



CONVENIO ESPECIAL DE COOPERACIÓN
No 041 DE 2013

**MEMORIA EXPLICATIVA DE LA ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD Y
LA AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000
PLANCHA 368 – SAN VICENTE DEL CAGUÁN**

Bucaramanga, Mayo de 2015

**CONVENIO ESPECIAL DE COOPERACIÓN
No. 041 DE 2013**

**MEMORIA EXPLICATIVA DE LA ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD Y
LA AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000
PLANCHA 368 – SAN VICENTE DEL CAGUÁN**

EQUIPO EJECUTOR – UNIVERSIDAD

Ph. D. Juan Diego Colegial Gutiérrez
Dirección Proyecto
Ph. D. Giovanni Jiménez
Dirección Técnica Proyecto
Geol. Jorge Leonardo Chaparro
Geol. Leonardo Palmera Sánchez
Geología y Geomorfología
Ing. Luis Eduardo Moreno
Geol. Isabel Cristina Ardila P.
Catálogo Histórico e Inventario de
Movimientos en Masa
Ing. Graciela Garzón
Cobertura de la Tierra
Ing. Jeiner Yobany Buitrago
Suelos Edáficos
Ing. Nicolás Bayona Cesarino
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
Geol. Jorge Arturo Castro
Geol. Gustavo Adolfo Trejos
Geología y Geomorfología
Ing. Claudia Paola Albadán
Catálogo Histórico e Inventario de
Movimientos en Masa
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

Bucaramanga, Mayo de 2015

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	11
ANTECEDENTES.....	12
CONTEXTO GENERAL DE LOS ESTUDIOS	14
1 METODOLOGÍA APLICADA	16
1.1 SUSCEPTIBILIDAD POR GEOLOGÍA	20
1.1.1 Susceptibilidad Muy Alta	20
1.1.2 Susceptibilidad Alta	21
1.1.3 Susceptibilidad Media	22
1.1.4 Susceptibilidad Baja.....	23
1.1.5 Susceptibilidad Muy Baja.....	23
1.2 SUSCEPTIBILIDAD POR GEOMORFOLOGÍA.....	24
1.2.1 Susceptibilidad Muy Alta	24
1.2.2 Susceptibilidad Alta	25
1.2.3 Susceptibilidad Media	26
1.2.4 Susceptibilidad Baja.....	27
1.2.5 Susceptibilidad Muy Baja.....	27
1.3 SUSCEPTIBILIDAD POR SUELOS.....	28
1.3.1 Susceptibilidad Alta	28
1.3.2 Susceptibilidad Media	29
1.3.3 Susceptibilidad Muy Baja.....	30
1.4 SUSCEPTIBILIDAD POR COBERTURAS DE LA TIERRA	30
1.4.1 Susceptibilidad Muy Alta	31
1.4.2 Susceptibilidad Alta	32
1.4.3 Susceptibilidad Media	32
1.4.4 Susceptibilidad Baja.....	32
1.4.5 Susceptibilidad Muy Baja.....	33
1.5 EVALUACIÓN DE DETONANTES.....	33
1.5.1 Detonante Climático	33
1.5.2 Detonante Sismo	35
2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA	38

2.1	SUSCEPTIBILIDAD.....	38
2.1.1	Susceptibilidad Muy Alta	38
2.1.2	Susceptibilidad Alta	40
2.1.3	Susceptibilidad Media	40
2.1.4	Susceptibilidad Baja	41
2.2	AMENAZA RELATIVA TOTAL	41
2.2.1	Amenaza Muy Alta	42
2.2.2	Amenaza Alta.....	42
2.2.3	Amenaza Media	43
	CONCLUSIONES.....	45
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de localización de la plancha 368 - San Vicente del Caguán.....	11
Figura 2. Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa a Escala 1:500.000, segmento tomado de la plancha 5-14 (SGC, 2010).	14
Figura 3. Diagrama metodológico para zonificación de la amenaza nacional por movimientos en masa escala 1:100.000, modificado del Estudio Zonificación de la amenaza por movimientos en masa escala 1:500.000. INGEOMINAS 2010 en SGC, 2012.	18
Figura 4. Calificación de la susceptibilidad de la variable geología.	21
Figura 5. Calificación de la susceptibilidad de la variable geomorfológica.....	25
Figura 6. Calificación de la susceptibilidad de la variable suelos.	29
Figura 7. Calificación de la susceptibilidad de la variable cobertura de la tierra.....	31
Figura 8. Mapa final del detonante por factor clima.	34
Figura 9. Mapa final del detonante por factor sismo.	36
Figura 10. Mapa de susceptibilidad total de la plancha 368 - San Vicente del Caguán.	39
Figura 11. Mapa de Amenaza relativa Total de la Plancha 368 - San Vicente del Caguán.	44

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Insumos suministrados para el proyecto de zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000.....	19

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A.** Susceptibilidad por geología
- Anexo B.** Susceptibilidad por geomorfología
- Anexo C.** Susceptibilidad por suelos
- Anexo D.** Susceptibilidad por coberturas de la tierra
- Anexo E.** Amenaza por detonante clima
- Anexo F.** Amenaza por detonante sismo

RESUMEN

En esta memoria explicativa se ofrecen los resultados correspondientes a la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa generada para la Plancha 368 - San Vicente del Caguán, departamentos del Caquetá y Meta, fundamentados en la metodología referida en el “Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, Escala 1:100.000” versiones de 2012 y 2013, elaborados por el Servicio Geológico Colombiano a través del grupo ejecutor del proyecto.

El área de la plancha 368 abarca el noroccidente del Departamento del Caquetá comprendiendo los municipios de San Vicente del Caguán y Puerto Rico; y una pequeña parte del occidente del Departamento del Meta en el Municipio de La Macarena.

El Servicio Geológico Colombiano (2013) ha establecido para estos estudios una metodología para la generación del mapa de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa donde se utilizan variables cualitativas y cuantitativas, dentro de las variables cualitativas se encuentra la geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra y dentro las variables cuantitativas se encuentran la pendiente, longitud de la pendiente, rugosidad y variables referidas a la cuenca, las cuales se derivan de un modelo digital de elevación desarrollado para esta plancha.

A partir de las variables citadas, se realiza un análisis multicriterio que involucra la utilización de datos geográficos, debiendo establecer las preferencias y combinaciones (o agregaciones) de los datos, de acuerdo a reglas de decisiones específicas articulando métodos heurísticos que se basan en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según la influencia esperada de éstos en la generación de movimientos en masa todo lo cual es implementado en un sistema de información geográfica.

Empleando funciones que involucran factores detonantes de tipo climático y sísmico, se generó la zonificación de amenaza, definiéndose para esta plancha tres categorías de amenaza: media, alta y muy alta, siendo la amenaza media la de mayor ocurrencia con un cubrimiento del 62,71%, de la superficie total de la Plancha 368 – San Vicente del Caguán; la categoría de amenaza alta presenta 36,81 % y la muy alta 0,47% del total de la plancha 368.

ABSTRACT

This explanatory document provides corresponding results to the zoning of the susceptibility and relative threat by mass movements generated for the plate 368-San Vicente del Caguán, departments of Caquetá and Meta; it was based on the parameters described in the “Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, Escala 1:100.000” 2012 and 2013 versions, prepared by the Colombian Geological Service through the project executing group.

The area of the plate 368 covers the northwest of the department of Caquetá comprising the municipalities of San Vicente del Caguán and Puerto Rico; and a small part of the West of the department of Meta in the town of La Macarena.

The Colombian Geological Survey (2013) (Servicio Geológico Colombiano-SGC) has established a methodology for the generation of maps of susceptibility and relative threat by mass movements where use qualitative and quantitative variables for these studies, the qualitative variables are the geology, geomorphology, soils and land cover and the quantitative variables are the slope, length of the slope, roughness and variables related to the basin, These latest are derived from a digital elevation model developed for this plate.

From the cited variables, is developed a multicriteria analysis that involves the use of geographic data, establish preferences and combinations (or aggregations) data, According to specific rules of decisions and articulating heuristic methods which are based on categorize and ponder the causing factors of instability according to the expected influence of these respect generation of mass movements, all is implemented in a geographic information system.

Using functions that involve detonating factors climate and seismic type, the zoning of threat was generated, defining three threat categories for this Sheet: medium, high and very high, where medium threat has the mayor occurrence covering a 62.71% of the total surface of the 368 – San Vicente sheet. The categories high 36.81% and very high present 0.47%, of total sheet.

INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de movimientos del terreno ha demandado la necesidad de entender mejor tales situaciones teniendo en cuenta los efectos contraproducentes que se derivan de ellos; los términos, movimientos en masa, se refieren en general a todo tipo de movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991 en PMA-GEMMA, 2007). Los movimientos en masa no solo causan el modelado de las geoformas y la modificación del paisaje, sino que en muchos casos traen consigo pérdidas humanas, ambientales y económicas.

