

SERVICIO
GEOLÓGICO
COLOMBIANO



Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

ACUERDO ESPECÍFICO

No. 05 DE 2010

**MEMORIA EXPLICATIVA DE LA ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD Y
AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000
PLANCHA 266 - VILLAVICENCIO**

Bogotá, diciembre de 2016





Dirección de
Geoamenazas



IDEAM
Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales
Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental

ACUERDO ESPECÍFICO

No. 05 DE 2010

MEMORIA EXPLICATIVA DE LA ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000 PLANCHA 266 - VILLAVICENCIO

EQUIPO EJECUTOR – IDEAM

María Saralux Valbuena

Dirección Proyecto

Reinaldo Sánchez

Jorge Luis Ceballos

Dirección Técnica Proyecto

Vicente Peña

Oscar Gavidia

Cesar Fernando Peña

Eduardo Andrés Tobón

Kim Robertson

UPTC

Geología y Geomorfología

Carlos Ortegón

Astrid Eugenia Cruz

Cobertura de la Tierra

Rocío Rincón

Reinaldo Sánchez

Suelos

Eduardo Andrés Tobón

Vanessa Montañez

Adriana Rojas

Omar Jaramillo

Sistema de Información Geográfica

EQUIPO ASESOR – SGC

Ing. Gloria Lucía Ruíz

Supervisión Convenio

Geol. Sofía del Rosario Navarro

Coordinadora Grupo Técnico

Geol. Sofía del Rosario Navarro

Geología y Geomorfología

Ing. Karol Constanza Ramírez

Cobertura de la Tierra

Ing. Carlos Andrés Gamboa

Suelos Edáficos

Ing. Jesús Hernando Sandoval

Ing. Luis Antonio Barrera

Sistema de Información Geográfica

Ing. Milena Polo Carrascal

Análisis de detonantes y amenaza

Bogotá, diciembre de 2016

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
1. DESARROLLO METODOLÓGICO	13
1.1 SUSCEPTIBILIDAD POR GEOLOGÍA.....	15
1.1.1 Susceptibilidad muy alta	15
1.1.2 Susceptibilidad alta	16
1.1.3 Susceptibilidad media.....	17
1.1.4 Susceptibilidad baja.....	17
1.1.5 Susceptibilidad muy baja	18
1.2 SUSCEPTIBILIDAD POR GEOMORFOLOGÍA.....	18
1.2.1 Susceptibilidad muy alta	19
1.2.2 Susceptibilidad alta	20
1.2.3 Susceptibilidad media.....	20
1.2.4 Susceptibilidad baja.....	21
1.2.5 Susceptibilidad muy baja	21
1.3 SUSCEPTIBILIDAD POR SUELOS EDÁFICOS	21
1.3.1 Susceptibilidad alta	22
1.3.2 Susceptibilidad media.....	23
1.3.3 Susceptibilidad baja.....	23
1.3.4 Susceptibilidad muy baja	23
1.4 SUSCEPTIBILIDAD POR COBERTURA DE LA TIERRA.....	24
1.4.1 Susceptibilidad muy alta	25
1.4.2 Susceptibilidad alta	25
1.4.3 Susceptibilidad media.....	25
1.4.4 Susceptibilidad baja.....	26

1.4.5	Susceptibilidad muy baja	26
1.5	ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES PARA LA GENERACIÓN DE LA AMENAZA	26
1.5.1	Detonante climático	26
1.5.2	Detonante sismo	28
2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA..	31
2.1	SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA	31
2.1.1	Susceptibilidad muy alta	33
2.1.2	Susceptibilidad alta	33
2.1.3	Susceptibilidad media.....	34
2.1.4	Susceptibilidad baja.....	35
2.2	AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	35
2.2.1	Amenaza muy alta	37
2.2.2	Amenaza alta.....	39
2.2.3	Amenaza media	40
	CONCLUSIONES.....	42
	RECOMENDACIONES	46
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
	ANEXOS.....	50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización geográfica de la Plancha 266 - Villavicencio.	11
Figura 2. Esquema metodológico para la generación del mapa de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa.	13
Figura 3. Mapa de susceptibilidad por la variable Geología.	16
Figura 4. Mapa de susceptibilidad por la variable Geomorfología.	19
Figura 5. Mapa de susceptibilidad por la variable Suelos Edáficos.	22
Figura 6. Mapa de susceptibilidad por la variable Cobertura de la Tierra.	24
Figura 7. Mapa del detonante climático calificado utilizado en el modelo de amenaza por movimientos en masa de la plancha 266.	27
Figura 8. Mapa del detonante sismo calificado utilizado en el modelo de amenaza por movimientos en masa de la plancha 266 Villavicencio.	29
Figura 9. Distribución Porcentual de la Susceptibilidad Total.	32
Figura 10. Mapa de Susceptibilidad Total a Movimientos en Masa para la Plancha 266 - Villavicencio.	32
Figura 11. Mapa de zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100000 para la plancha 266 Villavicencio.	36
Figura 12. Distribución porcentual de la amenaza por movimientos en masa, plancha 266 Villavicencio.	37

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Lista de insumos.....	14
Tabla 2. Relación entre área y calificación de la Susceptibilidad por Movimientos en Masa.....	31
Tabla 3. Relación entre área y calificación de la amenaza por movimientos en masa...	36

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A.** Susceptibilidad por Geología.
- Anexo B.** Susceptibilidad por Geomorfología.
- Anexo C.** Susceptibilidad por Suelos Edáficos.
- Anexo D.** Susceptibilidad por Cobertura de la Tierra.
- Anexo E.** Amenaza por detonante Clima.
- Anexo F.** Amenaza por detonante Sismo.

RESUMEN

La presente memoria explicativa: zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa a escala 1:100.000 para la Plancha 266 - Villavicencio, se llevó a cabo mediante la recopilación, valoración y procesamiento de información temática sobre geología, geomorfología, suelos y coberturas de la tierra, con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y aplicación de técnicas de sensores remotos que permitieron la caracterización y análisis cualitativo y cuantitativo de dichas variables del terreno y sus respectivos parámetros.

Para la evaluación de la susceptibilidad, se utilizó el método heurístico, mediante la integración ponderada de los parámetros definidos en la propuesta metodológica del Servicio Geológico Colombiano - SGC (2013). Lo anterior, permitió determinar mapas de susceptibilidad por movimientos en masa categorizados en cinco grados a niveles de susceptibilidad: muy baja, baja, media, alta y muy alta.

La zona de estudio se localiza en la región centro-oriental de Colombia, departamentos de Cundinamarca y Meta. Esta zona presenta la vertiente montañosa en el sector central y occidental y el Piedemonte Llanero al suroriente y oriente de la plancha. Los resultados muestran de forma general, que la susceptibilidad muy alta con un 0,06%, se relaciona con depósitos no consolidados y morfologías de origen coluvial localizados al sur y noroccidente de la zona de estudio. La susceptibilidad alta tiene un cubrimiento del 29,37% y una correspondencia con depósitos coluviales, rocas metamórficas foliadas y algunas rocas sedimentarias principalmente en conos coluviales, glacis de acumulación, laderas denudacionales, laderas coluviales, escarpes y lomeríos disectados. Con un porcentaje de 55,97% la categoría de susceptibilidad media es la de mayor área de cubrimiento; mientras que la categoría de susceptibilidad baja presenta el 14,60%. Con estas condiciones de susceptibilidad, se obtuvo el modelo de amenaza considerando los detonantes clima y sismo, el cual permitió establecer que en la plancha 266, se encuentra en amenaza muy alta el 54,99% del territorio, en amenaza alta el 42,12%, en amenaza media el 2,89% del área.

La utilidad de estos mapas se ve reflejada en una aproximación regional al conocimiento de la susceptibilidad del terreno, que puede servir como punto de partida para el diseño de escenarios y planeación de estrategias regionales de mitigación del respectivo riesgo y para la determinación de zonas que requieren ser estudiadas y analizadas a una escala de trabajo de mayor resolución.

ABSTRACT

The present explanatory memory: zoning of the susceptibility for movements in mass to scale 1:100.000 for the Sheet 266 - Villavicencio, It was conducted through the collection, assessment and processing of thematic information on geology, geomorphology, soils and covers of land, with the use of geographic information (GIS)-application of remote sensing techniques that allowed the characterization and qualitative and quantitative analysis of these variables of the land and their respective parameters.

The heuristic method was used to evaluate the susceptibility, by the weighted integration of the parameters defined in the methodology of the Servicio Geológico Colombiano - SGC (2013). The foregoing, allowed to determine susceptibility maps by mass movements categorized in five grades at levels of susceptibility: very low, low, medium, high and very high.

The study area is located in the central-eastern region of Colombia, departments of Cundinamarca and Meta. This area presents the mountainous slope in the central and western sector and Piedemonte Llanero to the southeast and east of the sheet. The results show in general, that the very high susceptibility with 0.06%, is related to unconsolidated deposits and colluvial morphologies located to the south and northwest of the study area. The high susceptibility has a coverage of 29.37% and a correspondence with colluvial deposits, foliar metamorphic rocks and some sedimentary rocks mainly in colluvial cones, accumulation glacia, denudational slopes, colluvial slopes, escarpments and dissected hills. With a percentage of 55.97% the average susceptibility category is the one with the greatest area of coverage; while the low susceptibility category presents a 14.60%. With these conditions of susceptibility, the model of threat was obtained considering the detonating climate and earthquake, which allowed to establish that in plate 266, the 54.99% of the territory is in very high threat, in high threat 42,12 %, in medium threat 2.89% of the area.

The usefulness of these maps is reflected in a regional approach to the knowledge of the susceptibility of the terrain, which can serve as a starting point for designing scenarios and planning regional mitigation strategies of the respective risk mitigation and for the determination of areas that need to be studied and analysed at a scale of work of higher resolution.

INTRODUCCIÓN

La Plancha 266 - Villavicencio hace parte del proyecto “Mapa Nacional de amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000”, el cual busca mejorar la resolución de los productos existentes del territorio colombiano, relacionados con la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa.

Los movimientos en masa son procesos geológicos de desestabilización del terreno que se generan por la acción de agentes geomórficos (lluvias, sismos, actividades antrópicas...) sobre materiales térreos que lo conforman (rocas, suelos, depósitos no litificados). Estos procesos modelan y configuran constantemente el paisaje, y en muchos casos, cuando ocurren, inciden negativamente en las regiones con pérdida de vidas y afectaciones en bienes y servicios. La susceptibilidad a movimientos en masa, en términos generales, se refiere a la predisposición de un terreno a desestabilizarse, dependiendo de sus características intrínsecas (pendiente, tipo de material, cobertura vegetal, usos del suelo); mientras que la amenaza se relaciona con la probable ocurrencia asociada a factores detonantes como la lluvia o la sismicidad.

La presente memoria estructura el desarrollo del trabajo que se realizó para obtener el mapa de zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100.000, de la zona geográfica enmarcada en la plancha 266 - Villavicencio, empleando un método heurístico fundamentado en la opinión-juicio de expertos (grupo de especialistas) en las respectivas temáticas (geología, geomorfología, suelos, cobertura de la tierra, precipitación y sismicidad), y mediante el trabajo riguroso de trabajo de campo y de oficina.

El área de estudio correspondiente a la plancha 266 - Villavicencio, se localiza en la región centro-oriental de Colombia, dentro de las coordenadas planas $X=1.000.000$ a $X=1.060.000$ y $Y=920.000$ a $Y=960.000$, Datum Magna-Sirgas con origen Bogotá. La plancha abarca $2\ 400\text{ km}^2$, los cuales cubren la zona sur del Departamento de Cundinamarca en jurisdicción de los municipios de Une, Gutiérrez y Guayabetal; y la zona occidental del Departamento del Meta en los municipios de Restrepo, Villavicencio, Acacías, Guamal, Cubarral y Castilla La Nueva (**Figura 1**).

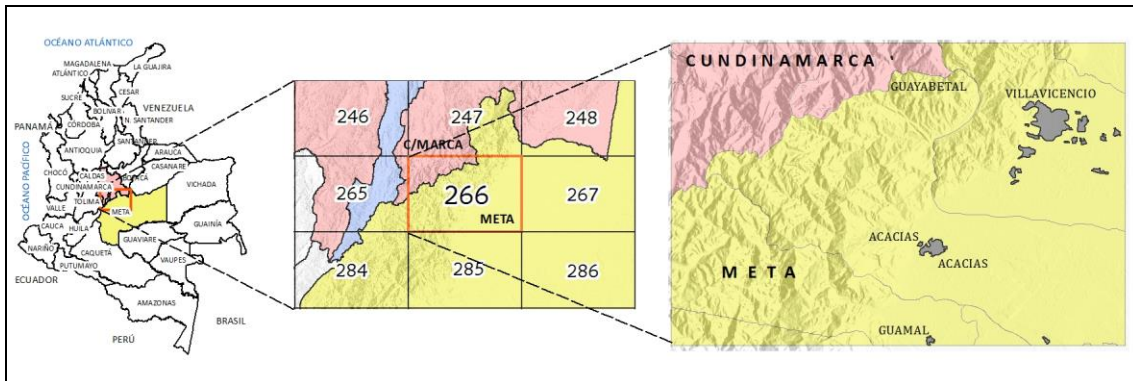


Figura 1. Localización geográfica de la Plancha 266 - Villavicencio.

Fisiográficamente la plancha se localiza sobre la cordillera Oriental colombiana en la que se destacan las siguientes unidades del paisaje: 1) la vertiente montañosa, la cual ocupa la parte centro-norte y occidental de la plancha, y se caracteriza por conformar un relieve abrupto a moderadamente abrupto denominado Macizo de Quetame, con pendientes fuertes, cañones profundos de laderas escarpadas y en las zonas más altas ambientes de páramo; y 2) el Piedemonte Llanero, localizado al suroriente y oriente de la plancha; el cual corresponde a la parte ligeramente plana, con elevaciones entre 100 y 500 msnm y que conforma el inicio de las grandes extensiones de los Llanos Orientales colombianos. La red hidrográfica se constituye por los sistemas Guatiquía en la zona oriental, los ríos Negro, Acacias, Guamal en el sector central, y al occidente el río Grande-Ariari; todos ellos afluentes del río Orinoco.

