidental y norte de la plancha, relacionándose con el Valle Medio del Magdalena que involucra los valles de los ríos Lebrija, Sogamoso, Oponcito, Opón y Carare. Estas zonas están caracterizadas por sus bajas pendientes. Luego se encuentra la amenaza muy alta (2,52 %), la cual se relaciona con la región montañosa de la serranía de Los Cobardes, El Alto San Miguel en Mogotes, La Cuchilla, El Contento y los cerros Morro Bajo de San Joaquín y de Armas en Landázuri, así como algunos sectores puntuales al oriente y suroccidente del departamento. La categoría de amenaza baja es la que ocupa menor área en el departamento con tan sólo el 0,05 % del área total.

Es importante destacar que los municipios del departamento que presentan mayor territorio bajo amenaza alta por movimientos en masa son Barichara (98 %), Villanueva (94 %), Oiba y Cabrera (93 %), El Carmen (91 %) y Jordán (90 %). Los municipios que presentan mayor área bajo amenaza muy alta por movimientos en masa son Chima (39 %), Hato (25 %), Guavatá y El Guacamayo (23 %), Contratación (22 %) y San Joaquín y Jesús María (21) (véanse mapa 59 y gráfico 77).

En las fotografías se muestran algunos ejemplos de movimientos en masa representativos, inventariados en el departamento de Santander durante el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa (véanse fotografías 96 y 97).



Fotografía 96.

Movimiento en masa complejo, con una longitud total de aproximadamente 1,5 km, conformado por deslizamientos rotacionales y flujos de detritos, cerca de la vía que conduce al municipio de Molagavita, de la quebrada Inabula (tomada por Jorge Leonardo Chaparro, UIS, 2013).



Fotografía 97.

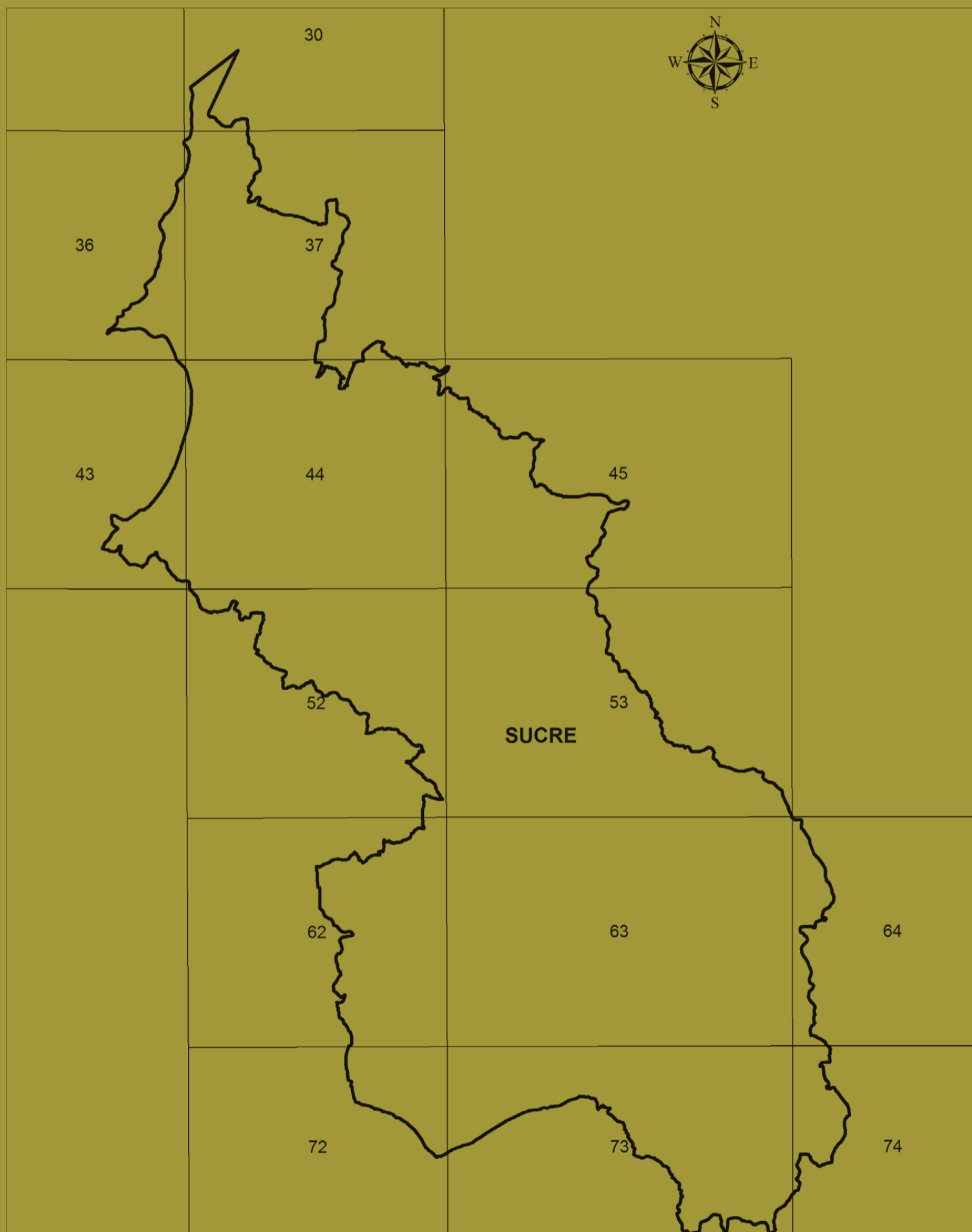
Flujo de detritos que afecta durante las temporadas invernales un tramo de la vía Rionegro-El Playón y que constituye también una amenaza para el corregimiento de La Ceiba (municipio de Rionegro) (tomada por Jorge Leonardo Chaparro, UIS, 2013).





SUCRE

El departamento de Sucre, en el norte del país, cuenta con importantes elementos geográficos como Tolú, Coveñas, La Mojana sucreña, los Montes de María o serranía de San Jacinto, una parte del golfo de Morrosquillo, al igual que la Depresión Momposina. Está conformado por 26 municipios, su capital es la ciudad de Sincelejo. Tiene 868.438 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y posee un área de 10.670 km², esta superficie está cubierta por 14 planchas IGAC escala 1:100.000 (véase figura 64).



 **Figura 64.** Departamento de Sucre y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

Históricamente el territorio sucreño no presenta registro de grandes movimientos en masa que hayan causado serias afectaciones en la población o en la infraestructura. Sin embargo, dentro del registro de movimientos en masa, solo se tiene reporte de un deslizamiento rotacional que ocurrió el 1.º de septiembre de 2013 en el municipio de Guaranda, sobre el camino de herradura que comunica a este municipio con la vereda de San Rafael.

La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa, en escala 1:100.000, brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y se constituye como una herramienta para una acertada planeación de su desarrollo.

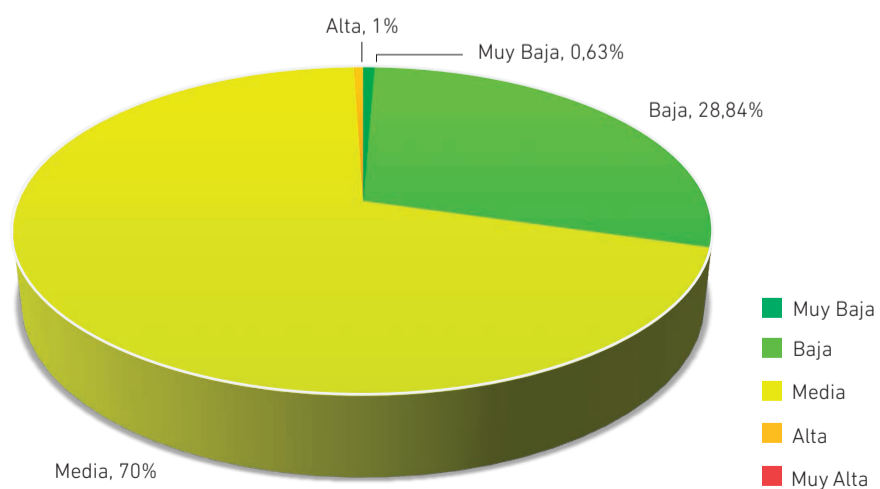
De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, en el departamento predomina la categoría de susceptibilidad media (70 %), en las subregiones de Sabanas, los Montes de María, específicamente, en los municipios de Ovejas, Chalán y Coloso. De igual modo, en la subregión de Morrosquillo en los municipios de San Onofre y Tolviejo; en la subregión de San Jorge, sector occidental de los municipios de San Marcos, La Unión y Marquitos y en la subregión de La Mojana, en los municipios de Guaranda, Majagual y en el suroccidente de Sucre. La susceptibilidad baja prevalece en la subregión de La Mojana, en el municipio de Sucre, sectores nororiental y noroccidental; de igual manera, en la subregión de San Jorge, en el sector occidental del municipio de San Benito Abad y al oriente de San Marcos; en la subregión de Morrosquillo, sector occidental de los municipios de Tolú, Coveñas y San Onofre. Asimismo la susceptibilidad alta solo se registra en el 1 % del departamento, concentrada en el municipio de Majagual (véanse gráfico 78 y mapa 60).


En este sentido, la amenaza alta influye en el departamento (85 %), se presenta en la totalidad de los municipios del departamento, predomina en las subregiones de Sabanas, los Montes de María, específicamente, en los municipios de Ovejas, Chalán, y Coloso; de igual modo, en la de Morrosquillo en San Onofre y Tolviejo; en la de San Jorge, sector occidental de San Marcos, La Unión y Marquitos y en La Mojana, en Guaranda, Majagual y suroccidente de Sucre. Por otra parte, la amenaza baja registra el 12,95 % del área del departamento, en especial en las subregiones de Morrosquillo, sector occidental de los municipios de Tolú, Coveñas y San Onofre y en La Mojana, en el municipio de Sucre y al nororiente de Majagual. La amenaza alta solo ocupa el 1,66 % del departamento, solo se presenta en la subregión de La Mojana, específicamente, en el municipio La Guaranda y en menor proporción en la subregión de los Montes de María, en Chalán y Coloso.

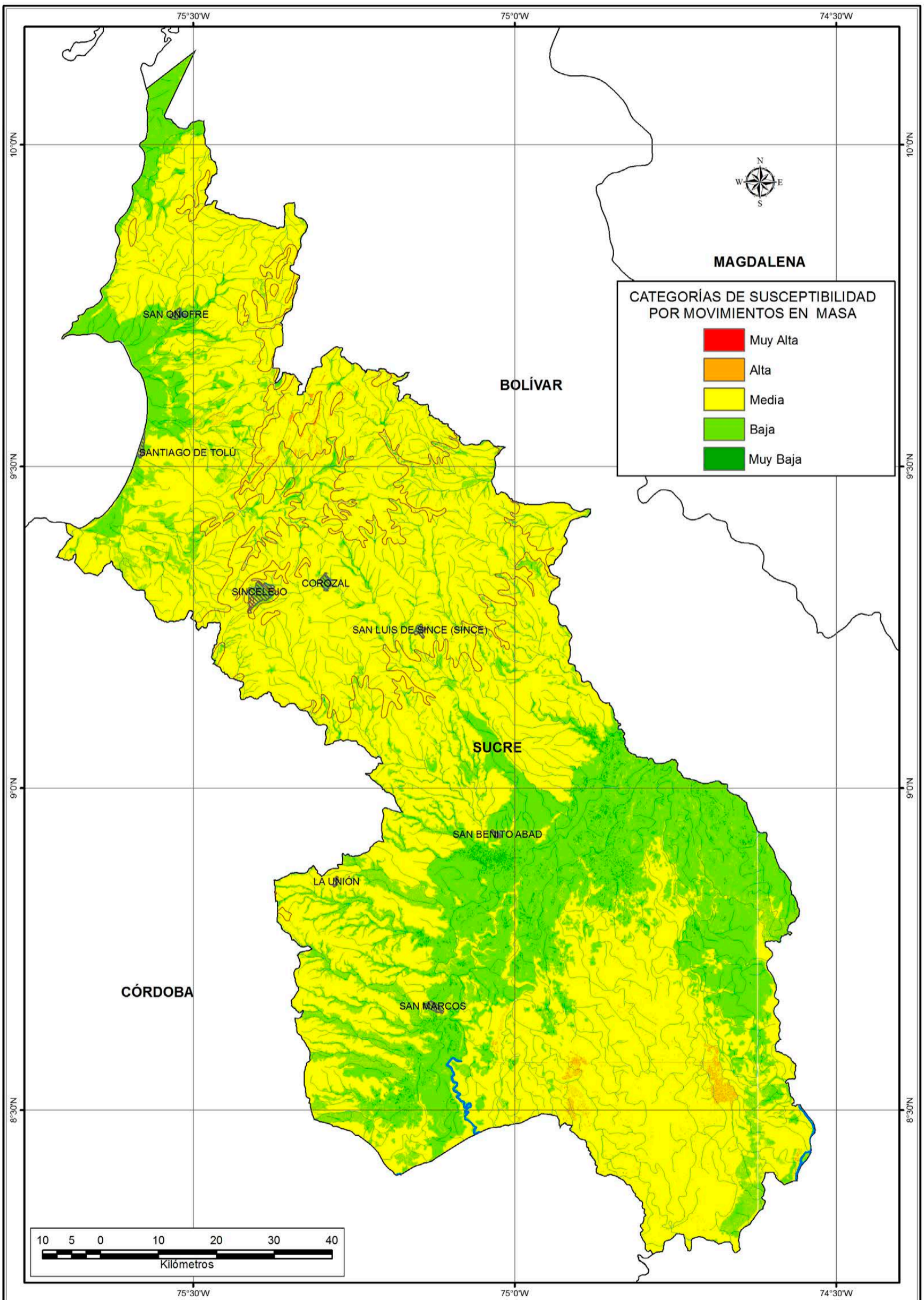
Es importante destacar que los municipios del departamento que presentan mayor territorio bajo amenaza alta por movimientos en masa son Guaranda (35,52 %), seguido de Chalán (5,81 %) y los municipios de Coloso y Majagual (2,0 %), respectivamente (véanse gráfico 79 y mapa 61).



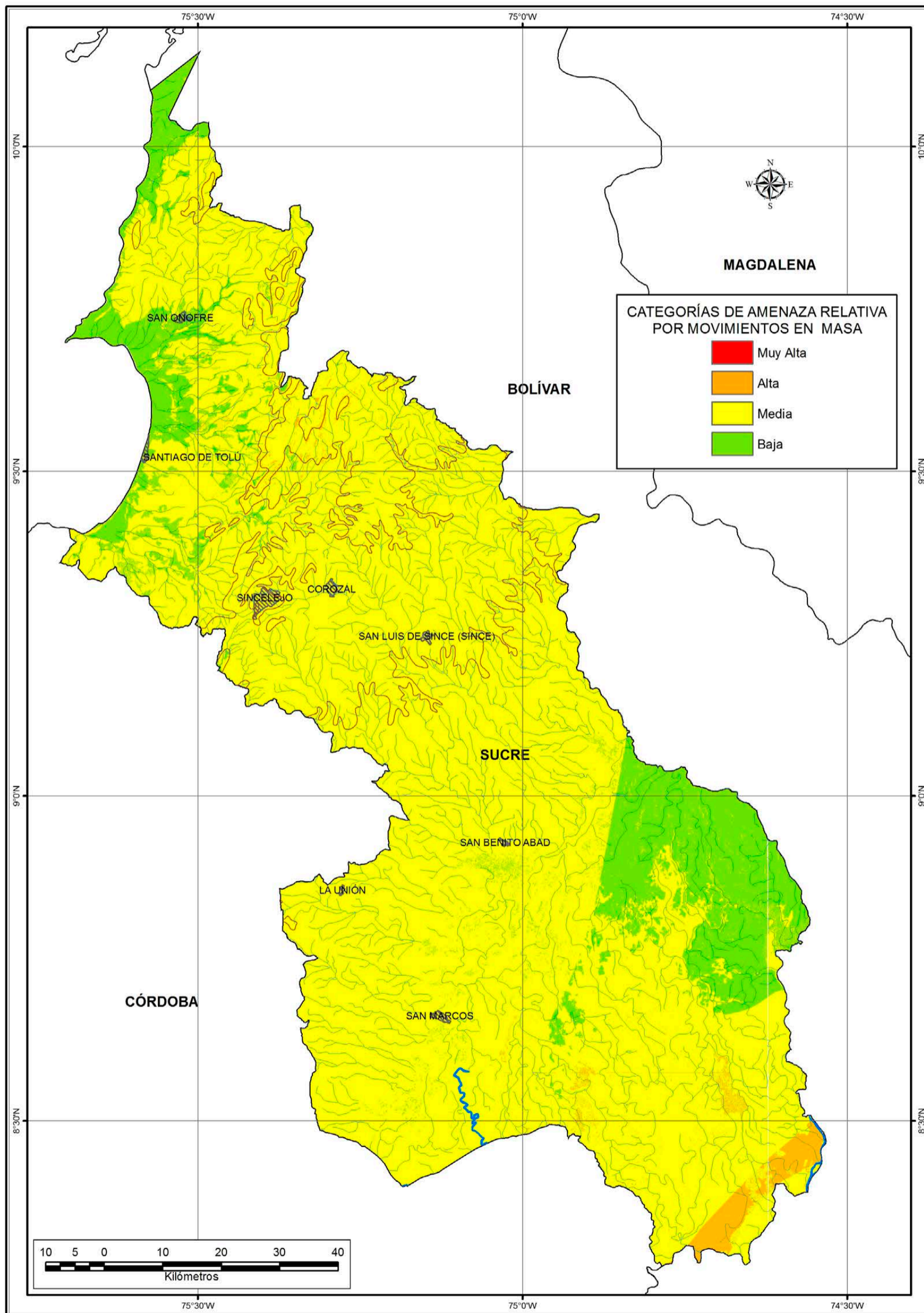
 Municipio de Sala, costa frente a la vereda Alto de Julio (fotografía tomada por Universidad Eafit, 2015).



 **Gráfico 78.** Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Sucre.



📍 **Mapa 60.** Mapa de susceptibilidad por los movimientos en masa, departamento de Sucre.



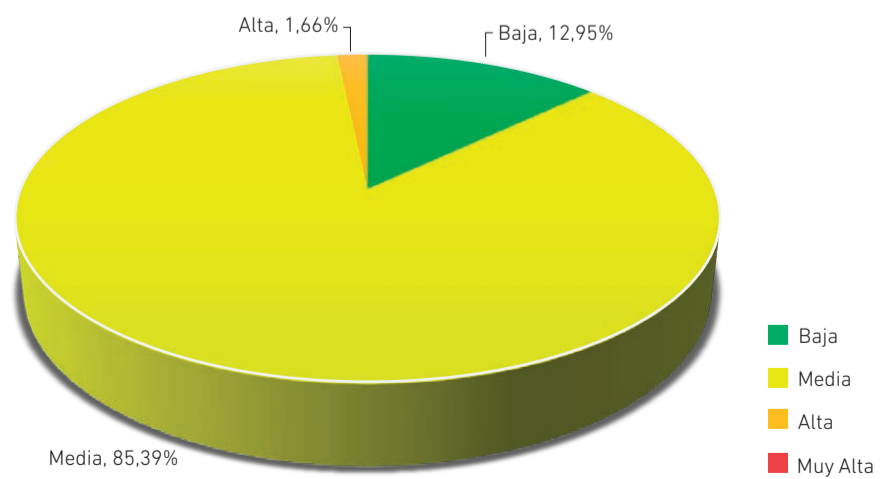
Mapa 61. Mapa de categorías de amenaza relativa por movimientos en masa del departamento de Sucre.

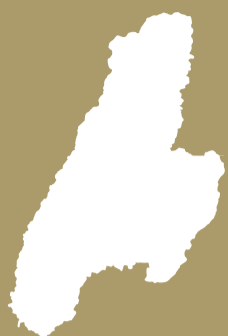


Municipio de Sincelejo, Tolú Viejo.
(fotografía tomada por Universidad Eafit, 2015).



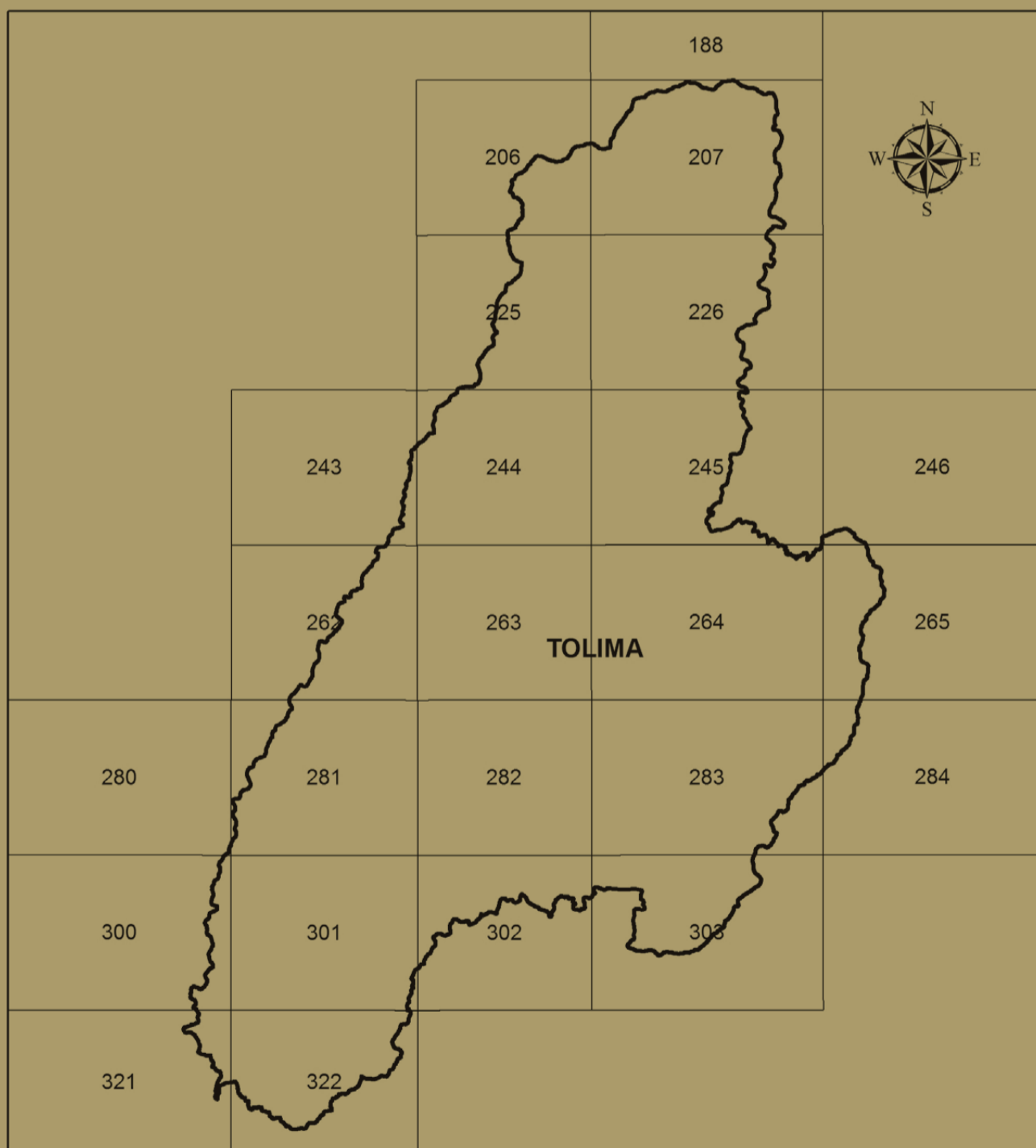
Gráfico 79. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Sucre.





TOLIMA

El departamento del Tolima, en el centro del país, presenta importantes accidentes geográficos como el volcán Nevado del Tolima, el cerro Machín, la cuenca del río Magdalena, Saldaña, Gualí y Combeima, la represa de río Prado. Está conformado por 47 municipios, su capital es la ciudad de Ibagué. Tiene 1.416.124 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y posee un área de 23.582 km², superficie que está cubierta por 24 planchas IGAC a escala 1:100.000 (véase figura 65).



 **Figura 65.** Departamento de Tolima y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

Históricamente en el territorio de Tolima ha habido procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto a población como a la infraestructura. Entre los movimientos en masa más antiguos, registrados documentalmente, se encuentra el del 1.º de enero de 1960 en el municipio de Ibagué sobre la cuenca del río Combeima en el sector de Ramos Astilleros, donde se generó un movimiento de tipo deslizamiento rotacional y flujo de detritos, causado por fuertes lluvias y factores contribuyentes como la deforestación y deficiente manejo del suelo, generando daños por excesos de sedimentación en el río Combeima y pérdidas de tierras laborables. Se afectaron 20 hectáreas aproximadamente.

Recientemente, el 1.º de octubre de 2013, en el municipio de Rovira sobre la margen izquierda de la vía que conduce de la vereda al caserío real, se evidenció un movimiento en masa de tipo flujo de tierra, generando daños a la infraestructura vial de manera moderada y a su vez produjo pérdidas económicas ya que se vio perjudicado el transporte de pasajeros y carga.

De 780 casos reportados, 331 presentan una clasificación y localización precisa, los deslizamientos traslacionales que se evidencian principalmente en los municipios de Ibagué, Planadas y Rovira, son los más comunes entre los diferentes tipos de procesos registrados (véase gráfico 80).