Para distinguir estos fenómenos o procesos naturales se han venido desarrollando diferentes procedimientos que van desde la localización de cada uno de los sitios donde han ocurrido, con la realización de inventarios, hasta evaluar y diferenciar en el terreno las posibilidades del terreno a sufrir algún tipo de movimiento con base en estimar la incidencia de la combinación de factores, en principio del orden natural e intrínsecos, que finalmente pueden ser modelados por medio de mapas de zonificación de la susceptibilidad o la amenaza por movimientos en masa.

El concepto de susceptibilidad del terreno a los movimientos en masa se refiere a la evaluación cuantitativa y cualitativa de una región en la que existen o pueden existir deslizamientos, (SGC, 2013). La estimación de la susceptibilidad se basa en la correlación entre los factores o variables que contribuyen principalmente en la formación de los movimientos del terreno, determinándose así la relación entre las condiciones del terreno y la ocurrencia de los deslizamientos.

La ocurrencia o no de un determinado deslizamiento depende de que se presente un evento detonante el cual está normalmente asociado a una situación climática especial como el régimen especial de lluvias, a un evento sísmico cercano o a un evento volcánico, para mencionar solamente algunos factores de índole natural. Los aspectos climáticos, y en particular la intensidad, duración y acumulación de lluvias en el tiempo, pueden favorecer la inestabilidad del terreno al aportar una suficiente cantidad de agua que genera saturación superficial o subsuperficial de suelos o rocas, mientras que la sismicidad mediante las vibraciones provocadas por sismos pueden ser lo suficientemente fuertes como para generar movimientos de tierra de diversa magnitud, afectando extensas áreas y configurándose en una situación de peligro o amenaza para los sitios de mayor propensión a movimientos en masa.

La zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa, tiene en cuenta la influencia de la susceptibilidad del terreno de distintas variables, con respecto a los

factores detonantes de clima (temperatura media anual, precipitación media anual y lluvia máxima diaria) y sismo.

La elaboración del Mapa de Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa de la Plancha 368 – San Vicente del Caguán, hace parte del “Mapa Nacional de amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000”, esta cartografía busca mejorar la resolución de los productos nacionales de susceptibilidad y de amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:500.000, obtenidos por el INGEOMINAS en el año 2010.

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio con una extensión de 2.400 km², se localiza principalmente al noroccidente del Departamento del Caquetá comprendiendo parte de los municipios de Puerto Rico y San Vicente del Caguán; y una pequeña parte del suroccidente del Departamento del Meta en el Municipio de La Macarena (Figura 1).

La plancha está referenciada según Datum Magna–Sirgas con origen Bogotá, enmarcada por las siguientes coordenadas planas:

NW: X: 880.000 – Y: 760.000

NE: X: 940.000 – Y: 760.000

SW: X: 880.000 – Y: 720.000

SE: X: 940.000 – Y: 720.000

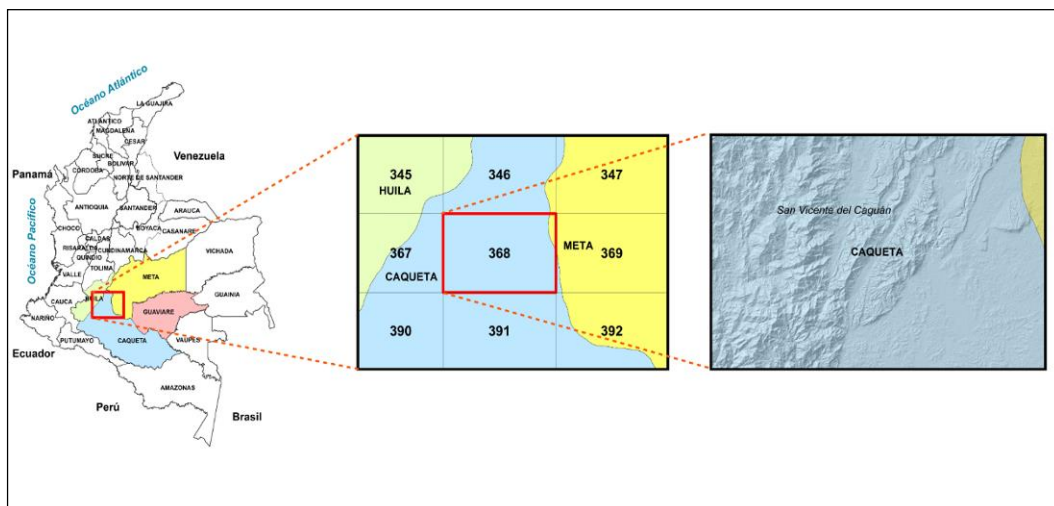


Figura 1. Mapa de localización de la plancha 368 - San Vicente del Caguán.

ANTECEDENTES

En el mapa nacional de amenaza por movimientos en masa escala 1:500.000 generado por INGEOMINAS (2010), los niveles de amenaza relativa que resultaron para la plancha 368 - San Vicente del Caguán fueron baja, media, alta y muy alta. Los rangos de amenaza presentes en la plancha 368 – San Vicente del Caguán se muestran en la Figura 2.

La amenaza muy alta se presenta hacia la cima de sectores montañosos y abruptos localizados en la Vereda La Ruidosa y la parte alta de la vereda La Granada, del Municipio de San Vicente del Caguán y el Municipio de Puerto Rico Departamento de Caquetá, hacia el suroccidente de la plancha, sobre laderas muy inestables debido a la alta meteorización de roca metamórficas foliadas pertenecientes al Complejo Garzón. Se deben aplicar las mismas políticas y acciones encaminadas a preservar el medio ambiente y reducir los impactos negativos en la economía y la sociedad.

Los sectores que integran la categoría de amenaza Alta frente a la ocurrencia de movimientos en masa, se localizan de forma homogénea en la región oeste de la plancha entre las fallas Guayas, El Doncello Norte, El Doncello Sur y San Pablo; entre los municipios de San Vicente del Caguán y Puerto Rico, presenta zonas con laderas inestables y áreas de laderas con inestabilidad acentuada por procesos erosivos, se encuentran movimientos en masa de tipo deslizamientos, flujos de detritos y reptación de suelos en el Municipio de Puerto Rico vereda Guayas Alto y en el Municipio de San Vicente del Caguán veredas (La Granada, Somondoco y El Caimán). Estos movimientos en masa pueden ocasionar represamientos y avalanchas por lo cual se deben aplicar las mismas políticas y acciones encaminadas a preservar el medio ambiente y reducir los impactos negativos en la economía y la sociedad.

La amenaza media se localiza en el sector central a lo largo de los valles tectónicos por donde corren los ríos Caguán, Pato, Pescado y las quebradas Las Lajas y La Ceiba región del piedemonte de la Cordillera Oriental, en laderas de pendiente baja a media; se encuentra cubierto en su mayoría, por unidades geomorfológicas de origen denudativo, estructural y fluvial este último relacionado a la dinámica hídrica de la plancha. Desarrolla zonas con laderas sin evidencia de inestabilidad actual y áreas de laderas con baja inestabilidad generada por procesos erosivos de baja intensidad, predominando procesos de reptación y deslizamientos de tipo traslacional en la vereda Versalles del Municipio de San Vicente del Caguán. Se recomienda evitar la deforestación y establecer buenas prácticas de uso y manejo del suelo, como la preservación de la cobertura vegetal nativa, especialmente en vertientes de caños y quebradas y en general en zonas de mayor pendiente.

La amenaza relativa baja se presenta hacia la Llanura Amazónica al Noreste, Este, Sureste de la plancha, entre los municipios de Puerto Rico y San Vicente del Caguán Departamento del Caquetá, se presenta el trazo del Sistema de Fallas Caguán, en la vereda La Estrella y la inspección de Policía de Guacamayas cerca al Río Caguán y en el sector de Santa Helena y la Inspección de Policía de Gibraltar en límites del Río Pato. . Abarca zonas planas, extensas, de topografías bajas y morfologías suaves; factores que inciden en una forma media a baja en la inestabilidad frente a la ocurrencia de procesos de movimientos en masa de tipo reptación, deslizamientos y avalanchas de detritos.

Para la plancha en los municipios de San Vicente del Caguán y Puerto Rico se tiene inventariado en la base nacional de movimientos en masa (SIMMA) desde el año 1919 hasta el 2013 una cantidad de 30 movimientos, estos se presentan en las veredas La Victoria, Villanueva, Monterrey, El Diamante y el barrio Brisas Bajas de la Inspección de Policía Santana Ramos del Municipio de Puerto Rico y en el sector Valsillas-Mina Blanca y El Carmelo sobre vías; estos movimientos son mayoritariamente de tipo deslizamiento traslacional y en menor proporción caídas de detritos.