Para el área cubierta por la plancha 226 - Villavicencio, las fuentes secundarias registran eventos de movimientos en masa en los municipios de Villavicencio, Acacias, Restrepo y Guayabetal. En el catálogo de movimientos en masa elaborado por INGEOMINAS, se encuentran registros para el municipio de Acacias en los años 1994, 1998, 1999 y en 1989 para el municipio de Restrepo (INGEOMINAS, 2002). En Villavicencio sector el Mirador, se reporta desde 1964 inestabilidad del terreno y deslizamientos con afectación de vías y la margen izquierda del río Guatiquía; en 1993 y 1995 en la vereda de Servitá de este mismo municipio, se presenta un deslizamiento conocido como don Miguel, iniciado por erosión y potencializado por la intensas precipitaciones que ocasionaron una gran avalancha (INGEOMINAS, s.f.). En la zona urbana de Villavicencio se han presentado deslizamientos en los años: 1990, cerro de Cristo Rey, con muertos, heridos y destrucción de viviendas; en 1992 en Playa Rica, con viviendas afectadas; y en 1996 y 1997 nuevamente en el cerro Cristo Rey (EL TIEMPO, 1990, 6 de Diciembre; EL TIEMPO, 1996, 21 de Noviembre; EL TIEMPO, 1997, 28 de Mayo).

Como consecuencia del sismo de El Calvario - Quetame (24 de mayo de 2008), se produjeron deslizamientos que obstruyeron el tránsito por la vía Bogotá-Villavicencio en el sector de Guayabetal, históricamente en 1743 para esta zona se reporta la ocurrencia de deslizamientos sismogénicos, dificultando el traslado por caminos y la obstrucción del cauce del río Negro en Guayabetal (INGEOMINAS, 2008).

Según el Servicio Geológico Colombiano, eventos de remoción en masa recientes se reportan en Villavicencio para 2011 (tramo Guayabetal-Villa), y en 2012 en el barrio la Nora, en el Mirador (sobre la quebrada Colorada) (SGC, s.f.). En mayo de 2016, como consecuencia de las características propias del terreno y de la fuerte temporada de lluvias, se presentaron varios deslizamientos en los municipios de Guayabetal (cinco deslizamientos) y Gutiérrez (EL TIEMPO, 2016, 25 de mayo); en agosto del mismo año, durante la temporada de lluvia, se produjo un deslizamiento sobre la margen izquierda del río Guatiquía (sector puente Abadía), el cual destruyó la línea de conducción de agua afectando de manera considerable la prestación del servicio de acueducto a la ciudad de Villavicencio. (Llanera. Com, 2016, 23 de agosto).

En general, la consulta de la condición de amenaza que se encuentra distribuida dentro del mapa de zonificación de amenazas por movimientos en masa escala 1:500.000, permitió identificar una distribución de las susceptibilidades altas y sectores críticos en la región montañosa de la cordillera oriental lo cual indica una probabilidad de ocurrencia a presentar movimientos en masa en estos sectores.

Con esta zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa a escala 1:100.000, se tienen elementos para la toma de decisiones en el ordenamiento del territorio y control de riesgos a nivel regional (departamental, corporaciones autónomas regionales). En el documento se encontrarán las generalidades del área específica de la plancha, el desarrollo metodológico para obtener la zonificación y los resultados particulares de susceptibilidad y amenaza de las variables empleadas, los análisis de resultados finales obtenidos con su respectiva descripción por categorías, las conclusiones y recomendaciones para futuros trabajos sobre este tema, y las referencias bibliográficas empleadas.

1. DESARROLLO METODOLÓGICO

La metodología empleada en la generación del mapa de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa para la Plancha 266 - Villavicencio, se fundamentó en los lineamientos establecidos en el documento “Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000” (SGC, 2013).

Para la obtención del mapa de susceptibilidad se realizaron valoraciones independientes a variables cualitativas intrínsecas del terreno tales como geología, geomorfología, suelos y coberturas de la tierra, incluyendo parámetros cuantitativos generados a partir del análisis de un modelo digital de elevación DEM (Anexos). Con la incorporación de los factores detonantes lluvia y sismo a los resultados, y mediante la aplicación del método jerárquico analítico AHP (Analytic Hierarchy Process) se determinó el mapa final de Amenaza Relativa.

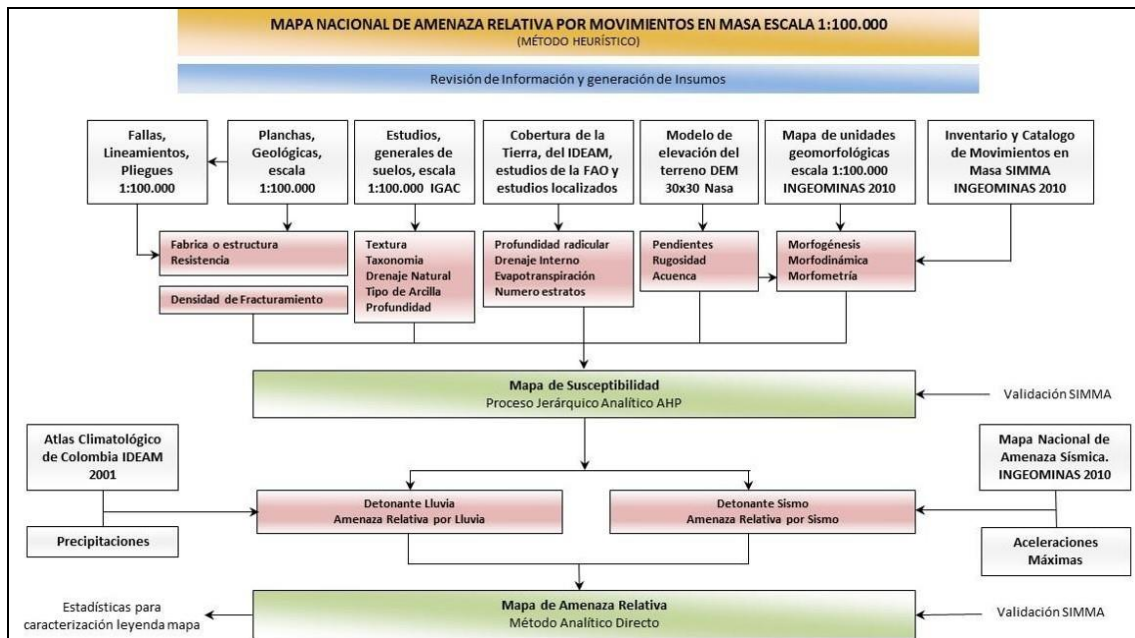


Figura 2. Esquema metodológico para la generación del mapa de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa.

En la **Figura 2** se esquematiza los pasos o etapas del proceso heurístico suministrado por el SGC, en el cual, se evalúan las variables cualitativas y cuantitativas mediante un proceso jerárquico analítico para llegar al Mapa de Susceptibilidad y al mapa de Amenaza Relativa. Cada aspecto o parámetro tenido en cuenta en la modelación se obtuvo de los insumos referenciados en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Lista de insumos.

Insumos	Escala	Formato	Fuente
Cartografía básica	1:100.000	GeoDataBase	IGAC
Modelo digital de elevación DEM-SRTM	1 Arco-segundo (30 metros aproximadamente)	Raster	NASA
Capas pertenecientes a la Plancha geológica 266 - Villavicencio y memoria técnica para la plancha 266.	1:100.000	Vector	SGC
Capa de la Densidad de fracturamiento	1:100.000	Vector	SGC
Capas de los estudio generales de Suelos y Zonificación de Tierras de los departamentos de Cundinamarca y Meta.	1:100.000	Vector	IGAC
Capa de cobertura de la tierra IDEAM-IGAC	1:100.000	Vector	IDEAM
Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000	No Aplica	Digital	SGC
Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos	No Aplica	Digital	SGC
Catalogo e inventario de movimientos en masa	No Aplica	Digital	SGC
Guía y estándares para la presentación de informes institucionales, INGEOMINAS.	No Aplica	Digital	SGC

Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta a continuación el desarrollo y los resultados para cada una de las variables, la zonificación de la susceptibilidad se representa en ese sentido mediante la definición de cinco rangos de clasificación: Muy Alta (color rojo), Alta (color naranja), Media (color amarillo), Baja (verde claro) y Muy Baja (verde oscuro).

1.1 SUSCEPTIBILIDAD POR GEOLOGÍA

El mapa de susceptibilidad por geología es resultado de la evaluación y calificación de los factores o parámetros: resistencia, textura y densidad de fracturamiento para el caso de las rocas consolidadas, y suelos (depósitos) para los materiales no consolidados (Anexo A).

Tras la superposición temática, asignación de ponderaciones y análisis aritmético, se obtuvo el mapa descrito en la **Figura 3**, que indica para el área de estudio un predominio de las zonas de susceptibilidad media a movimientos en masa (amarillo), especialmente localizadas al sur y suroriente, en el sector central-norte y en la zona occidental de la plancha. Para el caso de la susceptibilidad muy alta en color rojo, se identifican unidades medianas presentes en la zona de piedemonte, sector sur y nororiental, y en el extremo noroccidental en zonas altas de la cordillera. La susceptibilidad alta (color naranja) se distribuye con predominio hacia el sector norte, en la parte central-occidental y hacia el suroccidente de la zona de estudio. La susceptibilidad baja (verde claro) presenta pequeñas unidades en los sectores sur, central y norte, y unidades medianas al occidente y nororiente de la plancha; mientras que la susceptibilidad muy baja (verdes oscuros) se concentra hacia el oriente y extremo nororiental de la plancha, en una zona topográficamente plana.

1.1.1 Susceptibilidad muy alta

La susceptibilidad muy alta abarca el 4,64% de extensión, con un área total de 111,29 km². Las áreas que pertenecen a esta categoría, corresponden geológicamente a los depósitos coluviales (Qc) y depósitos heterogéneos de ladera (Qdg1), los cuales son acumulaciones de ladera, con materiales no consolidados, predominantemente bloques de forma angulosa y composición heterogénea, de tamaños variables y en posiciones de pendientes moderadas; se incorporan además a la categoría muy alta, unidades con rocas foliadas y de falla, pertenecientes a las formaciones Metalimolitas del Río Guamal (PCAqr), Metaconglomerados y Filitas de Susumuco (PCAqs) y las Brechas de Buenavista (Jsb). Las características de estos depósitos y rocas, junto a los agentes de meteorización y degradación, le otorgan una alta propensión a la desestabilización física de estos materiales, y en ese sentido, condiciones favorables al desarrollo de movimientos en masa.

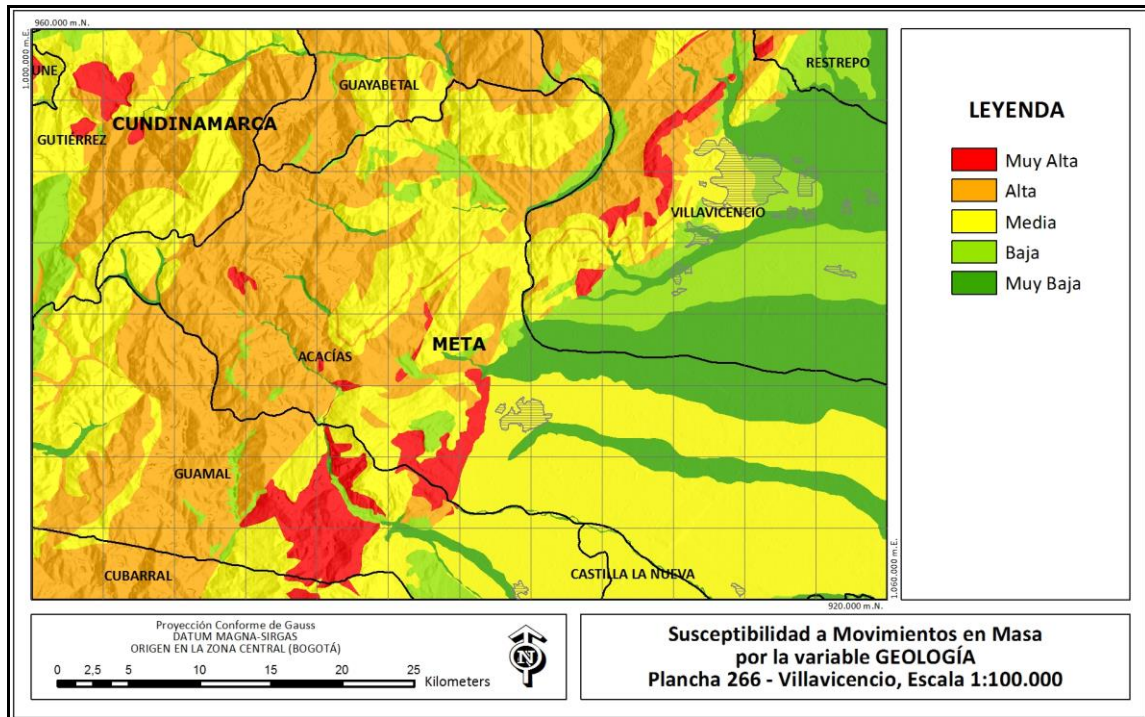


Figura 3. Mapa de susceptibilidad por la variable Geología.