La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa en escala 1:100.000 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento y constituye una herramienta para la acertada planeación de su desarrollo. De acuerdo con los resultados del proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, predomina la categoría susceptibilidad media (73 %), se presenta en la totalidad de los municipios del departamento. A nivel general este rango de susceptibilidad impera en las subregiones del norte, en los municipios de Honda, Mariquita y Ambalema; en la de Los Nevados, en el sector occidental de los municipios de Santa Isabel, Murillo, Casabianca y Villa Hermosa; en la de Ibagué, en los municipios de Alvarado, Piedras, oriente de

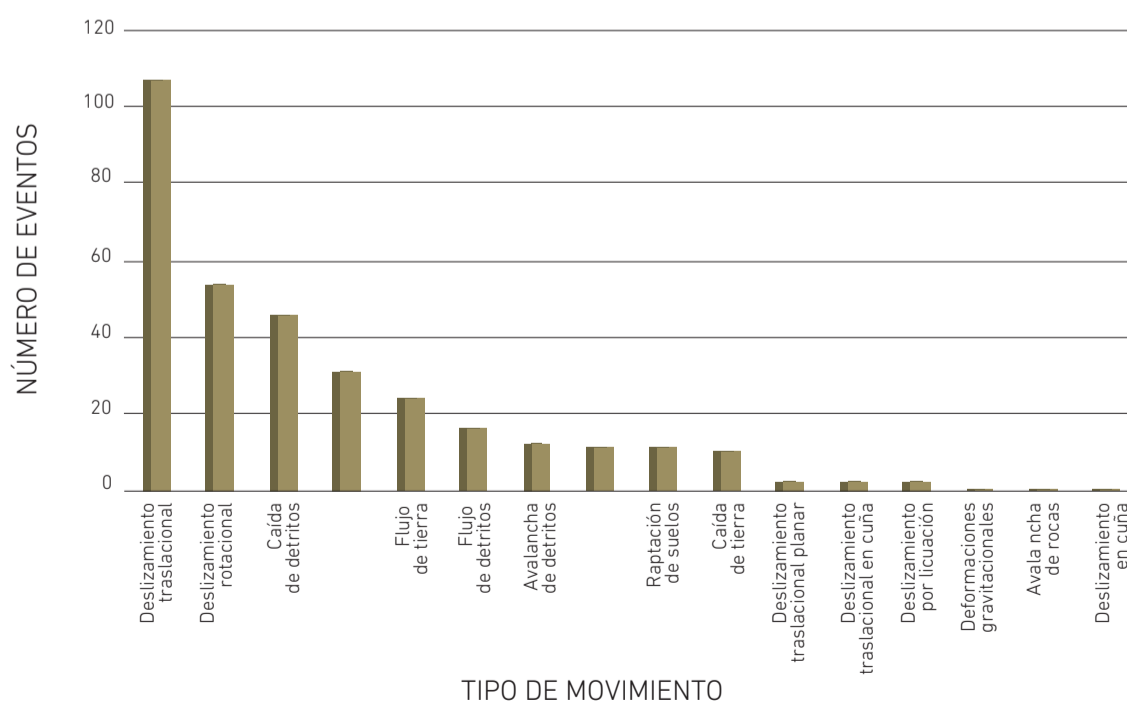


Gráfico 80. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Tolima.

Ibagué, Flandes y Espinal; en la subregión sur, municipios de Planadas, Rioblanco, Ataco y Ortega, y en la suroriente, en los municipios de El Guamo, Coyaima y Saldaña. Asimismo la susceptibilidad alta (22 %) se presenta en las subregiones norte, específicamente, en los municipios de Fresno, Palocabildo y Falán; en la de Los Nevados, en los municipios de Líbano y Santa Isabel; en la de Ibagué, en el occidente de los municipios de Cajamarca e Ibagué. La susceptibilidad baja solo registra el 3,92 %, localizada en el municipio de Armero (Guayabal), Melgar, Venadillo y Cunday (véanse gráfico 81 y mapa 62).

Por su parte, la amenaza media es sobresale en el departamento de Tolima (61,89 %), y se presenta en los municipios del departamento, en las subregiones norte, en los municipios de Mariquita, Falán y Armero; en la de Nevados, en los municipios de Venadillo, Lérica y Ambalema; en la de Ibagué, en gran parte de su territorio, principalmente, en los municipios de Alvarado, Piedras e Ibagué; en el sector nororiental de la subregión sur, en los municipios de Natagaima, Coyaima y Saldaña.

Además la amenaza alta (35 %) se localiza en el sector occidental del departamento, en las subregiones de Ibagué, precisamente, en los municipios de Ibagué, Anzoátegui y Cajamarca y en la de los Nevados, en los municipios de Herveo, Casbianca, Villahermosa, Murillo, Líbano y Santa Isabel. La amenaza muy alta (2,95 %), se presenta en la subregión norte, en el municipio de Fresno, en la subregión de Los Nevados, específicamente, en los municipios de Herveo, Casabianca y Villa Hermosa; de igual manera en los municipios de Chaparral y Río Blanco, pertenecientes a la subregión del sur. Se destaca que los municipios que presentan mayor territorio bajo amenaza alta por movimientos en masa son Honda (89 %), Cajamarca (86 %), El Líbano (74 %), Santa Isabel (64 %) y Ambalema (64 %) de ocupación de este rango de amenaza. Los municipios que presentan mayor área bajo amenaza muy alta por movimientos en masa son Villa Hermosa es el mayor ocupación (37,48 %), Fresno (35 %), Herveo (29,38 %) y Casabianca (23 %) del área total de su municipio en esta categoría de amenaza (véanse gráfico 82 y mapa 63).

A manera de ejemplo se presentan algunos eventos de movimientos en masa inventariados en el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Tolima (véanse fotografías 98 y 99).

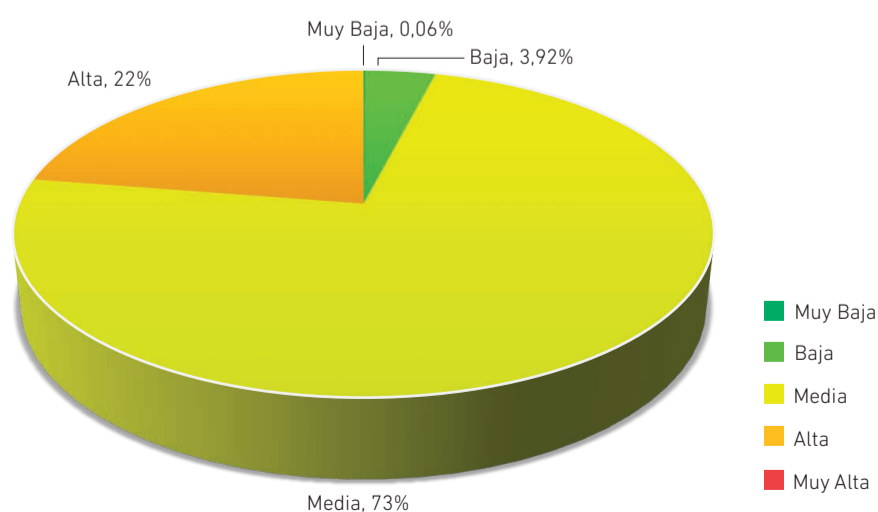
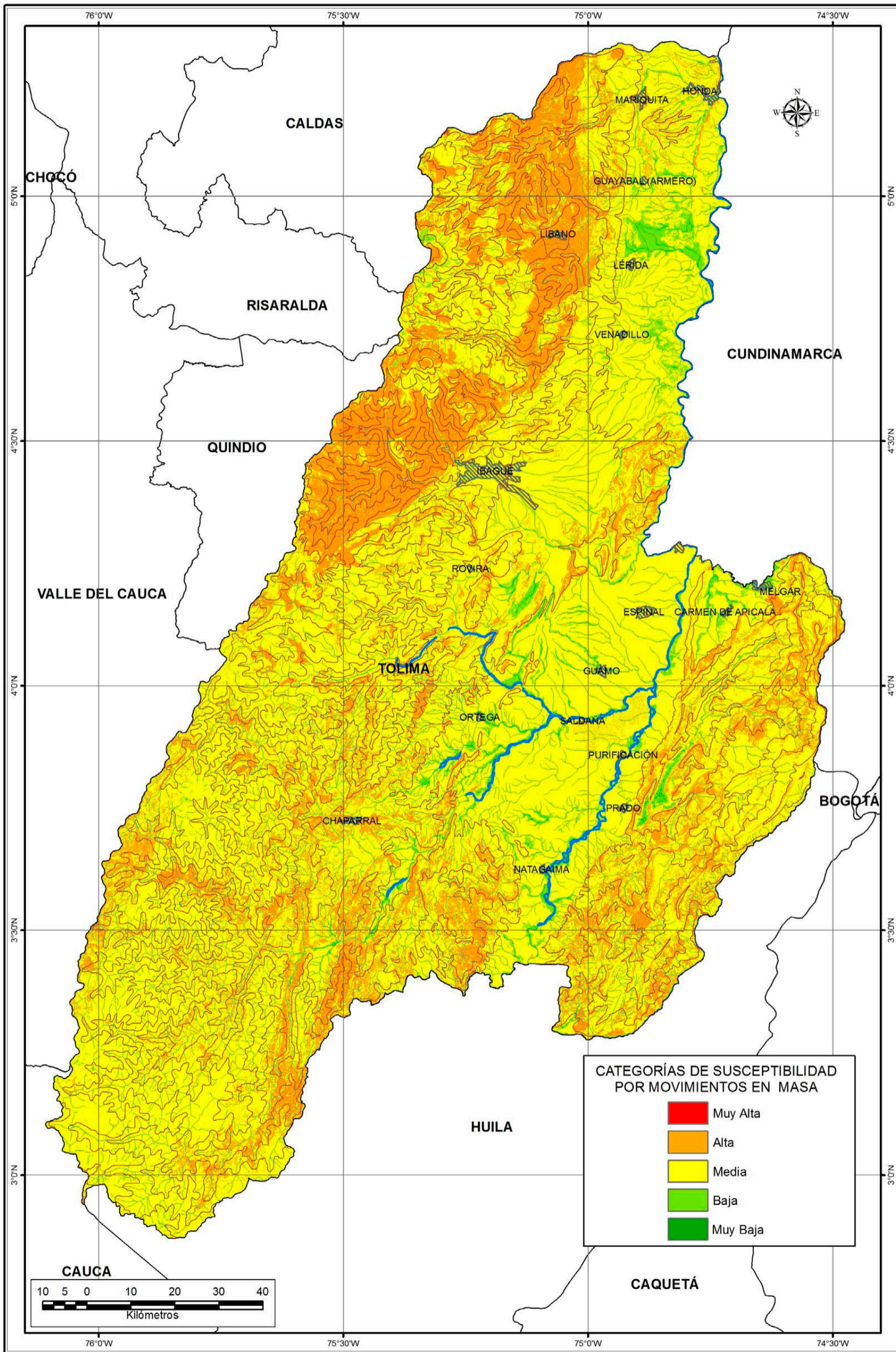
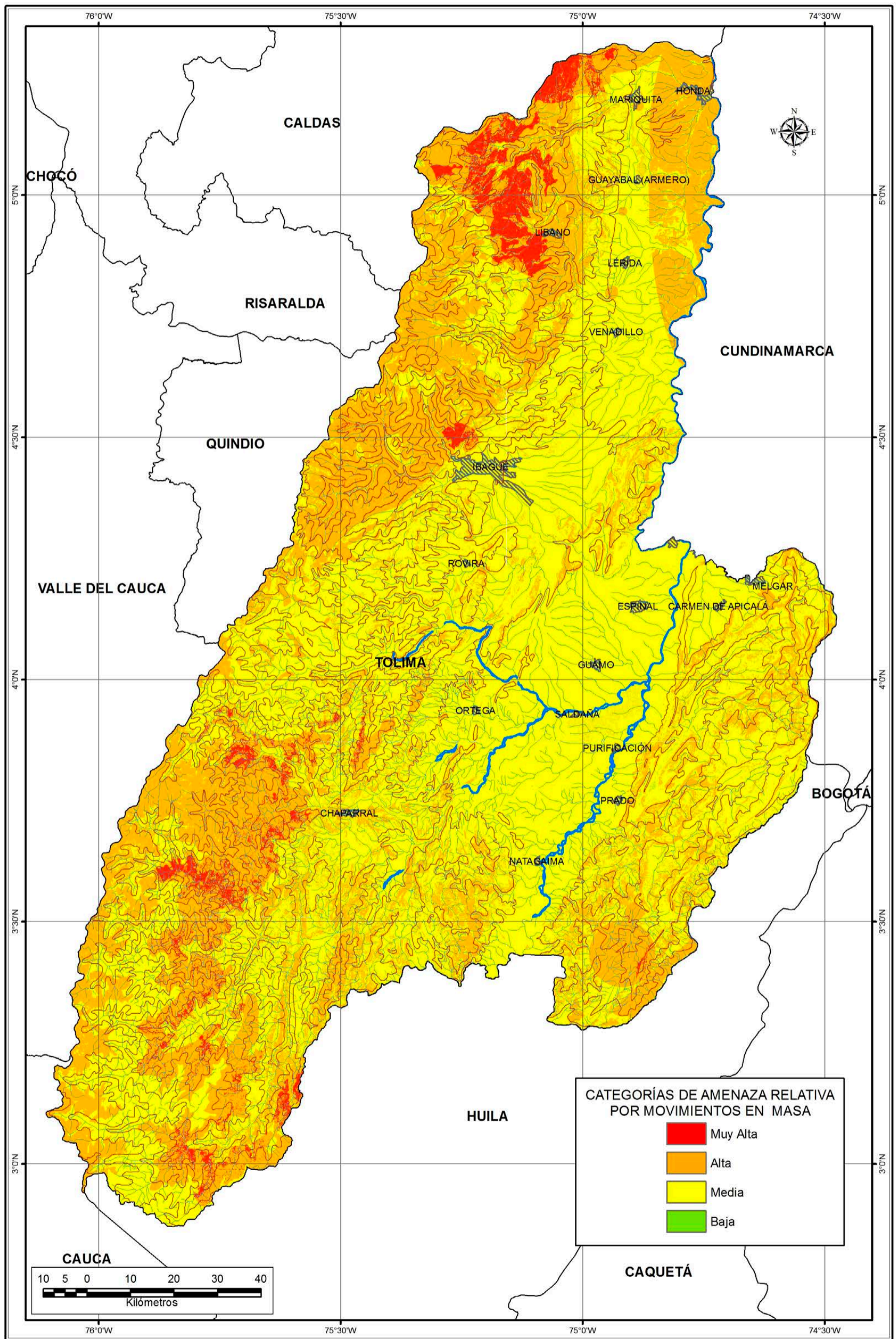


Gráfico 81. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Tolima.



Mapa 62. Mapa de susceptibilidad por los movimientos en masa del departamento de Tolima.



Mapa 63. Mapa de amenaza relativa del departamento de Tolima.

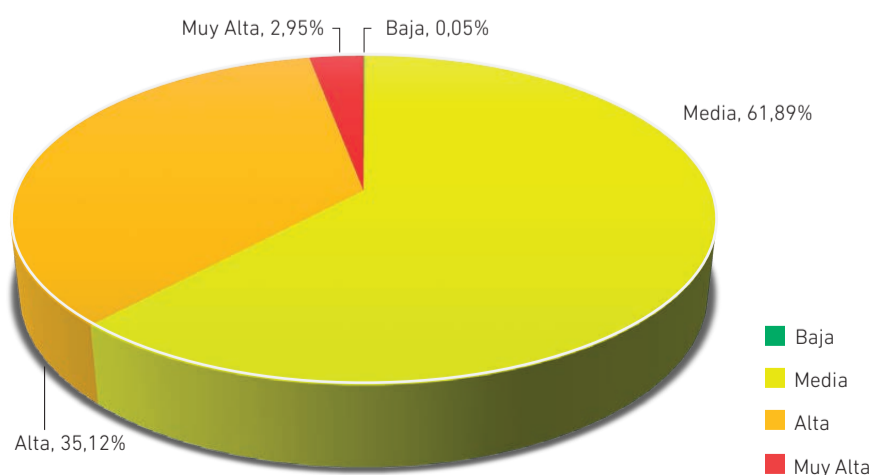


Fotografía 98.
 Movimiento en masa compuesto, presenta un movimiento traslacional y una caída de roca, municipio de Roncesvalles, vereda Santa Elena (clasificación y fotografía por Jhon Jairo Porras, UPTC, 2013).



Fotografía 99.
 Movimiento en masa compuesto, presenta caída de roca y de detritos, municipio de Ortega (clasificación y fotografía por Jhon Jairo Porras, UPTC, 2013).

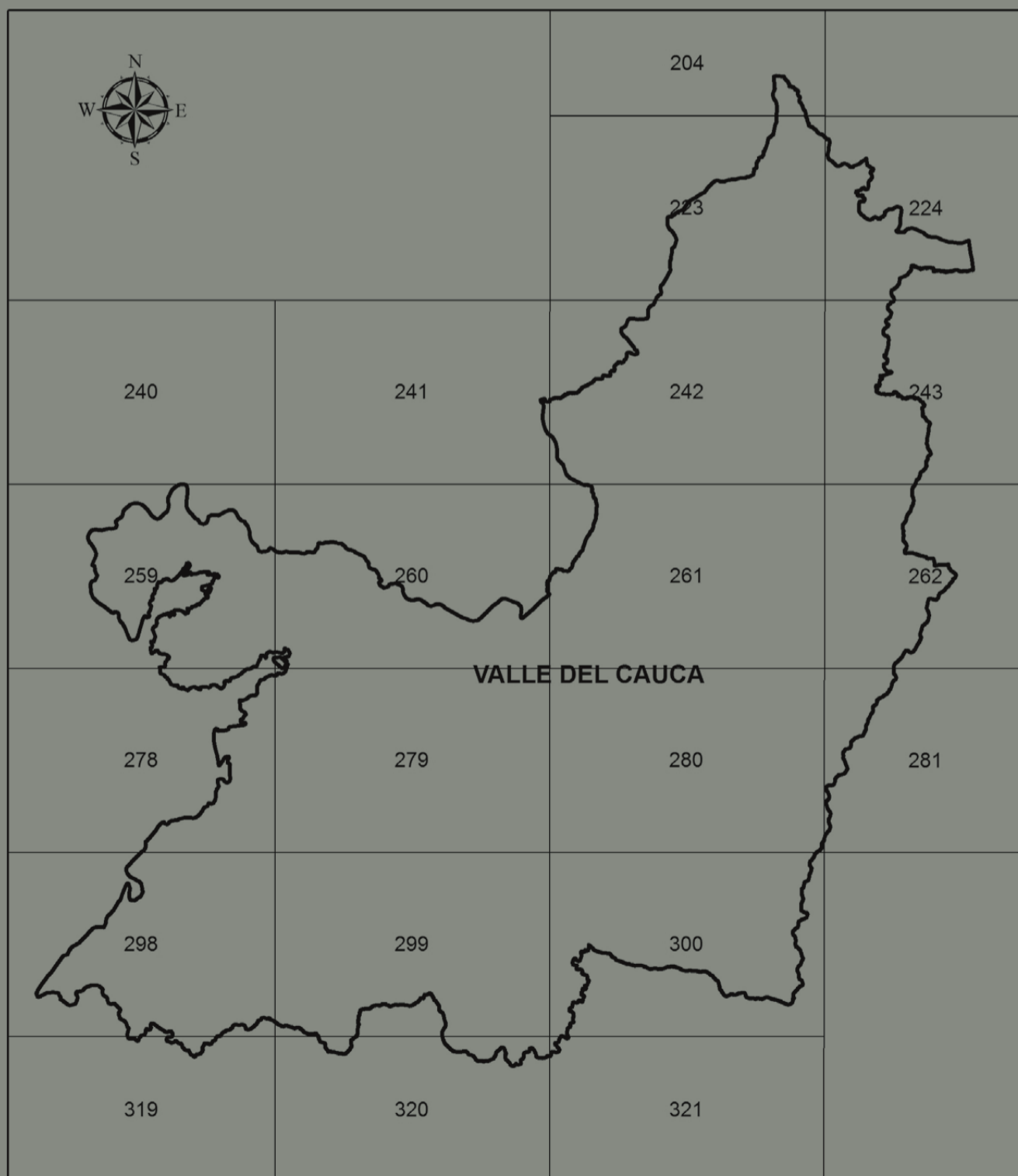
Gráfico 82. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Tolima.





VALLE DEL CAUCA

El departamento del Valle del Cauca, en el sur occidente del país, presenta importantes elementos fisiográficos como los Farallones de Cali, cuenca del río Cauca, ciénaga de Buenaventura y lago Calima. Está conformado por 42 municipios, su capital es la ciudad de Santiago de Cali. Tiene 4.708.262 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y posee un área de 22.140 km², superficie que está cubierta por 21 planchas IGAC a escala 1:100.000 (véase figura 66).



 **Figura 66.** Departamento de Valle del Cauca y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.

En el departamento de Valle del Cauca ha habido procesos de desestabilización de laderas que han afectado tanto a la población como a la infraestructura. Entre los movimientos en masa más antiguos para esta región, se encuentra el flujo de lodos ocurrido en 1963, en el municipio de El Cairo. Otro movimiento antiguo fue el deslizamiento ocurrido en 1921, en el municipio de Buenaventura, del cual no se reportaron los daños.

En épocas recientes, se encuentran casos importantes de movimientos en masa en el departamento, como el suceso ocurrido el 6 de diciembre de 2010, cuando se presentó un evento significativo en el kilómetro 5 de la vía Villa Colombia-Ampudia, en el municipio de Jamundí, este proceso presentó un deslizamiento traslacional. Uno de los contribuyentes fue las cargas aplicadas en la corona del talud y las lluvias intensas en los días anteriores al suceso. También se puede mencionar que el 13 de diciembre de 2013, se presentó un deslizamiento traslacional y flujo de detritos en kilómetro 13 de la vía Cisneros-Buenaventura sobre el margen izquierdo de la vía en el municipio de Dagua, causando el bloqueo de la vía. Uno de los contribuyentes fue las altas precipitaciones y la socavación en el margen del río (véase fotografía 100).

De los 1.119 casos de movimientos en masa reportados documentalmente para el departamento, 290 presentan una clasificación y localización precisa, los frecuentes, entre los diferentes tipos de procesos reportados, son los deslizamientos traslacionales que predominan en los municipios de Dagua y Jamundí (véase gráfico 83).

La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000 muestra una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento, esta es una herramienta para la planeación acertada de su desarrollo y ordenamiento territorial en la región.

En este departamento de acuerdo con el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa (2015), se presenta una categoría de susceptibilidad alta (32 %), asociada con la zona de montañosa tanto de la cordillera occidental como

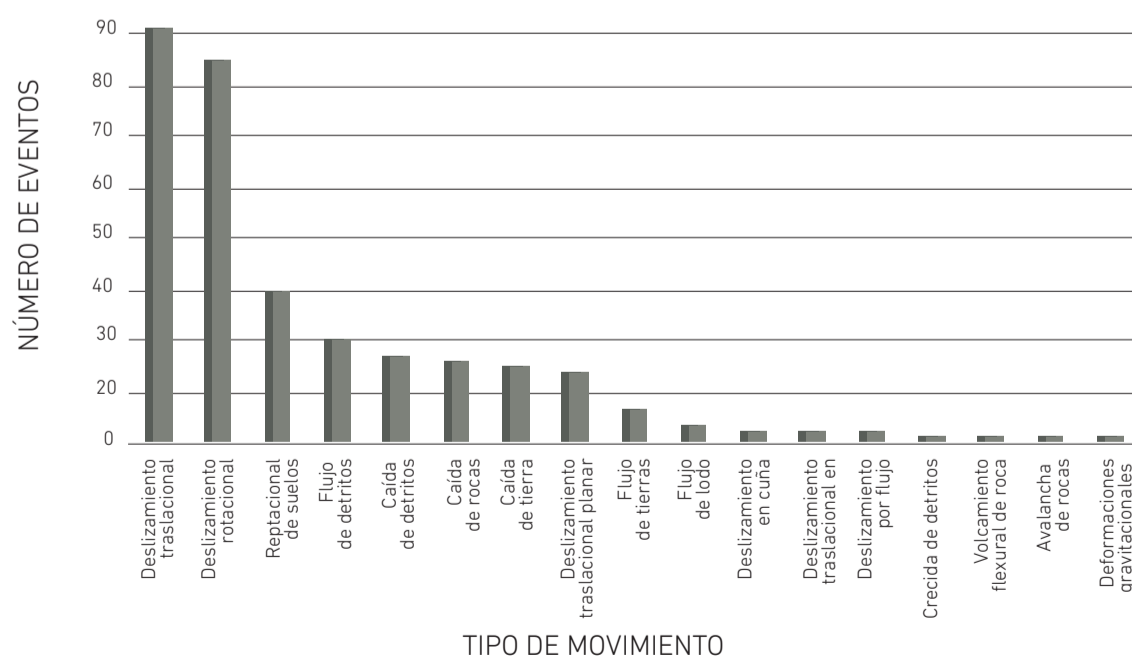
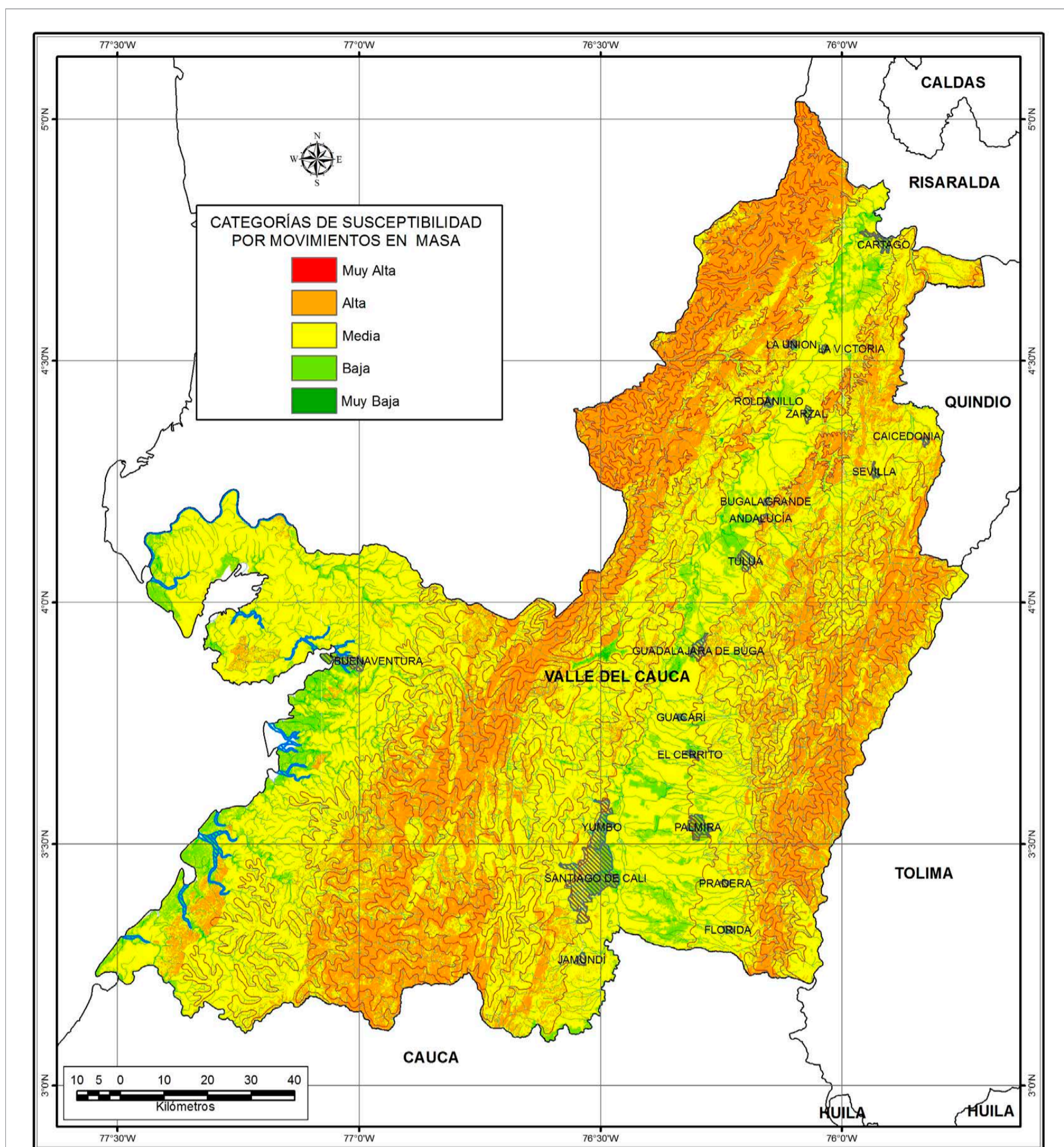


Gráfico 83. Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Valle del Cauca.