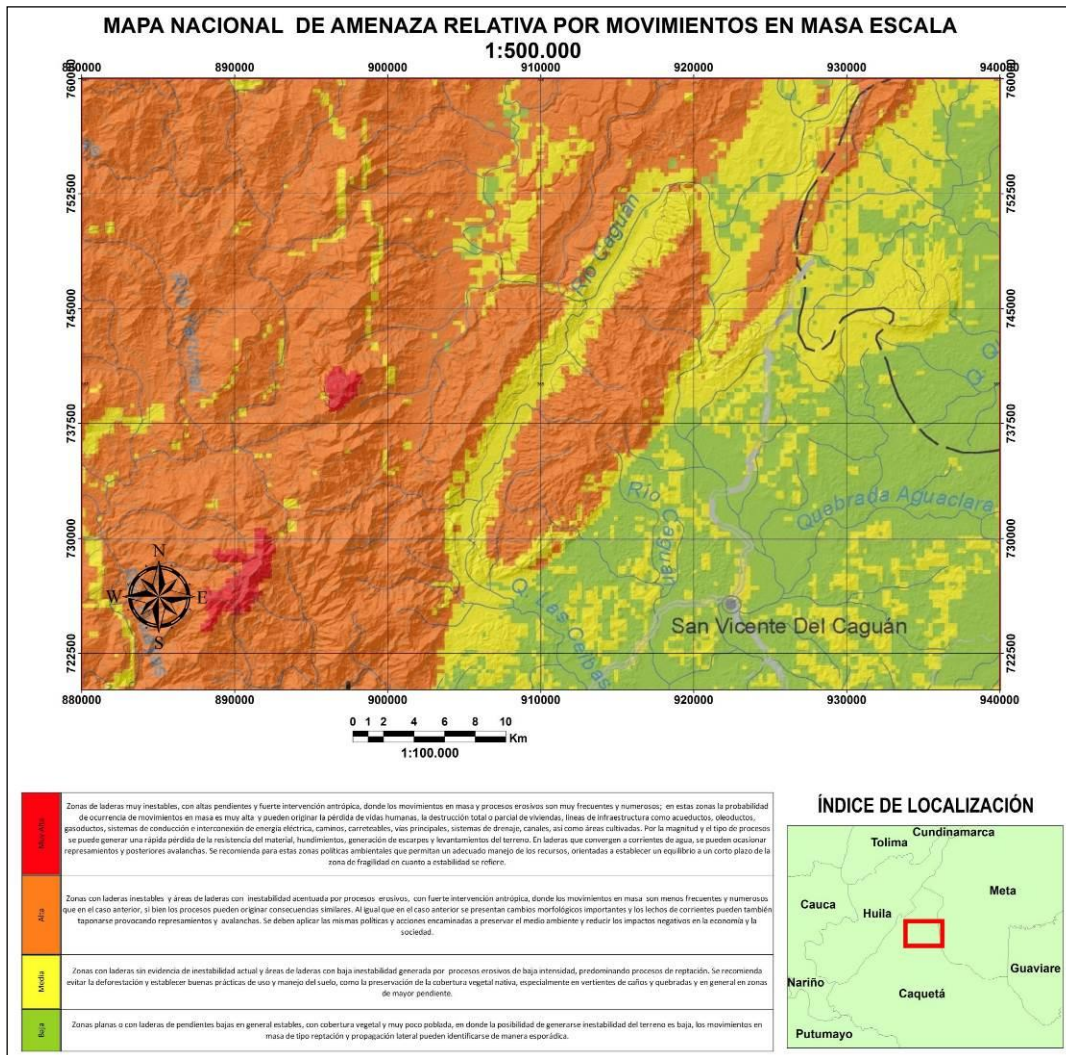


Figura 2. Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa a Escala 1:500.000, segmento tomado de la plancha 5-14 (SGC, 2010).

CONTEXTO GENERAL DE LOS ESTUDIOS

Lo que se pretende con los mapas generados en este documento, es crear una herramienta básica para los tomadores de decisiones departamentales y las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR's) encargados de la gestión y prevención de desastres, planes de desarrollo y ordenamiento territorial del área estudiada, con el fin de generar conciencia de la importancia que se le debe dar a los planes de prevención de riesgos, ya que la historia ha mostrado los costos tanto en vidas humanas como

económicos, que conlleva el hecho de no identificar a tiempo las zonas susceptibles y de amenaza por movimientos en masa. Finalmente se pretende que este trabajo se utilice como insumo para futuras inversiones en proyectos de ordenamiento territorial y planes de contingencia.

Los productos de susceptibilidad y amenaza contienen seis documentos anexos que acompañan este documento y que describen con detalle la forma como se determinó la susceptibilidad a partir de cada una de las variables involucradas, y los resultados obtenidos a partir del procesamiento de calificación.

1 METODOLOGÍA APLICADA

Para el desarrollo de la metodología para la generación del mapa de amenaza relativa a movimientos en masa, se utilizó el método heurístico, el cual, permite determinar cada una de las variables a partir de consenso de profesionales nacionales e internacionales. La definición metodológica completa está minuciosamente tratada en el informe titulado “Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos En Masa Escala 1:100.000” segunda versión del año 2013 y elaborado por el Servicio Geológico Colombiano, en dicho documento se explica meticulosamente la metodología empleada que básicamente consiste en utilizar *“...variables cualitativas y cuantitativas; dentro de las variables cualitativas se encuentra la geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra y dentro las variables cuantitativas se encuentran la pendiente, la longitud de la pendiente, la rugosidad y la forma de la cuenca, las cuales se derivan del modelo digital de elevación.”*

De acuerdo con esto, se requiere contar, obtener y preparar la cartografía básica o topográfica de la plancha en formato digital y análogo al igual que los de las temáticas referidas, la integración y conjunción de la información temática requiere la utilización de técnicas de decisión multicriterio por medio de lo cual se determina el Índice de Susceptibilidad de Movimientos en masa respecto a los factores propios del terreno, de otra parte, los movimientos en masa resultan de la interacción de tales factores intrínsecos del terreno que lo predisponen hacia una situación de inestabilidad (susceptibilidad), con factores extrínsecos al terreno (detonantes) que generan o desencadenan una amenaza, que en este caso específico se relaciona con los movimientos en masa, la conjunción de estas dos situaciones constituyen los mapas de amenaza por movimientos en masa.

A este proceso metodológico se le asocia la información consultada y útil de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT), de las diferentes alcaldías presentes en el área de estudio (Plan de desarrollo participativo San Vicente del Caguán Caquetá 2012-2015, Plan de desarrollo Municipio de Puerto Rico Caquetá 2012-2015, Plan de desarrollo estratégico La Macarena Meta 2008-2012, Plan de acción CORPORINOQUIA 2012-2015, Plan de acción CORPOAMAZONIA 2012-2015) con el fin de ahondar más sobre información reportada en ellos, e identificar lugares previos con procesos de movimientos en masa; esto garantiza evidenciar zonas con mayores frecuencias de casos de inestabilidad en las laderas; además, los datos suministrados por el SGC que permiten la realización de esta metodología y que se describen en el diagrama metodológico de la Figura 3, y de manera más específica los

insumos, los productos intermedios y finales requeridos en el desarrollo metodológico del proyecto.

En la Tabla 1 se muestran los insumos entregados por el SGC para el desarrollo, generación e interpretación de todas las variables suscritas para la obtención de la susceptibilidad y la amenaza relativa para movimientos en masa.