Para esta categoría no se registran movimientos en masa en el inventario, no obstante, una alta probabilidad de presentarse deslizamientos complejos, movimientos rotacionales y traslacionales, flujos de tierra, flujos de escombros, desplomes y caídas de rocas. Las zonas con susceptibilidad muy alta asociadas a los depósitos se ubican al noroccidente en el municipio de Gutiérrez y en la zona central en jurisdicción de los municipios de Acacías y Villavicencio; las zonas relacionadas con las litologías foliadas y de falla, se localizan en el sector central-sur municipios de Acacías, Guamal y Cubarral, y al nororiente en los municipios de Villavicencio y Restrepo.

1.1.2 Susceptibilidad alta

La susceptibilidad alta es la segunda categoría más extensa dentro del área de estudio, corresponde a esta categoría el 32,36% de extensión territorial, lo que representa un área total dentro de la plancha de 776,59 km². Estas unidades se encuentran asociadas a rocas sedimentarias consolidadas tipo lutitas, arcillolitas y lodolitas de la formaciones Pipiral (Pdp), Macanal (Kilm), Fómeque (Kif), Chipaque (Ksc), Arcillas de El Limbo (Tal); rocas metamórficas de las unidades Filitas y Cuarcitas de Guayabetal (PCAqg) y Metaconglomerados y Filitas de Susumuco (PCAqs); así como depósitos de origen

fluvio-glacial (Qf). Gran parte de estos materiales y estas zonas de alta susceptibilidad, presentan afectación por tectónica y desestabilización a lo largo de los planos de fracturamiento.

De acuerdo a lo observado en campo, se registran algunos movimientos en masa dentro de la categoría alta, ubicados principalmente en la Formación Filitas y Cuarcitas de Guayabetal (municipios de Guayabetal y Villavicencio), las cuales generalmente tienen el potencial de presentar deslizamientos de tipo traslacional, con desprendimientos, desplomes y caídas de rocas. La susceptibilidad alta se localiza en el sector norte municipios de Gutiérrez, Guayabetal, Villavicencio y Restrepo; se destaca al suroccidente en Cubarral y Guamal; y con predominio en la parte central-occidental correspondiente al municipio de Acacías.

1.1.3 Susceptibilidad media

Con un área total de 942,28 km² y un porcentaje de ocupación del 39,26%, la susceptibilidad media es la categoría de mayor extensión dentro de la plancha 266 - Villavicencio. La susceptibilidad media se asocia a rocas clásticas cementadas y de resistencia alta, como areniscas, limolitas y conglomerados pertenecientes a las formaciones Arenisca de Gutiérrez (DCg), Capas Rojas del Guatiquía (Pcgc), Arenisca de Cáqueza (Kic), Une (Kiu), Chipaque (Ksc), Grupo Palmichal (TKp), Arenisca de El Limbo (Tarl); y los depósitos de abanico aluvial (Qab) y de escarpe aluvial (Q).

En la categoría media por susceptibilidad se presentan movimientos en masa localizados en depósitos de abanico (municipios de Guamal y Acacías), en los que es posible encontrar deslizamientos desprendimientos y caídas de rocas en taludes. La categoría media de susceptibilidad por geología se localiza al occidente y noroccidente de la plancha en los municipios de Guamal, Gutiérrez y Une; en el sector central-norte y nororiental en los municipios de Acacías, Villavicencio, Guayabetal y Restrepo; y con predominio hacia el sur y suroriente en Acacías, Guamal, Cubarral y Castilla La Nueva.

1.1.4 Susceptibilidad baja

Abarca un área total de 228,06 km² que representa el 9,50% de extensión. Las áreas con susceptibilidad baja se encuentran relacionadas con areniscas muy duras de las formaciones Capas Rojas del Guatiquía (Pcg), Grupo Palmichal (TKp) y Arenisca de EL Limbo (Tarl); y depósitos glacio-lacustres (Qg) y de terraza aluvial (Qt). Las características y condiciones de bajo grado de fracturamiento en estas unidades geológicas le confieren baja predisposición a la desestabilización de estos materiales.

De acuerdo al inventario de movimientos en masa, se registra un evento en depósitos de terraza (Villavicencio), en zonas de fuertes pendientes propias de los taludes de estas acumulaciones. Las unidades de baja susceptibilidad asociadas a rocas consolidadas se ubican hacia el occidente en Guamal y Gutiérrez y con pequeñas zonas en la zona central de la plancha, en el frente de la cordillera, municipios de Acacías y Villavicencio. Las áreas relacionadas con los depósitos glacio-lacustres se localizan en la zona central municipios de Acacías y Guamal; mientras que aquellas asociadas a los depósitos de terraza se encuentran al sur en Guamal; al norte en Guayabetal, Acacías; y con predominio hacia el nororiente en Villavicencio y Restrepo.

1.1.5 Susceptibilidad muy baja

Se presenta con un porcentaje del 14,24%, ocupando un área total de 341,83 km². La susceptibilidad muy baja comprende depósitos de cauce aluvial (Qal), presentes en los pequeños valles encañonados del sector occidental y con predominio hacia el oriente en el piedemonte y las planicies, municipios de Guamal, Acacías, Villavicencio y Restrepo. Para esta categoría se presentan movimientos en masa observados en el cañón del río Negro, al norte, en el municipio de Guayabetal; y en la zona de piedemonte, municipio de Villavicencio.

1.2 SUSCEPTIBILIDAD POR GEOMORFOLOGÍA

La susceptibilidad a movimientos en masa por el componente Geomorfología es resultado de la evaluación y superposición temática de las variables: morfometría, (pendiente, rugosidad y acuenca), morfogénesis (génesis, procesos y modelado) establecida a partir de la “Guía Metodológica para la elaboración de mapas Geomorfológicos a Escala 1:100.000” (IDEAM, 2013), y morfodinámica (relaincli, unidades de suelo e inventario de movimientos de remoción en masa) (Anexo B).

El mapa representado en la **Figura 4**, muestra un dominio de cubrimiento del 50%, de la susceptibilidad alta (naranja), localizada en todo el sector occidental y norte de la plancha. La susceptibilidad muy alta, tiene un cubrimiento mínimo que se muestra como pequeños núcleos de color rojo, ubicados al occidente en Acacías y al noroccidente en Gutiérrez. La susceptibilidad media (amarillo) se sitúa especialmente al suroriente y con pequeñas unidades en la parte central y sur. La susceptibilidad baja y muy baja (en tonos verdes), se concentran en toda la zona nororiental con unidades menores en el sector suroriental, sur y occidental de la plancha.

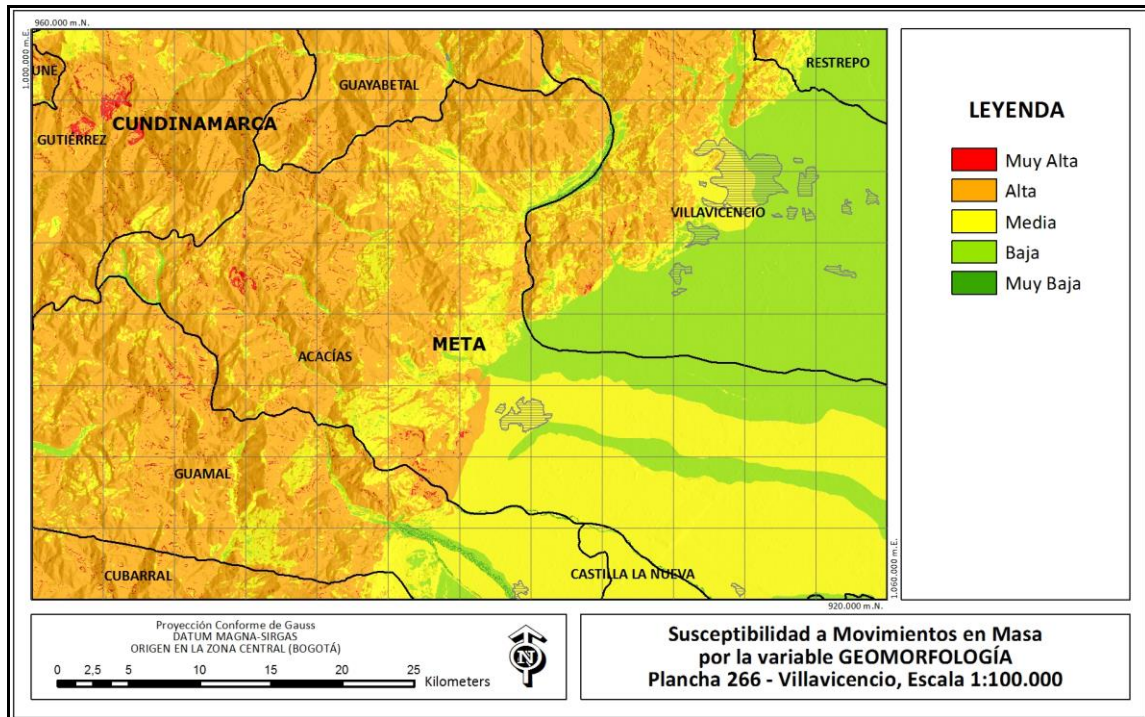


Figura 4. Mapa de susceptibilidad por la variable Geomorfología.

1.2.1 Susceptibilidad muy alta

Corresponde a esta categoría tan solo el 1,21% de cubrimiento territorial (28,92 km²), se presenta con pequeños núcleos localizados principalmente en las zonas escarpadas de alta y muy alta predisposición por morfometría, como por morfogénesis y morfodinámica.

Las áreas de susceptibilidad muy alta se asocian a geoformas tipo conos coluviales, glacis de acumulación, espinazos, laderas glaciadas, laderas denudacionales con flujos activos, laderas coluviales y lomeríos disectados, los cuales se presentan en pequeños núcleos localizados al norte en Villavicencio, en la zona central en Acacias, al suroccidente en Guamál y Cubarral, y con predominio hacia el noroccidente en Gutiérrez y Une.

De acuerdo al inventario de movimientos en masa obtenidos en campo, se encuentran registros para esta categoría que incluyen colinas coluviales altas (Guayabetal), escarpes poco activos (Villavicencio), laderas coluviales (Guayabetal) y ladera denudacional estable (Guayabetal).

1.2.2 Susceptibilidad alta

Abarca un área total de 1 202,29 km² que representa el 50,09% de extensión. La susceptibilidad alta es la categoría más común dentro de la plancha 266. Este tipo de susceptibilidad se encuentra asociado a conos coluviales, laderas coluviales, laderas glaciadas, laderas denudacionales activas, laderas denudacionales estables, espinazos, lomeríos disectados, lomeríos con disección moderada, escarpes estructurales y escarpes denudacionales.

El inventario de movimientos define algunos registros para esta categoría, los cuales se relacionan principalmente a laderas denudacionales activas y estables (municipios de Guayabetal y Villavicencio).

Las áreas con susceptibilidad alta se distribuyen en todo el sector occidental de la plancha, correspondiente a los municipios de Une, Gutiérrez, Acacías, Guamal y Cubarral; asimismo en la parte central jurisdicción de Acacías y Villavicencio; y al norte en Guayabetal y Villavicencio.

1.2.3 Susceptibilidad media

Con un área total de 690,63 km² y un porcentaje de ocupación de 28,77%, la susceptibilidad media es la segunda categoría de mayor extensión dentro del área de estudio. La predisposición tiene relación con una morfodinámica baja por morfometría condicionada por zonas relativamente planas o de baja pendiente, en geoformas principalmente tipo planicies glaciales, valles glaciales, laderas denudacionales activas y estables, abanicos aluviales (antiguos y recientes) y terraza aluviales (subrecientes y recientes).

Según el reporte de movimientos en masa elaborado en trabajo de campo, se encuentran registros asociados con abanicos aluviales (Guamal y Acacías) y terrazas aluviales (Villavicencio y Guayabetal).

La susceptibilidad media por geomorfología se distribuye con grandes unidades hacia el sector suroriental en los municipios de Acacías, Guamal y Castilla La Nueva; al nororiente en Villavicencio y Restrepo; en la zona central y sur, zona del frente de montaña, en los municipios de Villavicencio, Acacías, Guamal y Cubarral; y algunas unidades al occidente y noroccidente en Guamal, Gutiérrez y Une.

1.2.4 Susceptibilidad baja

Es una categoría que abarca el 19,71% de extensión, con un área total de 473,06 km². La susceptibilidad baja se relaciona con terrazas aluviales (antiguas, subrecientes y recientes), valles laterales obturados y vegas de divagación activas, en pendientes planas suaves menores a 5°. Las áreas con predisposiciones bajas por geomorfología, se ubican con pequeñas unidades al occidente en Guamal; al norte en el cañón del río Negro, en Gutiérrez y Guayabetal; al sur en Guamal; y con predominio en todo el sector nororiental correspondiente a los municipios de Acacías, Villavicencio y Restrepo. No se registraron en trabajo de campo movimientos en masa para estas áreas.

1.2.5 Susceptibilidad muy baja

Cubre tan solo el 0,22% de extensión (5,14 km²). La categoría de susceptibilidad muy baja, se asocia a relieves muy planos propios de los cauces del río Negro-Guayuriba, localizado al norte entre los municipios de Villavicencio y Acacías; y los ríos Guamal y Orotoy, ubicados al sur en los municipios de Guamal, Acacías y Castilla La Nueva. No se reportan según el inventario movimientos en masa para esta categoría.

1.3 SUSCEPTIBILIDAD POR SUELOS EDÁFICOS

El mapa de susceptibilidad por suelos edáficos es el resultado de la evaluación y calificación de los parámetros: textura, taxonomía, profundidad, tipo de arcilla y drenaje natural (Anexo C) y cobra importancia al constituir el amarre o estabilizador de la superficie de la tierra.