Mapa 64. Mapa de susceptibilidad por los movimientos en masa del departamento de Valle del Cauca.

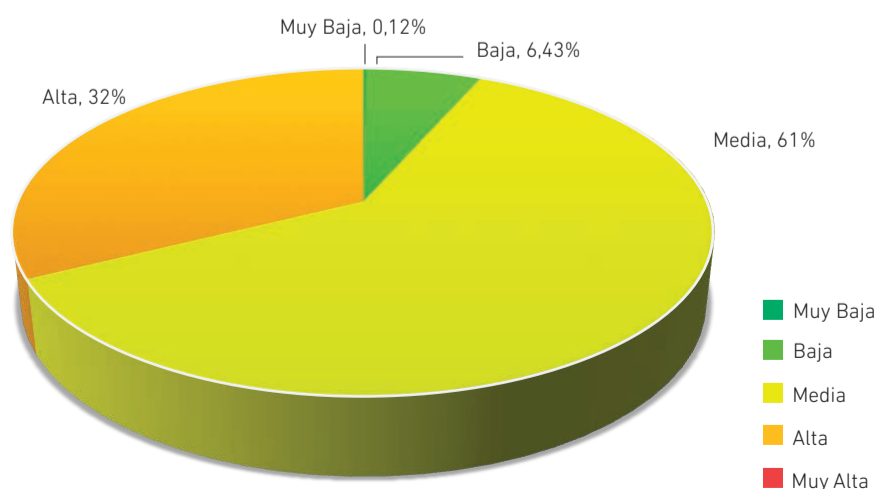
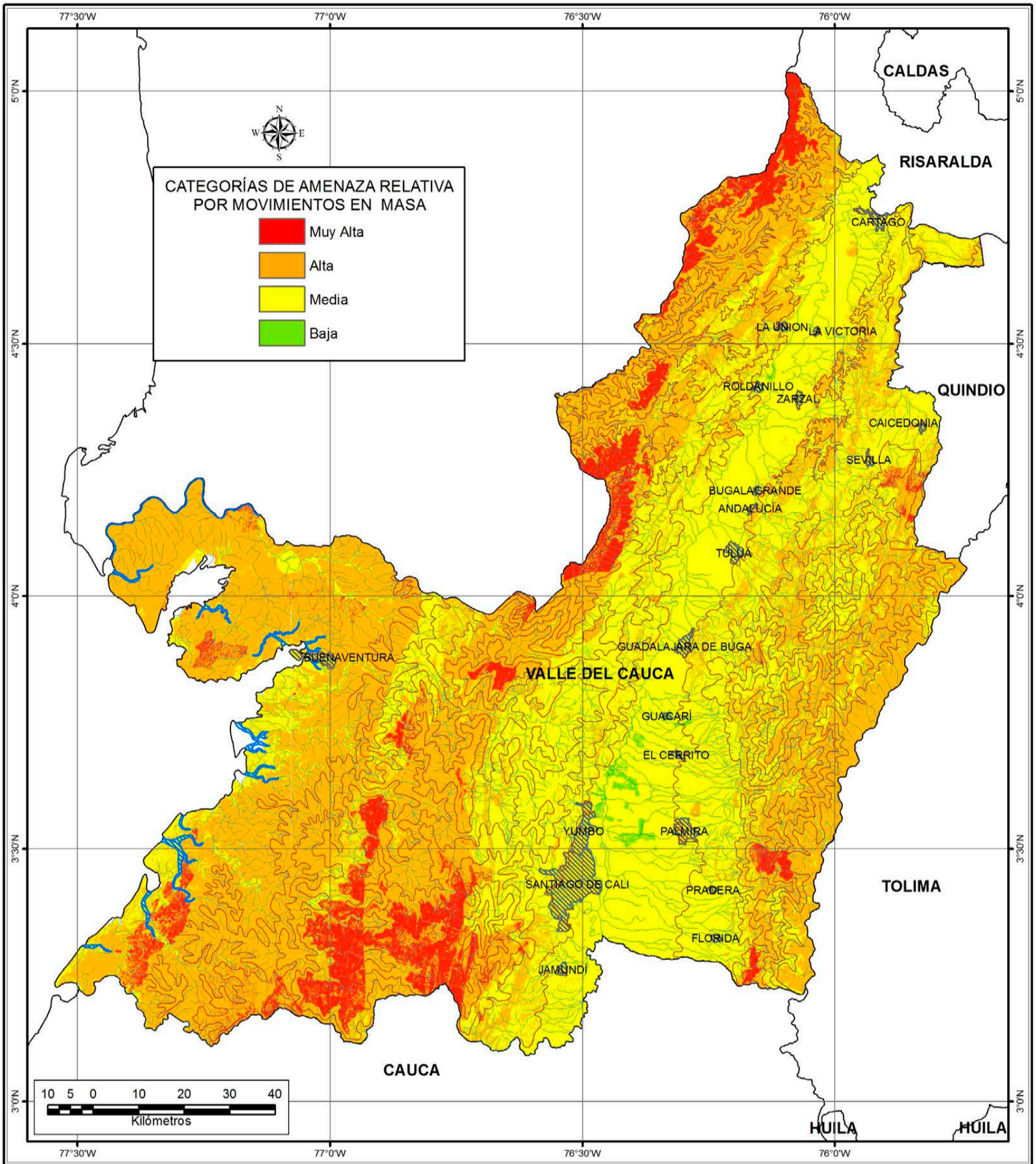
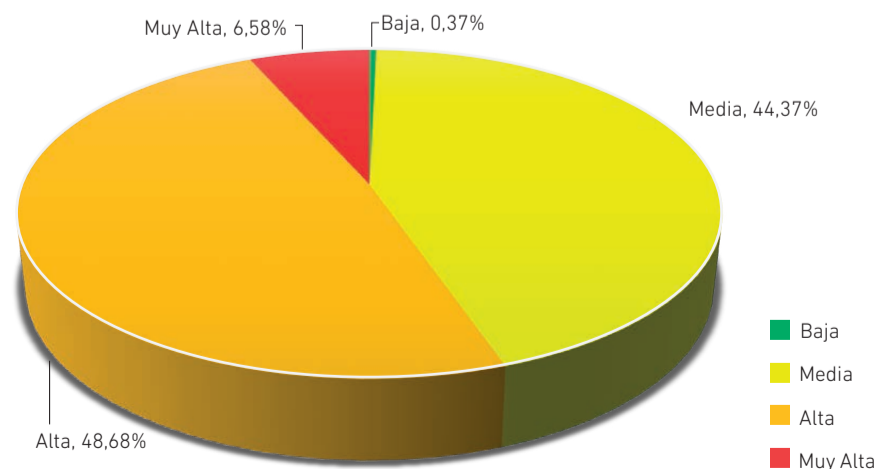


Gráfico 84. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Valle del Cauca.



Mapa 65. Mapa de amenaza relativa del departamento de Valle del Cauca.

Gráfico 85. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Valle del Cauca.



de la central, característica de los municipios cordilleranos en zonas de pendientes medias a altas. La categoría de susceptibilidad media (61 %) se localiza en la zona plana a semiplana del valle del río Cauca, cuyos principales municipios son Cali, Buga, Bugalagrande, Cartago; y en zonas de laderas inclinadas a muy inclinadas sobre los flancos oriental y occidental de la cordillera occidental y en la cordillera central respectivamente; así como en la zona semiplana y de transición entre la costa y el Océano Pacífico. La categoría baja (6,43 %) se relaciona con sectores planos inundables a lo largo del río Cauca y la zona costera del Océano Pacífico (véanse gráfico 84 y mapa 64).

En el departamento de Valle del Cauca predomina la categoría alta, pues ocupa el 48,68 % del área y en los municipios de Dagua, La Cumbre, Restrepo, Calima, Río Frío, Trujillo, Roldanillo y los demás municipios del norte sobre la estribación oriental de la cordillera occidental y en Buenaventura sobre la costa Pacífica; además en los municipios localizados a lo largo de la estribación occidental de la cordillera central. La categoría de amenaza media también ocupa un porcentaje importante del área total, con un cubrimiento del 44,37 % del territorio valluno, se localiza en las zonas planas a inclinadas del Valle del río Cauca, cuyos principales municipios son Cali, Yumbo, Buga, Bugalagrande, Cartago, La Victoria, Obando. Finalmente, la categoría de amenaza muy alta (6,58 %) del área total y se localiza al suroriente del departamento, sobre la cordillera occidental, en los municipios de La Candelaria y Jamundí, La Cumbre y Restrepo (véase gráfico 85 y mapa 65).


En el desarrollo del proyecto mapa nacional de amenaza en el departamento de Valle del Cauca se inventariaron numerosos procesos de movimientos en masa, a continuación se presentan algunos de estos (véanse fotografías 101 y 102).




Fotografía 100.

Movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento traslacional y un flujo de detritos, municipio de Dagua (clasificación y fotografía por UNAL, 2013).



 **Fotografía 101.**
Movimiento en masa traslacional,
municipio de Dagua (clasificación y
fotografía por Universidad Nacional de
Bogotá, 2014).



 **Fotografía 102.**
Movimiento en masa traslacional,
municipio de Dagua, vereda
Zabaletas (clasificación y fotografía
por Universidad Nacional de Bogotá,
2014).

MAPA INTEGRADOS OTROS DEPARTAMENTOS

Escala 1:500.000

B. OTROS DEPARTAMENTOS

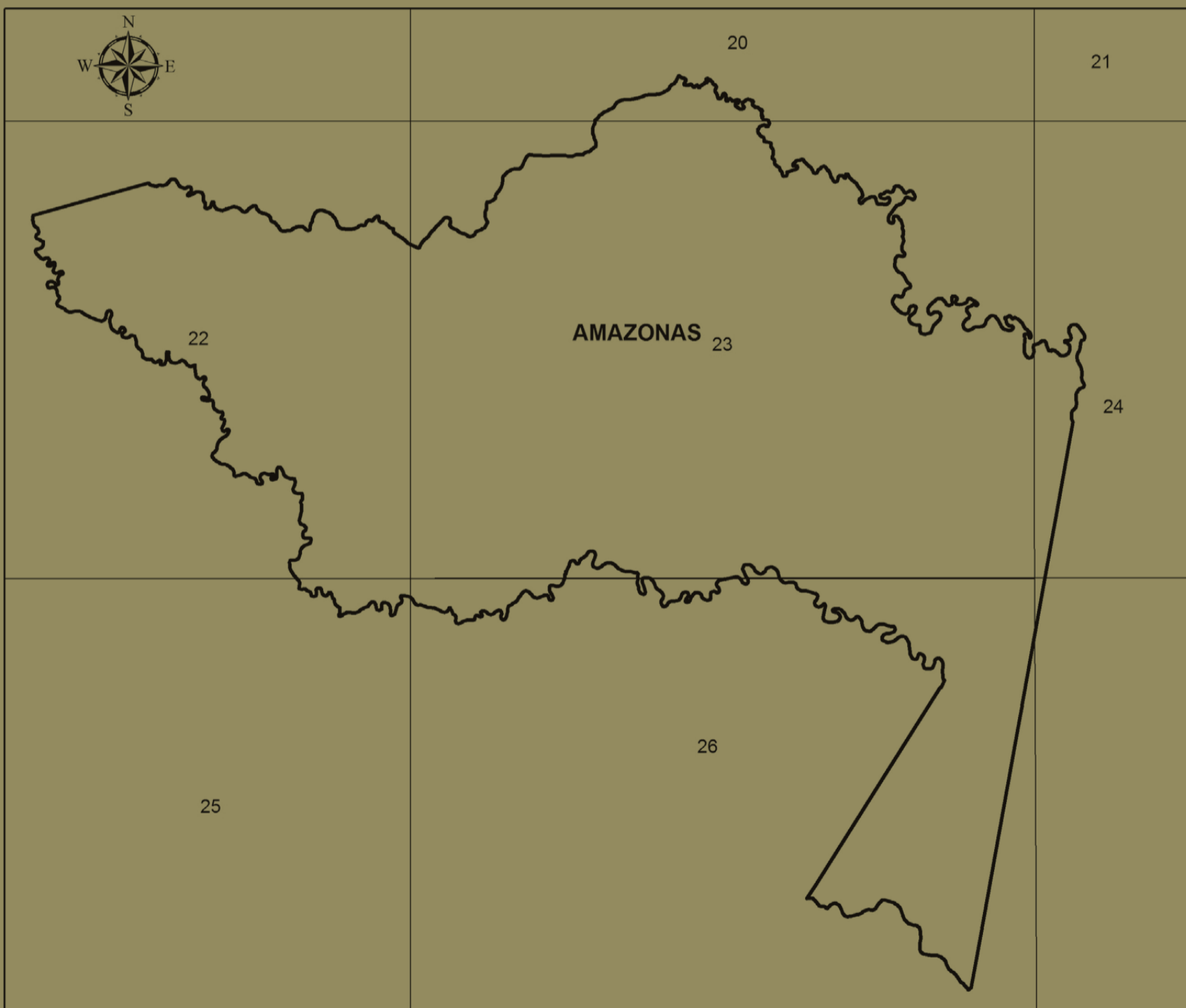
Teniendo en cuenta que los departamentos de las regiones de la Orinoquia y de la Amazonia no están incluidos dentro del área en la que se generaron las planchas 1:100.000 de susceptibilidad y amenaza, para generar los mapas departamentales, se procedió a actualizar la amenaza por movimientos en masa a escala 1:500.000, 2010, aplicándole al mapa de susceptibilidad los detonantes de orden nacional utilizados para las planchas 1:100.000. Posteriormente, se hicieron los cortes por los límites departamentales, obteniendo una visión a escala 1:500.000 de cada departamento.


Igualmente, estos productos pueden descargarse directamente de la página web del Servicio Geológico Colombiano, ingresando por el link del geoportal⁸, haciendo clic sobre el departamento de interés.

⁸ <http://geoportal.sgc.gov.co/geoportalsgc/catalog/quicklink/amenazaMasa.page>

AMAZONAS

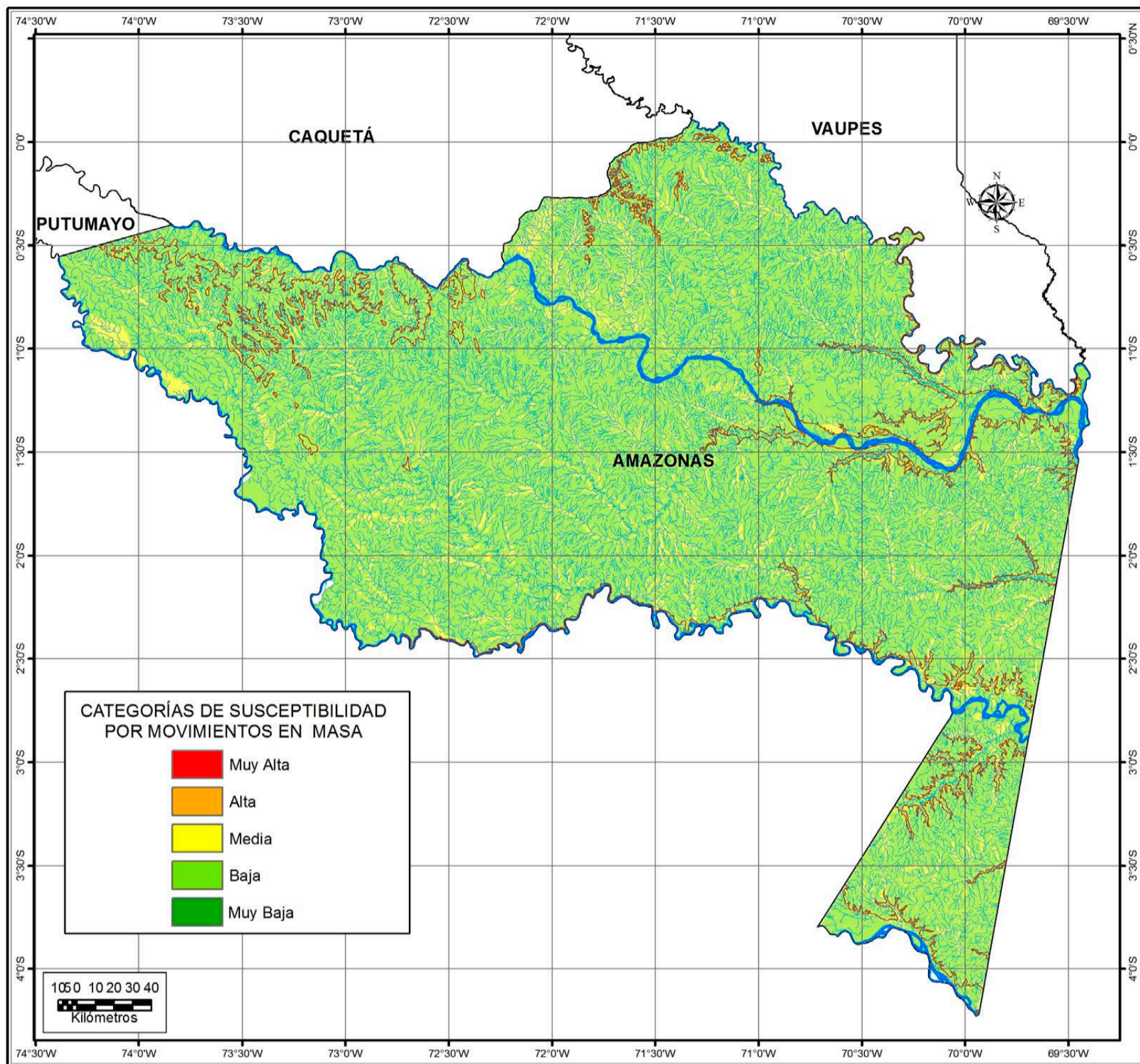
En el departamento de Amazonas, en la parte sur del país, está cubierto por la selva amazónica. Lo forman 54 municipios (<http://amazonas.gov.co/territorios.shtml>), administrativamente se divide en 11 regiones, cuenta con 77.948 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y un área de 109.665 km², esta superficie se presenta en 7 planchas IGAC a escala 1:500.000 (véase figura 67).



 **Figura 67.** Departamento de Amazonas y distribución de las planchas IGAC, escala 1:500.000.

De acuerdo con la actualización del mapa nacional de amenaza a escala 1:500.000 (SGC, 2016), en la zona de los Llanos Orientales y la Amazonia predominan las categorías de amenaza baja y muy baja a los movimientos en masa. Teniendo en cuenta lo anterior y por no contar con insumos a escalas más detalladas, la zona no fue parte del proyecto mapa nacional de amenaza a escala 1:100.000. Sin embargo, en el desarrollo del proyecto se actualizó el detonante climático para el país, aplicado a los resultados del mapa de amenaza a escala 1:500.00, por ello se cuenta, en la actualidad, con una versión actualizada de dicho mapa tanto para el país como para el Amazonas.

Según los resultados de la actualización del mapa nacional de amenaza por movimientos en masa del departamento del Amazonas, en la región predomina la categoría de susceptibilidad baja (80,64 %); susceptibilidad media (10,42 %) prevalece en todo el departamento y se localiza cerca de los drenajes principales y afluentes de los ríos Caquetá, Putumayo y Apaporis (véase gráfico 86 y mapa 66). En el departamento se presentan las categorías de amenaza media y baja (76,96 %), esta última es la categoría que predomina en los municipios del departamento; la amenaza media (23,04 %) se presenta en el occidente en las regiones de La Chorrera, El Encanto y Puerto Alegría, y en el nororiente en La Pedrera (véase gráfico 87 y mapa 67). La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa a escala 1:500.00 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento, contribuyendo al conocimiento general de este y facilitando la toma de decisiones relacionadas con su ordenamiento regional.



Mapa 66. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Amazonas.

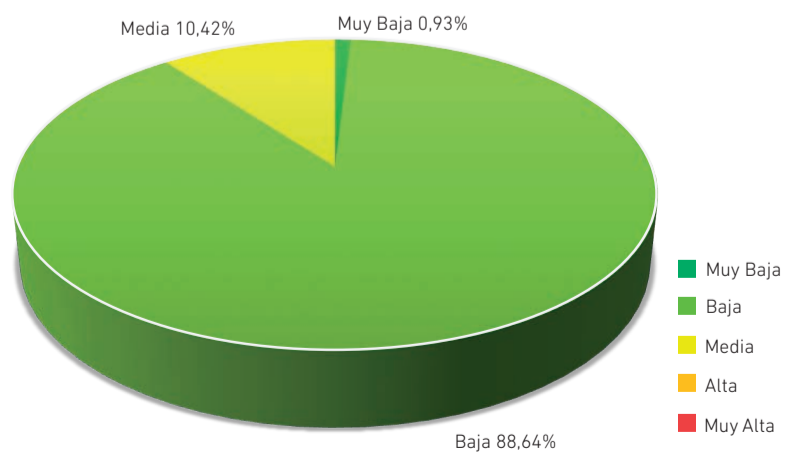
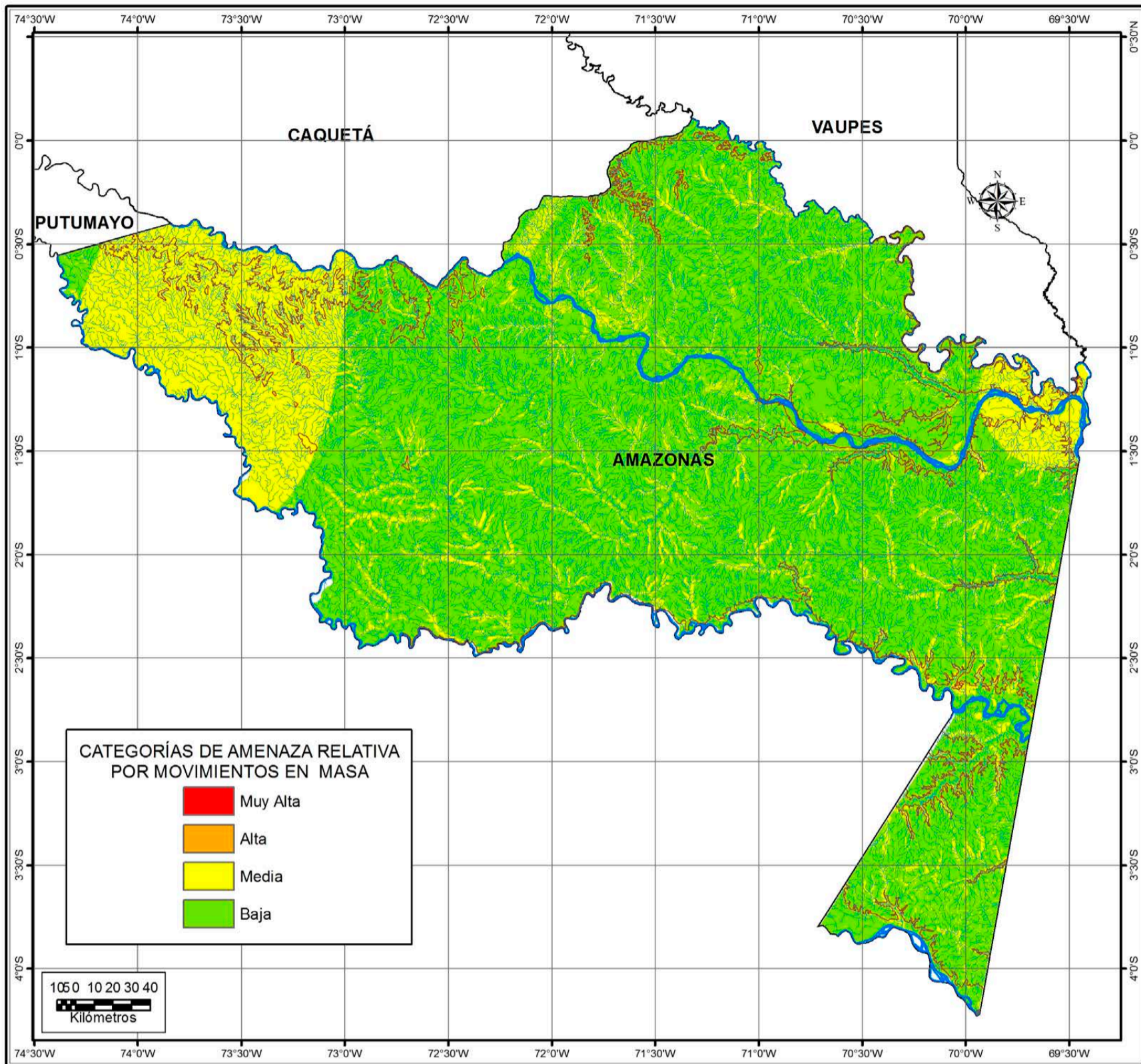
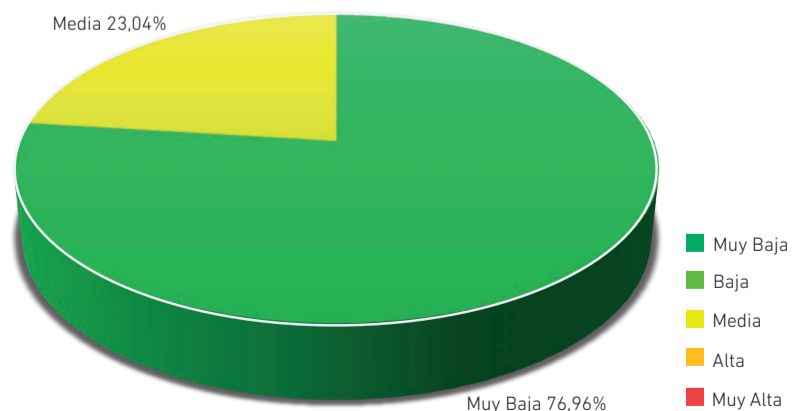


Gráfico 86. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Amazonas.



Mapa 67. Mapa de amenaza relativa por movimientos en masa del departamento de Amazonas.