Servicio Geológico Colombiano - Universidad Industrial de Santander

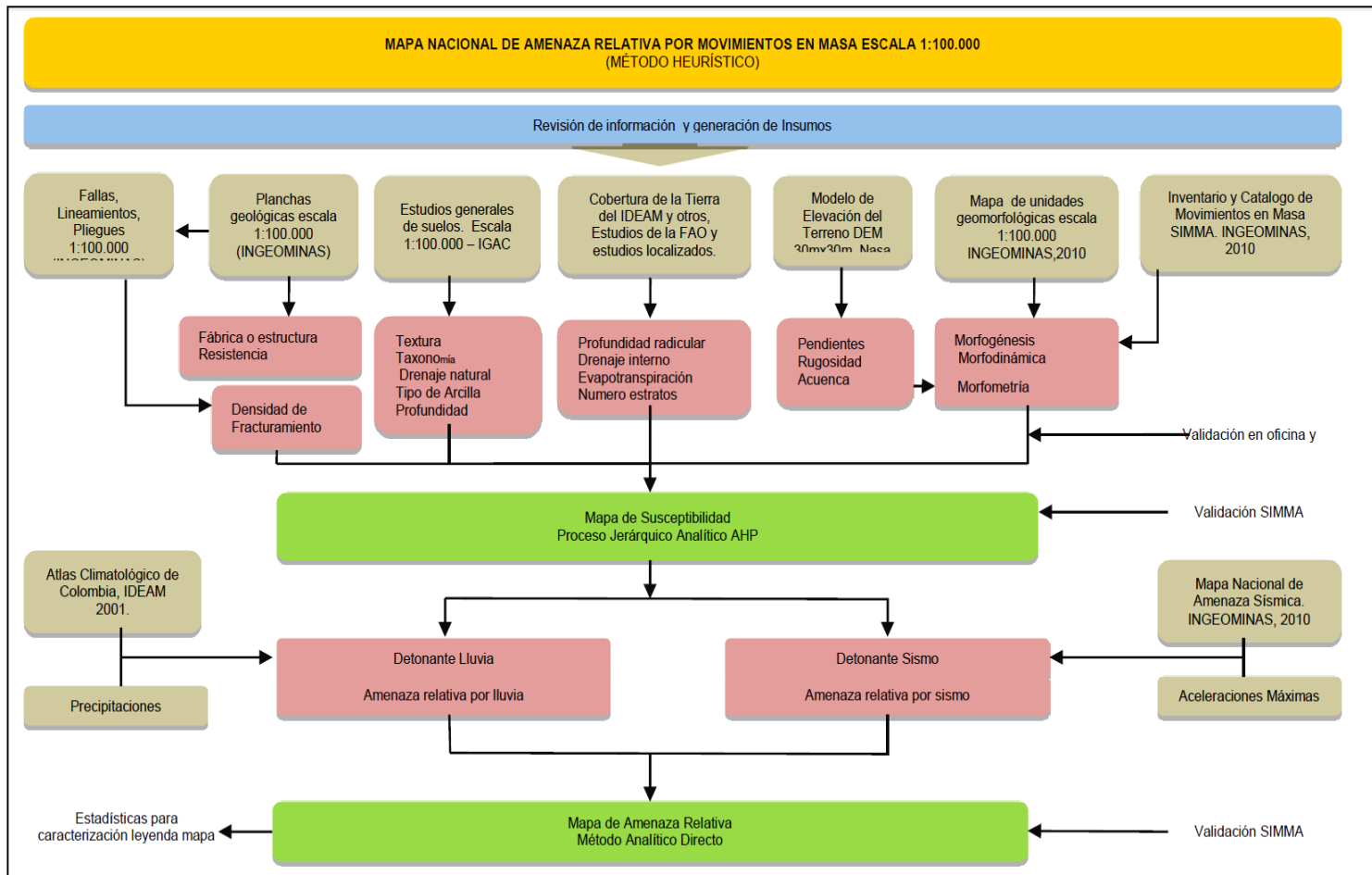


Figura 3. Diagrama metodológico para zonificación de la amenaza nacional por movimientos en masa escala 1:100.000, modificado del Estudio Zonificación de la amenaza por movimientos en masa escala 1:500.000. INGEOMINAS 2010 en SGC, 2012.

Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000 Plancha 368 – San Vicente del Caguán.

Tabla 1. Insumos suministrados para el proyecto de zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000.

INSUMOS	ESCALA	FORMATO	FUENTE
Cartografía básica	1:100.000	GeoDataBase	IGAC.
Modelo digital de elevación	1 arco-segundo (30 metros aproximadamente)	Raster	NASA
Fotografías aéreas	Disponibles (Escala promedio 1:40.000)	TIFF	IGAC
Imágenes Satelitales	LandSat y Spot	Digital	IGAC
Planchas de Unidades Geológicas y memorias técnicas	1:100.000	Vector	SGC
Detonante Sismo	1:100.000	Raster	SGC
Densidad de fracturamiento	1:100.000	Shape	SGC
Registros de Hidrología y Climatología de estaciones pluviométricas, pluviográficas y climatológicas como son: Temperatura media anual, precipitación anual multianual y precipitación máxima en 24 horas anual	1:100.000	Digital	IDEAM
Planchas de suelos y memoria técnica	1:100.000	Vector	IGAC
Planchas de cobertura de la tierra	1:100.000	Vector	IGAC
Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000	No Aplica	Digital	SGC
Formato de captura de datos en campo adoptado y modificado del PMA: GCA, 2007	No Aplica	Digital	SGC
Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000	No Aplica	Digital	SGC
Catálogo e inventario de movimientos en masa del Sistema de información de movimientos en masa SIMMA	No Aplica	Digital	SGC
Guía y estándares para la presentación de informes institucionales, INGEOMINAS. Versión 3	No Aplica	Digital	SGC

A continuación se describen las variables Geología, Geomorfología, Suelos Edáficos, Coberturas de la Tierra y los detonantes Climático y Sismo, utilizadas para la aplicación del modelo de zonificación.

1.1 SUSCEPTIBILIDAD POR GEOLOGÍA

La geología es una de las principales variables que actúan en la estabilidad de las laderas o taludes, la contribución de la susceptibilidad de las rocas a movimientos en masa se realizó calificando los componentes representados en un modelo vectorial constituido por los atributos fábrica o textura, resistencia y densidad de fallas. El mapa geológico de la Plancha 368 – San Vicente del Caguán a escala 1:100.000 (INGEOMINAS & GEOESTUDIOS. 2003), es proporcionado por el SGC, el cual es la base para el modelamiento de dichos atributos.

En el ANEXO A se expone con más detalle el cálculo y los resultados del proceso de calificación de la susceptibilidad de cada uno de los atributos de geología y la síntesis de esta variable en términos de susceptibilidad a los movimientos en masa.

La variable susceptibilidad por geología se presenta en la Figura 4, donde se registraron cinco categorías de susceptibilidad: muy baja, baja, media, alta y muy alta, donde los sectores con calificación muy baja se registra en el sector sureste áreas aledañas al Municipio de San Vicente del Caguán, la calificación baja se encuentra en todo el área oeste de la plancha sobre la Cordillera Oriental y parte del piedemonte jurisdicción de los municipios de Puerto Rico y San Vicente del Caguán; la susceptibilidad media se presenta en pequeñas franjas alargadas en el centro y norte de la plancha siguiendo el trazo de fallas con dirección SW-NE; la calificación alta se presenta en todo el sector este sobre el sector de la llanura jurisdicción de los municipios de la Macarena en el Departamento del Meta y San Vicente del Caguán Departamento de Caquetá; la categoría con calificación muy alta se presentan delimitando fallas inversas en el centro de la plancha en cercanías a la quebrada Las Lajas.

A continuación se describe cada nivel de susceptibilidad.

1.1.1 Susceptibilidad Muy Alta

La calificación de susceptibilidad muy alta se presenta en las zonas bajas de los valles tectónicos formados en el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental localizada en la región central y norte de la plancha en el Municipio de San Vicente del Caguán entre las veredas (La Danta, Las Lajas y EL Salado), en cercanías al río Avance y la quebrada Las

Lajas. Las unidades geológicas que presentan esta calificación son depósitos de terraza y depósitos aluviales y terrazas bajas compuestos por partículas de gran variedad de tamaño, desde bloques hasta cantos y guijos, provenientes de rocas metamórficas pertenecientes a las Migmatitas de Florencia y generados por efecto de procesos hidrogravitacionales y por acumulación de material erodado procedente de las laderas montañosas colindantes. Estos depósitos catalogados de tipo coluvial y generados a partir de mecanismo gravitacional se les consideran los más inestables en taludes y laderas, razón por la cual se les clasifica en este rango de susceptibilidad. Esta categoría no registra movimientos en masa.