El mapa de la **Figura 5**, muestra los resultados, en los cuales se puede determinar que existe un predominio espacial de las susceptibilidades alta y media. En el caso de la susceptibilidad alta (naranja), se encuentran extensas áreas en el noroccidente, norte, nororiental, al sur, suroriental y en la zona central-oriental de la plancha. La susceptibilidad media (amarillo), tiene un porcentaje de ocupación del 55% y se distribuye con unidades medianas al oriente, norte y noroccidente, y con predominio total hacia el sector central-occidental y suroccidental de la zona de estudio. La susceptibilidad baja (verde claro) se asocia a asentamientos urbanos localizados en el sector oriental zona de piedemonte; mientras que la susceptibilidad muy baja considera pequeñas unidades presentes al norte.

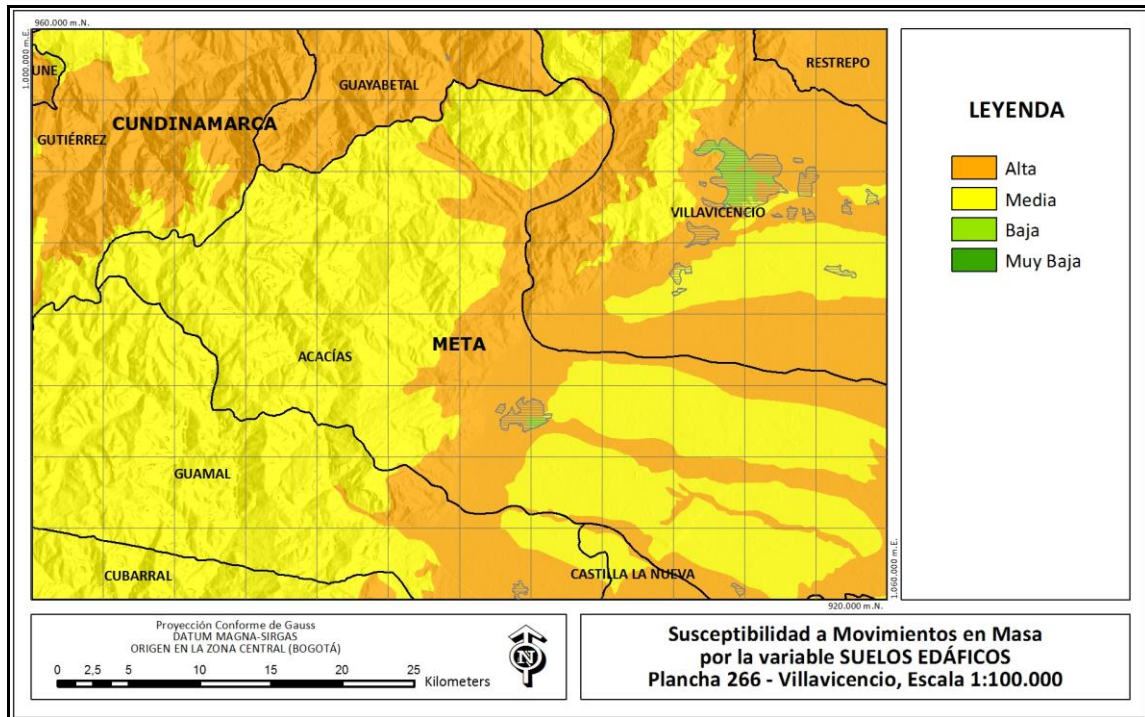


Figura 5. Mapa de susceptibilidad por la variable Suelos Edáficos.

1.3.1 Susceptibilidad alta

La susceptibilidad alta con un área total de 1 050,20 km² abarca el 43,76% de extensión para la plancha 266. Los suelos comprenden entisoles (*Psammets* y *Orthents*), inceptisoles (*Aquepts*, *Cryepts*, *Tropepts* y *Udepts*), ultisoles (*Udufts*) y andisoles (*Udands*).

Estos suelos se encuentran asociados a relieves de filas y vigas, lomas, glacis coluviales, crestas, crestones, artesas, abanicos-terrazas, vallecitos y planos inundables de la montaña y el piedemonte, en climas variados, presentan profundidades medias a muy altas, con arcillas tipo alófana para los andisoles y caolinita, illita, muscovita, vermiculita y montmorillonita para los otros órdenes, texturas arcillosas, franco-arcillosas y franco-arenosas, y en general perfiles bien drenados.

La susceptibilidad alta se localiza destacadamente al norte y noroccidente del área de estudio, en los municipios de Une, Gutiérrez y Guayabetal; en la zona central se encuentran susceptibilidades altas en el municipios de Acacías; también al sur en Cubarral, Guamal, Castilla La Nueva; igualmente se destacan zonas al oriente en Acacías y hacia el nororiente en jurisdicción de los municipios de Villavicencio y Restrepo.

1.3.2 Susceptibilidad media

Comprende 1 338,56 km², es decir el 55,77% de cubrimiento espacial, lo que convierte a la unidad de susceptibilidad media por suelos edáficos en la categoría más representativa para la Plancha 266 - Villavicencio.

Los suelos de la susceptibilidad media son fundamentalmente entisoles (*Orthents*), inceptisoles (*Tropepts*, *Udepts* y *Ustepts*) y oxisoles (*Udox*), los cuales se relacionan especialmente con espinazos, crestas, filas y vigas, escarpes, campos de artesas y abanicos de la montaña estructural y el piedemonte, en climas húmedos, muy húmedos y pluviales. La profundidad de los perfiles es media a alta, con gran variedad de arcillas (tipo caolinita, illita, muscovita, vermiculita y montmorillonita), texturas predominantemente franco-arenosas y un buen a excesivo drenaje natural.

La susceptibilidad media se ubica con predominio en la zona central-occidental y suroccidental, perteneciente a los municipios de Acacías, Guamal y Cubarral; asimismo se identifican zonas de predisposición media al oriente en Villavicencio, Acacías, Guamal y Castilla La Nueva; se destacan zonas al norte en Villavicencio, Acacías y Guayabetal, y a noroccidente en Gutiérrez.

1.3.3 Susceptibilidad baja

Corresponden a la susceptibilidad baja el 0,46%, que representa 11,06 km², su cubrimiento se encuentra asociado con clases “no suelos”, que comprenden las zonas urbanizadas de los municipios de Villavicencio y Acacías.

1.3.4 Susceptibilidad muy baja

El nivel de susceptibilidad muy bajo, solamente abarca el 0,01% (0,23 km²), y refiere a cauces de ríos (no suelos), localizados en pequeñas unidades al norte en Guayabetal y Villavicencio.

1.4 SUSCEPTIBILIDAD POR COBERTURA DE LA TIERRA

El mapa de susceptibilidad por cobertura tuvo en cuenta la valoración de los parámetros: profundidad radicular, drenaje profundo, evapotranspiración y estrato, las coberturas vegetales por sus características condicionan el aumento o reducción de las propensiones de los terrenos a generar fenómenos de remoción (Anexo D).

Según el mapa de la **Figura 6**, la susceptibilidad muy alta por cobertura de la tierra (color rojo) se ubica en pequeñas unidades hacia el sector occidental y norte de la plancha. La categoría de alta (naranja) predomina hacia la zona oriental, sur y con unidades menores en el extremo noroccidental. La susceptibilidad media (amarillo), es común en los sectores norte, occidente, centro-orientado y sur de la zona de estudio. En cuanto a la susceptibilidad baja (verde claro), la de mayor cubrimiento para la plancha (49%) se encuentra un predominio en todo el sector occidental y nororiental; mientras que la susceptibilidad muy baja (verde oscuro) considera pequeñas franjas asociadas a cauces de los principales ríos, situados en las planicies del sur y orientado de la plancha.

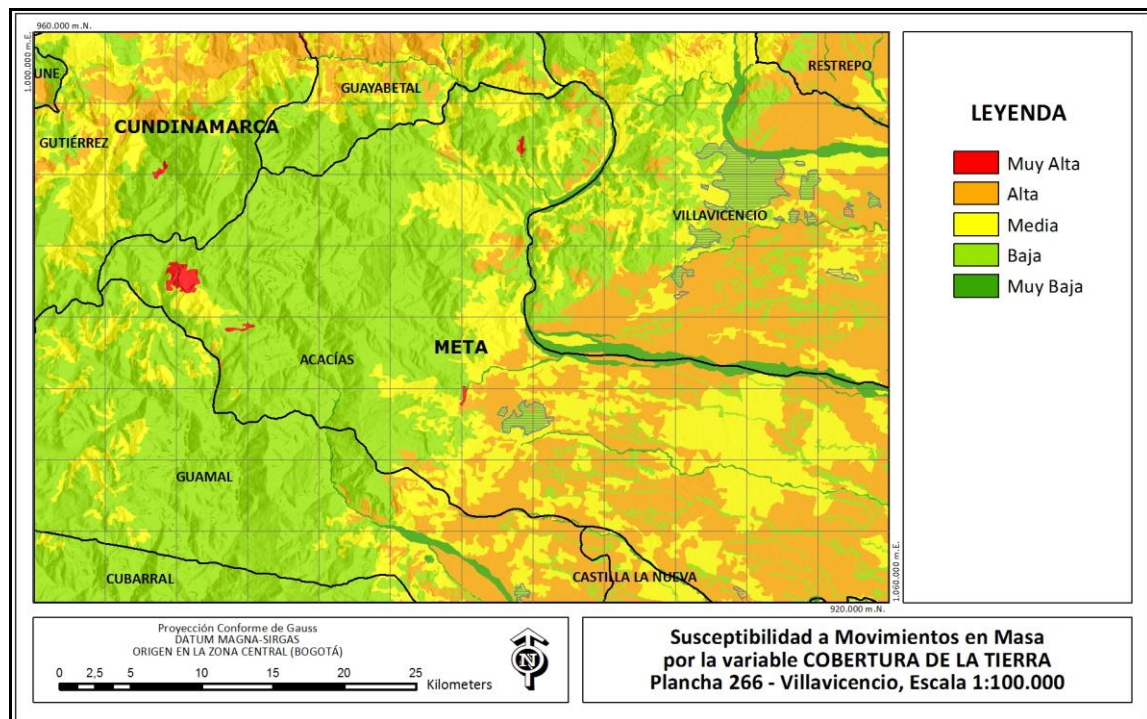


Figura 6. Mapa de susceptibilidad por la variable Cobertura de la Tierra.

1.4.1 Susceptibilidad muy alta

Se presenta con un porcentaje del 0,25%, que representa un área total de 5,70 km². Las susceptibilidades altas corresponden a tierras desnudas y degradadas y zonas quemadas, las cuales se caracterizan por carecer de sistemas radiculares (profundidades muy superficiales), tener un drenaje muy superficial y sin estratificación. Estas pequeñas unidades se localizan en el sector occidental municipios de Gutiérrez y Acacías, en la zona central en jurisdicción de Acacías, y al norte en los municipios de Acacías y Guayabetal.

1.4.2 Susceptibilidad alta

La susceptibilidad alta abarca 582,69 km² (24,27%), estas zonas se caracterizan por tener bajas densidades en la estructura de los estratos, de igual forma presentan en general sistemas radiculares superficiales y un drenaje moderadamente profundo de predisposiciones medias. Las coberturas de la tierra asociadas a este nivel de susceptibilidad comprenden: pastos limpios, pastos enmalezados, mosaicos de pastos, cultivos transitorios, herbazales densos de tierra firme y herbazales inundables. La categoría alta de susceptibilidad se sitúa con predominio hacia el sector oriental de la plancha, en jurisdicción de los municipios de Restrepo, Villavicencio, Acacías, Guamal, y Castilla La Nueva, además se encuentran unidades al noroccidente en los municipios de Guayabetal, Gutiérrez y Une.

1.4.3 Susceptibilidad media

Corresponde a esta categoría el 24,26% de cubrimiento, es decir 582,39 km² de extensión. Las principales características de las áreas calificadas con susceptibilidad media son los sistemas radiculares de profundos a superficiales según cobertura, drenajes esencialmente profundos y estratos de moderada densidad. La susceptibilidad media está relacionada con coberturas de tipo mosaicos con cultivos, pastos y espacios naturales, cultivos de palma de aceite, bosques fragmentados, arbustales densos y abiertos, algunos herbazales y la vegetación secundaria o en transición. La categoría se distribuye por con unidades medianas al noroccidente en Gutiérrez; al occidente en Guamal; al norte en Guayabetal, Acacías y Villavicencio; al oriente en Villavicencio; al suroriente en Acacías; al sur en Castilla La Nueva y Guamal; y en la zona central en Acacías.

1.4.4 Susceptibilidad baja

Es la categoría más representativa de la Plancha 266 - Villavicencio, abarca un área total de 1 167,98 km², que representa el 48,66% de ocupación. Las coberturas asociadas incluyen tejidos urbanos, bosques densos altos y bajos de tierra firme, bosques fragmentados, bosques de galería y riparios y algunos arbustales y herbazales. Estas zonas con predisposiciones bajas se encuentran por todo el sector central-occidental y suroccidental en los municipios de Acacías, Gutiérrez, Guamal y Cubarral, también en el sector noroccidental y norte en Une, Gutiérrez, Guayabetal, Acacías; al nororiente en Villavicencio; y pequeñas unidades al oriente en Villavicencio y Acacías.

1.4.5 Susceptibilidad muy baja

Se encuentra tan solo en el 2,56% de la plancha (61,29 km²), corresponde a unidades de zonas pantanosas y cauces de los grandes ríos, los cuales son comunes en la zona oriental de piedemonte, en los municipios de Restrepo, Villavicencio, Acacías y Guamal.

1.5 ANÁLISIS DE LOS FACTORES DETONANTES PARA LA GENERACIÓN DE LA AMENAZA

1.5.1 Detonante climático

En la plancha 266 se presentan diferentes ambientes climáticos, debido principalmente a la latitud, la altitud, la orientación de los relieves montañosos y las depresiones fluviales, entre otros. El clima se ve afectado por la diversidad de altitud, la cual proporciona pisos térmicos y paisajes diferentes.