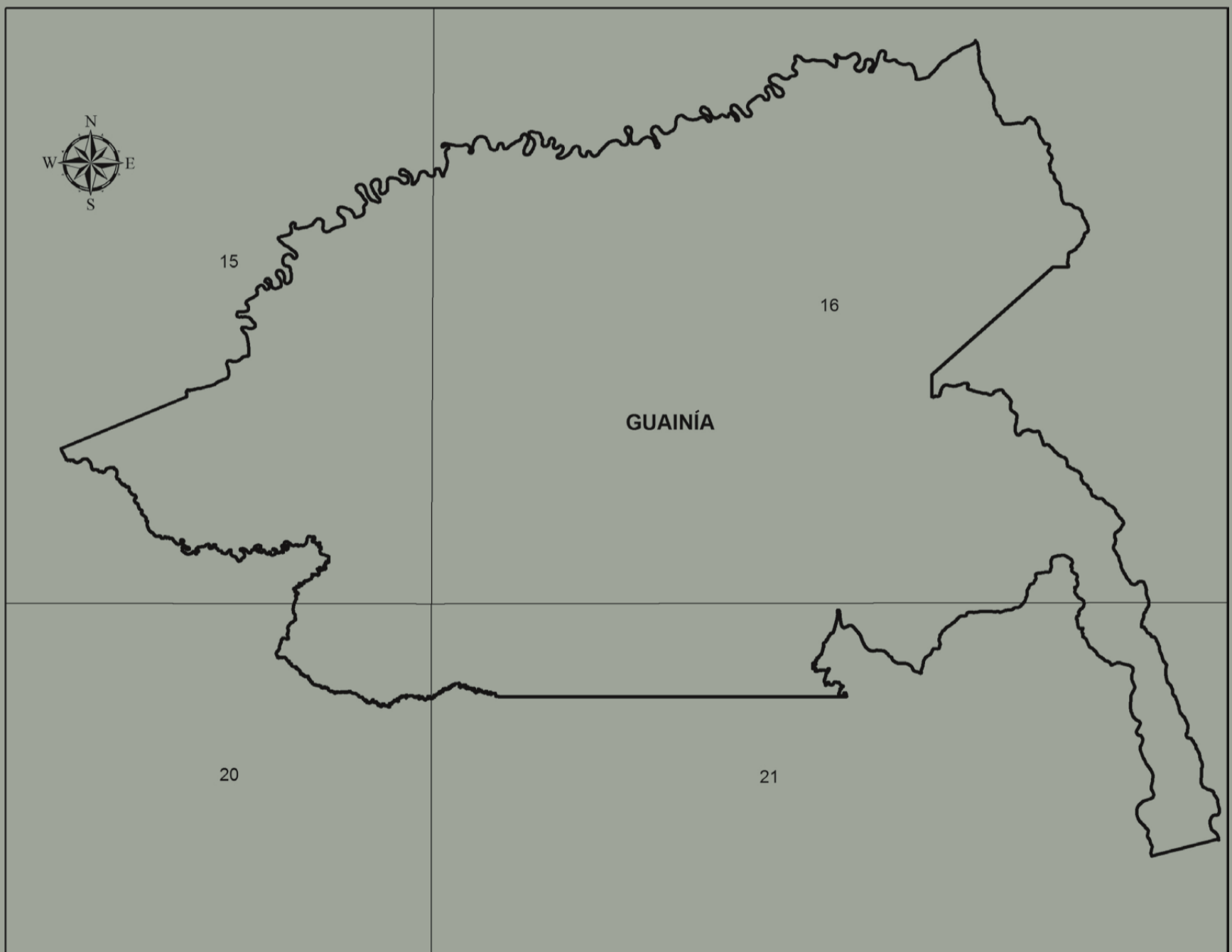
Gráfico 87. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Amazonas.





GUAINÍA

El departamento de Guainía, en el oriente del país, está conformado por 9 municipios, cuenta con 42.777 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y un área de 70.691 km², superficie que está distribuida en 4 planchas IGAC a escala 1:500.000 (véase figura 68).



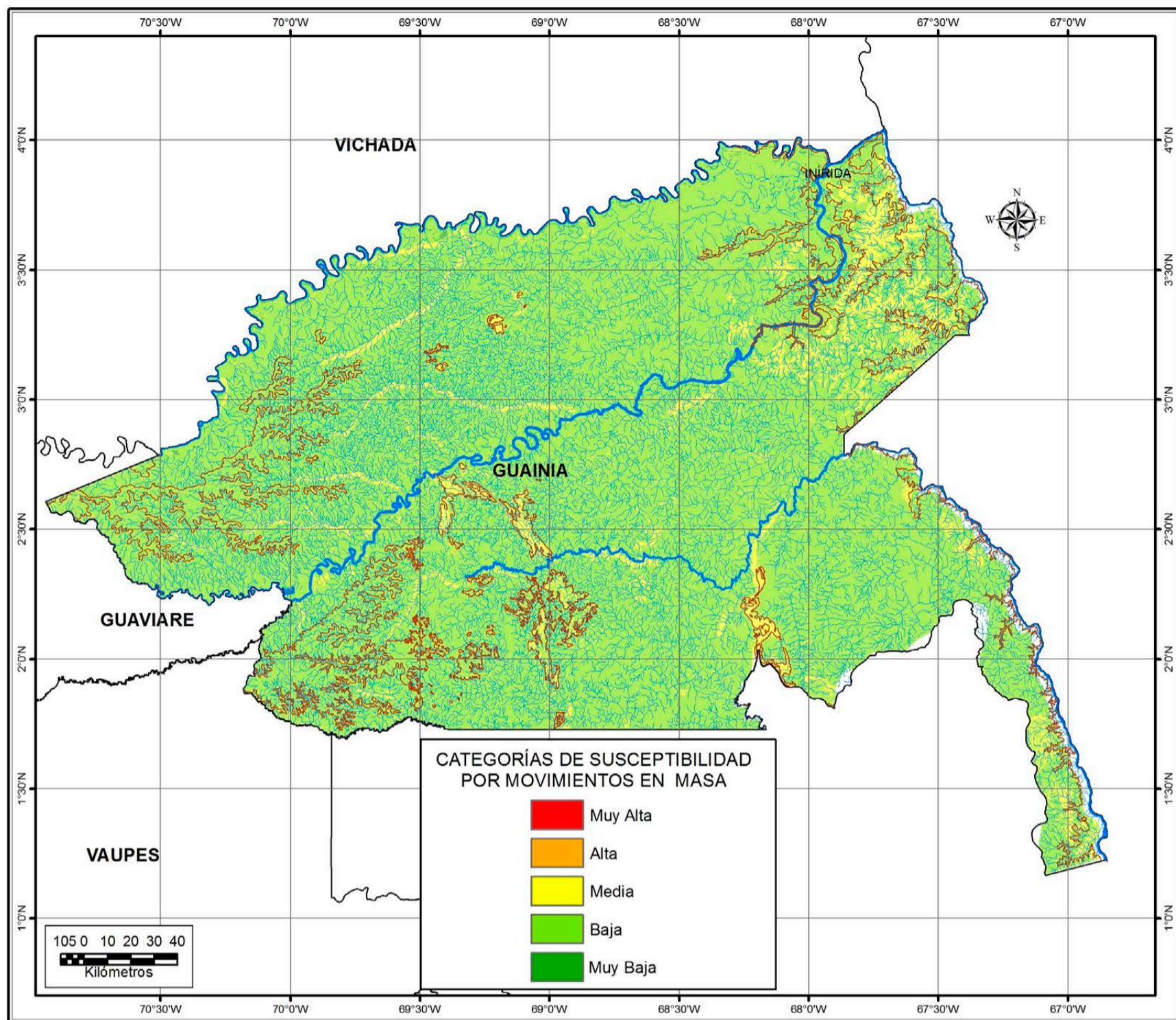
 **Figura 68.** Departamento de Guainía y distribución de las planchas IGAC, escala 1:500.000.

De acuerdo con la actualización del Mapa Nacional de Amenaza a escala 1:500.000 (SGC, 2016), en la zona de los Llanos Orientales y de la Amazonia sobresalen las categorías de amenaza baja y muy baja a los movimientos en masa, teniendo en cuenta lo anterior y el hecho de no contar con insumos a escalas más detalladas, la zona no fue parte del proyecto mapa nacional de amenaza a escala 1:100.000. Sin embargo, en el desarrollo del proyecto se actualizó el detonante climático para todo el país, este fue aplicado a los resultados del mapa de amenaza a escala 1:500.00, por consiguiente, se cuenta en la actualidad con una versión actualizada de dicho mapa tanto para el país como para el departamento.

La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa a escala 1:500.00 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento, contribuyendo en su conocimiento general y facilitando la toma de decisiones relacionadas con su ordenamiento regional .

De acuerdo con los resultados de la actualización del mapa nacional de amenaza por movimientos en masa del departamento del Guainía, en la región predomina la categoría de susceptibilidad baja (92,07 %); está asociada a zonas relativamente planas; seguida por susceptibilidad media (7,41 %), que se localiza especialmente hacia el nordeste y este y en el resto del departamento, en las serranías. La categoría muy baja (0,52 %) se localiza a lo largo de los cauces de los principales ríos, como los de Inírida, Guaviare y Atabapo (véanse gráfico 88 y mapa 68).

En cuanto a la amenaza, en el departamento prevalece la categoría baja (92,59 %,) seguida de la categoría media (7,4 %), la cual se localiza especialmente al este del departamento en la región de Cacahual y hacia el sur en la región de Guadalupe y en menor proporción en San Felipe y a lo largo de algunas serranías que atraviesan el departamento (véase gráfico 89 y mapa 69).



Mapa 68. Mapa de susceptibilidad por los movimientos en masa del departamento de Guainía.

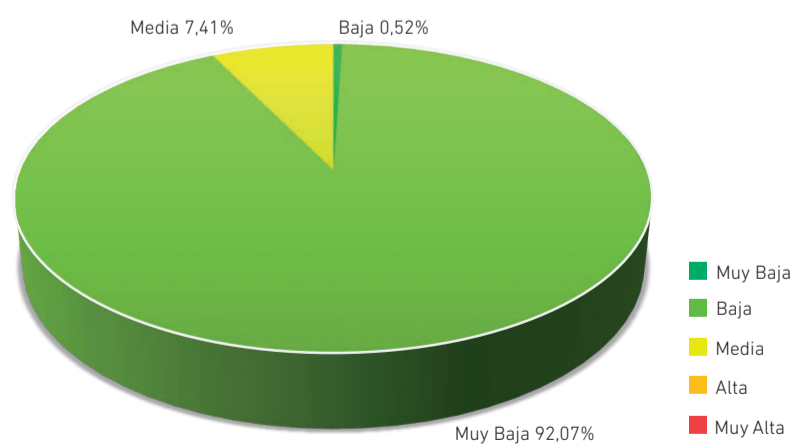
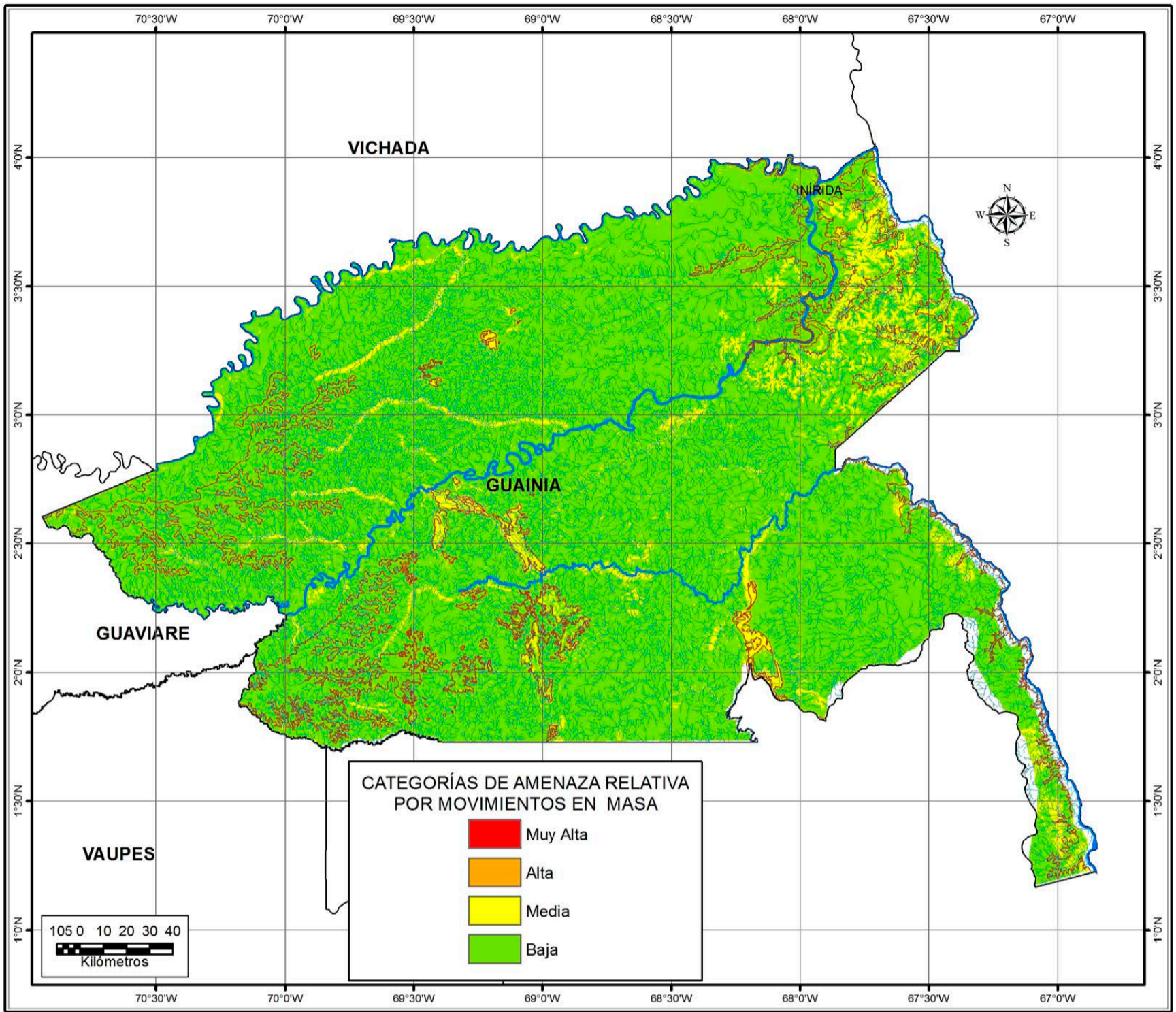
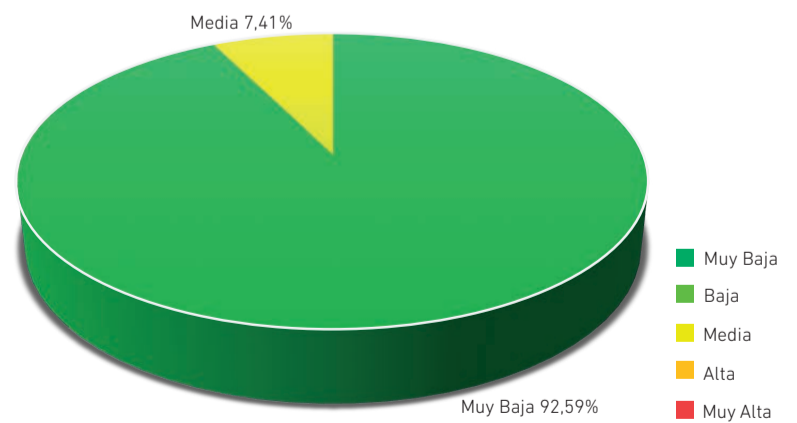


Gráfico 88. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Guainía.



Mapa 69. Mapa de amenaza relativa del departamento de Guainía.

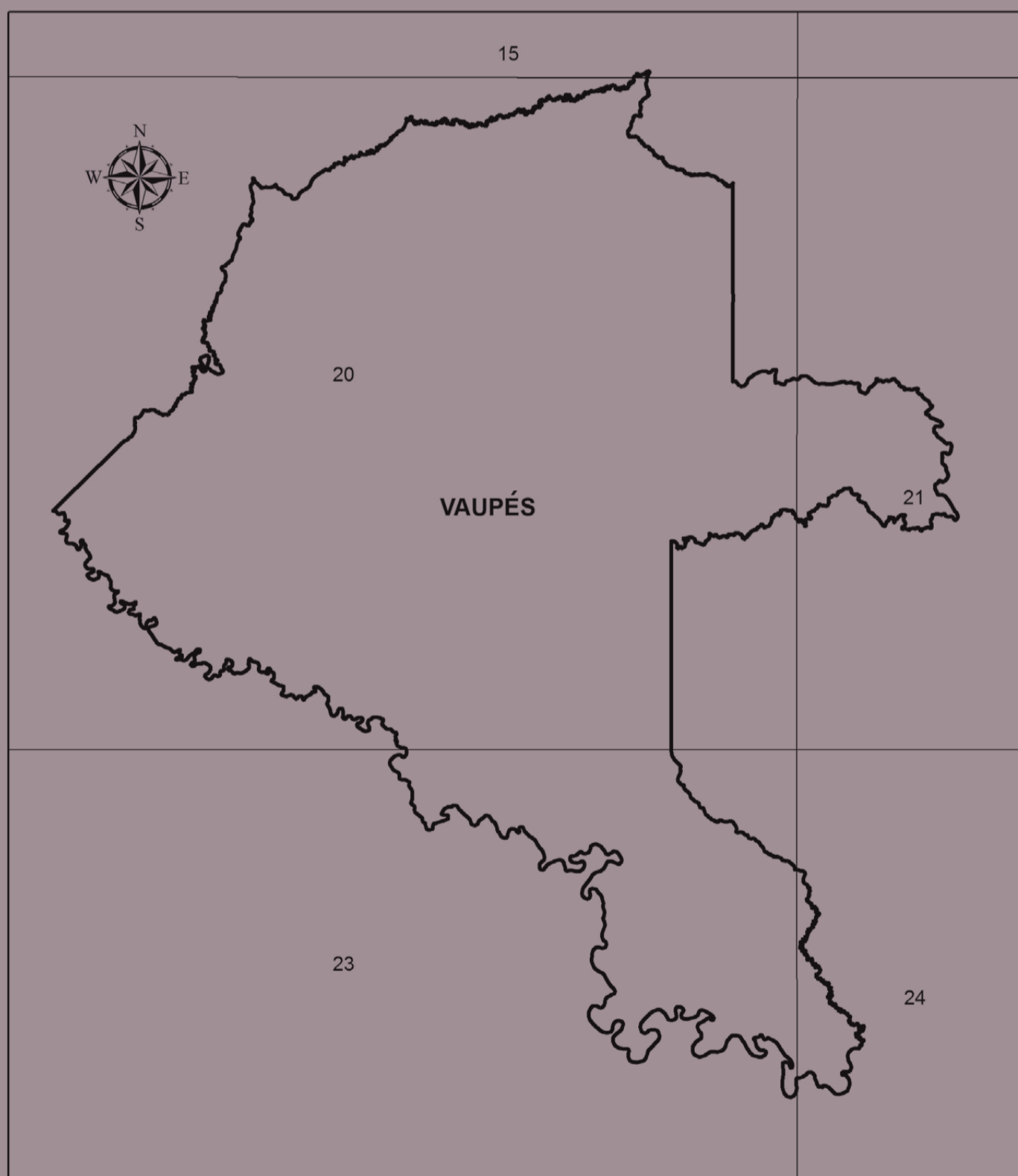
Gráfico 89. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Guainía.





VAUPÉS

El departamento de Vaupés se ubica en el suroriente del país. Está conformado por 3 municipios, cuenta con 44.500 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y un área de 53.190 km², su superficie está distribuida en 5 planchas IGAC a escala 1:500.000 (véase figura 69).



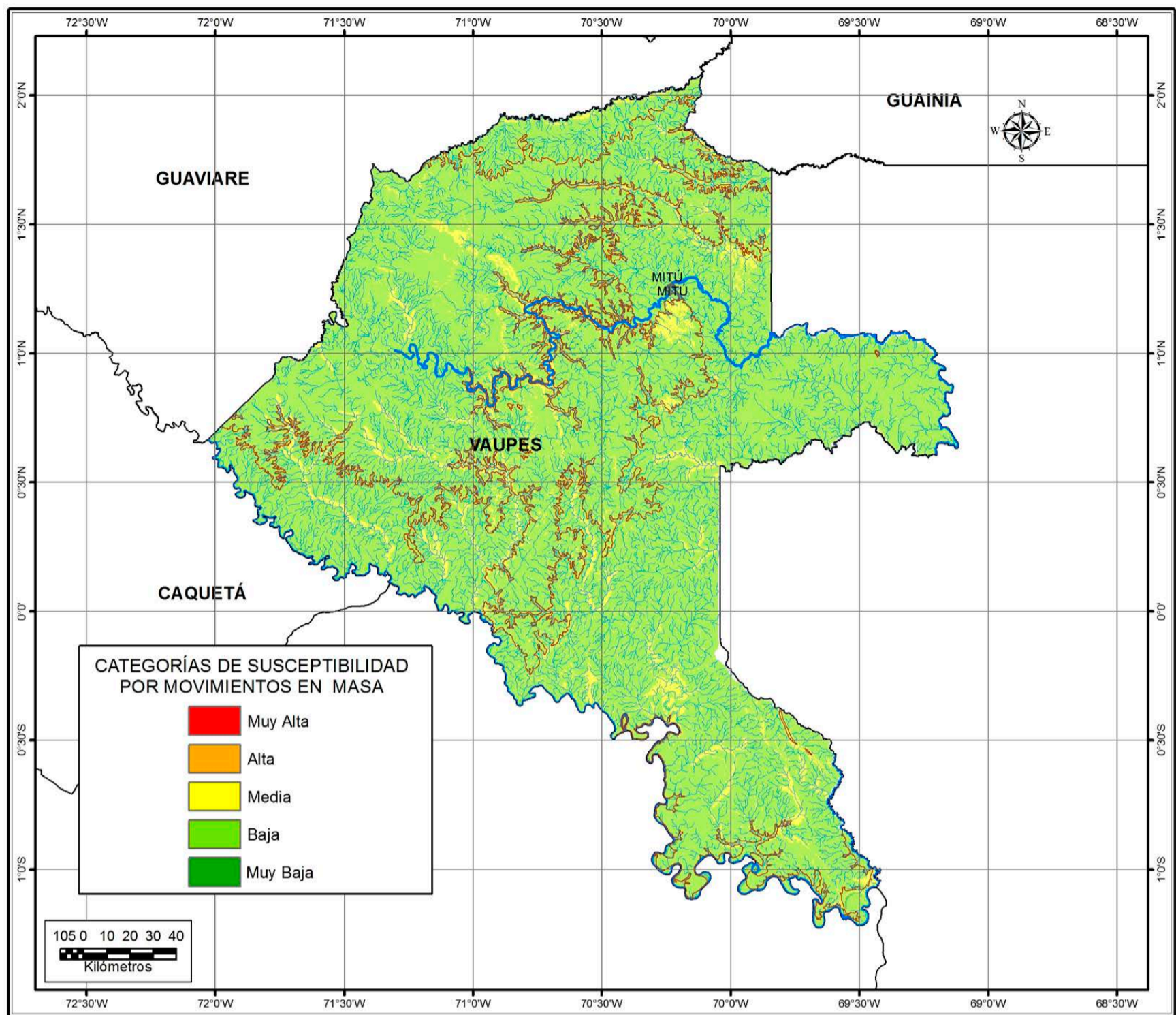
 **Figura 69.** Departamento de Vaupés y distribución de las planchas IGAC, escala 1:500.000.

De acuerdo con la actualización del Mapa Nacional de Amenaza a escala 1:500.000 (SGC, 2016), en la zona de los Llanos Orientales y Amazonia predominan las categorías de amenaza baja y muy baja a los movimientos en masa, la zona no fue parte del proyecto mapa nacional de amenaza a escala 1:100.000. Sin embargo, en el desarrollo del proyecto se actualizó el detonante climático para el país, este fue aplicado a los resultados del mapa de amenaza a escala 1:500.00, contándose en la actualidad con una versión actualizada de dicho mapa, tanto para el país como para el departamento.

La zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa a escala 1:500.00 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento, contribuye al conocimiento general de ese y facilita la toma de decisiones relacionadas con su ordenamiento regional.

De acuerdo con los resultados de la actualización del mapa nacional de amenaza por movimientos en masa del departamento del Vaupés, en la región prevalece la categoría de susceptibilidad baja (91,39 %), asociada con regiones planas a semionduladas, seguida por la susceptibilidad media (8,28 %) relacionada con las serranías bajas que no superan los 300 m sobre el nivel del mar y corresponden a la serranía de Taraira, la mesa de Carurú y los cerros Huinambi, Mandi y Muñeta, en los municipios de Carurú, Mitú y Pacoa; finalmente, la susceptibilidad muy baja (0,32 %) se localiza a lo largo de los principales ríos tales como el Vaupés, que atraviesa el departamento de oeste a este; el Querary y el Papunaua (véase gráfico 90 y mapa 70).

De igual forma, en el departamento predomina las categorías de amenaza baja (90,11 %) y la media (9,89 %), asociada con las serranías bajas que no superan 300 m snm corresponden a la serranía de Taraira, a la mesa de Carurú y a los cerros Huinambi, Mandi y Muñeta, en los municipios de Caruru, Mitú y, especialmente, hacia el extremo sur del municipio de Pacoa, Serranía de Taira, en la zona de confluencia de los ríos Apaporis, Caquetá y Taraira, asociada con las condiciones del terreno y los factores climáticos (véase gráfico 91 y mapa 71).



Mapa 70. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Vaupés.