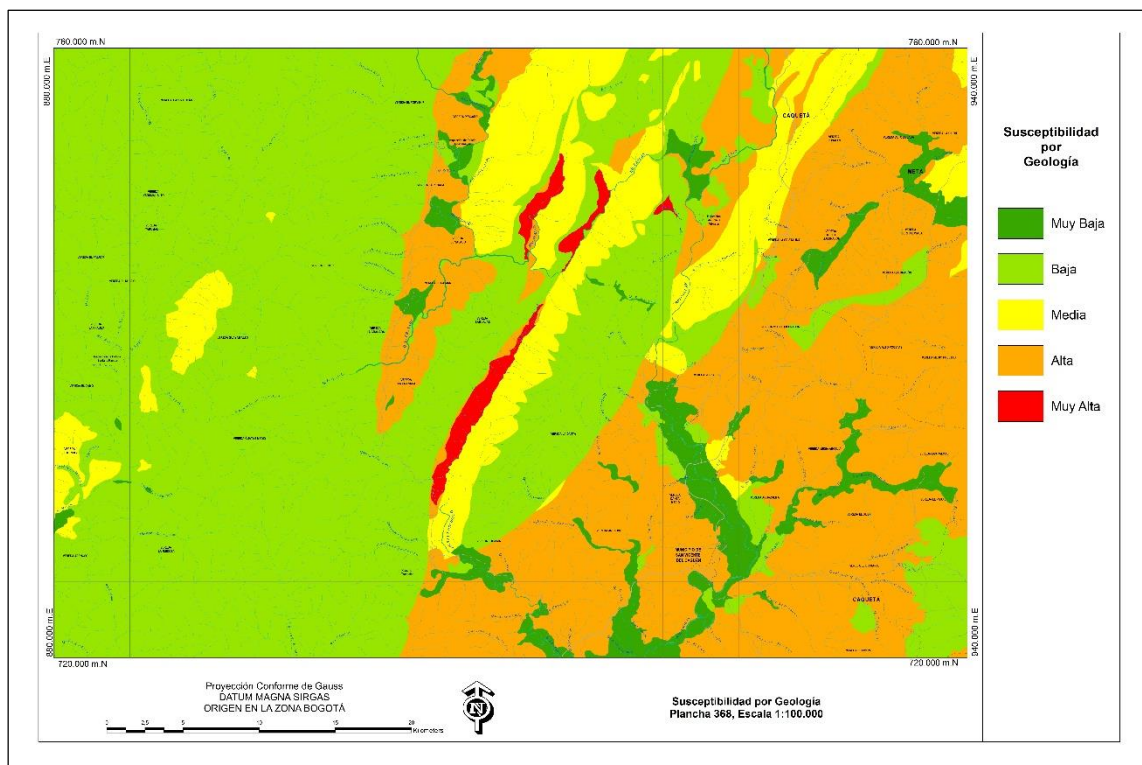


Figura 4. Calificación de la susceptibilidad de la variable geología.

1.1.2 Susceptibilidad Alta

Se presenta hacia los valles tectónicos del Piedemonte Oriental de la Cordillera Oriental entre la Falla Doncello Sur y el Sistema de Fallas Caguán, sector central del área y hacia la Llanura Amazónica en el Municipio de La Macarena en las veredas (Puerto Losada, Posetas y La Unión); Municipio de San Vicente del Caguán veredas (Danta Medio, El Diamante, El Limón, El Dijen, Media Argelia y Arenoso), sector este de la plancha; en

rocas sedimentarias que pertenecen principalmente al Grupo Orito y en una menor cantidad rocas de la Formación Pepino y depósitos aluviales medianamente consolidados en la Llanura Amazónica. La textura/fabrica clástica cementada y clástica consolidada, los depósitos poco consolidados y la composición química y mineralógica de los materiales que predominan en estas unidades litológicas, permiten que propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión, impacto y penetración por otro cuerpo disminuyan, causando una menor resistencia de los materiales a los agentes de deterioro permitiendo el desarrollo de movimientos en masa como deslizamientos traslacionales, reptaciones y en pocas ocasiones deslizamientos rotacionales en las veredas el Limón y Arenoso del Municipio de San Vicente del Caguán en el sur de la plancha.

1.1.3 Susceptibilidad Media

Se presenta al este en la región de la Llanura Amazónica hacia las veredas Arenoso, Alto Arenoso y La Baja Consulta del Municipio de San Vicente del Caguán (Caquetá) y hacia el límite noreste de la plancha en las veredas Puerto Limón, La Unión y Brisas del Losada en el Municipio de La Macarena,. Así mismo, Se encuentra al oeste de la plancha en la región del Macizo de Garzón (parte alta de la Cordillera Oriental) hacia las veredas Guayas Alto, Guayas Medio, Guayas Bajo, El Arenoso, Méndez, La Ruidosa y La Cristalina que hacen parte del Municipio de Puerto Rico. El rango de susceptibilidad por geología que presenta calificación media se desarrolla en cuerpos rocosos pertenecientes a las formaciones Pepino y sobre depósitos aluviales y de terrazas bajas y depósitos de terraza donde se desarrollan geoformas fluviales cuyo origen se asocia a la acumulación torrencial y fluvial como lo son cono de deyección y abanico aluvial sub-reciente. Se localiza en su mayoría hacia los bloques levantados y en algunos de los flanco de los valles tectónicos que hacen parte del Piedemonte oriental de la Cordillera Oriental, extendiéndose en este sector desde la Falla Doncello Sur al oeste hasta el Sistema de Fallas Caguán al este.. Las rocas que predominan dentro de esta susceptibilidad por geología de presentan resistencia mediamente dura (R3) a muy dura (R4) y texturalmente se definen como clásticas cementadas con desarrollo de fracturamiento bajo. La meteorización en estos materiales disminuye el valor de resistencia en la roca, permitiendo que la susceptibilidad a generar movimientos en masa sea media, es por eso que esta calificación evidencia deslizamientos traslacionales en la vereda Somondoco del Municipio de San Vicente del Caguán.

1.1.4 Susceptibilidad Baja

Esta categoría cubre principalmente parte de los municipios de Puerto Rico y San Vicente del Caguán hacia el sector occidental y central de la plancha, donde se desarrolla la Cordillera Oriental y su piedemonte oriental; también se extiende en menor proporción hacia la región de la Llanura Amazónica al oriente de la plancha, abarcando las veredas Quebradón, El Águila, La Esmeralda La Cristalina y El Retiro del Municipio de La Macarena (Meta) y las veredas Alta Guadualosa, La Pradera, El Carbonal, Medio Argelia, Siberia, La Danta, La Baja Consulta y Alto Quebradón del Municipio de San Vicente del Caguán (Caquetá). Se encuentra en rocas metamórficas que pertenecen a las Migmatitas de Florencia, que para la zona de estudio se considera un predominio de Neises Cuarzofeldespáticos que texturalmente se clasifican como rocas cristalinas bandeada, de resistencia muy dura y grado de fracturamiento muy bajo a bajo afectadas por el trazo de las fallas San Pablo, Santa Ramos, Doncello Norte, Doncello Sur y Guayas. También se presentan en esta calificación de susceptibilidad por geología los depósitos aluviales y de terraza que presentan morfologías onduladas con relieve relativo muy bajo y pendientes que no superan los 11°, características que dan lugar a geoformas fluviales como las diferentes terrazas con sus respectivos escarpes. Depósitos con estas características presentan una relativa estabilidad a los movimientos en masa y por consiguiente se clasifican dentro de esta categoría. Se registran movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional, flujos de detritos y reptación de suelos en las veredas Las Lajas y Versailles del Municipio de San Vicente del Caguán y las veredas San Pablo y Guayas Alto del Municipio de Puerto Rico.

1.1.5 Susceptibilidad Muy Baja

Este rango de susceptibilidad se presenta en el sector norcentral del área hacia los valles tectónicos desarrollados en el piedemonte de la Cordillera Oriental, en el Macizo Garzón al sureste de la plancha hacia las veredas Arenoso, La Ruidosa y SW de Yarumal Bajo del Municipio de Puerto Rico y en la región de la Llanura Amazónica hacia las veredas en las Alto Lozada, Medio Quebradón Puerto Lozada del Municipio de La Macarena (Meta) y las veredas Casas Grandes, Ceibas Arriba, Las Ceibas, El Líbano, La Palma, Arenoso, La Pradera, Siberia, Baja Consulta, Medio Argelia, El Dijén, Las Palmeras, Posetas y Alta Argelia del Municipio de San Vicente del Caguán (Caquetá). Los ríos Caguán, Pato, Pescado y Lozada y las quebradas El Quebradón, Dijén, La Argelia, Paujil, Agua Azulita, Agua Azul, El Carbonal, El Arenoso, Quebradón La Ceiba, La Granada y El Cacao también hacen parte de esta susceptibilidad. El rango de susceptibilidad muy bajo se presenta en depósitos aluviales y de terraza que presentan morfología plana y pendientes muy bajas (0° - 7°) donde se desarrollan geoformas fluviales de relieve muy bajo como cause activo, plano o llanura de inundación y plano aluvial confinado . Dichos depósitos con estas

características no se involucran en problemas de estabilidad de taludes y laderas por lo cual no se registran movimientos en masa en esta categoría.

1.2 SUSCEPTIBILIDAD POR GEOMORFOLOGÍA

Se generó el mapa de la variable geomorfología a escala 1:100.000, donde se registraron cinco categorías de calificación de la susceptibilidad: muy baja y baja asociada a los ambientes morfogenético fluvial (río Caguán, río Pato, quebrada La Granada y Quebrada La Ceiba); media asociada a los ambientes morfogenéticos fluvial, denudativo y estructural localizados en la cordillera y parte de la llanura distribuidos de manera heterogénea, Alta y Muy Alta, asociadas a los ambientes morfogenéticos denudativo y estructural y situados sobre las zonas montañosas del flanco oriental de la Cordillera Central y el flanco occidental de la Cordillera Oriental (Figura 5).

En el ANEXO B se expone con más detalle el cálculo y los resultados del proceso de calificación de la susceptibilidad de cada uno de los atributos de la geomorfología y la síntesis de esta variable en términos de susceptibilidad a los movimientos en masa.

A continuación se presenta la descripción de cada uno de los niveles de susceptibilidad de la variable geomorfología para la plancha 368 – San Vicente del Caguán.