En el área estudiada la distribución de climas es variada. Hacia el sector oriental de la plancha en inmediaciones de la zona rural de los municipios de Villavicencio, Acacías, Castilla La Nueva y Guamal, se presentan climas cálidos muy húmedos con precipitaciones medias anuales entre 3000 – 7000 mm/año y temperaturas mayores a 24°C. La región central presenta climas templados muy húmedos con temperaturas promedio entre 18°C-24°C y lluvias promedio anual entre 3000 – 7000 mm. La franja occidental se caracteriza por climas desde fríos a muy fríos húmedos y muy húmedos con valores de precipitación media anual entre 2000 – 7000 mm/año y temperaturas entre 6°C – 18°C. Mientras que en la esquina noroeste de la plancha se presentan los climas con menor humedad, caracterizados por valores de precipitación entre 1000 – 2000 mm/año y temperaturas que varían de 6°C-18°C. Por lo tanto, es de esperarse

que la mayor influencia climática en la ocurrencia de movimientos en masa se dé hacia aquellos sectores con climas húmedos y muy húmedos, es decir hacia el sector central, oriental y parte del occidental, exceptuando la esquina noroeste y sureste donde se encuentran los climas más secos de toda la plancha.

En la **Figura 7** se muestra el mapa correspondiente al factor detonante Climático. En el anexo E se explica más a detalle el cálculo y el resultado de la amenaza por este factor detonante.

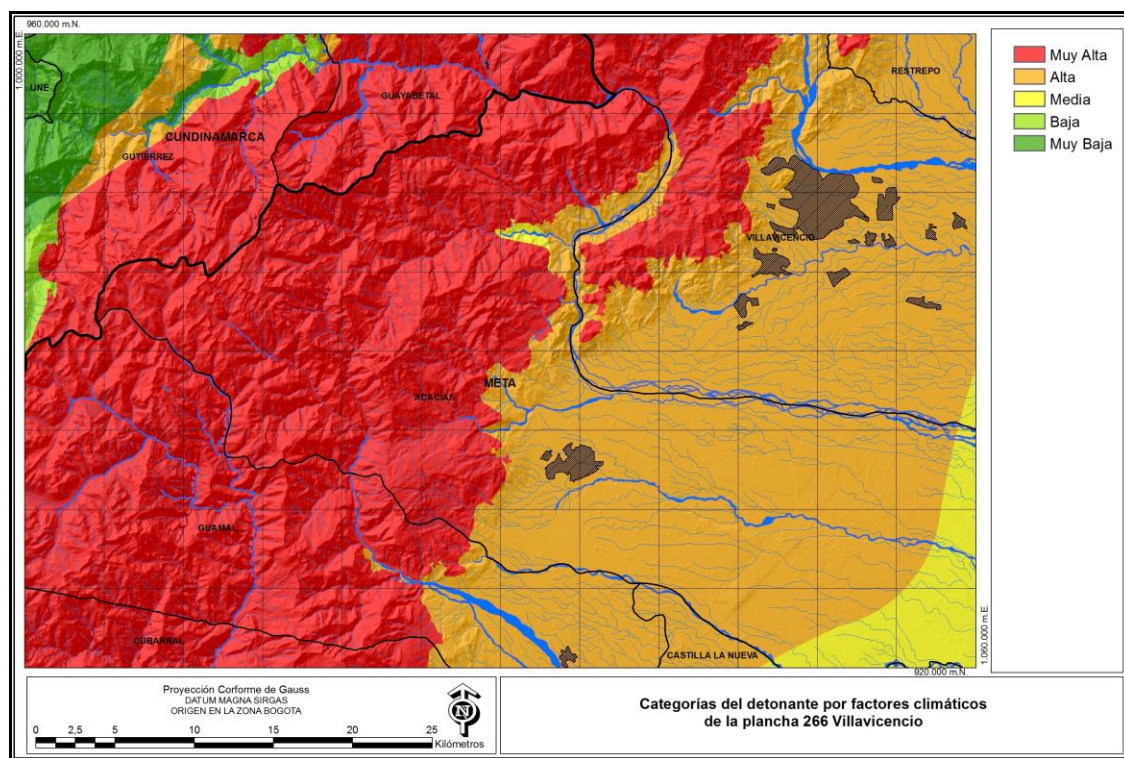


Figura 7. Mapa del detonante climático calificado utilizado en el modelo de amenaza por movimientos en masa de la plancha 266.

Al observar el mapa de la Figura 7 se encuentra que el detonante climático está mostrando predominio de la categoría de muy alta contribución a los movimientos en masa sobre el sector central y parte del occidental, exceptuando la esquina noroeste. Esta categoría comprende el 52, 60% de la zona de estudio y se localiza cubriendo gran parte de los municipios de Gutiérrez, Guayabetal (Cundinamarca), Acacías, Guamal, Villavicencio, Cubarral y Restrepo (Meta), en los cuales la intensidad de lluvias máximas diarias es mayor a 220 mm.

La influencia alta del clima como detonante de movimientos en masa cubre el 40,26% de la plancha 266 y se distribuye principalmente en la zona oriental de la plancha, en los municipios de Acacías, Guamal, Villavicencio, Castilla La Nueva y Restrepo (Meta), en donde la intensidad de lluvias máximas diarias está en un rango de 150–220 mm. En estas áreas también se espera una alta contribución por parte del clima como detonante de movimientos en masa.

Los sectores que presentan una influencia media del clima en la ocurrencia de movimientos en masa comprenden el 3,03% de la zona de estudio y se encuentran ubicados en una pequeña franja sobre la esquina sureste de la plancha, en los municipios de Acacías, Villavicencio y Castilla La Nueva (Meta). En estas áreas las lluvias máximas diarias oscilan entre 100 a 150 mm.

Por su parte las categorías de influencia baja y muy baja del detonante climático en la ocurrencia de movimientos en masa ocupan el 0,99% y el 3,13% de la zona de estudio respectivamente. Ambas categorías se localizan en la región noroeste de la plancha, abarcando parte de los municipios de Gutiérrez y Une (Cundinamarca). En estas áreas las lluvias máximas diarias van desde 50 a 100 mm y en algunos casos no supera los 50 mm. Por lo tanto, se deduce que en estas áreas es donde se espera una baja a casi nula influencia del clima en la ocurrencia de movimientos en masa.

1.5.2 Detonante sismo

El detonante sismo fue suministrado por el Servicio Geológico Colombiano y tomado del Mapa Nacional de Amenaza Sísmica (INGEOMINAS & Universidad Nacional, 2010). Este mapa presenta los valores de aceleración máxima horizontal (PGA) a nivel de terreno firme correspondiente a un período de retorno de 475 años.

La Figura 8 corresponde al factor detonante sismo empleado en este estudio para el modelamiento de la amenaza por movimientos en masa total. Este mapa permite observar, que casi en la totalidad del área de estudio hay una muy alta influencia del sismo en la ocurrencia de movimientos en masa, pues solo la esquina sureste tiene una contribución media. Considerando que la plancha se encuentra sobre el sistema de fallas del borde llanero, en cuya área de influencia se concentra toda una red de fallas y pliegues apretados, lo que le da a esta región una alta complejidad tectónica y se puede interpretar que en general a nivel regional hay influencia sísmica alta. Entre las estructuras que ejercen la influencia tectónica de la región se destacan las fallas de Villavicencio, Servitá, Colepato, Manzanares, Portachuelo, Río Grande, San Juanito, entre otras.

En el Anexo F se presenta con mayor detalle el proceso de construcción del detonante sismo y además se explica el resultado de la condición de amenaza por movimientos en masa detonados por sismo.

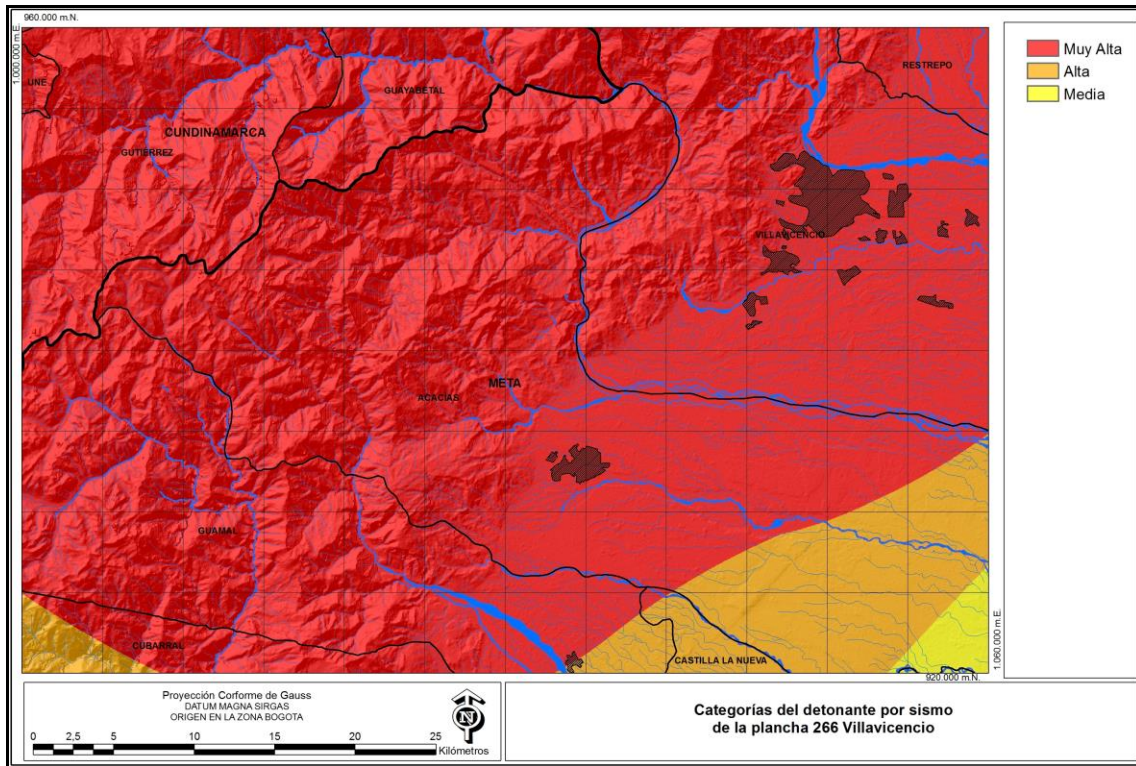


Figura 8. Mapa del detonante sismo calificado utilizado en el modelo de amenaza por movimientos en masa de la plancha 266 Villavicencio.

Al observar el mapa de la Figura 8, se evidencia el predominio de la categoría de contribución muy alta del detonante sismo a los movimientos en masa, pues ocupa el 90,48% del área total y comprende parte de todos los municipios que conforman la misma. En estas áreas el valor de aceleración máxima horizontal a nivel de roca (PGA) es superior a 300 cm/seg^2 , por lo que se deduce que en estas áreas existe una muy alta posibilidad de que se generen movimientos en masa detonados por sismos.

La categoría de influencia alta del sismo en la ocurrencia de movimientos en masa comprende el 8,65% del área total, y se distribuye en una pequeña área de los municipios de Cubarral, Acacías, Guamal y Castilla La Nueva (Meta), en estas áreas el valor de aceleración máxima horizontal a nivel de roca (PGA) oscilan entre 200 y 300 cm/seg^2 . En estas áreas también se espera una alta contribución del detonante sismo en la ocurrencia de movimientos en masa.

Mientras que la categoría de sismicidad media cubre solo el 0,87% y se localiza en una pequeña área del municipio de Acacías (Meta) sobre la esquina sureste de la plancha, en estas áreas el valor de aceleración máxima horizontal a nivel de roca (PGA) oscila entre 150 y 200 cm/seg² y se interpreta que en estas regiones es menor la influencia de este detonante en la generación de movimientos en masa.

2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA

A continuación se describen los aspectos representativos que influyen a nivel de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa para la Plancha 266 - Villavicencio.

2.1 SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA

La suma de las variables geología, geomorfología, suelos edáficos y cobertura vegetal determinaron los resultados finales de susceptibilidad por movimientos en masa para la Plancha 266 - Villavicencio.

De acuerdo con la Tabla 2, el gráfico de la **Figura 9** y el mapa de la **Figura 10**, se observa que de los cuatro grados de susceptibilidad, el que presenta mayor área de cubrimiento es el grado de susceptibilidad media. La categoría muy alta se compone de pequeñas unidades localizadas en dos sectores particulares: el extremo noroccidental en jurisdicción de Gutiérrez, y la zona sur en límites entre Guamal y Acacias, zona del frente de montaña. Para la susceptibilidad alta (color naranja), se destaca su cubrimiento en los sectores suroccidental, nororiental y noroccidental de la zona de estudio. La categoría media se distribuye con predominio hacia el sector occidental (Paramo de Sumapaz), en la zona central-sur, central y central norte correspondiente a las estribaciones de la cordillera; y en los extremos nororiental y suroriental pertenecientes al piedemonte. Y finalmente, la susceptibilidad baja (verde claro), considera pequeñas zonas localizadas hacia el sector oriental y nororiental asociadas a relieves planos y suavizados propios del Piedemonte Llanero.

Tabla 2. Relación entre área y calificación de la Susceptibilidad por Movimientos en Masa.