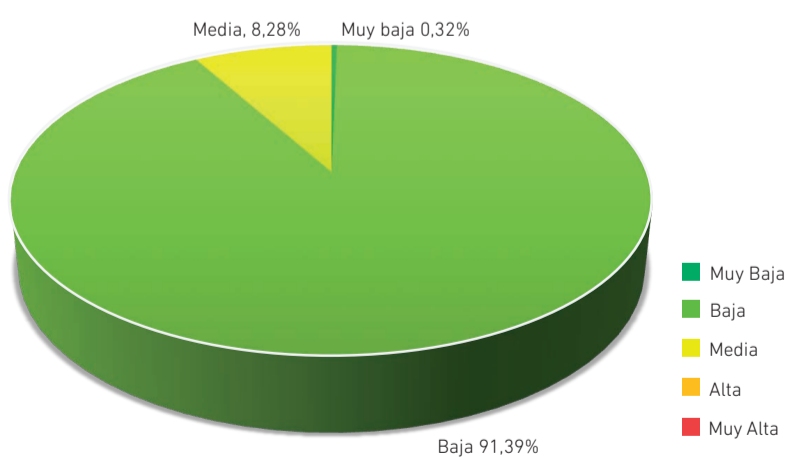
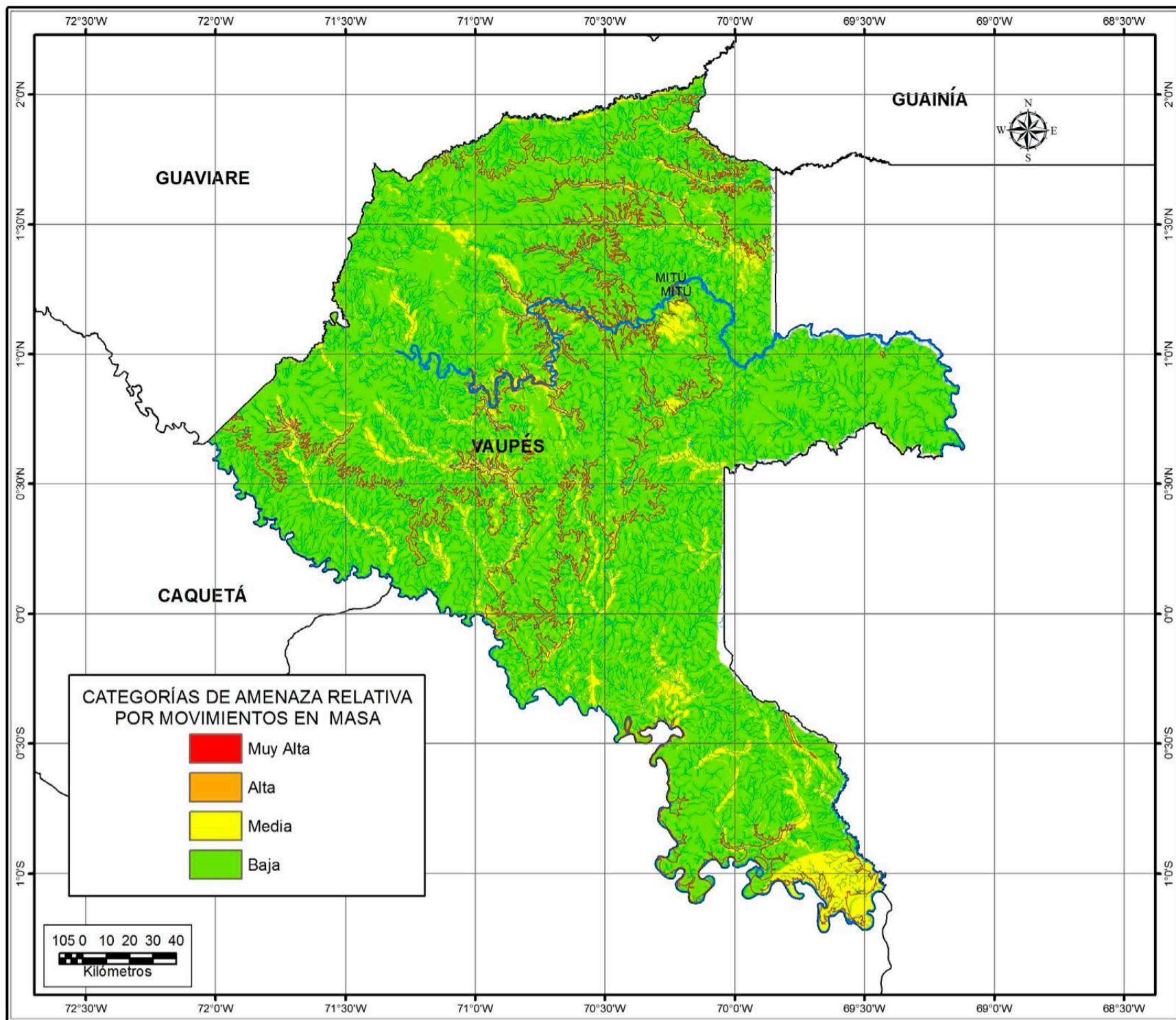


Gráfico 90. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Vaupés.



Mapa 71. Mapa de amenaza relativa del departamento de Vaupés.

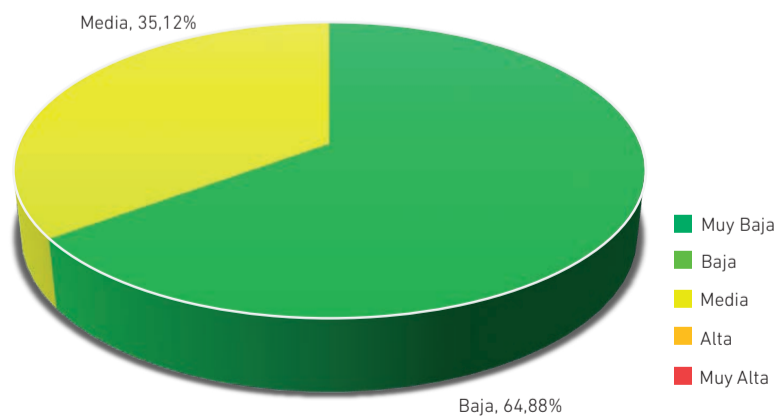



Gráfico 91. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Vaupés.

VICHADA

El departamento de Vichada, en el oriente del país, está conformado por cuatro municipios, cuenta con 75.468 habitantes (Proyección 2017, DANE, 2007) y con 98.970 km², superficie distribuida en cuatro planchas IGAC escala 1:500.000 (véase figura 70).

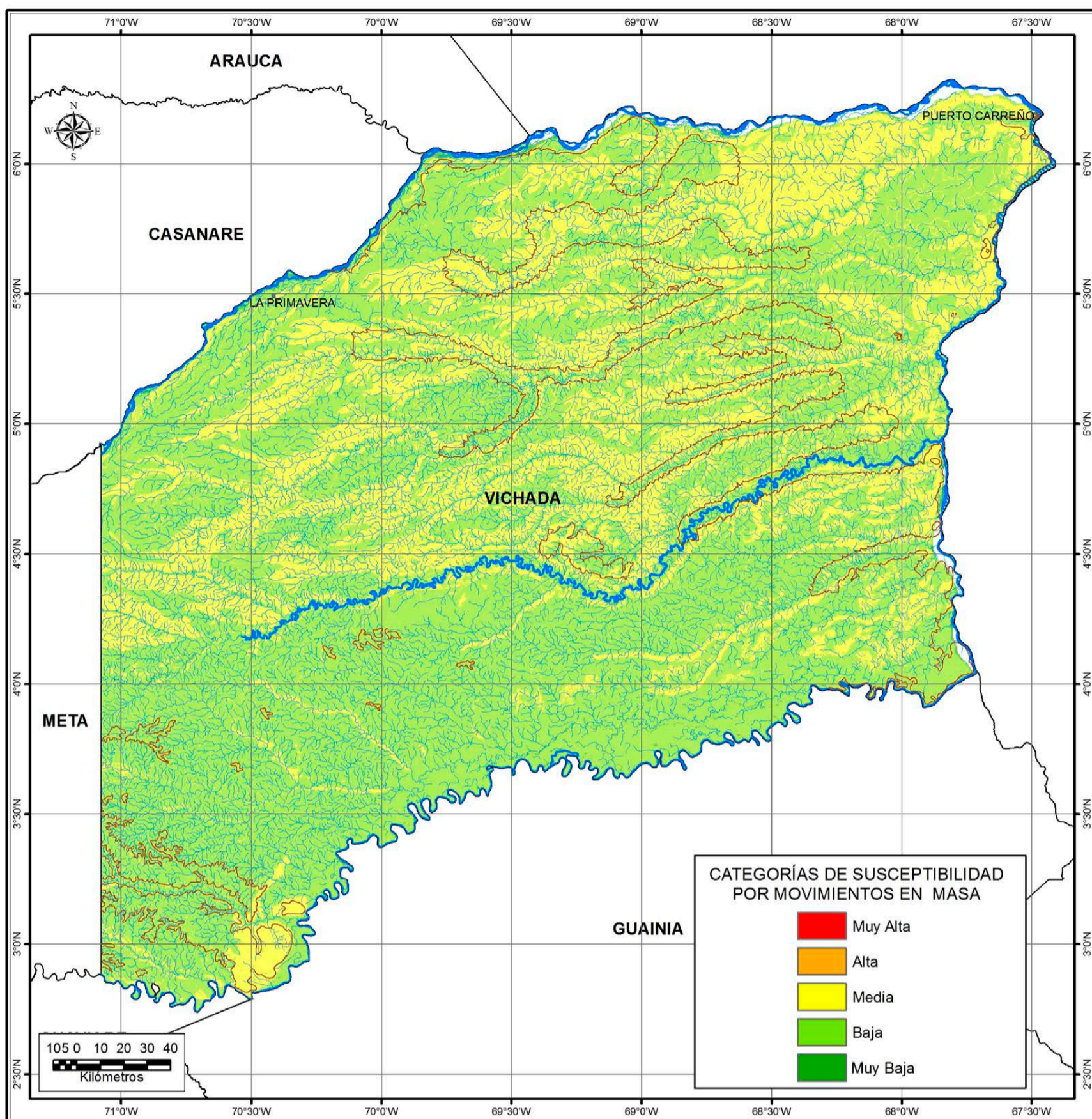


 **Figura 70.** Departamento de Vichada y distribución de las planchas IGAC, escala 1:500.000.

De acuerdo con la actualización del mapa nacional de amenaza escala 1:500.000 (SGC, 2016), en la zona de los Llanos Orientales y Amazonia predominan las categorías de amenaza baja y muy baja a los movimientos en masa. Teniendo en cuenta lo anterior y el hecho de no contar con insumos a escalas más detalladas, la zona no fue parte del proyecto mapa nacional de amenaza escala 1:100.000. Sin embargo, en el desarrollo del proyecto se actualizó el detonante climático para todo el país, detonante que fue aplicado para obtener el mapa de amenaza escala 1:500.00, contándose en la actualidad, tanto para el país como para el departamento de Vichada, con una versión actualizada de dicho mapa.

Los resultados de la actualización del mapa nacional de amenaza por movimientos en masa del departamento del Vichada, en la región predomina la categoría de susceptibilidad baja (66,39 %) –de llanura baja entre los ríos Vichada y Guaviare, municipios de Santa Rosalía y Cumaribo–, seguida de la categoría media (33,06 %) –asociada con zonas de desborde de llanura y altillanura de la Orinoquia con diferentes grados de disección, entre los ríos Meta y Vichada, municipios de Puerto Carreño y La Primavera y parcialmente Santa Rosalía. Por último, está la categoría muy baja (0,56 %), asociada principalmente a los ríos más importantes, como el Caquetá, Guainía y Guaviare (véanse gráfico 92 y mapa 72).

De igual forma, en el departamento se presenta la categoría de amenaza baja (extensión del 64,88 %) –especialmente en el municipio de Cumaribo y zonas planas a onduladas de los municipios de Puerto Carreño, La Primavera y Santa Rosalía–, seguida de la categoría de amenaza media (ocupa el 35,12 %), especialmente en el municipio de Puerto Carreño y gran parte de los municipios de La Primavera, Santa Rosalía y Cumaribo. Tanto en el nororiente de Puerto Carreño como en el occidente y centro de Cumaribo, la amenaza se encuentra asociada muy seguramente con condiciones climáticas extremas (véanse gráfico 93 y mapa 73). La zonificación de la susceptibilidad y de la amenaza por movimientos en masa escala 1:500.00 brinda una visión general de las condiciones de inestabilidad del departamento.



Mapa 72. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Vichada.

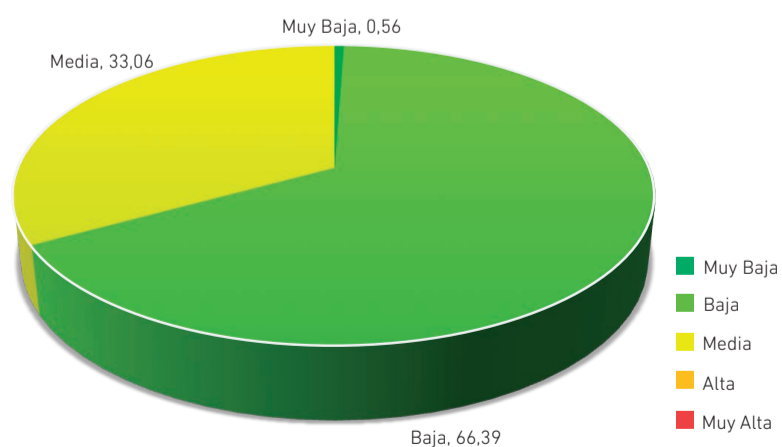
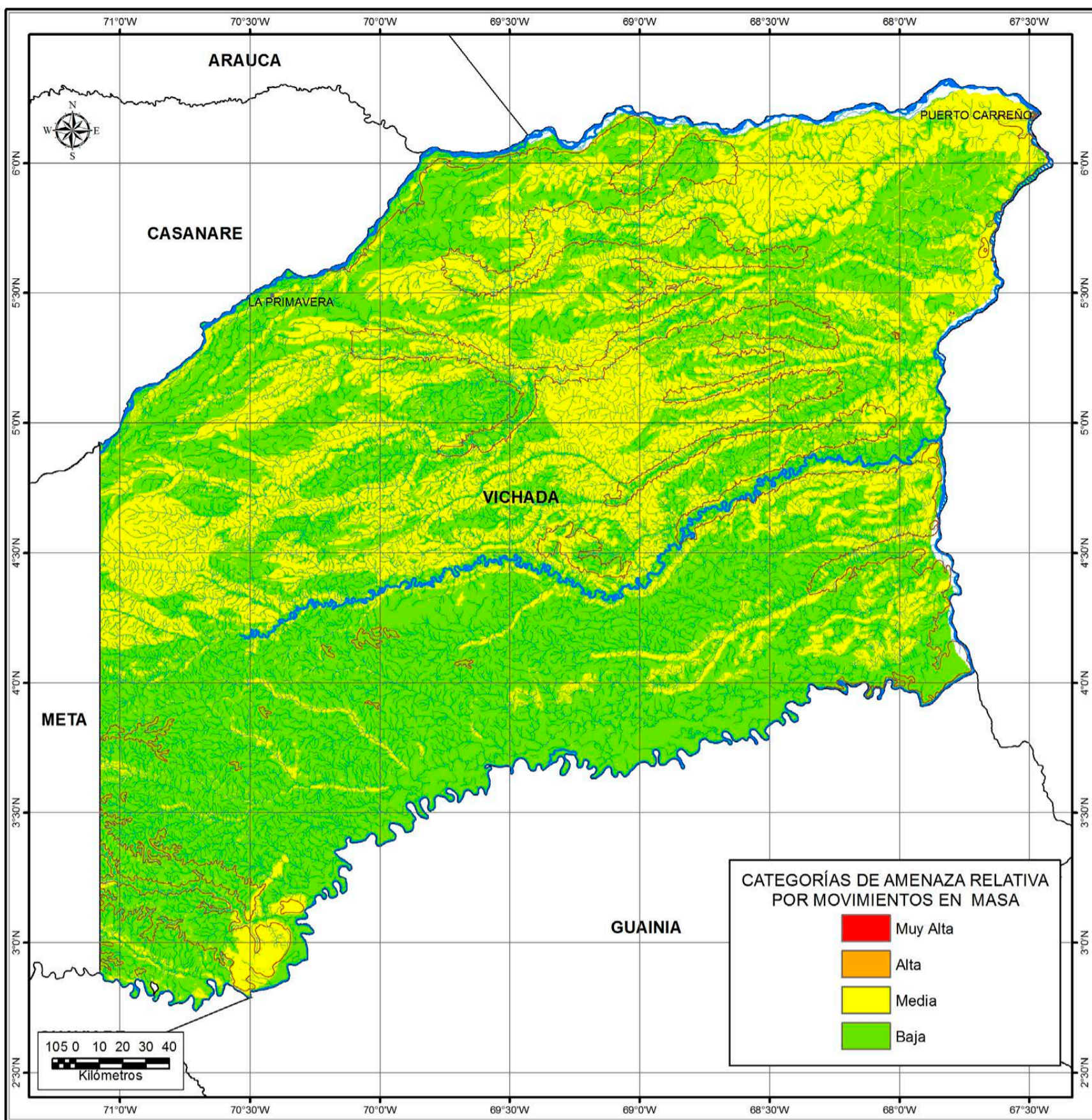
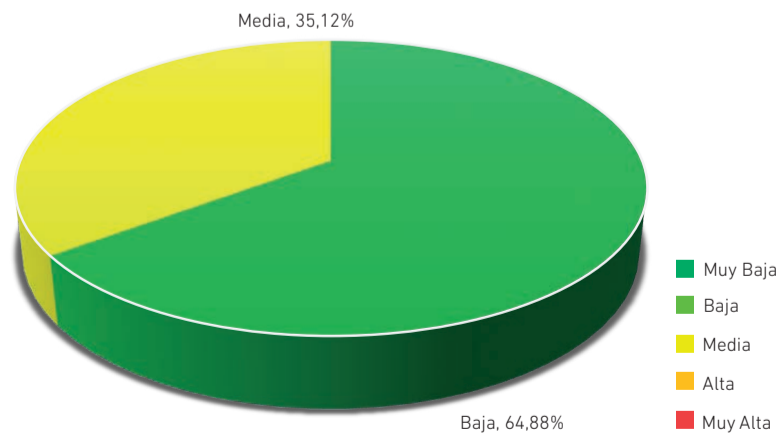


Gráfico 92. Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Vichada



Mapa 73. Mapa de amenaza relativa por movimientos en masa del departamento de Vichada.

Gráfico 93. Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Vichada.



MAPAS INTEGRADOS DE COLOMBIA

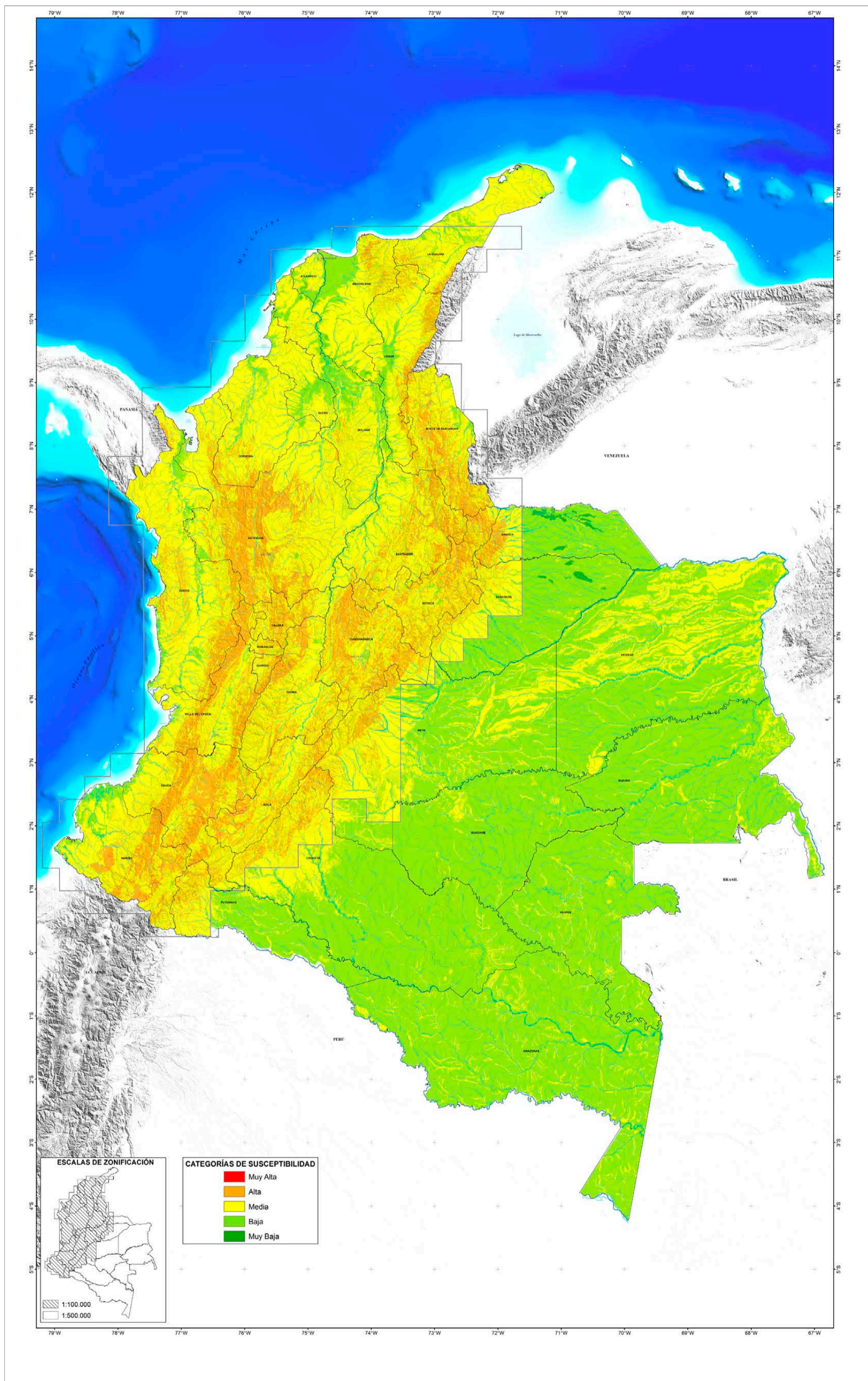
C. MAPAS INTEGRADOS DE COLOMBIA

1. Susceptibilidad por movimientos en masa

Como resultado de la integración y empalme de las 278 planchas de susceptibilidad por movimientos en masa escala 1:100.000 con el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa escala 1:500.000 actualizado, en las zonas de Orinoquia y Amazonia y la península de La Guajira, se generó el mapa integrado de susceptibilidad por movimientos en masa de Colombia, mapa 74, el cual puede ser descargado a través de la página web del SGC, en el vínculo de geoportal⁹. En el inserto se muestra el mapa integrado en tamaño afiche, para una mejor visualización.

Analizando los resultados a nivel nacional del mapa integrado de susceptibilidad –con base en las estadísticas realizadas en el área que se trabajó a escala 1:500.000, que cubre el 52,5 % del área continental de Colombia (véase gráfico 94)–, se observa que predomina la susceptibilidad baja –correspondiente al 82,3 % del área–, seguida de la media (16,8 %), mientras que la alta solo se presenta en el 0,02 % del área, correspondiente a zonas inestables ubicadas cerca del piedemonte llanero. Finalmente, la susceptibilidad muy baja (0,8 %) corresponde a zonas bajas de los ríos principales.

⁹ <http://geoportal.sgc.gov.co/geoportalsgc/catalog/quicklink/amenazaMasa.page>



Dado que la gran mayoría de la población colombiana se ubica en el área cubierta por las planchas 1:100.000, se analiza la distribución de susceptibilidad con base en la integración de las 278 planchas generadas a dicha escala.

Analizando la distribución estadística (véase gráfico 95), se tiene que el nivel de susceptibilidad predominante es el medio (68,4 %), distribuido uniformemente en toda la zona estudiada; le siguen la susceptibilidad alta (21,9 %) –ubicada principalmente en las zonas de altas de las cordilleras–, la baja (9,42 %) y la muy baja (0,25 %), ubicada principalmente en las zonas planas de los valles de los ríos. Solamente el 0,06 % del área presenta susceptibilidad muy alta, la cual se ubica en diferentes zonas del país, coincidiendo en su gran mayoría con las zonas inestables inventariadas durante el proyecto.

Tras analizar la distribución espacial de la susceptibilidad, se tiene que la susceptibilidad alta cubre más del 35 % del área de los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Cauca y los del Eje Cafetero (el mayor porcentaje corresponde al departamento de Risaralda). Mientras los departamentos de la costa Caribe, junto con el sector de piedemonte del departamento del Casanare, presentan porcentajes inferiores a 10, los demás departamentos de las regiones Andina y Pacífico cuentan con porcentajes entre el 10 y el 35 de su área con este nivel de susceptibilidad (véanse gráfico 96 y 97).

Mapa 74. Mapa integrado de susceptibilidad a los movimientos en masa en Colombia

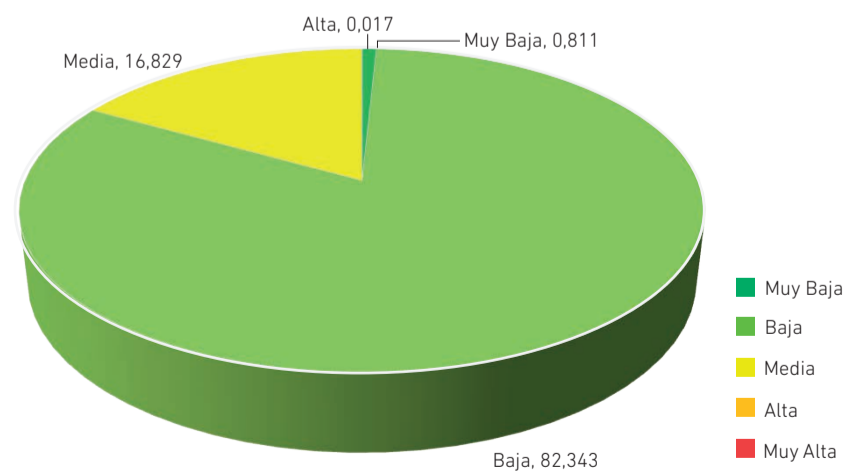
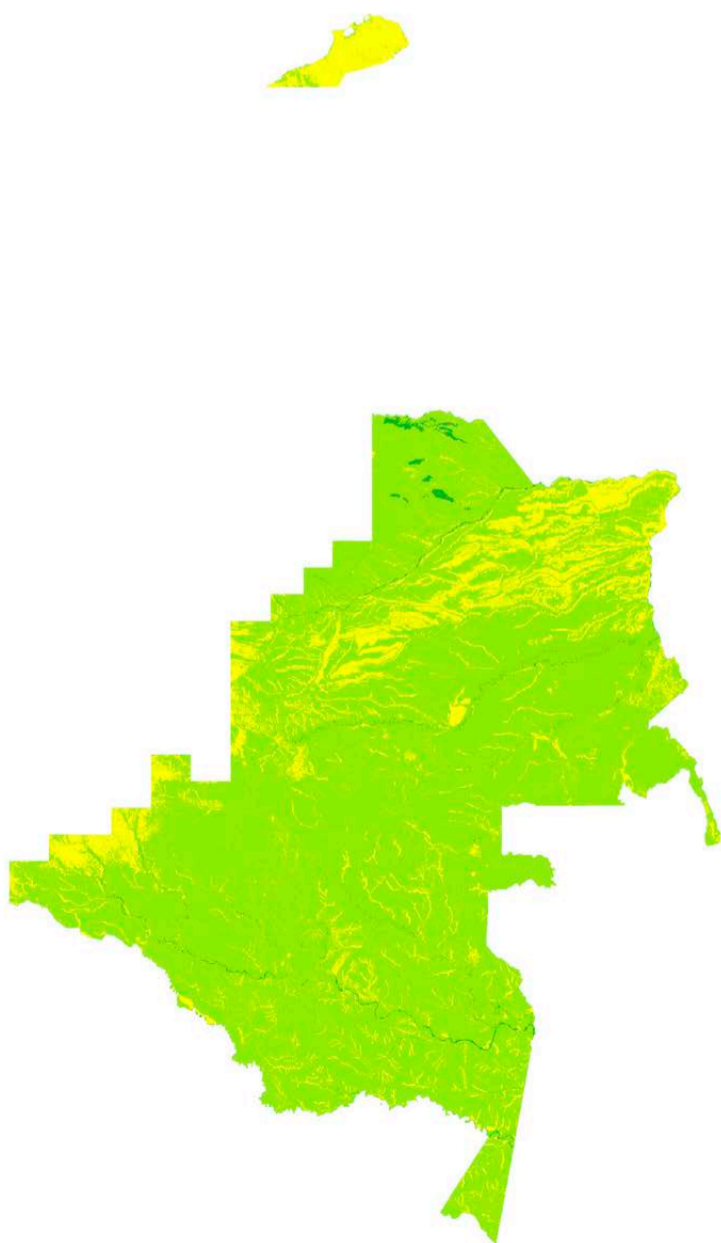


Gráfico 94. Distribución porcentual de la susceptibilidad en las áreas analizadas a escala 1:500.000.