1.2.1 Susceptibilidad Muy Alta

Las calificaciones de susceptibilidad de rango muy alto se presentan en las zonas topográficamente más altas del Macizo de Garzón al oeste de la plancha y en el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental en el sector central y noreste del área zona rural del Municipio de Puerto Rico veredas (La Ruidosa, Arenoso, El Méndez, Guayas Medio, San Pablo, Guayas Alto, El Palmar, El Nutrio, Yarumal, Yarumal Alto, El Tigre y San Nicolás) y San Vicente del Caguán veredas (El Porvenir, Las Lajas, La Granada y La Danta). Ocupando menor área se presenta en la región de la Llanura Amazónica hacia el Anticlinal Lozada.

Esta calificación se desarrolla en laderas con pendientes mayores a 19°, en algunos sectores sobre geoformas estructurales tales como sierras y lomos de presión, ladera de contrapendiente de sierra homoclinal, sierra homoclinal, sierra anticlinal, sierras, escarpe de meseta, escarpe de línea de falla, lomo de falla, ladera de contrapendiente, lomos, espolones, ladera de contrapendiente de cuesta y cerro estructural y en geoformas denudacionales como cono o lóbulo coluvial y de soliflucción, escarpe de erosión menor, escarpe facetado, lomos denudados de diferente longitud y sierra denudada. El índice de relieve relativo de estas geoformas varía de bajo (50m-250m) a

alto (500m-1000m). Esta categoría registra movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional en la vereda La Granada del Municipio San Vicente de Caguán y en el límite norte de la plancha en cercanías al cauce del río Avance.

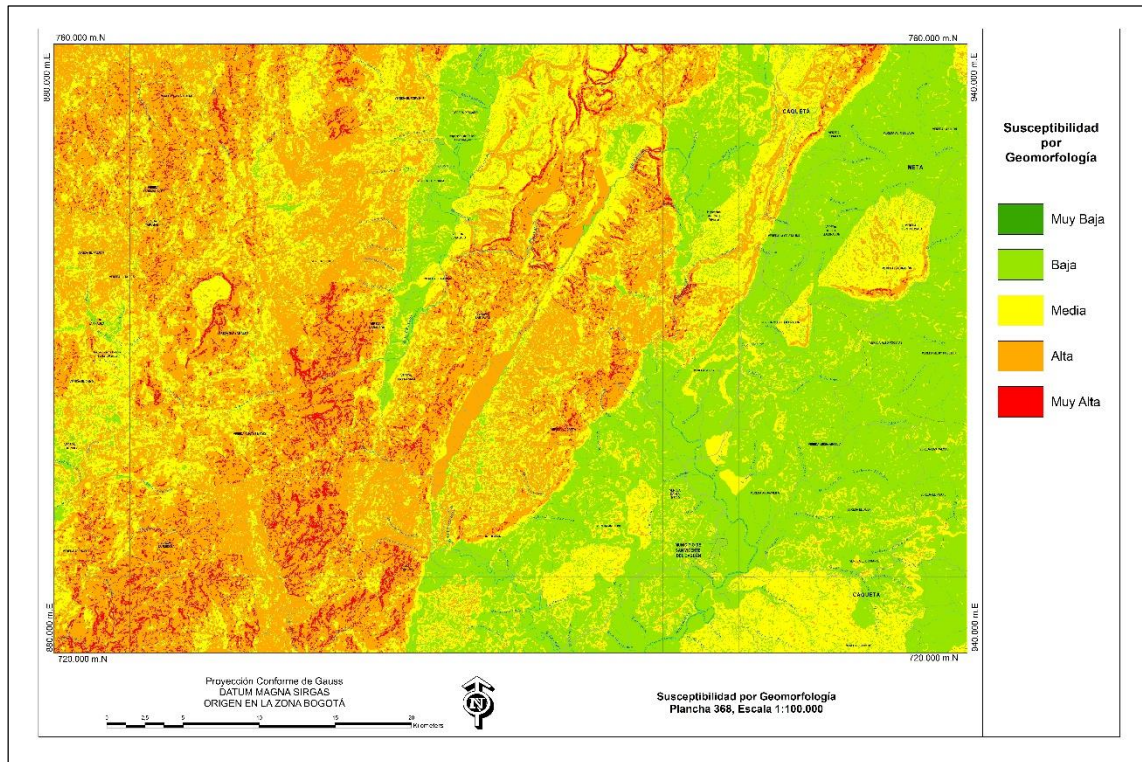


Figura 5. Calificación de la susceptibilidad de la variable geomorfológica.

1.2.2 Susceptibilidad Alta

La categoría alta se localiza abarcando la mayor región del Macizo de Garzón, el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental y ciertas áreas de la Llanura Amazónica colindantes con la Falla Lozada, Anticlinal Lozada, y anticlinal y sinclinal Arenoso, que presentan laderas escarpadas en el Municipio de Puerto Rico en las veredas (La Ruidosa, Arenoso, El Méndez, Guayas Medio, San Pablo, Guayas Alto, El Palmar, El Nutrio, Yarumal, Yarumal Alto, El Tigre y San Nicolás), zona rural del Municipio de San Vicente del Caguán y en la vereda Puerto Losada del Municipio La Macarena Departamento del Meta. Esta susceptibilidad se caracteriza por presentar primordialmente relieves relativos medios (250 – 500 m) y altos (500 – 1000 m), aunque también se presenta en bajos (50 – 100m) como en los sectores de la Llanura Amazónica al este de la plancha. Igualmente es usual que se presente en laderas con rangos de pendiente que superan

los 11° hasta los 40°. A esta susceptibilidad se asocian movimientos en masa tipo deslizamiento traslacional y en menor proporción reptaciones y flujos de tierra.

Las geoformas que desarrollan esta susceptibilidad son las unidades denudacionales como cono o lóbulo coluvial y de solifluxión, colina residual y residual disectada cerro remanente o relicto, cerro residual, escarpes de erosión mayor y menor, escarpe faceteado, loma denudada, Lomos denudados de longitud variada Ladera erosiva y ondulada, sierra denudada y sierra residual y geoformas de origen estructural como cerro estructural, ladera de contrapendiente de cuesta, espolón faceteado, espolón y espolón medio de longitud larga, lomos, ladera de contrapendiente, lomo de falla, escarpe de línea de falla, lomo de obturación, escarpe de meseta estructural, sierra, sierra homoclinal, sierra anticlinal, ladera de contrapendiente de sierra homoclinal y sierras y lomos de presión. También se incluyen en esta calificación de susceptibilidad unidades geomorfológicas que presentan pendientes muy bajas (<7°) y relieves relativos menores a 50m como las geoformas glacis de acumulación y cuesta. Esta categoría registra movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional, flujo de detritos y reptación de suelos en el Municipio de San Vicente del Caguán en las veredas (Las Lajas, Versailles y La Granada) y la vereda Guayas Alto del Municipio de Puerto Rico.

1.2.3 Susceptibilidad Media

La susceptibilidad media se distribuye en toda el área de estudio entre los municipios de Puerto Rico y San Vicente del Caguán Departamento de Caquetá y el Municipio de La Macarena Departamento del Meta se presenta hacia el macizo de Garzón (parte alta de la cordillera) y el piedemonte de la Cordillera Oriental; Con menor área se presenta en la Llanura Amazónica. Esta susceptibilidad se desarrolla en las zonas topográficamente bajas, medias y altas de unidades geomorfológicas denudacionales, estructurales y fluviales, donde las pendientes oscilan entre 7° y 40°. El relieve relativo que predomina en este rango se encuentra entre bajo (50 – 250 m) a alto (500 – 1000 m), en algunas ocasiones superando los 1000m.

Las geoformas en las que generalmente se desarrolla esta calificación de susceptibilidad por geomorfología son colina remanente, colina residual muy disectada, Cerros residuales, loma denudada, lomo denudado, lomo denudado alto de longitud alta, lomo denudado bajo de longitud larga, lomo denudado bajo de longitud media, lomo denudado medio de longitud larga, lomeríos muy disectados, lomo residual, sierra residual, escarpes de terraza de acumulación y de terraza de erosión, ladera estructural de cuesta, ladera estructural, lomo de falla, sierra, sierra anticlinal, sierra Homoclinal, ladera estructural de sierra homoclinal y sierras y lomos de presión. Geoformas como Cima, abanico aluvial sub-reciente, cono de deyección y meseta estructural también se

incluyen en esta calificación de susceptibilidad a pesar de desarrollar pendientes muy bajas ($<7^\circ$) y relieves relativos menores a 50m. Esta categoría registra movimientos en masa de tipo deslizamientos traslacionales, flujos de detritos y reptación de suelos, presentes en el casco urbano del Municipio de San Vicente del Caguán y sus veredas (El Limón, Arenoso y Tocaima).