CALIFICACIÓN	ÁREA Km ²	PARÁMETRO
5	1,47	MA (MUY ALTA)
4	704,80	A (ALTA)
3	1 343,35	M (MEDIA)
2	350,43	B (BAJA)

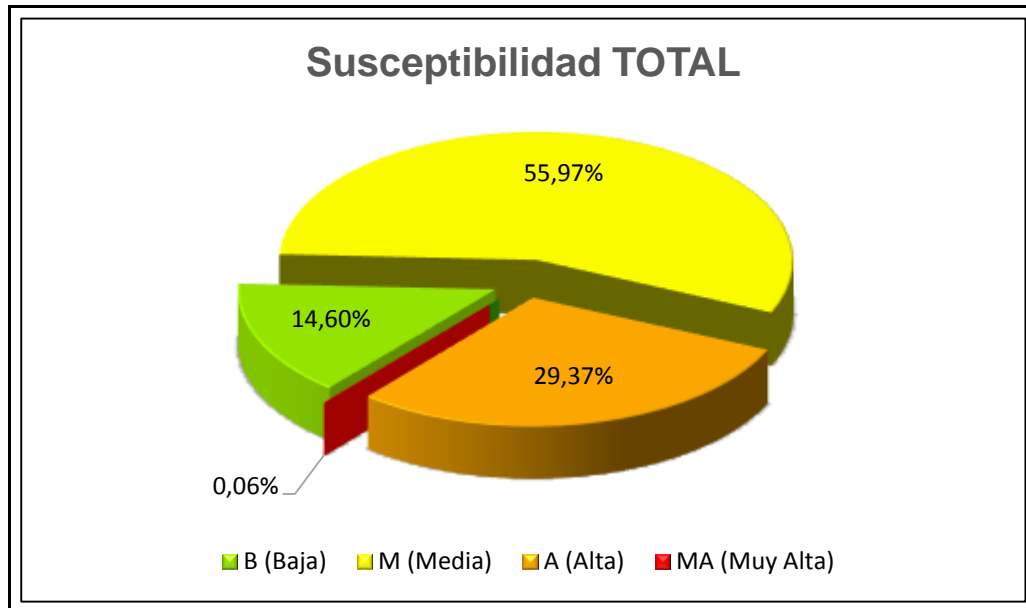


Figura 9. Distribución Porcentual de la Susceptibilidad Total.

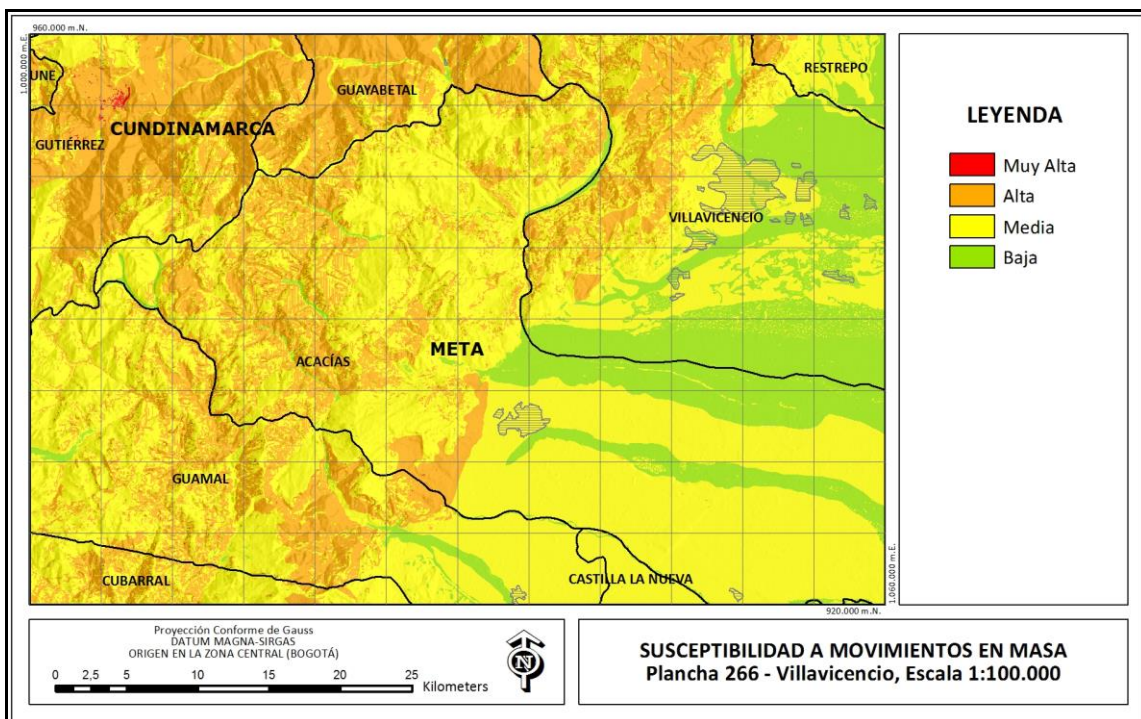


Figura 10. Mapa de Susceptibilidad Total a Movimientos en Masa para la Plancha 266 - Villavicencio.

A continuación, se describen por niveles, los aspectos distintivos que influyen en las condiciones de susceptibilidad por movimientos en masa, haciendo énfasis en las características de los diferentes componentes físicos que se presentan para cada zona:

2.1.1 Susceptibilidad muy alta

Comprende tan solo el 0,06%, que representa unos 1,47 km². Los aspectos geológicos y geomorfológicos comprenden depósitos no consolidados de origen coluvial en morfologías de conos coluviales y glacis de acumulación con pendientes superiores a los 30°, los suelos incluyen andisoles e inceptisoles pobremente drenados con coberturas de pastos naturales, mosaicos con cultivos, pastos y espacios naturales y vegetación secundaria. La susceptibilidad muy alta se localiza en dos sectores particulares, al sur en límites entre los municipios de Guamal y Acacías, zona correspondiente al frente de cordillera; y en el extremo noroccidental de la plancha en jurisdicción del municipio de Gutiérrez. Para esta categoría de susceptibilidad no se reportan eventos de remoción en campo, no obstante, son áreas con propensiones muy altas a verse afectadas por movimientos de diverso tipo, especialmente deslizamientos complejos y flujos de escombros.

2.1.2 Susceptibilidad alta

Las zonas de susceptibilidad alta comprenden el 29,37% de ocupación (704,80 km²), es decir la segunda categoría de mayor extensión para la plancha 266. Las características geológicas incluyen principalmente depósitos de origen coluvial y rocas tipo filitas y metalimolitas, arcillolitas, lodolitas, con algunas unidades de conglomerados y areniscas de resistencia baja a moderada y afectados por tectónica y fracturamiento. Las geoformas dominantes incluyen conos coluviales, glacis de acumulación, conos fluvio-glaciales, laderas denudacionales activas y con flujos, laderas coluviales, escarpes denudacionales, lomeríos disectados, lomeríos con disección moderada, espinazos y algunas laderas glaciadas en pendientes generalmente escarpadas entre 30 y 45°. Los suelos comprenden especialmente inceptisoles con algunos entisoles y andisoles, con coberturas tipo tierras desnudas y degradadas, mosaicos de pastos y cultivos, pastos limpios y enmalezados, vegetación secundaria, herbazales, arbustales y algunos bosques.

La categoría alta se ubica con grandes unidades al noroccidente en los municipios de Une, Gutiérrez, Guayabetal; al norte y nororiente en Villavicencio y Restrepo; en el sector central-sur en Acacías y Guamal; y con unidades más pequeñas en la zona central municipio de Acacías y hacia la zona suroccidental en Guamal y Cubarral.

De acuerdo con el reporte de movimientos registrado por trabajo de campo, se encuentran deslizamientos localizados en los municipios de Guayabetal y Villavicencio, todos relacionados con rocas de la Formación Filitas y Cuarcitas de Guayabetal (PCAqg) y lodolitas de la unidad Macanal (Kilm), en morfologías de laderas denudacionales estables y activas, colinas y laderas coluviales y escarpes, con movimientos de tipo traslacional principalmente.

2.1.3 Susceptibilidad media

Con un área total de 1 343,35 km² y un porcentaje de ocupación de 55,97%, la susceptibilidad media es la categoría de mayor extensión dentro de la Plancha 266 - Villavicencio. Las características geológicas incluyen rocas clásticas consolidadas y cementadas de resistencia media como areniscas, calizas, limolitas, conglomerados, lodolitas y arcillolitas, así como depósitos de abanicos y terrazas. A nivel geomorfológico los relieves comprenden planicies, circos, valles y laderas glaciadas, lomeríos con disección moderada y leve, laderas denudacionales estables y activas, colinas coluviales medias, abanicos aluviales (recientes y antiguos) y terrazas aluviales (recientes y subrecientes), generalmente en pendientes inclinadas (entre 7° - 11°). Se identifica un predominio de suelos inceptisoles, con entisoles, ultisoles y oxisoles de tendencia arenosa, bien drenados y profundidades medias. Las principales coberturas son los bosques densos, bosques de galería, bosques fragmentados, mosaicos con pastos, cultivos y espacios naturales, pastos limpios, vegetación secundaria o en transición, cultivos transitorios, cultivos de palme de aceite, herbazales densos, arbustales densos y abiertos, y zonas urbanas.

Las zonas con predisposiciones media de susceptibilidad por movimientos en masa se sitúan en la zona occidental municipios de Cubarral, Guamal; al sur y sur oriente en Cubarral, Guamal, Acacías y Castilla La Nueva; en la parte central municipios de Acacías; hacia el sector nororiental en jurisdicción de Villavicencio y Restrepo; y en menor proporción hacia el noroccidente de la plancha en el municipio de Gutiérrez.

Según el reporte de movimientos del inventario, los movimientos en masa registrados en campo se relacionan con depósitos fluviales (torrenciales), dispuestos en zonas encañonadas y en el sector de piedemonte (abanicos, terrazas, vegas y cauces); los cuales, presentan potencial principalmente con socavación de taludes y movimientos tipo desprendimientos y caídas de rocas.

2.1.4 Susceptibilidad baja

Corresponde a esta categoría el 14,60% de extensión territorial, lo que representa un área total dentro de la plancha de 350,43 km². Las zonas con susceptibilidad baja comprenden litológicamente depósitos aluviales relacionados con geoformas aluviales de vegas, cauces y terrazas en relieves relativamente muy bajos de pendientes suaves inferiores a 5°, y predisposiciones muy bajas a la ocurrencia de remoción en masa. En términos edáficos se identifican principalmente suelos de bajo desarrollo del orden inceptisol y entisol, con coberturas de bosques de galería, vegetación secundaria, mosaicos de pastos y cultivos y espacios naturales, cultivos transitorios, palma de aceite, arbustales, pastos limpios, tejidos urbanos, zonas pantanosas y cauces de los grandes ríos.

Las áreas con susceptibilidades bajas se encuentran ubicadas en unidades pequeñas y alargadas, correspondientes a los valles de montaña situados al norte y occidente en los municipios de Guayabetal, Villavicencio, Acacías y Guamal; y unidades grandes presentes en la zona de piedemonte, al sur en Guamal, al oriente en Acacías y en el sector nororiental municipios de Villavicencio y Restrepo. Según el reporte de movimientos del inventario, no se identificó ningún movimiento para esta categoría de susceptibilidad.

2.2 AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Luego de obtener el modelo de susceptibilidad por movimientos en masa, se establecieron los escenarios de amenaza relativa por movimientos en masa, teniendo en cuenta los factores detonantes sismo y clima. Aplicando la función empleada en la metodología para generar el mapa de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa a escala 1:100 000, se obtuvo el mapa de zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa total para la plancha 266 Villavicencio (**Figura 11**), el cual presenta tres categorías: muy alta, alta y media. En general, a partir de dicho mapa se puede observar lo siguiente:

La categoría de amenaza muy alta representa el 54,99% del área total de la plancha 266, siendo muy relevante su presencia en la zona central y parte de la zona occidental, cubriendo gran parte de los municipios de Gutiérrez, Guayabetal (Cundinamarca), Acacías, Guamal, Villavicencio, Restrepo y Cubarral (Meta).

La categoría de amenaza alta comprende el 42,12% y se distribuye principalmente en la zona oriental de la plancha, en los municipios de Acacías, Guamal, Villavicencio y Restrepo (Meta).

La categoría de amenaza media corresponde al 2,89% del total de la plancha 266, se localiza en un pequeño porcentaje en los municipios de Gutiérrez y Une (Cundinamarca), Acacías y Villavicencio (Meta).

En la **Tabla 3** se muestra el área de ocupación de cada una de las categorías de amenaza expresada en metros cuadrados, mientras que en la **Figura 12** se presenta la distribución porcentual de cada categoría de amenaza.

Tabla 3. Relación entre área y calificación de la amenaza por movimientos en masa.

AMENAZA	ÁREA en píxeles (m2)	ÁREA (%)
Muy alta	13193912810	54,99
Alta	10105018364	42,12
Media	694541270	2,89
TOTAL	23993472444	100

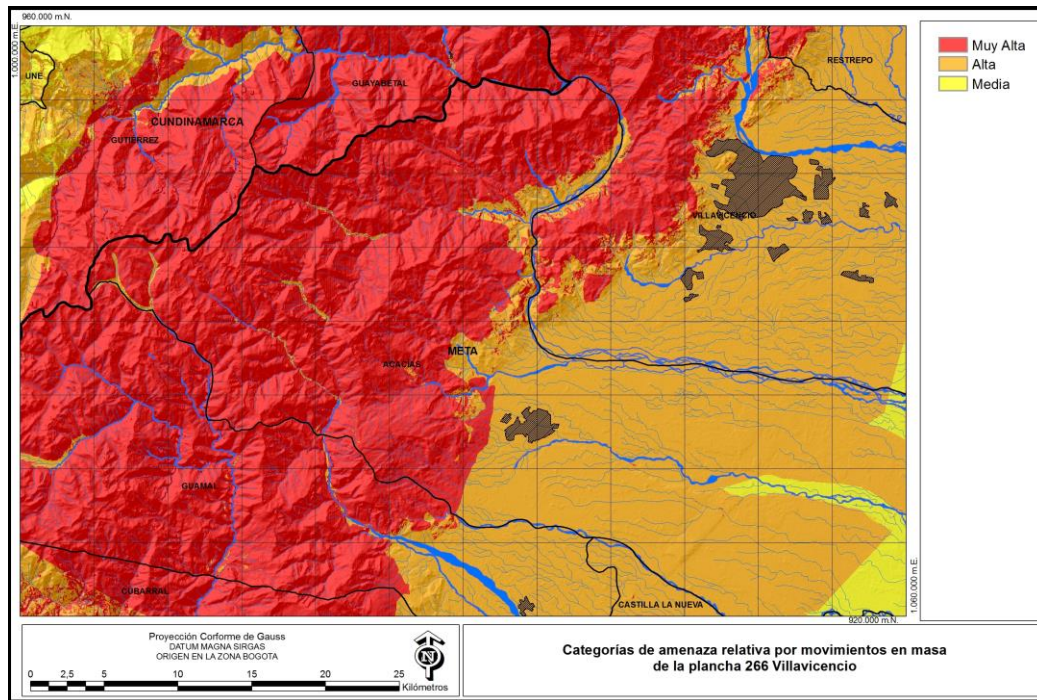


Figura 11. Mapa de zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100000 para la plancha 266 Villavicencio.