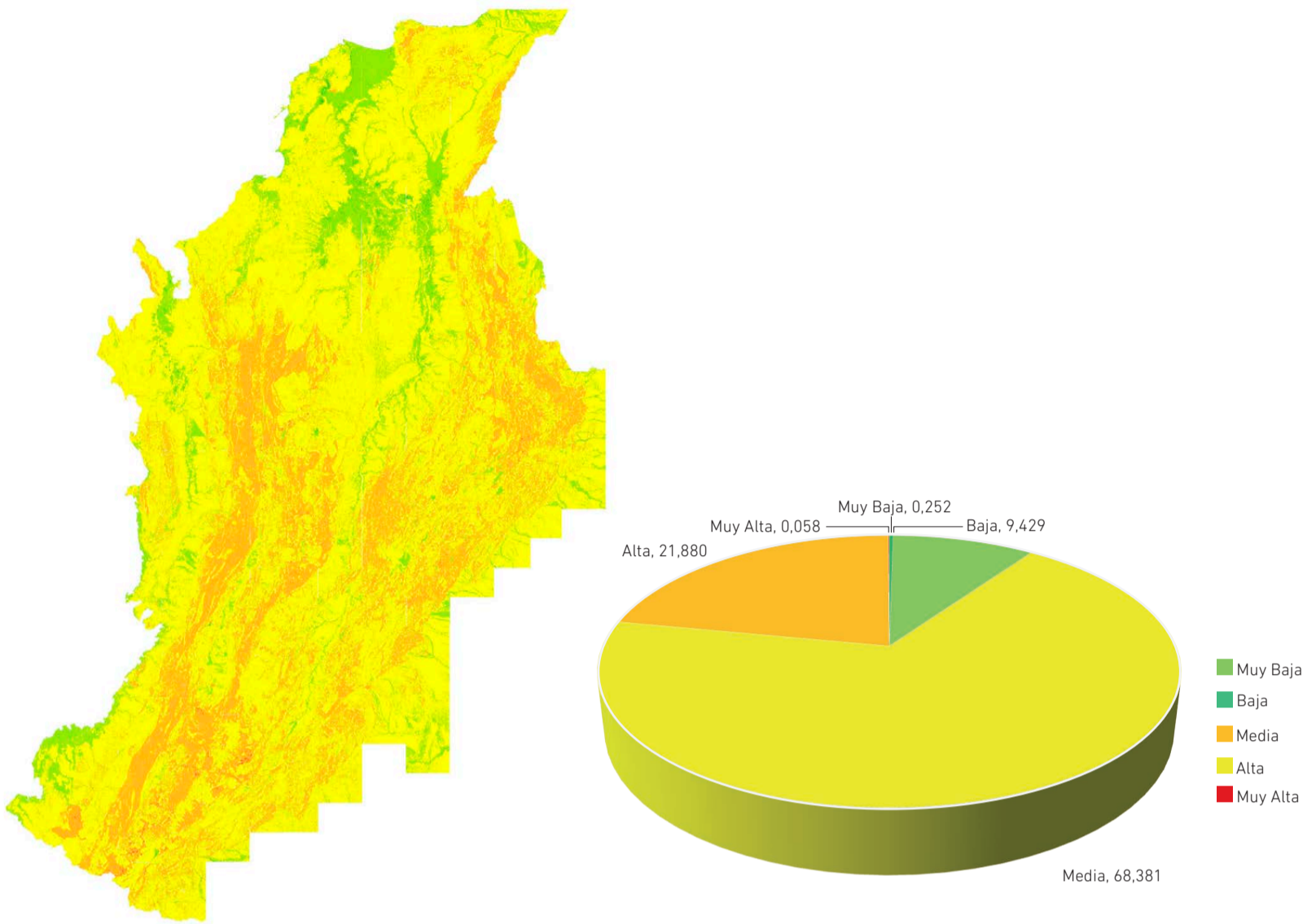


Gráfico 95. Distribución porcentual de la susceptibilidad en las áreas analizadas a escala 1:100.000.

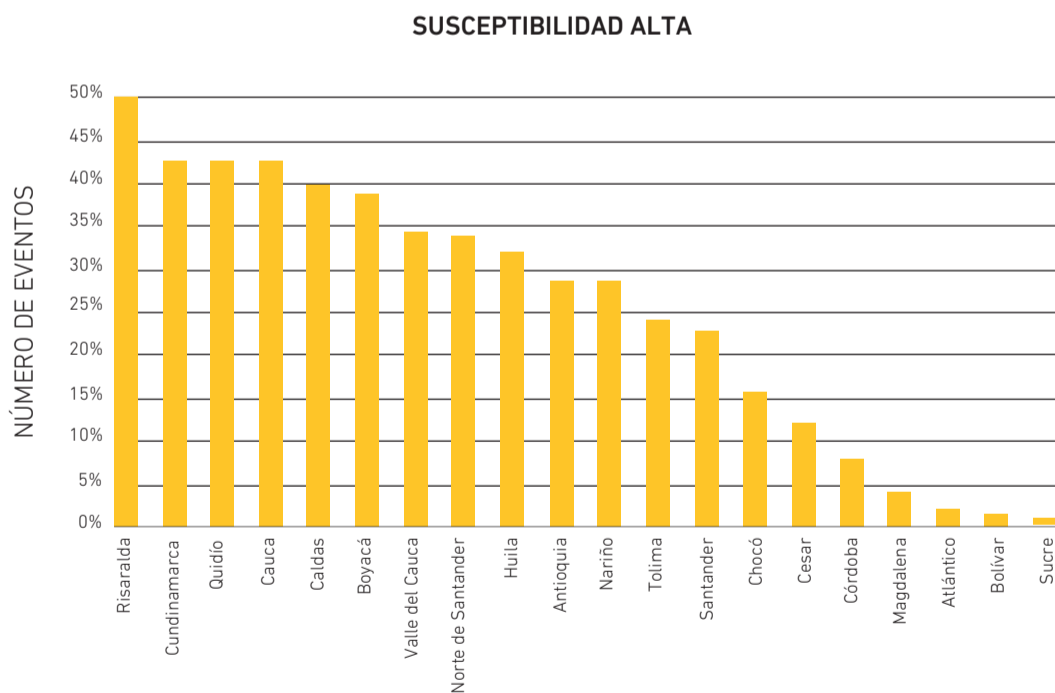


Gráfico 96. Distribución porcentual de la susceptibilidad alta por departamento

Con base en la distribución porcentual espacial de la susceptibilidad media (véase gráfico 98), se puede afirmar que este nivel de susceptibilidad se presenta de manera uniforme en todos los departamentos incluidos en este nivel.

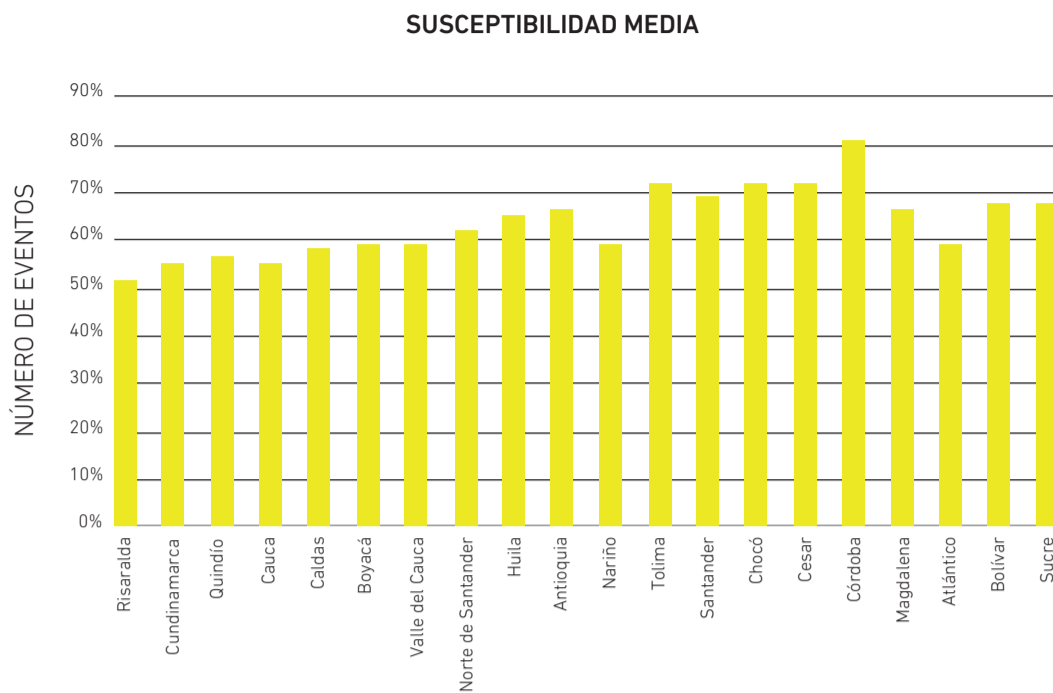


Gráfico 97. Distribución porcentual de la susceptibilidad media por departamento

2. Amenaza relativa por movimientos en masa

Este mapa es el resultado del empalme de las 278 planchas escala 1:100.000 de amenaza relativa por movimientos en masa con el mapa escala 1:500.000 actualizado en la zona de Orinoquia, Amazonia y la península de La Guajira mediante la aplicación de los detonantes utilizados para generar las planchas 1:100.000 al mapa de susceptibilidad actualizado, el cual puede ser descargado de la página web del Servicio Geológico Colombiano en el vínculo Geoportal¹⁰ (véase mapa 75).

10. <http://geoportal.sgc.gov.co/geoportalsgc/catalog/quicklink/amenazaMasa.page>

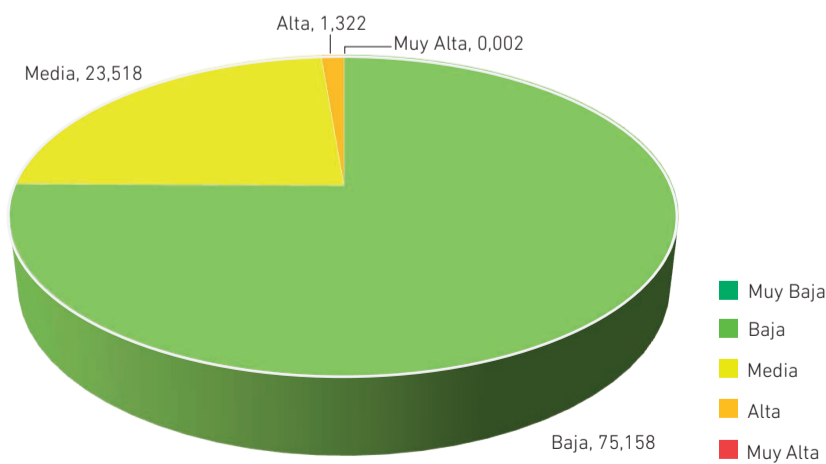
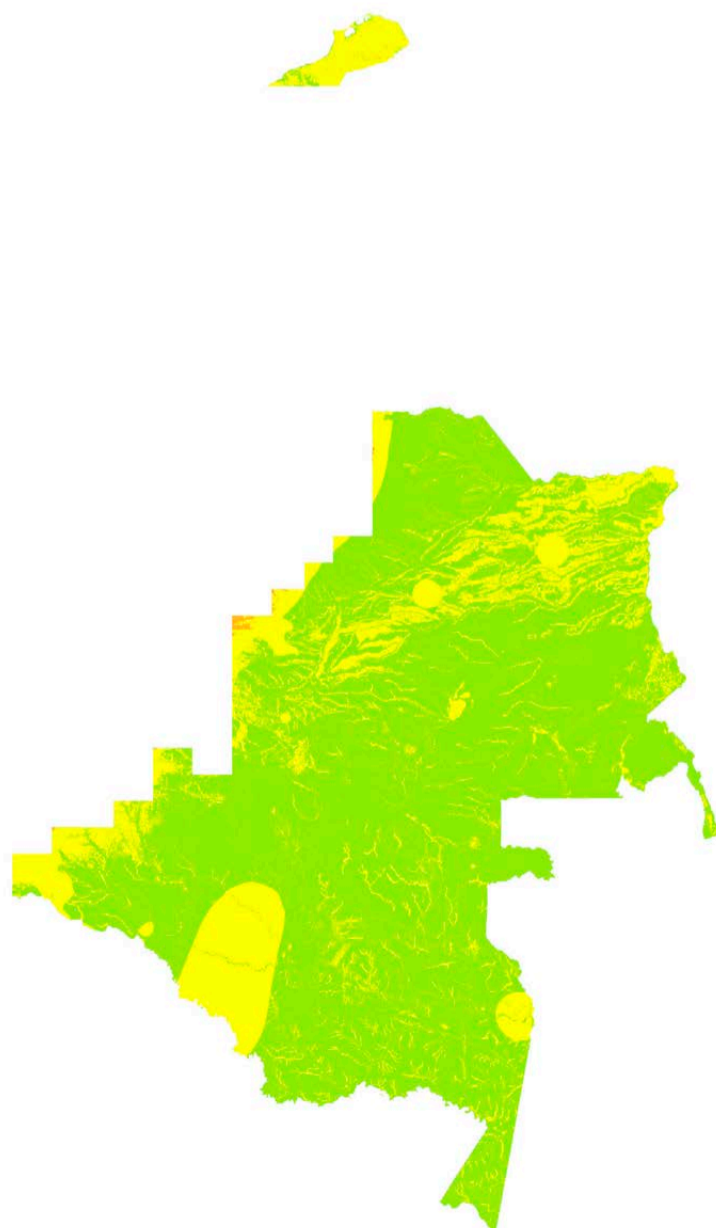
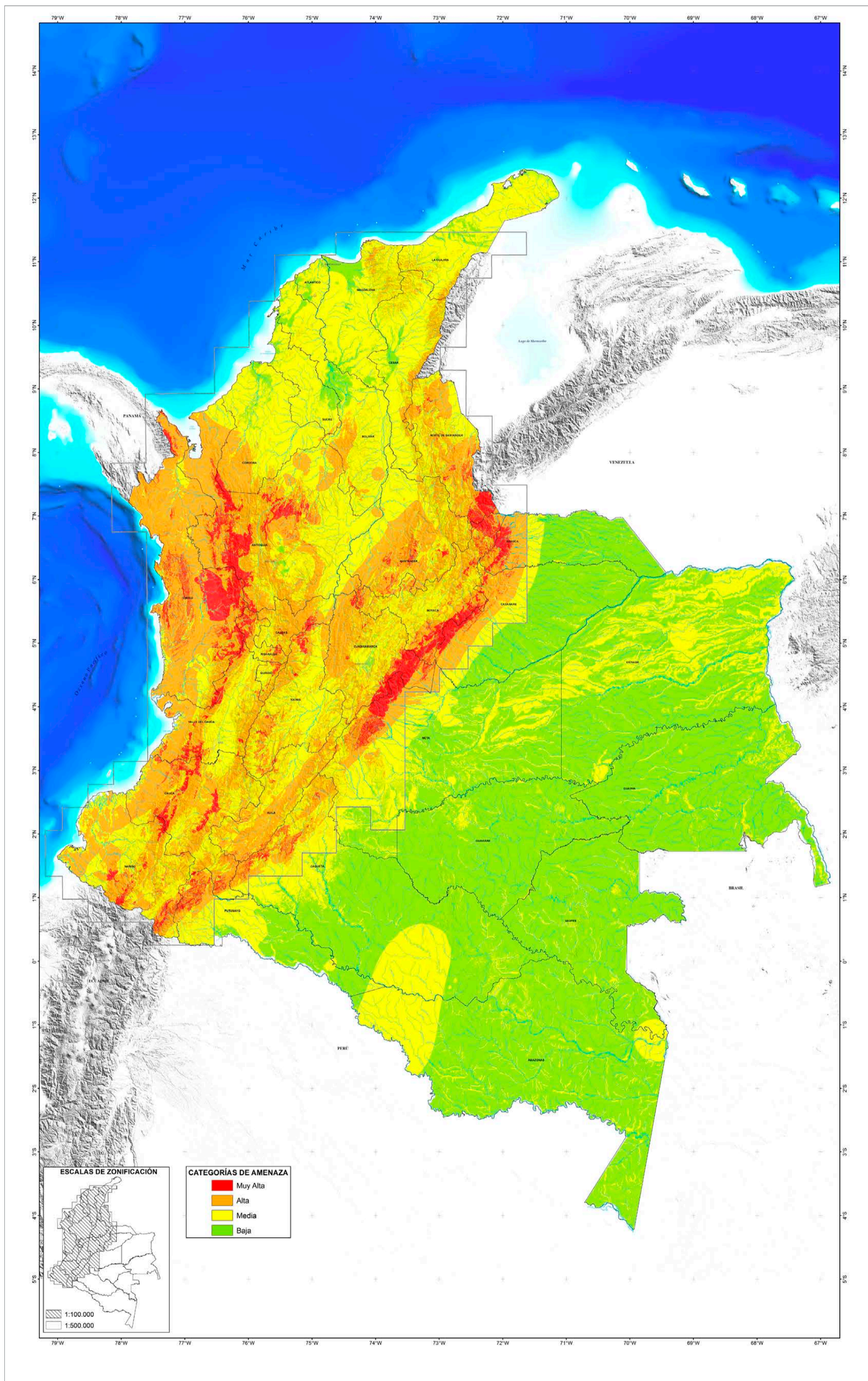


Gráfico 98. Distribución porcentual de la amenaza relativa en las áreas analizadas a escala 1:500.000.



Mapa 75. Mapa integrado de amenaza relativa por movimientos en masa en Colombia.

En el inserto se muestra el mapa en tamaño afiche, para su mejor visualización.

Luego de analizar los resultados a nivel nacional del mapa integrado de amenaza relativa –con base en las estadísticas obtenidas en el área donde se trabajó a escala 1:500.000, que cubre el 52,5 % del área continental de Colombia (véase gráfico 98)–, se observa que predomina la amenaza baja (75,16 % del área), le sigue la amenaza media (23,5 %), mientras que la amenaza alta y la muy alta cubren solo el 1,34 %, coincidiendo con zonas inestables del piedemonte llanero.

Dado que la gran mayoría de la población colombiana se ubica en el área cubierta por las planchas 1:100.000, se analiza la distribución de la amenaza relativa con base en la integración de las 278 planchas generadas a dicha escala.

Según la distribución estadística (véase gráfico 99), se tiene que el nivel de amenaza relativa predominante es el medio (47,64 %), seguido muy de cerca por la amenaza alta (42,17 %); posteriormente están la amenaza muy alta (7,4 %) –que corresponde a zonas inestables inventariadas durante los trabajos de campo– y la amenaza baja (2,79 %).

Con base en el análisis de la distribución espacial de la amenaza a nivel nacional a escala 1:100.000 (278 planchas), se tiene que el 49,6 % del área presenta niveles de amenaza muy alta y alta por movimientos en masa, principalmente en las regiones Andina y Pacífica, donde de los 27 departamentos que entraron en la

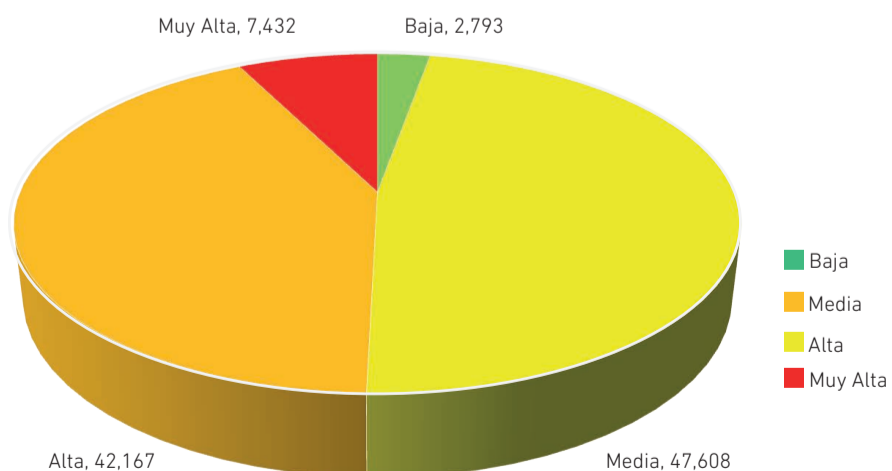
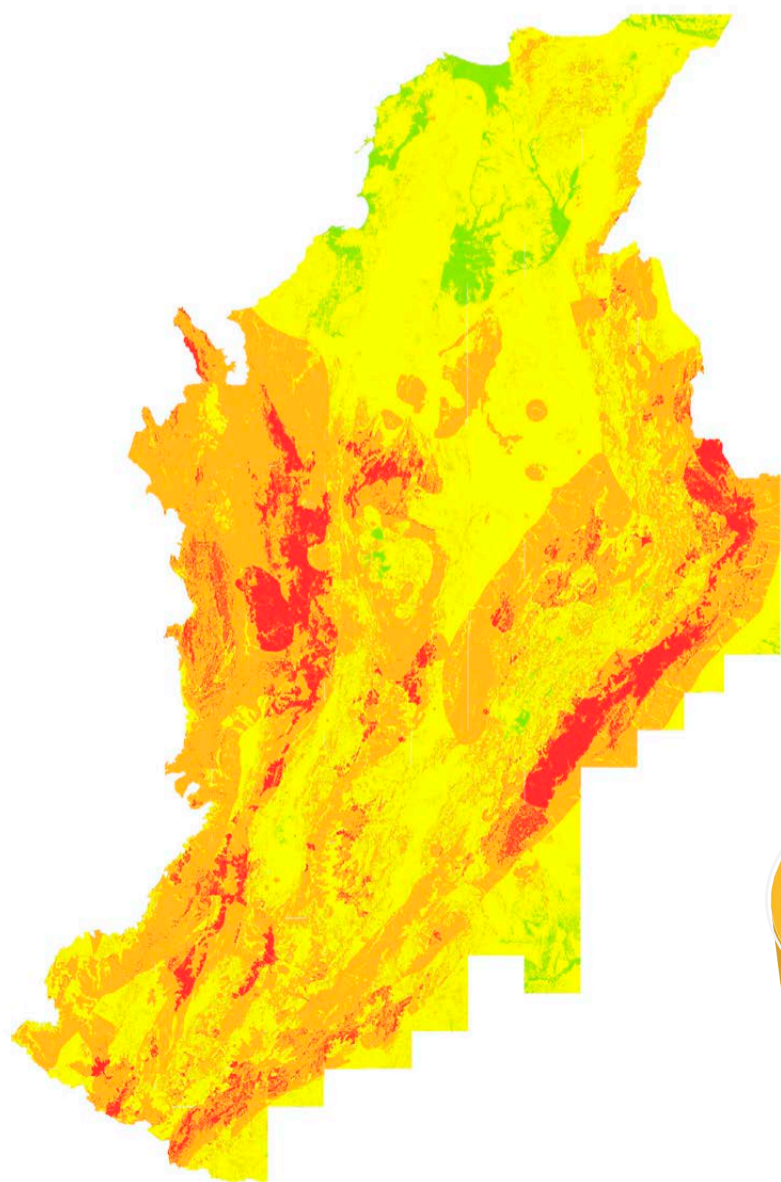


Gráfico 99. Distribución porcentual de la amenaza relativa en las áreas analizadas a escala 1:100.000.

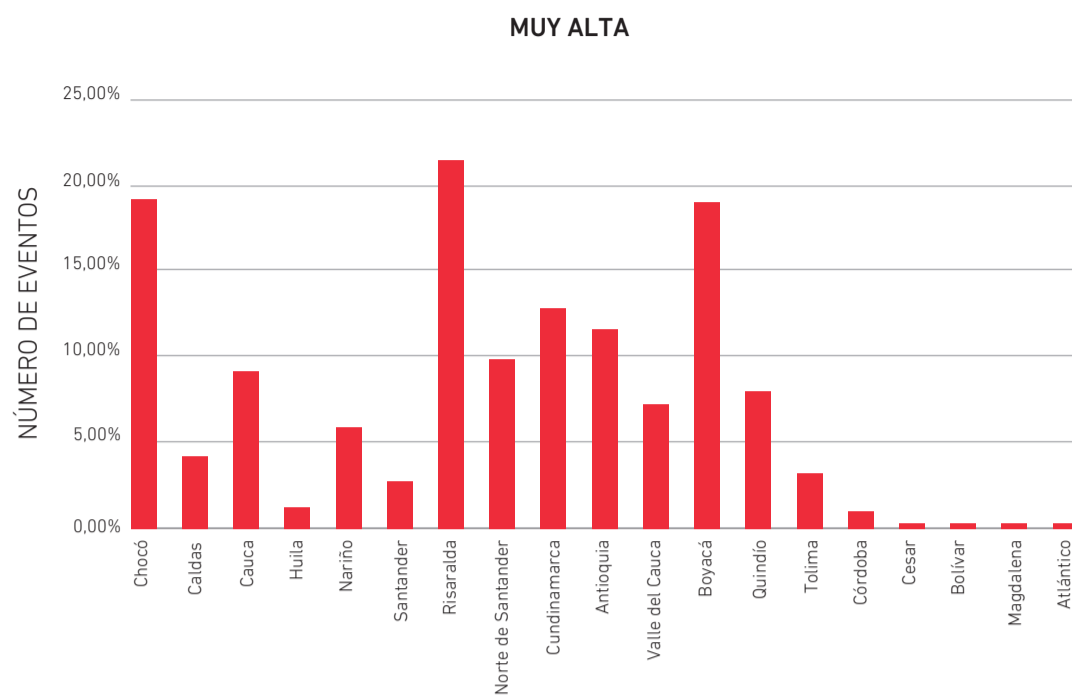


Gráfico 100. Distribución porcentual de amenaza muy alta por departamento.