1.2.4 Susceptibilidad Baja

Esta calificación se localiza primordialmente en la región de la Llanura Amazónica al este noreste y sureste de la plancha y hacia los valles tectónicos que hacen parte del piedemonte oriental de la Cordillera Oriental en la región central, norcentral y noreste del área en el Municipio de San Vicente del Caguán veredas (Arenoso, El Diamante, Media Argelia y Versailles) Departamento de Caquetá; en el Municipio de La Macarena Departamento del Meta se presenta en las veredas (Medio Quebradón, Medio Posetas, La Cristalina y Rosales). La calificación baja (2) presenta como características principales que se desarrollan en zonas con índice de relieve relativo menores a 50m y pendientes que no superan los 11° . También se presenta en menor proporción hacia el oeste en el Municipio de Puerto Rico (Caquetá) en las partes bajas, de pendiente suave ($<11^\circ$) cercanas a algunas quebradas y ríos en las veredas Méndez, La Ruidosa, Yarumal Bajo, El Nutrio, San Pablo y en la región de reserva natural.

Las unidades geomorfológicas que dominan esta calificación son las fluviales como barras puntuales, planos y llanuras de inundación, terrazas de acumulación, terrazas de acumulación antigua, terrazas de acumulación subreciente y terrazas de erosión, plano anegadizo y planicie aluvial confinada; las denudacionales como montículos y ondulaciones denudacionales, planicie colinada denudacional, lomeríos disectados y poco disectados y colina remanente disectada. Esta calificación también se genera en el casco urbano del Municipio de San Vicente del Caguán y Yondó y las inspecciones de policía de Guacamayas y Gibraltar. Esta categoría registra movimientos en masa de tipo avalancha de detritos y deslizamiento traslacional en la vereda La Cristalina del Municipio de La Macarena y la vereda Arenoso del Municipio de San Vicente del Caguán.

1.2.5 Susceptibilidad Muy Baja

El rango de calificación muy baja se desarrolla en regiones con índice de relieve muy bajo $< 50m$ y superficies que no superan los 5° de pendiente a lo largo de los principales ríos y quebradas de la región, sin embargo estas áreas tienen influencia de zonas con susceptibilidad baja; las geoformas en la que se desarrolla esta calificación son los Causes activos que se extienden en los valles tectónicos formados en el piedemonte oriental de

la Cordillera Oriental y en la región que abarca la Llanura Amazónica y que están representados por los ríos Caguán, Pescado, Avance y Pato y las quebradas La Ceiba y La Granada. Esta categoría no registra movimientos en masa.

1.3 SUSCEPTIBILIDAD POR SUELOS

Las variables físicas tomadas en cuenta para la caracterización de los suelos con fines de crear la susceptibilidad a los movimientos en masa, se basa en la metodología propuesta por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2013), la cual incluye los atributos de taxonomía, textura, tipo de arcilla, profundidad y drenaje natural, que se describen de manera específica en el ANEXO C.

Esta plancha cubre los municipios de San Vicente del Caguán y Puerto Rico del Departamento del Caquetá, con una extensión de 2.400 km². Los suelos se derivan de materiales metamórficos (granulitas, pegmatitas), Arcillas, Arcillolitas y lodolitas, sedimentos aluviales y coluviales distribuidos especialmente en el paisaje de montaña, lomerío, piedemonte, planicie y valle, con un relieve de filas y vigas, lomas y colinas, vallecitos, terrazas y crestones. La topografía de la zona es plana para los vallecitos y fuertemente inclinada para la zonas de montaña. La zona presenta climas como cálidos muy húmedos a húmedo, templado muy húmedos y fríos muy húmedos. La presencia de procesos erosivos en grado ligero a nulo por la cobertura natural de bosque primario que reduce los riesgos a erosión.

La plancha 368 registra dos categorías de calificación de la susceptibilidad a los movimientos en masa: alta y media, siendo dominante la categoría alta media que tienen más del 50% del área total de la plancha, donde predominan los órdenes Inceptisoles y Entisoles, que dan baja estabilidad a los suelos (Figura 6).

1.3.1 Susceptibilidad Alta

Se extiende en los municipios de San Vicente del Caguán, Puerto Rico y La Macarena, con una extensión de 1594,69 km² (66,45%). La susceptibilidad alta está determinada por sus texturas mediamente finas (Franco-Arcillosa, Franco-Arcillo-Arenosa, Franco-Arcillo-Limosa) y finas (Arcillosa y Arcillo-Limosa), en especial donde predominan las granulitas, pegmatitas, arcillas, depósitos mixtos aluviales y arcillolitas. Los órdenes son asociaciones Inceptisoles y Entisoles. Su drenaje es bueno a medio, por las zonas inclinadas, aunque en áreas arcillosas se aumenta la escorrentía o el encharcamiento. Son suelos mediamente profundos, siendo los más susceptibles ya que acumulan mayor peso en las laderas, en algunas zonas son profundos en áreas cóncavas, ya que se dan

proceso de acumulación, sin embargo se presentan suelos superficiales donde los procesos erosivos son intensos. La arcilla que predomina es la clorita y montmorillonita. Se registran movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional, flujo de detritos y reptación de suelos en el Departamento de Caquetá, Municipio de San Vicente del Caguán en las veredas (La Resaca, El Caimán, La Granada, Las Lajas, Versalles, La Danta y Tocaima); Municipio de Puerto Rico entre las veredas (San Pablo y Guayas Alto).

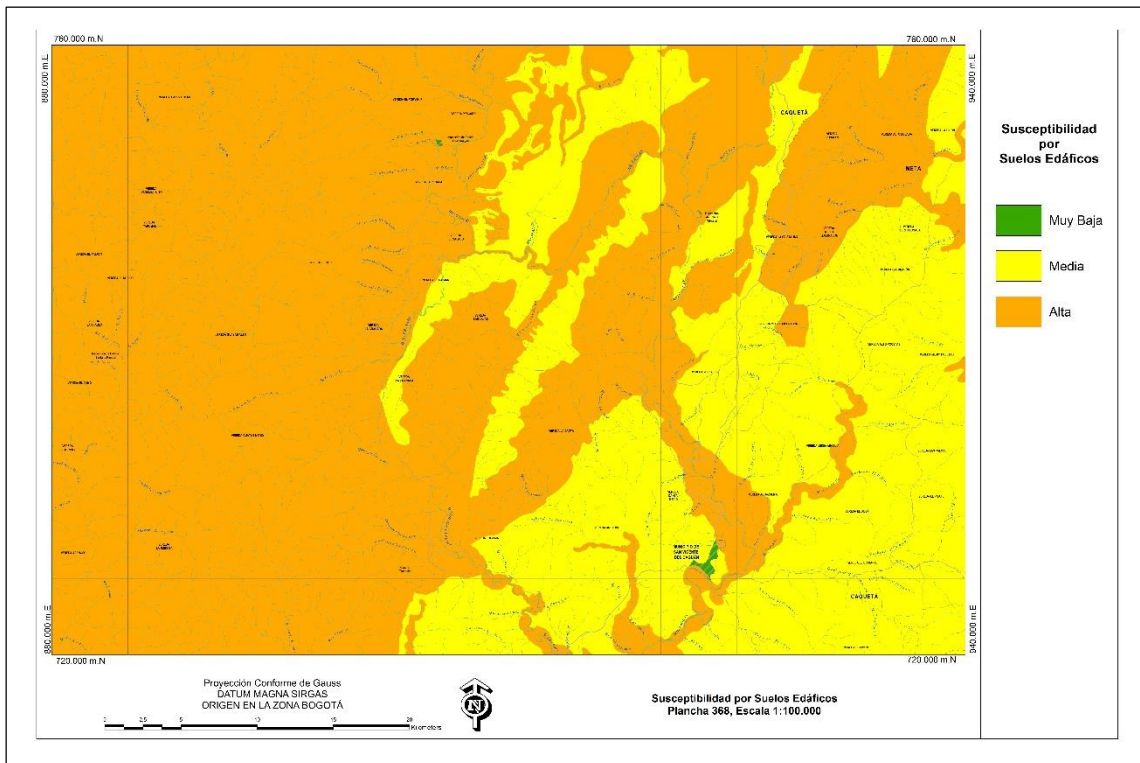


Figura 6. Calificación de la susceptibilidad de la variable suelos.