Figura 12. Distribución porcentual de la amenaza por movimientos en masa, plancha 266 Villavicencio.

A continuación se hace una breve descripción de cada una de las categorías de amenaza por movimientos en masa presentes en la plancha 266 Villavicencio.

2.2.1 Amenaza muy alta

Corresponde al 54.99 % del área de la plancha y se relaciona con zonas con susceptibilidad media y alta por movimientos en masa. Esta categoría se ubica en la zona central y occidental de la plancha en los municipios de Cubarral, Guamal, Acacías, Villavicencio y una pequeña franja de Restrepo (Meta); Gutiérrez y Guayabetal (Cundinamarca). Estas regiones se caracterizan por presentar características intrínsecas del terreno que pueden favorecer la ocurrencia de movimientos en masa. Entre estas condiciones se encuentra la presencia de materiales geológicos que por sus propiedades de textura, fábrica y resistencia son propensos al desarrollo de procesos de inestabilidad, como por ejemplo las filitas y cuarcitas de Guayabetal, metaconglomerados y filitas de Susumuco y metalimolitas del río Guamal, las lutitas de Pipiral, areniscas de Gutiérrez, areniscas y lodolitas rojizas de la Formación Capas Rojas del Guatiquía, las lutitas de Macanal y areniscas de la Formación Chipaque, los cuales

pueden desarrollar suelos residuales con altos contenidos de arcillas y de espesores relativamente gruesos a moderados. También se pueden encontrar sectores puntuales con algunos depósitos Cuaternarios de origen fluvioglacial y coluvial. La mayoría de los macizos rocosos mencionados se encuentran bajo la influencia de estructuras regionales como las fallas de Servitá, El Trueno, Sardinata, Portachuelo, Manzanares, Río Grande San Salvador y Río Chiquito, así como diversos pliegues como el anticlinal del Brasil y los sinclinales de Servitá, El Arenal y San Juan. Estas estructuras influyen en las propiedades de resistencia naturales de los macizos rocosos, incrementando su grado de fracturamiento y meteorización, por lo cual en muchos casos estos macizos pueden encontrarse muy desgastados y alterados con baja resistencia, siendo propensos al desarrollo de procesos erosivos y movimientos en masa. A lo anterior, es importante adicionar que estos materiales geológicos pueden presentar coberturas que no favorecen las condiciones de soporte y estabilidad de los suelos como por ejemplo la presencia de herbazales, mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales. El factor detonante climático se caracteriza por climas muy húmedos desde cálidos, templados hasta fríos y muy fríos, con precipitación media anual entre los 1000 mm hasta 7000 mm y valores de lluvia máxima diaria que en muchos sectores van desde 150 mm hasta superiores a 200 mm. Por su parte, el detonante sísmico presenta valores de aceleración máxima horizontal a nivel de roca superiores a 300 cm/s^2 . Esto refleja la importante influencia de ambos factores como detonantes de movimientos en masa en estas regiones. Bajo estas condiciones geoambientales y la notable influencia de los factores detonantes, se espera que en las áreas catalogadas con amenaza muy alta, existan grandes posibilidades de ocurrencia de movimientos en masa tipo deslizamientos traslacionales, flujos y ocasionales caídas en las zonas de mayor pendiente, principalmente durante eventos de máxima pluviosidad en temporadas invernales intensas y eventualmente durante sismos de gran magnitud. Así mismo, es de esperarse que los procesos de erosión hídrica continúen acentuándose sobre los macizos rocosos y suelos, favoreciendo el desarrollo de surcos y cárcavas sobre los mismos. En estas zonas también se presentan procesos de degradación de suelos por erosión de tipo terracetas o pata de vaca. Por lo tanto, se recomienda establecer buenas prácticas de uso y manejo del suelo, además de generar políticas ambientales y de reordenamiento territorial orientadas a restablecer el equilibrio de las zonas inestables, especialmente en aquellas zonas en donde han desaparecido las coberturas.

Dentro de esta categoría de amenaza se identificaron 9 registros de movimientos en masa recopilados desde el SIMMA como información tipo catálogo. Estos procesos no presentan una clasificación definida por lo cual se reportaron como deslizamientos

indiferenciados, los cuales se localizan en los municipios de Guayabetal (Cundinamarca) y Villavicencio (Meta).

2.2.2 Amenaza alta

Las áreas clasificadas con amenaza alta ocupan cerca del 42.12 % del área total de la plancha y se relacionan con zonas que fueron evaluadas con susceptibilidad media a alta por movimientos en masa. Esta categoría se distribuye principalmente en la franja oriental, parte de la central y en las esquinas noroeste y suroeste de la plancha, en inmediaciones de los municipios de Acacías, Guamal, Castilla La Nueva, Villavicencio y Restrepo (meta) y Gutiérrez y parte de Cubarral (Cundinamarca). Estas regiones presentan características intrínsecas del terreno que por naturaleza son propensas al desarrollo de procesos morfodinámicos. Una de las condiciones destacables en estas áreas es la presencia de depósitos fluviotorrenciales que conforman el sistema de abanicos del piedemonte llanero, que son el resultado de procesos de erosión en la parte alta de las cuencas y microcuencas del frente montañoso y su transporte por corrientes superficiales y posterior depositación en las zonas de menor pendiente. Así mismo, se pueden encontrar asociados a esta categoría de amenaza, algunos depósitos coluviales y fluvioglaciares y macizos rocosos de las lutitas de Pipiral y filitas y cuarcitas de Guayabetal. La actividad tectónica sobre los macizos y sobre los depósitos Cuaternarios es ejercida principalmente por las fallas de Villavicencio, Bavaria, Colepato, Potrerillos y Cristales. Es así como en estas regiones se pueden encontrar macizos altamente fracturados y meteorizados y depósitos cuaternarios afectados por neotectónica. Estos materiales por lo general presentan coberturas de tipo pastos limpios, cultivos, pastos y espacios naturales y vegetación secundaria, que en casos particulares no proveen soporte ni estabilidad a los suelos en profundidad, por lo que también se considera una condición natural que puede favorecer el desarrollo de procesos de inestabilidad en el terreno. El detonante climático está representado en estas regiones por climas que varían entre templados húmedos, a cálidos muy húmedos y fríos secos, con precipitaciones medias anuales entre los 2000 mm hasta 7000 mm y valores de lluvia máxima diaria que en muchos sectores van desde 100 mm hasta 200 mm. Entre tanto, el detonante sismo presenta valores de aceleración máxima horizontal a nivel de roca que van desde 100 cm/s² hasta más de 300 cm/s². Al analizar estas regiones en cuanto a sus factores condicionantes y detonantes, se puede interpretar que son altamente propensas al desarrollo de procesos de erosión hídrica y movimientos en masa y que existe alta posibilidad de que durante periodos de alta precipitación y eventualmente durante fuertes sismos, se pueda dar la ocurrencia de movimientos tipo deslizamientos traslacionales y flujos de detritos. Así mismo, dadas las condiciones naturales que presentan las cuencas del frente montañoso que bordea

el piedemonte llanero y considerando los procesos fluviotorrenciales de los cuales ya se tiene evidencia geológica y geomorfológica de su ocurrencia a lo largo del tiempo en estas regiones, no se descarta la posibilidad de que este tipo de procesos torrenciales puedan volver a ocurrir principalmente en los ríos Guatiquía, Guayuriba y Guamal, poniendo así en condición de amenaza a los centros poblados localizados en cercanías a dichos ríos.

En las áreas con amenaza alta se recopilieron 4 registros de movimientos en masa obtenidos desde el SIMMA como información tipo catálogo, los cuales se reportaron como deslizamientos indiferenciados y se localizan en los municipios de Acacías, Guamal y Villavicencio (Meta). En las áreas mencionadas se recomienda intensificar las medidas de prevención en cuanto al uso adecuado del suelo, preservación de la cobertura vegetal y manejo responsable de sistemas de drenaje, además de establecer políticas ambientales y de reordenamiento territorial orientadas a conservar el equilibrio de las zonas inestables especialmente en aquellas zonas en donde han desaparecido las coberturas.

2.2.3 Amenaza media

Es la categoría de menor ocupación de área en la plancha 266, con tan solo el 2.89 % de la plancha y se relaciona con zonas de susceptibilidad baja y media por movimientos en masa. Esta categoría se localiza al nor occidente y sur oriente de la plancha en los municipios de Gutiérrez (Cundinamarca) y Acacías (Meta). Estas regiones presentan características intrínsecas del terreno que bajo ciertas condiciones extremas de los factores detonantes, podrían desencadenar la ocurrencia de movimientos en masa. Los materiales geológicos que predominan en estas áreas corresponden a depósitos aluviales de terrazas y fluviotorrenciales así como macizos rocosos de las Capas Rojas del Guatiquía y arenitas con lodolitas de la Formación Une. Si bien los macizos rocosos predominantes corresponden a rocas que en teoría presentan buenas condiciones de resistencia natural, estas podrían verse afectadas debido a la influencia de estructuras como la Falla de Potrerillos y algunos pliegues locales. Las coberturas de la tierra predominantes en estas regiones corresponden a herbazales densos, mosaicos de pastos con espacios naturales y pastos limpios. El detonante climático se caracteriza por climas desde cálidos húmedos hasta muy fríos secos, con precipitaciones medias anuales entre los 1000 mm hasta 3000 mm, con valores de lluvia máxima diaria que en muchos sectores van desde 50 mm hasta 100 mm. Mientras que el detonante sismo presenta valores de aceleración máxima horizontal a nivel de roca van desde 100 cm/s^2 hasta 300 cm/s^2 . Dadas las condiciones naturales mencionadas para estas regiones, se deduce que la ocurrencia de movimientos en masa está directamente relacionada con

periodos de extremas precipitaciones y sismos de magnitudes muy altas, en cuyos casos las áreas con pendientes desfavorables y materiales geológicos en condiciones de inestabilidad, podrían desarrollar movimientos en masa como deslizamientos traslacionales, flujos y caídas. Es de anotar que los procesos erosivos presentes en estas áreas podrían evolucionar hasta desarrollar zonas con cárcavas, que también son contribuyentes de la ocurrencia de movimientos en masa. En estas áreas se recopiló un registro de movimiento en masa desde el SIMMA como información de tipo catálogo, el cual se encuentra catalogado como deslizamiento indiferenciado y se localiza en el municipio de Villavicencio (Meta).

CONCLUSIONES

La zonificación realizada para la Plancha 266 - Villavicencio, representa una evaluación regional sobre el conocimiento de la susceptibilidad por movimientos en masa para el área de estudio. Las características intrínsecas de las variables geología, geomorfología, suelos edáficos y cobertura de la tierra, permitieron identificar zonas que favorecen la ocurrencia de movimientos en masa, así como establecer aquellas áreas de relativa estabilidad sobre las cuales la posibilidad de ocurrencia es menor y no tan relevante.

En la zona de estudio predomina la susceptibilidad media con el 55,97%, la categoría se relaciona con rocas clásticas consolidadas y cementadas tipo areniscas, calizas, limolitas, conglomerados, lodolitas y arcillolitas en relieves de planicies, circos, valles y laderas glaciadas, lomeríos con disección moderada y leve, laderas denudacionales estables y activas y colinas coluviales medias, presentes en la zona occidental, central y sur; y depósitos de abanicos y terrazas, localizados hacia el sector nororiental y noroccidental de la plancha.

La susceptibilidad muy alta ocupa el 0,06%, se encuentra relacionada con depósitos no consolidados y morfologías de conos coluviales y glacis de acumulación, los cuales se localizan en dos sectores: al sur en el frente de cordillera y en el extremo noroccidental de la plancha. El potencial de ocurrencia comprende especialmente deslizamientos complejos y flujos de escombros.

Las zonas con susceptibilidades altas comprenden el 29,37%, se caracterizan por presentar depósitos coluviales, filitas, metalimolitas, y algunas rocas sedimentarias afectadas por tectónica y fracturamiento, en geoformas de conos coluviales y fluvio-glaciales, glacis de acumulación, laderas denudacionales (activas y con flujos), laderas coluviales, escarpes, lomeríos disectados y con disección moderada, espinazos y laderas glaciadas. La categoría alta se localiza con grandes unidades al noroccidente, al norte y nororiente, y con unidades más pequeñas en las zonas central y suroccidental. Los tipos de movimientos incluyen básicamente deslizamientos traslacionales.

Las áreas de susceptibilidad baja tienen un porcentaje de cubrimiento que llega al 14,60%. Estas zonas se relacionan con depósitos y geoformas de origen fluvial, tipo vegas, cauces y terrazas en topografías de suave pendiente. La susceptibilidad baja se encuentra ubicada al norte y occidente en unidades pequeñas y alargadas, y al sur, oriente y sector nororiental correspondientes a la zona de piedemonte.