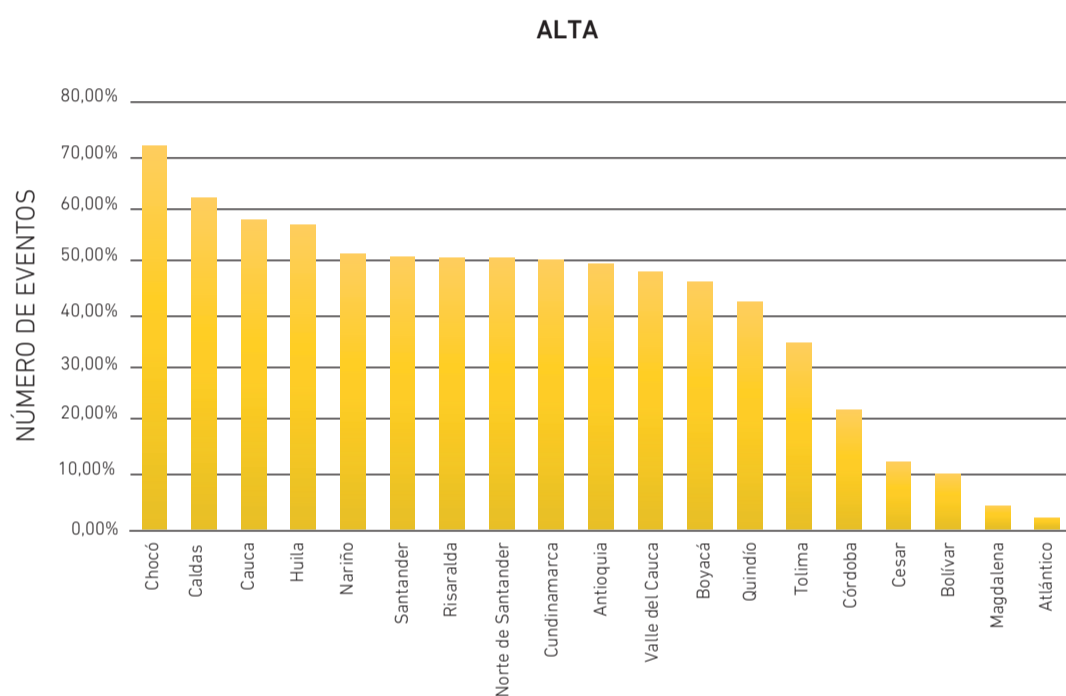



Gráfico 101. Distribución porcentual de amenaza alta por departamento.

zonificación, 12 presentan más de un 50 % de su área expuesta a este fenómeno, como Chocó (72,45 %), Caldas (62,54 %), Cauca (58,4 %) y Huila (57,4 %) (véanse gráficos 100 y 101).

La amenaza muy alta se concentra principalmente en la vertiente de los ríos Cauca y Patía, en la parte norte de la cordillera Oriental y en la cordillera Occidental. En la cordillera Oriental se destaca la inestabilidad de la zona debido al fracturamiento de los materiales asociado con la presencia de fallas. La amenaza alta se concentra especialmente en algunos sectores de la cordillera Central, en la Sierra Nevada de Santa Marta, en los macizos de Quetame y Santander y en el piedemonte de la cordillera Oriental.



 Zona rural del municipio de Mistrato (Departamento de Santander).



LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.	Planchas piloto elaboradas para generar documentos metodológicos.	21
Figura 2.	Metodología de zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000	23
Figura 3.	Atributos y variables utilizados en el proceso de zonificación.	29
Figura 4.	Estructura de almacenamiento de los archivos que conforman los productos de susceptibilidad y amenaza de cada una de las planchas.	31
Figura 5.	Componentes de cada plancha de susceptibilidad y amenaza.	32
Figura 6.	Definición de cada componente de la plancha de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.	33
Figura 7.	Estándar de grilla para las planchas de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.	33
Figura 8.	Proceso de revisión de productos cartográficos.	36
Figura 9.	Proceso de revisión de las zonificaciones de susceptibilidad y amenaza.	36
Figura 10.	Proceso de revisión de documentos.	37
Figura 11.	Formato F1.	38
Figura 12.	Formato F2.	38
Figura 13.	Formato F3.	39
Figura 14.	Formato F4.	39
Figura 15.	Formato F5.	39
Figura 16.	Aplicación del formato F2.	40
Figura 17.	Aplicación del formato F3.	40
Figura 18.	Aplicación del formato F4.	41
Figura 19.	Aplicación del formato F5.	41
Figura 20.	Diagrama de la metodología para la zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100.000 (SGC, 2013).	64
Figura 21.	Diagrama de la metodología para zonificación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa, escala 1:100.000 (SGC, 2013).	65
Figura 22.	Diagrama de la variable geología, atributos y porcentajes en la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa (SGC, 2013).	66
Figura 23.	Planchas geológicas 192 Laguna de Tota y 193 Yopal.	67
Figura 24.	Diagrama de la variable geomorfología, atributos y porcentajes en la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa (SGC, 2013).	69
Figura 25.	Diagrama de la variable suelos edáficos, atributos y porcentajes en la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa (SGC, 2013).	72
Figura 26.	Polígonos de suelos asociados a la plancha 303 Colombia. En rojo oscuro, la superposición de polígonos, y en rojo claro los vacíos de información.	73
Figura 27.	Área con vacíos y superposiciones en los polígonos de suelos (izquierda) y la misma zona luego de ser corregida espacialmente (derecha).	74
Figura 28.	Unidades cartográficas de suelos de la plancha 303 Colombia.	74
Figura 29.	Diferencias en la calificación de susceptibilidad entre dos planchas.	75
Figura 30.	Diagrama de la variable coberturas de la tierra, atributos y porcentajes en la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa (SGC, 2013)	77

Figura 31.	Procedimiento para obtención del atributo profundidad radicular.	79
Figura 32.	Procedimiento para la obtención del atributo evapotranspiración.	79
Figura 33.	Marco tectónico general de los Andes del norte, indicando los principales sistemas de fallas activas y potencialmente activas.	82
Figura 34.	Ejemplo de plancha geomorfológica 149 - Puerto Nare.	85
Figura 35.	Ejemplo de plancha de susceptibilidad por movimientos en masa 205 - Chinchiná.	86
Figura 36.	Ejemplo de plancha de amenaza relativa por movimientos en masa 204 - Puerto Rico	87
Figura 37.	Formato de captura de datos de inventario de movimientos en masa.	88
Figura 38.	Trazado de la vía Girardot-Honda-Puerto Salgar sobre el mapa nacional de susceptibilidad por movimientos en masa.	89
Figura 39.	Trazado de la vía Girardot-Honda-Puerto Salgar sobre el mapa nacional de amenaza relativa por movimientos en masa.	90
Figura 40.	Departamento de Antioquia y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000	98
Figura 41.	Planchas escala 1:100.000 del departamento de Arauca que hicieron parte del proyecto mapa nacional de amenaza.	106
Figura 42.	Departamento del Atlántico y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000	112
Figura 43.	Departamento de Bolívar y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	118
Figura 44.	Departamento de Boyacá y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	124
Figura 45.	Departamento de Caldas y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	130
Figura 46.	Planchas escala 1:100.000 del departamento de Caquetá que hicieron parte del proyecto mapa nacional de amenaza.	136
Figura 47.	Planchas escala 1:100.000 que conforman el departamento de Casanare. El achurado muestra la información a escala 1:100.000.	144
Figura 48.	Departamento de Cauca y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	152
Figura 49.	Departamento de Cesar y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	158
Figura 50.	Departamento de Chocó y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000	166
Figura 51.	Departamento de Córdoba y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000	172
Figura 52.	Índice de planchas IGAC escala 1:100 000 que cubren el departamento de Cundinamarca.	178
Figura 53.	Plancha escala 1:100.000 del departamento de Guaviare.	186
Figura 54.	Índice de planchas IGAC escala 1:100 000 que cubren el departamento de Huila.	190
Figura 55.	Planchas escala 1:100.000 que conforman el departamento de La Guajira. La zona sombreada del mapa muestra la información a escala 1:100.000.	196
Figura 56.	Departamento de Magdalena y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	202
Figura 57.	Departamento de Meta y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	208
Figura 58.	Departamento de Nariño y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	214
Figura 59.	Departamento de Norte de Santander y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	220
Figura 60.	Departamento de Putumayo y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	226

Figura 61.	Departamento de Quindío y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	234
Figura 62.	Departamento de Risaralda y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	240
Figura 63.	Departamento de Santander y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	246
Figura 64.	Departamento de Sucre y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	252
Figura 65.	Departamento de Tolima y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	258
Figura 66.	Departamento de Valle del Cauca y distribución de las planchas IGAC, escala 1:100.000.	264
Figura 67.	Departamento de Amazonas y distribución de las planchas IGAC, escala 1:500.000.	272
Figura 68.	Departamento de Guainía y distribución de las planchas IGAC, escala 1:500.000.	276
Figura 69.	Departamento de Vaupés y distribución de las planchas IGAC, escala 1:500.000.	280
Figura 70.	Departamento de Vichada y distribución de las planchas IGAC, escala 1:500.000.	284



LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.	Relación de convenios especiales de cooperación a través de los cuales se generaron las planchas de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.	27
Tabla 2.	Propuesta de calificación de las rocas dependiendo de su resistencia.	30
Tabla 3.	<i>Feature class</i> cobertura 000.	30
Tabla 4.	Personal del Servicio Geológico Colombiano que participó en el proyecto "Mapa nacional de amenaza por movimientos en masa, escala 1:100.000".	34
Tabla 5.	Costo del proyecto.	62
Tabla 6.	Costo de los convenios y fuentes de financiación.	62



LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Antioquia.	99
Gráfico 2.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Antioquia.	100
Gráfico 3.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Antioquia.	101
Gráfico 4.	Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales que ha trabajado el Servicio Geológico Colombiano.	107
Gráfico 5.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad de las planchas del departamento de Arauca.	108
Gráfico 6.	Porcentajes de las categorías de amenaza de las planchas del departamento de Arauca.	109
Gráfico 7.	Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Atlántico.	113
Gráfico 8.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento del Atlántico.	114
Gráfico 9.	Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento del Atlántico.	117
Gráfico 10.	Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Bolívar.	119
Gráfico 11.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Bolívar.	120
Gráfico 12.	Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Bolívar.	123
Gráfico 13.	Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Boyacá.	125
Gráfico 14.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Boyacá.	126
Gráfico 15.	Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Boyacá.	127
Gráfico 16.	Frecuencia de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Caldas.	131
Gráfico 17.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Caldas.	132
Gráfico 18.	Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Caldas.	133
Gráfico 19.	Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales que ha trabajado el SGC.	137
Gráfico 20.	Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma para el departamento de Caquetá.	138
Gráfico 21.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad de las planchas del departamento de Caquetá.	138
Gráfico 22.	Porcentajes de las categorías de amenaza de las planchas del departamento de Caquetá.	141
Gráfico 23.	Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales que ha trabajado el Servicio Geológico Colombiano.	145
Gráfico 24.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma para el departamento de Casanare.	146
Gráfico 25.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad de las planchas del departamento de Casanare.	146
Gráfico 26.	Porcentajes de las categorías de amenaza de las planchas del departamento de Casanare.	149
Gráfico 27.	Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Cauca.	153

Gráfico 28.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Cauca.	154
Gráfico 29.	Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Cauca.	155
Gráfico 30.	Frecuencia de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Cesar.	159
Gráfico 31.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Cesar.	160
Gráfico 32.	Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Cesar.	163
Gráfico 33.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Chocó.	167
Gráfico 34.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Chocó.	169
Gráfico 35.	Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Chocó.	171
Gráfico 36.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Córdoba.	173
Gráfico 37.	Porcentajes de las categorías de Susceptibilidad del departamento de Córdoba.	174
Gráfico 38.	Porcentajes de las categorías de amenaza relativa del departamento de Córdoba.	175
Gráfico 39.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma del departamento de Cundinamarca	179
Gráfico 40.	Categorías de susceptibilidad por movimientos en masa y sus porcentajes de ocupación en el departamento de Cundinamarca	180
Gráfico 41.	Categorías de amenaza por movimientos en masa y sus porcentajes de ocupación para el departamento de Cundinamarca.	181
Gráfico 42.	Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales que ha trabajado el Servicio Geológico Colombiano.	187
Gráfico 43.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad de las planchas del departamento de Guaviare.	188
Gráfico 44.	Porcentajes de las categorías de amenaza de las planchas del departamento de Guaviare.	189
Gráfico 45.	Frecuencia de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Huila.	191
Gráfico 46.	Categorías de susceptibilidad por movimientos en masa y sus porcentajes de ocupación del territorio huilense.	192
Gráfico 47.	Categorías de amenaza por movimientos en masa y sus porcentajes de ocupación para el departamento de Huila.	193
Gráfico 48.	Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales que ha trabajado el Servicio Geológico Colombiano.	197
Gráfico 49.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa registrados en el Simma para el departamento de La Guajira.	197
Gráfico 50.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad de las planchas del departamento de La Guajira.	198
Gráfico 51.	Porcentajes de las categorías de amenaza de las planchas del departamento de La Guajira.	199
Gráfico 52.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Magdalena	203
Gráfico 53.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Magdalena.	204
Gráfico 54.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Magdalena.	207
Gráfico 55.	Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales que ha trabajado el Servicio Geológico Colombiano.	209

Gráfico 56.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Meta.	209
Gráfico 57.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Meta.	210
Gráfico 58.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Meta.	211
Gráfico 59.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Nariño.	215
Gráfico 60.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Nariño.	216
Gráfico 61.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Nariño.	217
Gráfico 62.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Norte de Santander.	221
Gráfico 63.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Norte de Santander.	222
Gráfico 64.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Norte de Santander.	225
Gráfico 65.	Porcentajes de área departamental zonificada a escalas regionales, trabajadas en el Servicio Geológico Colombiano.	227
Gráfico 66.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Putumayo.	227
Gráfico 67.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Putumayo.	228
Gráfico 68.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Putumayo.	231
Gráfico 69.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Quindío.	235
Gráfico 70.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Quindío.	236
Gráfico 71.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Quindío.	237
Gráfico 72.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Risaralda.	241
Gráfico 73.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Risaralda	242
Gráfico 74.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Risaralda.	243
Gráfico 75.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Santander.	247
Gráfico 76.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Santander.	248
Gráfico 77.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Santander.	249
Gráfico 78.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Sucre.	255
Gráfico 79.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Sucre.	257
Gráfico 80.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Tolima.	259
Gráfico 81.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Tolima.	260
Gráfico 82.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Tolima.	263
Gráfico 83.	Frecuencia y número de los tipos de movimientos en masa, registrados en el Simma, del departamento de Valle del Cauca.	265
Gráfico 84.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Valle del Cauca.	266

Gráfico 85.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Valle del Cauca.	267
Gráfico 86.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Amazonas.	274
Gráfico 87.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Amazonas.	275
Gráfico 88.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Guainía.	278
Gráfico 89.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Guainía.	279
Gráfico 90.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Vaupés.	282
Gráfico 91.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Vaupés.	283
Gráfico 92.	Porcentajes de las categorías de susceptibilidad del departamento de Vichada	286
Gráfico 93.	Categorías y porcentajes de amenaza relativa del departamento de Vichada.	287
Gráfico 94.	Distribución porcentual de la susceptibilidad en las áreas analizadas a escala 1:500.000.	291
Gráfico 95.	Distribución porcentual de la susceptibilidad en las áreas analizadas a escala 1:100.000.	292
Gráfico 96.	Distribución porcentual de la susceptibilidad alta por departamento.	292
Gráfico 97.	Distribución porcentual de la susceptibilidad media por departamento	293
Gráfico 98.	Distribución porcentual de la amenaza relativa en las áreas analizadas a escala 1:500.000.	293
Gráfico 99.	Distribución porcentual de la amenaza relativa en las áreas analizadas a escala 1:100.000.	295
Gráfico 100.	Distribución porcentual de amenaza muy alta por departamento.	296
Gráfico 101.	Distribución porcentual de amenaza alta por departamento.	296



LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.	Sierra Nevada del Cocuy (Departamento de Santander)	6
Fotografía 2.	Vía Cepitá – San Gil (Municipio de Aratoca - Santander)	8
Fotografía 3.	Vía Cepitá – San Gil (Municipio de Aratoca - Santander)	12
Fotografía 4.	Veredea Alto de Afán (Municipio Mocoa - Putumayo)	16
Fotografía 5.	Grupo de trabajo del Servicio Geológico Colombiano (noviembre de 2015).	35
Fotografía 6.	Taller multitemático con participación de todas las entidades participantes del proyecto.	43
Fotografía 7.	Equipo de trabajo Servicio Geológico Colombiano.	44
Fotografía 8.	Trabajo de campo.	45
Fotografía 9.	Trabajo de campo.	47
Fotografía 10.	Volcán Galeras, parte de la zona de estudio del bloque 18 (fotografía de la Universidad Nacional, sede Bogotá, 2015)	47
Fotografía 11.	Golfo de Urabá, parte de la zona de estudio Bloque 17, Departamento de Antioquia (fotografía de la Universidad Nacional, sede Medellín, 2015).	48
Fotografía 12.	Taller de intercambio de conocimiento realizado en el marco de los convenios Universidad Nacional sede Medellín – SGC, con la participación de profesionales de otras universidades – Trabajo de campo.	49
Fotografía 13.	Ficha de inventario de un movimiento en masa levantado en el marco de proyecto.	49
Fotografía 14.	Parte del equipo de trabajo de la Universidad de Pamplona.	50
Fotografía 15.	Trabajo de campo.	51
Fotografía 16.	Parte del equipo de trabajo de la universidad de Pamplona y del SGC, participando en reuniones de avance.	51
Fotografía 17.	Trabajo de campo.	51
Fotografía 18.	Trabajo de campo.	52
Fotografía 19.	Trabajo de fotointerpretación.	53
Fotografía 20.	Notas de campo.	53
Fotografía 21.	Parte del equipo de trabajo de la Universidad Eafit, participando en discusiones temáticas.	54
Fotografía 22.	Notas de campo.	55
Fotografía 23.	Panorámica de la zona de estudio del bloque 6, departamento de Antioquia (fotografía de la Eafit, 2014).	55
Fotografía 24.	Taller de intercambio de conocimiento realizado en el marco de los convenios UIS-SGC.	57
Fotografía 25.	Trabajo de campo.	57
Fotografía 26.	Grupo de trabajo recibiendo capacitación en campo por parte de profesionales del SGC.	57
Fotografía 27.	Equipo de trabajo de la UPTC.	58
Fotografía 28.	Parte del grupo de la UPTC en trabajo de oficina.	59
Fotografía 29.	Trabajo de campo.	59
Fotografía 30.	Parte del equipo de trabajo del Ideam, participando en discusiones temáticas.	60
Fotografía 31.	Trabajo de campo realizado en el marco del proyecto.	61
Fotografía 32.	Levantamiento de datos de campo en la construcción de las variables del modelo.	61
Fotografía 33.	Deslizamiento en el sector de Las Margaritas, municipio de Copacabana	92

Fotografía 34.	Deslizamiento en el sector de Las Margaritas, municipio de Copacabana (fuente: http://www.eltiempo.com/colombia/medellin/alud-en-via-medellin-bogota-cerca-de-copacabana/16735617).	102
Fotografía 35.	Deslizamiento rotacional, municipio de Frontino, vereda Nare. Fecha del evento: 17 de abril de 2011 (clasificación y fotografía de Luisa Fernanda López, Eafit, 2014).	103
Fotografía 36.	Movimiento en masa complejo, conformado por un flujo y caída de detritos, municipio de Toledo, vereda Mena. Fecha del evento: 1.º de abril de 1969 clasificación y fotografía de Diana Castañeda y Juan Carlos Gómez, Universidad Nacional sede Medellín, 2014).	103
Fotografía 37.	Deslizamiento rotacional, municipio de San Jerónimo, vereda Polcal. Fecha del evento: 17 de abril de 2011 (clasificación y fotografía de Luisa Fernanda López, Eafit, 2014).	104
Fotografía 38.	Deslizamiento rotacional, municipio de Belmira, vereda Santo Domingo. Fecha del evento: 18 de septiembre de 2009 (clasificación y fotografía de Luisa Fernanda López, Eafit, 2014).	105
Fotografía 39.	Deslizamiento rotacional, municipio de Santa Fe de Antioquia, vereda San Carlos. Fecha del evento: 22 de junio de 2009 (clasificación y fotografía de Luisa Fernanda López, EAFIT, 2014).	105
Fotografía 40.	Deslizamiento traslacional planar de tierra, cerca de la vía La Salina-vereda Río Negro municipio de Tame) (tomada por la UIS, 2013).	110
Fotografía 41.	Flujo de detritos, municipio de Toledo, vereda El Porvenir (clasificación y fotografía de Silvia Viviana Machuca, UIS, 2014).	110
Fotografía 42.	Movimiento en masa complejo, conformado por una caída de detritos y un flujo de estos, municipio de Tame, El Pesebre (clasificación y fotografía de Jesús Rincón, UIS, 2014).	111
Fotografía 43.	Detalle de uno de los procesos de inestabilidad en Salgar (municipio de Puerto Colombia) (tomada del estudio de Ingeominas, 1999).	114
Fotografía 44.	Importante afectación de la infraestructura de las laderas occidentales de la ciudad de Barranquilla (tomada del estudio de Ingeominas y Alcaldía de Barranquilla, 2010).	117
Fotografía 45.	Panorámica del sitio donde se presentó el movimiento en masa tipo flujo de lodo, municipio Santa Rosa del Sur, vereda Los Canelos (clasificación y fotografía de Jesús David Gómez Gómez, Unipamplona, 2014).	121
Fotografía 46.	Movimiento en masa múltiple conformado por un deslizamiento traslacional y un flujo de detritos, municipio Santa Rosa del Sur (clasificación y fotografía de Jesús David Gómez Gómez, Unipamplona, 2014).	123
Fotografía 47.	Proceso de reptación de suelos en el predio El Hallazgo del municipio de Garagoa (fuente: Corpochivor, 2016).	128
Fotografía 48.	Deslizamiento traslacional y caída de detritos, municipio de Jericó (tomada por Milena Polo, SGC, 2012).	129
Fotografía 49.	Movimiento en masa tipo flujo y crecida de detritos, municipio de Susacón (tomada por Hárold Moya, SGC, 2013).	129
Fotografía 50.	Movimiento en masa complejo, conformado por una caída de tierra y un flujo de tierra en el barrio Cervantes (tomada por el geólogo Gustavo Trejos, SGC, 2011).	134
Fotografía 51.	Movimiento en masa complejo conformado por una caída de tierra y un flujo de tierra barrio Cervantes, Manizales (tomada por el geólogo Gustavo Trejos, SGC, 2011).	135
Fotografía 52.	Movimiento en masa tipo flujo de lodo, municipio de Manizales (tomada por Jhon Jairo Porras, UPTC, 2013).	135

Fotografía 53.	Movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento traslacional y un flujo de detritos, municipio de San Vicente del Caguán, vereda Troncales (clasificación y fotografía de William Fernando Duarte, UIS, 2014).	141
Fotografía 54.	Movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento traslacional y reptación de tierras, municipio de El Doncello, vereda Birmania (clasificación y fotografía de la Universidad Nacional sede Bogotá, 2014).	142
Fotografía 55.	Deslizamiento traslacional, municipio de San Vicente del Caguán, vereda Bajo Pato (clasificación y fotografía de William Fernando Duarte, UIS, 2014).	142
Fotografía 56.	Deslizamiento traslacional, municipio de San Vicente del Caguán, vereda Tocaima (clasificación y fotografía de William Fernando Duarte, UIS, 2014).	143
Fotografía 57.	Ruinas de la planta de tratamiento de agua potable, destruida por un movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento rotacional y una caída de roca (tomada por Camilo Andrés Talero Neita, UPTC, 2014).	146
Fotografía 58.	Movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento rotacional y una caída de roca, que destruyó la planta de tratamiento de agua potable (tomada por Camilo Andrés Talero Neita, UPTC, 2014).	149
Fotografía 59.	Movimiento en masa deslizamiento rotacional, municipio de Yopal (clasificación y fotografía de Chayanna del Carmen Vega Pérez, UPTC, 2014).	150
Fotografía 60.	Movimiento en masa deslizamiento rotacional, municipio de Pore (clasificación y fotografía de Jairo Alonso Pérez Siabatto, UPTC, 2014).	151
Fotografía 61.	Movimiento en masa flujo de detritos, municipio de Paz de Ariporo (clasificación y fotografía de Kenia Johana Martínez Carrascal, UPTC, 2014).	151
Fotografía 62.	Daños causados por el deslizamiento en Popayán-Inza (fuente: http://www.eltiempo.com/colombia/cali/derrumbes-en-cauca/16587910).	156
Fotografía 63.	Deslizamiento traslacional, municipio de Popayán, vereda El Canelo (clasificación y fotografía de Óscar E. Romero, UIS, 2014).	157
Fotografía 64.	Movimiento en masa tipo deslizamiento traslacional. Fuente: Diario El Pílon, mayo de 2016 (fuente: http://elpilon.com.co/derrumbes-afectan-via-zona-rural-pailitas/).	163
Fotografía 65.	Movimiento en masa compuesto conformado por un deslizamiento traslacional y flujo de detritos, municipio de Pailitas, vereda San Isidro (clasificación y fotografía de Claudia Bibiana Grisales, Unipamplona, 2014).	164
Fotografía 66.	Movimiento en masa sucesivo conformado por un deslizamiento traslacional, municipio de Valledupar, vereda Chemesquemena (clasificación y fotografía de José Duque, Eafit, 2014).	165
Fotografía 67.	Movimiento en masa tipo deslizamiento traslacional en el municipio de Tadó (fuente: Noticias RCN, abril de 2016).	171
Fotografía 68.	Movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento rotacional y flujo de detritos, municipio de Bahía Solano, vereda El Valle (clasificación y fotografía de Camilo Flórez, Eafit, 2014).	171
Fotografía 69.	Movimiento en masa único, clasificado como deslizamiento rotacional, municipio de Tierralta, vereda Campobello (clasificación y fotografía de Jhónatan Rincón, Universidad Nacional, sede Medellín, 2014).	176
Fotografía 70.	Movimiento en masa único, clasificado como deslizamiento rotacional, municipio de Puerto Libertador, vereda Caracolí (clasificación y fotografía de Jénifer A. y Juan Carlos M., Universidad Nacional, sede Medellín, 2014).	177

Fotografía 71.	Movimiento compuesto, parte alta de la quebrada Negra del municipio de Útica. Fecha del evento: 24/06/2013 (clasificación y fotografía de Andrés Reyes, Ingeominas, 2013).	182
Fotografía 72.	Movimiento complejo (traslacional, caída de roca y flujo de detritos) presentado en la bocatoma del municipio de Ubaté. Fecha del evento: 19 de abril de 2012 (clasificación y fotografía de Andrés Reyes, Ingeominas, 2012).	183
Fotografía 73.	Vista general del proceso de movimiento en masa complejo, tipo deslizamiento rotacional-flujo, sobre un depósito de origen coluvial. Soacha, Cundinamarca (clasificación y fotografía de Ingeominas, 2006).	183
Fotografía 74.	Movimiento en masa complejo, que consta de un deslizamiento traslacional y caídas de rocas, sobre la margen izquierda de la quebrada La Sucia, en el municipio de Medina (tomada por Chayanna del Carmen Vega Pérez, UPTC, 2014).	184
Fotografía 75.	Movimiento en masa complejo, conformado por deslizamiento traslacional principal (al fondo) y flujos de detritos, el cual deposita los materiales removidos sobre el cauce del caño Blanco en la vereda Los Alpes del municipio de Medina (tomada por Chayanna del Carmen Vega Pérez, UPTC, 2014).	185
Fotografía 76.	Deslizamiento traslacional sobre una ladera con erosión en terracetas o patas de vaca en la vereda Las Iglesias del municipio de Puerto Rico (clasificación y fotografía de Ferney Hernández, UIS, 2013).	194
Fotografía 77.	Movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento traslacional y un flujo de tierra, municipio de Aipe, vereda Aipe (clasificación y fotografía de Hernán Ferney Hernández, UIS, 2013).	195
Fotografía 78.	Deslizamiento rotacional en el municipio de Riohacha (clasificación y fotografía de Eafit, 2014).	201
Fotografía 79.	Vista de las zonas afectadas por los flujos en la cuenca del río Manzanares, en el norte del barrio Tayrona en Santa Marta. 14 de diciembre de 1999 (tomado de Ingeominas, 2000).	204
Fotografía 80.	Deslizamiento rotacional localizado en el municipio de Ciénaga (tomada por la Universidad Eafit, 2013).	207
Fotografía 81.	Movimiento en masa múltiple con caída de roca y de detritos, municipio de San Juan de Arama (clasificación y fotografía de Jairo Alonso Pérez, UPTC, 2014).	213
Fotografía 82.	Movimiento en masa compuesto por deslizamiento rotacional y caída de detritos, municipio de Lejanías (clasificación y fotografía de Jairo Alonso Pérez, UPTC, 2014).	213
Fotografía 83.	Municipio de Chachagüí, vía Panamericana PR 18 + 800: movimiento en masa traslacional (Ingeominas, 2007).	218
Fotografía 84.	Municipio de El Tambo, vereda San Antonio de la Chuza: movimiento en masa en el sector Saracocho (tomado de http://tamboaldia.blogspot.com.co/2011_04_01_archive.html).	219
Fotografía 85.	Movimiento en masa compuesto, presenta un deslizamiento rotacional y caída de tierra, municipio de Ipiales (clasificación y fotografía de la Universidad de Caldas, 2014).	219
Fotografía 86.	Ruinas del casco urbano del municipio de Gramalote destruido por un movimiento en masa (Fuente: SGC, 2012).	225
Fotografía 87.	Movimiento en masa compuesto, consta de un deslizamiento traslacional con flujo de detritos en inmediaciones de las veredas Paramito y Pedro Alonso del municipio de Labateca (clasificación y fotografía por Diego Yonathan Hernández, UIS, 2013).	225
Fotografía 88.	Deslizamiento traslacional localizado en el municipio de Mocoa (clasificación y fotografía por Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, 2013).	231

Fotografía 89.	Flujo de detritos en el municipio de Villa Garzón (clasificación y fotografía por Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, 2013).	232
Fotografía 90.	Deslizamiento traslacional compuesto con caída de detritos en el municipio de Mocoa (clasificación y fotografía por Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, 2013).	232
Fotografía 91.	Caída de detritos, municipio de Mocoa (clasificación y fotografía por Universidad Nacional, sede Bogotá, 2014).	233
Fotografía 92.	Movimiento en masa de tipo caída de roca, municipio de Génova, vereda Santa Elena (clasificación y fotografía por Luis David Mesa, UPTC, 2013).	238
Fotografía 93.	Movimiento en masa compuesto, presenta un deslizamiento rotacional y un flujo de detritos, municipio de Génova (clasificación y fotografía por Luis David Mesa, UPTC, 2013).	239
Fotografía 94.	Movimiento en masa caída de roca, municipio de Mistrató, (clasificación y fotografía por Luis David Mesa Ríos, UPTC, 2013).	245
Fotografía 95.	Movimiento en masa flujo de detritos, municipio Belén de Umbría (clasificación y fotografía por Luis David Mesa, UPTC, 2013).	245
Fotografía 96.	Movimiento en masa complejo, con una longitud total de aproximadamente 1,5 km, conformado por deslizamientos rotacionales y flujos de detritos, cerca de la vía que conduce al municipio de Molagavita, de la quebrada Inabula (tomada por Jorge Leonardo Chaparro, UIS, 2013).	251
Fotografía 97.	Flujo de detritos que afecta durante las temporadas invernales un tramo de la vía Rionegro-El Playón y que constituye también una amenaza para el corregimiento de La Ceiba (municipio de Rionegro) (tomada por Jorge Leonardo Chaparro, UIS, 2013).	251
Fotografía 98.	Movimiento en masa compuesto, presenta un movimiento traslacional y una caída de roca, municipio de Roncesvalles, vereda Santa Elena (clasificación y fotografía por Jhon Jairo Porras, UPTC, 2013).	263
Fotografía 99.	Movimiento en masa compuesto, presenta caída de roca y de detritos, municipio de Ortega (clasificación y fotografía por Jhon Jairo Porras, UPTC, 2013).	263
Fotografía 100.	Movimiento en masa compuesto, conformado por un deslizamiento traslacional y un flujo de detritos, municipio de Dagua (clasificación y fotografía por UNAL, 2013).	268
Fotografía 101.	Movimiento en masa traslacional, municipio de Dagua (clasificación y fotografía por Universidad Nacional de Bogotá, 2014).	269
Fotografía 102.	Movimiento en masa traslacional, municipio de Dagua, vereda Zabaletas (clasificación y fotografía por Universidad Nacional de Bogotá, 2014).	269



LISTADO DE MAPAS

Mapa 1.	Mapa de categorías de amenaza relativa por movimientos en masa en Colombia. Ingeominas, 2001. Escala 1:1.500.000.	20
Mapa 2.	Mapa nacional de amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:500.000 (Ingeominas-Ideam, 2010).	22
Mapa 3.	Distribución de las planchas IGAC escala 1:100.000 del territorio colombiano sobre el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa escala 1:500.000.	24
Mapa 4.	Distribución de bloques y planchas control.	26
Mapa 5.	Mapa nacional de susceptibilidad de la variable geología.	68
Mapa 6.	Mapa nacional de susceptibilidad de la variable geomorfología.	71
Mapa 7.	Mapa nacional de susceptibilidad de la variable suelos edáficos.	76
Mapa 8.	Mapa nacional de susceptibilidad de la variable coberturas de la tierra.	81
Mapa 9.	Mapa nacional del detonante climático empleado en la zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100.000.	83
Mapa 10.	Mapa nacional del detonante sismo empleado en la zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100.000.	84
Mapa 11.	Distribución de planchas escala 1:100.000 y 1:500.000 que conforman los departamentos	96
Mapa 12.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Antioquia.	100
Mapa 13.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Antioquia.	101
Mapa 14.	Mapa integrado de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Arauca	108
Mapa 15.	Mapa integrado de amenaza a los movimientos en masa del departamento de Arauca.	109
Mapa 16.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento del Atlántico.	115
Mapa 17.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Atlántico.	116
Mapa 18.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Bolívar.	121
Mapa 19.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Bolívar.	122
Mapa 20.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Boyacá.	126
Mapa 21.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Boyacá.	127
Mapa 22.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Caldas.	132
Mapa 23.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Caldas.	133
Mapa 24.	Mapa integrado de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Caquetá.	139
Mapa 25.	Mapa integrado de amenaza a los movimientos en masa del departamento de Caquetá.	140
Mapa 26.	Mapa integrado de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Casanare	147
Mapa 27.	Mapa integrado de amenaza a los movimientos en masa del departamento de Casanare.	148
Mapa 28.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Cauca.	154
Mapa 29.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Cauca	155
Mapa 30.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Cesar.	161

Mapa 31.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Cesar.	162
Mapa 32.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Chocó	169
Mapa 33.	Amenaza relativa del departamento de Chocó.	171
Mapa 34.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Córdoba.	174
Mapa 35.	Amenaza relativa del departamento de Córdoba.	175
Mapa 36.	Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa para el departamento de Cundinamarca.	180
Mapa 37.	Mapa de amenaza por movimientos en masa para el departamento de Cundinamarca.	181
Mapa 38.	Mapa integrado de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Guaviare.	188
Mapa 39.	Mapa integrado de amenaza a los movimientos en masa del departamento de Guaviare.	189
Mapa 40.	Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa para el departamento de Huila.	192
Mapa 41.	Mapa de amenaza por movimientos en masa para el departamento de Huila.	193
Mapa 42.	Mapa integrado de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de La Guajira.	198
Mapa 43.	Mapa integrado de amenaza a los movimientos en masa del departamento de La Guajira.	199
Mapa 44.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Magdalena.	205
Mapa 45.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Magdalena.	206
Mapa 46.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Meta	210
Mapa 47.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Meta.	211
Mapa 48.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Nariño.	216
Mapa 49.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Nariño.	217
Mapa 50.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Norte de Santander.	223
Mapa 51.	Mapa de amenaza por movimientos en masa para el Departamento de Norte de Santander.	224
Mapa 52.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Putumayo.	229
Mapa 53.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Putumayo.	230
Mapa 54.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Quindío.	236
Mapa 55.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Quindío.	237
Mapa 56.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Risaralda.	242
Mapa 57.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Risaralda.	243
Mapa 58.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Santander.	248
Mapa 59.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Santander.	249
Mapa 60.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Sucre.	254
Mapa 61.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Sucre.	256
Mapa 62.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Tolima.	261
Mapa 63.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Tolima.	262
Mapa 64.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Valle del Cauca.	266

Mapa 65.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Valle del Cauca.	267
Mapa 66.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Amazonas.	274
Mapa 67.	Mapa de amenaza relativa por movimientos en masa del departamento de Amazonas.	275
Mapa 68.	Mapa de susceptibilidad por los movimientos en masa del departamento de Guainía.	278
Mapa 69.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Guainía.	279
Mapa 70.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Vaupés.	282
Mapa 71.	Mapa de amenaza relativa del departamento de Vaupés.	283
Mapa 72.	Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del departamento de Vichada.	286
Mapa 73.	Mapa de amenaza relativa por movimientos en masa del departamento de Vichada.	287
Mapa 74.	Mapa integrado de susceptibilidad a los movimientos en masa en Colombia	290
Mapa 75.	Mapa integrado de amenaza relativa por movimientos en masa en Colombia.	294



LISTADO DE PLANCHAS

Número de plancha	Nombre	Número de plancha	Nombre
11	Santa Marta	54	Mompox
12	Don Diego	55	El Banco
13	Dibulla	56	San Roque
14	Albania	57	Puerto Barco
15	Maicao	58	Sapzurro
16	Galerazamba	59	Mulatos
17	Barranquilla	60	Canalete
18	Ciénaga	61	Montería
19	Sierra Nevada Santa Marta	62	La Ye
20	San Juan del Cesar	63	San Marcos
21	Fonseca	64	Pinillos
22	Los Remedios	65	Tamalameque
23	Cartagena	66	El Tarra
24	Sabanalarga	67	Tibú
25	Fundación	68	Acandí
26	Pueblo Bello	69	Necoclí
27	Valledupar	70	Valencia
28	Villanueva	71	Planeta Rica
29	Islas del Rosario	72	Pueblo Nuevo
30	Arjona	73	Ayapel
31	Campo de la Cruz	74	Guarandá
32	Chivolo	75	Morales
33	El Copey	76	Ocaña
34	Agustín Codazzi	77	Campo Dos
35	Río Espíritu Santo	78	Puerto Santander
36	Islas San Bernardo	79	Turbo
37	María La Baja	79B	Unguía
38	El Carmen de Bolívar	80	Tierralta
39	El Dificil	81	Puerto Libertador
40	Bosconia	82	Montelíbano
41	Becerril	83	Nechí
42	Serranía de Perijá	84	Los Canelos
43	Coveñas	85	Simití
43B	Paso Nuevo	86	Ábrego
44	Sincelejo	87	Sardinata
45	San Pedro	88	Cúcuta
46	Santa Ana	89	Sautatá
47	Chiriguana	89B	Río Salaquí
48	La Jagua de Ibérico	90	Chigorodó
50	Moñitos	91	Belencito
51	Lorica	92	Tierradentro
52	Sincelejo	93	Cáceres
53	Magangué	94	El Bagre

Número de plancha	Nombre	Número de plancha	Nombre
95	Buenvista	148	San Carlos
96	San Rafael	149	Puerto Nare
97	San Alberto	150	Cimitarra
98	Arboledas	151	Charalá
99	Villa del Rosario	152	Soatá
100	El Pacífico	153	Chita
101	Riosucio	154	Hato Corozal
102	Belén de Bajirá	163	Nuquí
103	Mutatá	164	Quibdó
104	Ituango	165	El Carmen
105	Valdivia	166	Jericó
106	Zaragoza	167	Sonsón
107	Cerro Azul	168	Argelia
108	Puerto Wilches	169	Puerto Boyacá
109	Rionegro	170	Vélez
110	Pamplona	171	Duitama
111	Toledo	172	Paz de Río
111 Bis	La Chata	173	Támara
112	Río Truandó	174	Paz de Ariporo
112 Bis	Juradó	183	Coquí
113	Murindó	184	Lloró
114	Dabeiba	185	Bagadó
115	Toledo	186	Riosucio
116	Yarumal	187	Salamina
117	Amalfi	188	La Dorada
118	San Francisco	189	La Palma
119	Barrancabermeja	190	Chiquinquirá
120	Bucaramanga	191	Tunja
121	Cerrito	192	Laguna de Tota
122	Chucarima	193	Yopal
123	Saravena	194	San Luis de Palenque
127	Cupica	202	Piliza
128	Bellavista	203	Istmina
129	Cañas Gordas	204	Pueblo Rico
130	Santa Fe de Antioquia	205	Chinchiná
131	Santa Rosa de Osos	206	Manizales
132	Yolombó	207	Mariquita
133	Puerto Berrío	208	Villeta
134	Puerto Parra	209	Zipacquirá
135	San Gil	210	Guateque
136	Málaga	211	Tauramena
137	El Cocuy	212	Aguazul
138	Tame	221	Pizarro
143	Bahía Solano	222	Sipí
144	Río Tagachí	223	El Cairo
145	Urrao	224	Pereira
146	Medellín	225	Nevado del Ruiz
147	Medellín oriental	226	Líbano

Número de plancha	Nombre	Número de plancha	Nombre
227	Bogotá noroeste	341	El Plateado
228	Bogotá noreste	342	Popayán
229	Gachalá	343	Silvia
230	Monterrey	344	Tesalia
240	Pichimá	345	Campoalegre
241	Cucurupí	346	Rovira
242	Zarzal	347	Espelda Nuevo
243	Armenia	348	Serranía de La Macarena
244	Ibagué	361	Bocas de Satinga
245	Girardot	361 Bis	El Caimito
246	Santa Fe de Bogotá suroeste	362	Santa Rita
247	Cáqueza	363	Argelia
248	Cumaral	364	Timbío
259	Malaguita	365	Coconuco
260	Buenaventura	366	Garzón
261	Tuluá	367	Gigante
262	Génova	368	San Vicente del Caguán
263	Ortega	370	La Macarena
264	Espinal	383	Tumaco
265	Icononzo	384	Río Payán
266	Villavicencio	385	Ricaurte
278	Bahía de Buenaventura	386	Mercaderes
279	Dagua	387	Bolívar
280	Palmira	388	Pitalito
281	Río Blanco	389	Suaza
282	Chaparral	390	Puerto Rico
283	Purificación	391	Lusitania
284	Santana	407	Río Mira
285	San Martín	408	Roberto Payán
298	San Antonio de Yurumanguí	409	Las Cruces
299	Jamundí	410	La Unión
300	Cali	411	La Cruz
301	Planadas	412	Río La Fragua
302	Aipe	413	Florencia
303	Colombia	414	El Doncello
304	La Uribe	427	Río Nulpe
305	San Juan de Arama	427 Bis	Río Mataje
318	Bubuey	428	Túquerres
319	Zaragoza	429	Pasto
320	Buenos Aires	430	Mocoa
321	Santander de Quilichao	431	Puerto Nuevo
322	Santa María	447	Ipiales
323	Neiva	447Bis	Talambí
324	Tello	448	Puerres
325	El Diviso	449	Orito
326	Vista Hermosa	465	Churuyaco
339	Mosquera	466	La Hormiga
340	Guapi	481	Teteyé



BIBLIOGRAFÍA

- Anbalagan, R. (1992). Terrain evaluation and landslide hazard zonation for environmental regeneration and land use planning in mountainous terrain. Proceedings of the sixth International Symposium on Landslides, Christchurch.
- Banco Mundial (2012). *Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia. Un aporte para la construcción de políticas públicas*. Washington.
- Brabb, E. E.; Pampeyan, E. H. y Bonilla, M. G. (1972). *Landslide susceptibility in San Mateo County, California, U.S. Geological Survey*. Miscellaneous Field Studies Map 360.
- Carvajal, J. H. (2012). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia*. Bogotá.
- Coblentz, D. D. y Richardson, R. M. (1996). Analysis of the South American intraplate stress field. En *Journal of Geophysical Research*, 100 (20): 245-20, 255.
- Commission on Engineering Geological Mapping of the International Association of Engineering Geology (1976). *Engineering geological maps. A guide to their preparation*. París: The Unesco Press.
- DANE (2007). Estimación de población 1985- 2005 y proyecciones 2005-2020 por sexo y área nacional y departamental. Tomado de: http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=72
- DeMets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F. y Stein, S. (1990). Current Plate Motions. En *Geophysical Journal International*, 101, 425-478.
- Departamento Nacional de Planeación (2011). Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para todos (tomo II). Bogotá: Imprenta Nacional.
- _____ (2015). Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018: Todos por un mismo país. Bogotá: Imprenta Nacional.
- Freymueller, J. T. Kellogg, J. N. y Vega, V. (1993). Plate Motions in the North Andean Region. En *Journal of Geophysical Research* 98 (12): 21,853-21,863.
- Guzmán D.; Ruiz, J. F.; Cadena M. (2014). *Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual, a través análisis de componentes principales (ACP)*. Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático, Subdirección de Meteorología del Ideam.
- Ideam, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Ideam (2010a). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Editorial Scripto.

- _____ (2010b). Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- Ingeominas (1999). *Aportes al conocimiento de los fenómenos de remoción en masa en Puerto Salgar, Puerto Colombia, Atlántico*. Cartagena de Indias.
- _____ (2001). Mapa de categorías de amenaza relativa por movimientos en masa de Colombia, escala 1:1.500.000. Bogotá.
- _____ (2007). *Atlas geológico de Colombia*. Escala 1:500.000, 26 planchas. Bogotá.
- _____ (2011). *Base de datos de fallas activas de Colombia*. Bogotá.
- Ingeominas y Alcaldía de Barranquilla (2011). *Zonificación de amenaza por movimientos en masa de las laderas occidentales de Barranquilla, departamento del Atlántico*. Acuerdo Específico Interadministrativo 028-2008.
- Ingeominas y Ideam (2010). Mapa de categorías de amenaza relativa por movimientos en masa de Colombia, escala 1:500.000. Bogotá.
- Ingeominas y Universidad Nacional de Colombia (2010). *Actualización del mapa nacional de amenaza sísmica 2007-2009*. Bogotá.
- Iriarte, H. (2000). *Esta es Colombia*. Bogotá: Ediciones Gamma.
- Mégard, F. (1987). Cordilleran and Marginal Andes: A Review of Andean Geology North of the Arica Elbow (18° S). En Monger y Francheteau (ed.), *Circum-Pacific Orogenic Belts and Evolution of the Pacific Ocean Basins*. Geodyn. Sev. 18, 71-95.
- Meijer, P. TH. y Wortel, M. J. R. (1992). The Dynamics of Motion of the South American Plate. En *Journal of Geophysical Research*, 97 (B8), 11,915-11,931.
- Nilsen, T. y Wright, R. H. (1979). Relative Slope Stability and Land-Use Planning; Selected Examples form San Francisco Bay Region, California. U. S. *Geol. Surv. Prof. Paper*. 944.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2006). *Evapotranspiración del cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivo*.
- Organización Naciones Unidas y Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (ONU/EIRD) (2004). *Vivir con el riesgo. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres*. Suiza.
- Paris, G.; Machette, M.; Dart, R. y Haller, K. (2000). Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions. A Project of the International Lithosphere Program Task Group II-2, Major Active Faults of the World. Open-File Report 00-0284, USGS.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA) (2007). Movimientos en masa en la región andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería,

- Publicación Geológica Multinacional. Servicio Nacional de Geología y Minería, (4), (CD-ROM).*
- Servicio Geológico Colombiano (SGC) (2012). Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos, aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.
- _____ (2012). Documento metodológico de la zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa. Escala 1:100.000. Bogotá.
- _____ (2014a) Estándares de cartografía para susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Bogotá.
- _____ (2014b) Estándares de cartografía geomorfológica aplicada a movimientos en masas escala 1:100.000. Bogotá.
- _____ (s. f.) Servicio Geoportal. Recuperado de <http://geoportal.sgc.gov.co/geoportalsgc/catalog/quicklink/amenazaMasa.page>
- Sistema de Información de Movimientos en Masa - Simma (s. f.) Recuperado de <http://simma.sgc.gov.co/#/>
- Soldano, A. (2008). Conceptos sobre Riesgo. Síntesis temática realizada para el Foro Virtual de la Red Interamericana de Mitigación de Desastres. Conae, Comisión Nacional de Actividades Espaciales y el Departamento de Desarrollo Sostenible de la Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, OEA/DSS. Argentina.
- Stefanick, M. y Jurdy, D. M. (1992). Stress observations and driving force models for the South American Plate. *Journal of Geophysical Research* vol. 97(B8): 11,908-11,913.
- Trenberth, K. E., James, P. D.; Ambenje, P.; Bojariu, R.; Easterling, D.; Klein Tank, A.; Parker, D.; Rahimzadeh, F.; Renwick, J. A.; Rusticucci, M.; Soden, B. y Zhai P. (s. f.). Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. En Solomon et al., *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (235-336). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

MAPA NACIONAL DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA INTEGRADO ESCALAS 1:100.000 - 1:500.000

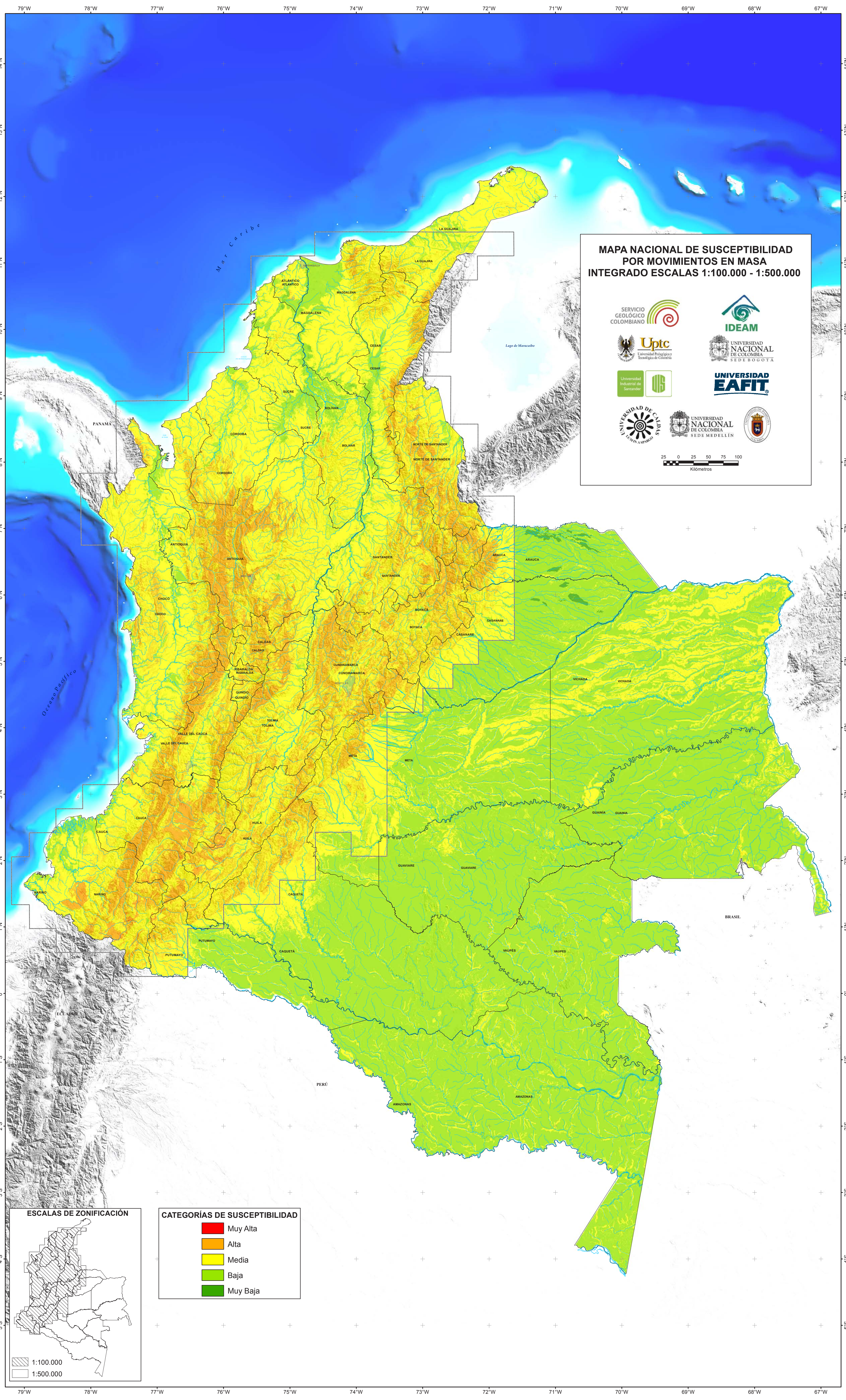
25 0 25 50 75 100
Kilómetros

CATEGORÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD

- Muy Alta
- Alta
- Media
- Baja
- Muy Baja

ESCALAS DE ZONIFICACIÓN

1:100.000
1:500.000





www.sgc.gov.co