Al observar las características propias del terreno, dentro del componente geológico, se puede concluir que las zonas más propensas a presentar movimientos en masa, están condicionadas por depósitos de origen coluvial y litologías sedimentarias de baja resistencia como las filitas, arcillolitas, lodolitas y metalimolitas.

A nivel de los aspectos geomorfológicos, se evidencia que las unidades más propensas a presentar movimientos en masa, son los conos coluviales, los glaciares de acumulación, lomeríos disectados y laderas denudacionales con flujos y activas, que se interrelacionan con propiedades morfométricas del relieve como las pendientes abruptas a escarpadas, la alta rugosidad, el flujo acumulado y el relieve relativo alto.

Los suelos más favorables para el desarrollo de movimientos en masa dentro del área de estudio son aquellos de los órdenes inceptisol y entisol, que en general, por ser suelos jóvenes se asocia a propiedades intrínsecas que aumentan la predisposición como el tipo y alto contenido de arcilla, perfiles con profundidades altas y drenajes insuficientes.

En cuanto a la cobertura vegetal, se puede concluir que las coberturas de en áreas deforestadas para el establecimiento de pastizales y cultivos, son más favorables a la ocurrencia de movimientos; los tipos de cobertura que por sus propiedades de profundidad radicular, drenaje profundo y número estrato presentan mayor propensión para potencializar eventos de remoción son: las tierras desnudas y degradadas, las zonas quemadas, los pastos limpios y enmalezados, los mosaicos de pastos, los cultivos transitorios, y los herbazales densos de tierra firme e inundables.

A partir de los resultados obtenidos en la zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100 000, plancha 266, se puede concluir lo siguiente.

- La amenaza por movimientos en masa en la plancha 266 Villavicencio se encuentra clasificada en tres categorías: muy alta, alta y media, siendo la categoría muy alta, la de mayor predominio en esta plancha.
- La amenaza muy alta que ocupa cerca del 55% del área total de la plancha, se distribuye en la región occidental y central de la plancha. Se caracteriza porque en estas áreas hay condiciones naturales del terreno que pueden favorecer el desarrollo de movimientos en masa. Tales condiciones se resumen en la presencia de depósito coluviales y fluvioglaciares, así como macizos rocosos de baja resistencia como filitas y cuarcitas, lutitas y areniscas de baja cementación, que pueden desarrollar suelos residuales y además se encuentran afectados por

procesos de fallamiento activo y plegamiento de carácter regional y local y por tanto pueden presentar altos grados de fracturamiento y meteorización. En algunos casos las coberturas presentes tampoco favorecen la estabilidad de los suelos. Los factores detonantes ejercen una notable influencia en el incremento de la amenaza en estas regiones, pues los climas muy húmedos presentan elevadas precipitaciones medias anuales y lluvias máximas diarias, mientras que la sismicidad evidencia los valores más altos de aceleraciones horizontales a nivel de roca. En esta categoría de amenaza se tiene registro de 9 movimientos en masa extraídos del SIMMA como información tipo catálogo, pero no tiene una clasificación definida. En estas áreas, existen grandes posibilidades de que se desarrollen movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional, flujos y ocasionales caídas, durante temporadas invernales intensas y eventualmente durante sismos de gran magnitud.

- Las áreas clasificadas con amenaza alta por movimientos en masa ocupan el 42.12 % de la plancha y se distribuyen hacia la región oriental y parte de la central así como en las esquinas noroeste y suroeste de la plancha. Los materiales geológicos predominantes corresponden a depósitos fluvio-torrenciales que conforman el sistema de abanicos del piedemonte llanero, depósitos coluviales y fluvio-glaciares y macizos rocosos de las lutitas de Pipiral y filitas y cuarcitas de Guayabetal, que en su mayoría se encuentra afectados por procesos de fallamiento y plegamiento regional, por lo que es posible encontrar macizos intensamente fracturados y meteorizados así como depósitos cuaternarios afectados por neotectónica. Las coberturas de la tierra predominantes son de tipo pastos limpios, cultivos, espacios naturales y vegetación secundaria, que en muchos casos no brindan soporte a los suelos ni favorecen la estabilidad de los mismos. Tanto el factor detonante sísmico como el climático presentan una alta contribución al desarrollo de movimientos en masa en estas regiones. Por lo tanto, se deduce que existe alta posibilidad de que durante periodos de alta precipitación y eventualmente durante fuertes sismos, se pueda dar la ocurrencia de movimientos tipo deslizamientos traslacionales y flujos de detritos. Así mismo, dadas las condiciones naturales que presentan las cuencas del frente montañoso que bordea el piedemonte llanero y considerando los procesos fluvio-torrenciales de los cuales ya se tiene evidencia geológica y geomorfológica de su ocurrencia a lo largo del tiempo en estas regiones, no se descarta la posibilidad de que este tipo de procesos torrenciales puedan volver a ocurrir principalmente en los ríos Guatiquía, Guayuriba y Guamal, poniendo así en condición de amenaza a los centros poblados localizados en cercanías a dichos ríos. En las áreas con amenaza alta se recopilaron 4 registros de movimientos en masa obtenidos desde el

SIMMA como información tipo catálogo, los cuales se reportaron como deslizamientos indiferenciados y se localizan en los municipios de Acacías, Guamal y Villavicencio (Meta).

- La fuerte influencia de la actividad tectónica del sistema de fallas del borde llanero en la plancha 266, se ve reflejada en la muy alta contribución del detonante sismo al desarrollo de movimientos en masa. Sin embargo, el componente climático también es un factor que influye en gran medida pues hay altos valores de precipitaciones medias anuales y lluvias máximas diarias que se distribuyen en diferentes sectores de la plancha y contribuyen para que la amenaza sea alta en la región oriental, parte de la central y en las esquinas noroeste y suroeste de la plancha.
- En cuanto a la aplicación, la zonificación de amenazas constituye una valiosa herramienta para ser utilizado a nivel departamental y nacional por entidades del estado tales como: Planeación Nacional, Ministerio del Medio Ambiente, Departamentos y Corporaciones autónomas y el Ministerio de Transporte e INVÍAS, en temas relacionados con la planificación del territorio y para el proceso de construcción de mega obras en lo que respecta como información base.
- La zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100 000 se convierte como insumo para la toma de decisiones a nivel regional y para la identificación de zonas susceptibles a presentar movimientos en masa, con el objetivo de ejecutar estudios de mayor detalle, pero no sirve como insumo para escalas de mayor detalle.

RECOMENDACIONES

Por las condiciones cambiantes del entorno natural, así como por los avances que se pueden desarrollar a nivel de geo-tecnologías, se recomienda actualizar o aplicar nuevos modelos, en los que se incorpore e integre nueva información en cuanto a formaciones superficiales, aspectos de meteorización, alteración de sustrato, erosión e incidencia antrópica, cambios en la morfodinámica, detalles de suelos, cambios en la cobertura de la tierra, y ajustes propios del modelo.

Para las zonas categorizadas en susceptibilidad alta, localizadas en sectores de alta pendiente, con materiales inestables y presencia de infraestructura o población expuesta, se recomienda emprender controles y estudios, los cuales pueden estar soportados en análisis de mayor detalle que incorporen aspectos y variables de mayor relevancia. En terreno, se sugiere, emprender procesos de morfo-conservación en zonas de páramo, bosques de protección, destinadas al mantenimiento de la cobertura vegetal, que permita reducir procesos de escorrentía, aumentar la regulación hídrica y reducir la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa.

Se recomienda continuar con el proceso de consolidación y seguimiento de movimientos en masa registrados en las plataformas de inventario (SIMMA), esto con la finalidad de apoyar en el futuro las medidas de mitigación tanto estructurales como no estructurales y seguir monitoreando aquellas zonas donde se determinaron altas susceptibilidades a presentar fenómenos de remoción en masa.

En síntesis, esta zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:100.000, se convierte en una guía para las instituciones públicas y privadas del orden regional y nacional, a partir de la cual se presentan elementos para la reducción de condiciones de vulnerabilidad y de riesgo que minimicen los desastres, la toma de decisiones en la planificación del territorio, y en general para el desarrollo de programas y proyectos regionales que conlleven a un mejor uso del suelo de acuerdo a sus potencialidades y restricciones.

Finalmente, para efectos de la planificación y evaluación de aspectos locales y puntuales a nivel municipal y debido a las limitantes propias del nivel de resolución de la escala de trabajo, se recomienda aplicar las escalas de detalle 1:25.000 o mayores, así como los aspectos metodológicos necesarios para tal fin.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS, 2010. Keys To Soil Taxonomy. USDA.
- EL TIEMPO. (2016, 25 de mayo). Cinco municipios de Cundinamarca, en alerta por derrumbes. Recuperado de <http://www.eltiempo.com/bogota/lluvias-causan-derrumbes-en-cinco-municipios-de-cundinamarca/16603128>
- EL TIEMPO. (1990, 6 de diciembre). Seis Muertos por alud en Villavicencio mijo, sálveme de morir. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-31530>
- EL TIEMPO. (1996, 21 de noviembre). El invierno deja un muerto en Villavicencio. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-596049>
- EL TIEMPO. (1997, 28 de mayo). Tres muertos por avalancha en Villavo. Recuperado de: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-580190>
- GÓMEZ, J., NIVIA, A., MONTES, N.E., JIMÉNEZ, D.M., TEJADA, M.L., SEPÚLVEDA, M.J., OSORIO, J.A., GAONA, T., DIEDERIX, H., URIBE, H. & MORA, M., COMPILADORES. 2007. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1'000.000. INGEOMINAS, 2 hojas. Bogotá D.C.
- IDEAM, IGAC, IAVH, INVEMAR, I. SINCHI E IIAP. 2007. Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andrés e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C, 276 p. + 37 hojas cartográficas. Bogotá, D.C.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. 2009. Mapa de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. Período 2005-2009. Escala 1:100.000. (No. Contrato 239 de 2008). Bogotá D.C.
- 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.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. 2010b. Documento técnico con metodología para estructurar y evaluar la información de coberturas y actividad antrópica para la zonificación de

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM
Servicio Geológico Colombiano - SGC

- susceptibilidad a deslizamientos a escala 1:100.000. Preparado por: Astrid Cruz, 21 págs.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. 2013. Guía Metodológica para la elaboración de mapas Geomorfológicos a Escala 1:100.000. Por: Robertson K., Jaramillo O., & Castiblanco M., 88 págs.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. 2014a. Metodología de la zonificación de susceptibilidad por deslizamientos Escala 1:100.000. Por: Jaramillo O., Gavidia A., Oscar A., Cruz, A. y Rincón P.R., 65 págs.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. 2014b. Memoria técnica explicativa del mapa geomorfológico escala 1:100.000. Plancha 266 - Villavicencio. Bogotá D.C.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM & SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. 2016a. Anexos de la memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa escala 1:100.000 Plancha 266 - Villavicencio, Anexo A “Susceptibilidad por Geología”. 22 págs.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM & SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. 2016b. Anexos de la memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa escala 1:100.000 Plancha 266 - Villavicencio, Anexo B “Susceptibilidad por Geomorfología”. 29 págs.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM & SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. 2016c. Anexos de la memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa escala 1:100.000 Plancha 266 - Villavicencio, Anexo C “Susceptibilidad por Suelos Edáficos”. 21 págs.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM & SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. 2016d. Anexos de la memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa escala 1:100.000 Plancha 266 - Villavicencio, Anexo D “Susceptibilidad por Cobertura de la Tierra”. 20 págs.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA, MINERO-AMBIENTAL Y NUCLEAR - INGEOMINAS. 1998. Geología de la plancha 266 Villavicencio, Escala 1:100.000. Por: Orlando Pulido G., Luz Stella Gómez V. y Pedro Marín R. Versión digital 2014. Bogotá D.C.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA, MINERO-AMBIENTAL Y NUCLEAR - INGEOMINAS. 2001. Geología de la plancha 266 Villavicencio. Escala

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM
Servicio Geológico Colombiano - SGC

- 1:100.000. Memoria Explicativa. Por: Orlando Pulido González y Luz Stella Gómez Villalba. Bogotá D.C. 53 págs.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA, MINERO-AMBIENTAL Y NUCLEAR – INGEOMINAS. 2002. Catálogo nacional de movimientos en masa. Bogotá D.C.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA, MINERO-AMBIENTAL Y NUCLEAR – INGEOMINAS. 2007. Atlas Geológico de Colombia. Escala 1:500.000. 26 planchas. Bogotá.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA, MINERO-AMBIENTAL Y NUCLEAR – INGEOMINAS. 2008. Informe técnico sobre la visita al municipio de Guayabetal, Cundinamarca. Recuperado de <https://www2.sgc.gov.co/getattachment/9398f36e-ba2a-4d5a-a11f-3b039a2dbbe7/Informe-tecnico---Visita-municipio-de-Guayabetal-C.aspx>
- INGEOMINAS. s.f. Carcavamientos profundos que afectan la cuenca media-baja del río Guatiquía, municipio de Villavicencio, departamento del Meta, Colombia. Recuperado de: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019670/Paginas/31.htm>
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC. 2000. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Cundinamarca. IGAC, Subdirección de Agrología. Bogotá D.C.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC. 2003. Memoria explicativa del mapa de suelos de Colombia. Bogotá D.C.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC. 2004. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Meta. IGAC, Subdirección de Agrología. Bogotá D.C.
- Llanera.com Un solo llano. 2016, 23 de agosto. Al menos un mes tardará la reparación de línea de conducción del acueducto de Villavicencio. Recuperado de: <http://llanera.com/?id=22190>
- 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. Bogotá.
- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO – SGC. 2013a. Calificación de las variables edáficas y de cobertura de la tierra para la evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa, versión No. 2. Bogotá.
- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO – SGC. 2013b. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000. Versión 2.
- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO - SGC. s.f. Pomcas, CMGRD, Villavicencio. pag. 70.