1.3.2 Susceptibilidad Media

Se extiende en los municipios de San Vicente del Caguán Caquetá y La Macarena Meta, con una extensión de 803,9 km² (33,5%). La susceptibilidad media está determinada por sus texturas mediamente finas (Franco-Arcillosa, Franco-Arcillo-Arenosa, Franco-Arcillo-Limosa), medias (Arcillo-Arenosa y Franco-Arcillo-Limosa) y finas (Arcillosa y Arcillo-Limosa), en especial donde predominan las granulitas, pegmatitas, arcillas, depósitos mixtos aluviales y arcillolitas. Los órdenes son asociaciones de Alfisoles, Inceptisoles y Entisoles. Su drenaje es bueno a medio, por las zonas inclinadas. Son suelos mediamente profundos, siendo los más susceptibles ya que acumulan mayor peso en las laderas, en

algunas zonas son profundas en áreas cóncavas, ya que se dan proceso de acumulación. La arcilla que predomina es la caolinita, haloisita y montmorillonita. Presenta movimientos en masa de tipo caída de tierras, avalancha de detritos, reptación de suelos y deslizamiento traslacional en las veredas (Arenoso, El Limón, Las Lajas y La Cristalina del Municipio de San Vicente del Caguán.

1.3.3 Susceptibilidad Muy Baja

Comprende un total de 1,41 km² (0,06% del área total de la plancha), que se localiza en tres centros poblados: Municipio de San Vicente del Caguán, Inspección de Policía Gibraltar e Inspección de Policía Guacamayas.

1.4 SUSCEPTIBILIDAD POR COBERTURAS DE LA TIERRA

Las coberturas vegetales constituyen un elemento del paisaje que coadyuva a la protección del suelo y en cierta medida a su estabilidad, entre menos intervención humana tenga un terreno, persistirán mejores condiciones en la estabilidad de éste, por lo cual se procura el desarrollo sostenible de las regiones, lo cual encierra un equilibrio entre los componentes sociales, económicos, ambientales y ecológicos. Un aporte de la vegetación es la regulación del ciclo hidrológico, que mitiga en gran medida la formación de grandes avenidas o crecientes que además se considera una de las causas de las inundaciones en poblaciones y áreas estratégicas.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede deducir que los sectores con susceptibilidad Muy Alta y Alta se caracterizan por la presencia de coberturas asociadas con pastos limpios, en zonas con relieves bajos. Caso contrario, las zonas de susceptibilidad Baja y Muy Baja, se registran sobre áreas boscosas y cuerpos de agua; estos tipos de coberturas no representan riesgo alguno, debido a su estabilidad estructural. Algunas actividades como la tala de bosque para el establecimiento de zonas de ganadería y cultivos, incrementan constantemente la susceptibilidad de estas regiones.

La descripción, cálculo y desarrollo metodológico de esta variable se presenta en el ANEXO D.

La zonificación de susceptibilidad por cobertura de la tierra, para la plancha 368, presenta cinco categorías de susceptibilidad: muy baja, baja, media, alta y muy alta, siendo la susceptibilidad baja la de mayor área de cobertura asociada a zonas boscosas

en el sector de la Cordillera Oriental, mientras que la susceptibilidad alta se localiza en diversos sectores en el oeste y la zona este de la plancha. (Figura 7).

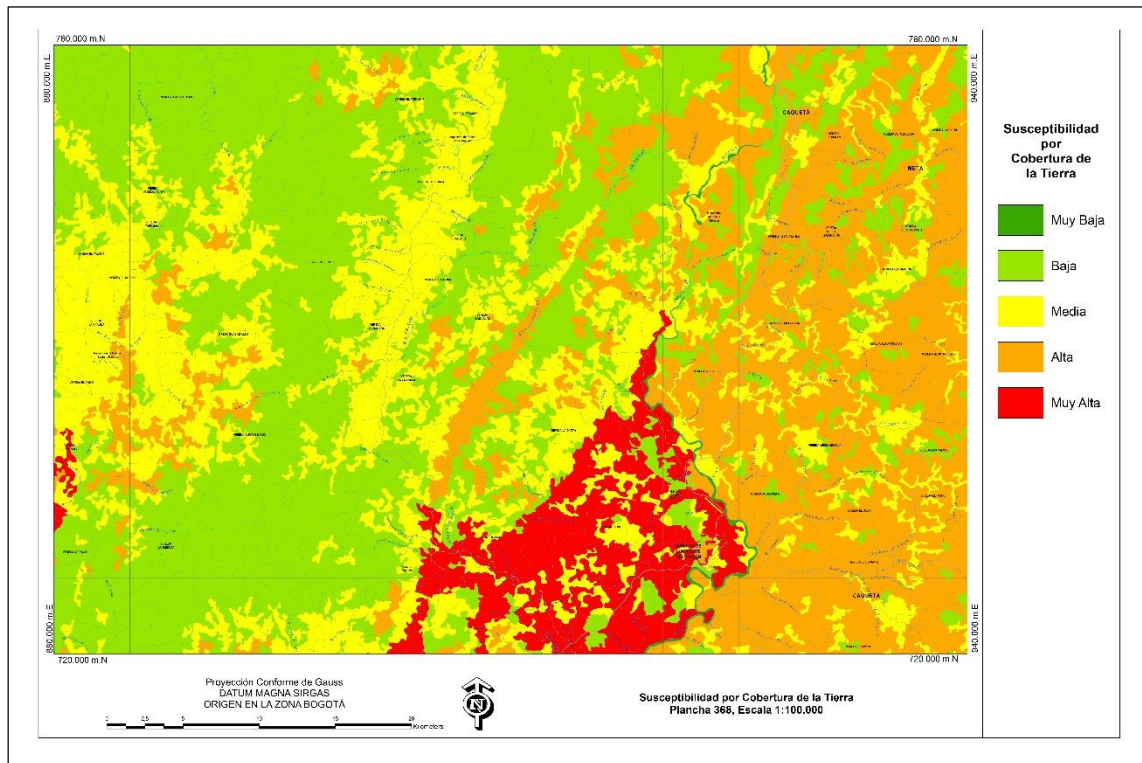


Figura 7. Calificación de la susceptibilidad de la variable cobertura de la tierra.

1.4.1 Susceptibilidad Muy Alta

Se localiza en las veredas Casas Grandes, Ceibas Arriba, Balcones, Las Ceibas, Troncales, El Diviso, Arenoso, Tocaima, La Pradera, La Danta, La Tolda, Siberia y San Venancio pertenecientes al Municipio de San Vicente del Caguán y la vereda El Méndez del Municipio de Puerto Rico, cubre el 6,74% del área de la plancha 368 que corresponden a 161,68 Km², se presenta en la cobertura unidades de pastos limpios. Esta categoría registra movimientos en masa de tipo avalancha de detritos, reptación de suelos y deslizamiento traslacional entre las veredas Arenoso y Tocaima del Municipio de San Vicente del Caguán.

1.4.2 Susceptibilidad Alta

Se localiza entre los municipios San Vicente del Caguán, Caquetá y La Macarena, Meta en la Llanura Amazónica al este, los valles tectónicos del piedemonte de la Cordillera Oriental y en pequeños sectores del Municipio de Puerto Rico (Caquetá) al oeste de la plancha. Abarcan una superficie representativa del 26,13% del área de la plancha (627,12 Km²), encontrándose dentro de esta calificación la unidad de cobertura pastos limpios y algunas unidades de mosaico de pastos con espacios naturales, pastos enmalezados y vegetación secundaria. Esta categoría registra movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional y reptación de suelos al sureste del Municipio de San Vicente del Caguán en la vereda El Limón; en el Municipio de La Macarena en la vereda Medio Quebradón.

1.4.3 Susceptibilidad Media

Se localiza entre los municipios de Puerto Rico y San Vicente del Caguán Departamento del Caquetá y parte del Municipio de La Macarena Departamento del Meta, ocupa un área del 26,91% (645,90 Km²), se encuentran unidades como bosque fragmentado con pastos y cultivos, mosaico de pastos con espacios naturales, pastos enmalezados, tejido urbano discontinuo y vegetación secundaria o en transición. Esta categoría registra movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional, reptación de suelos, flujo de detritos y caída de detritos que se presentan en el Municipio de Puerto Rico vereda Guayas Alto y el Municipio de San Vicente del Caguán veredas (La Granada, La Resaca y Versalles).

1.4.4 Susceptibilidad Baja

Se localiza en el sector oeste de la plancha jurisdicción del Municipio de Puerto Rico y San Vicente del Caguán Departamento del Caquetá, abarca un área del 39,92% que equivalen a 957,97 Km², se encuentran unidades como aeropuerto, bosque denso alto de tierra firme, bosque fragmentado con pastos y cultivos, bosque fragmentado con vegetación secundaria, mosaico de pastos con espacios naturales, tejido urbano continuo y vegetación secundaria o en transición. Esta categoría registra movimientos en masa de tipo deslizamiento en cuña, deslizamiento traslacional en el límite norte cerca al cauce del río Avance y al noreste de la inspección de policía de Gibraltar Municipio de San Vicente del Caguán.

1.4.5 Susceptibilidad Muy Baja

Se presenta en el trazo de los ríos Pato y Caguán en el centro y este de la plancha jurisdicción del Municipio de San Vicente del Caguán, se encuentra la unidad de ríos, con un área muy poco significativa (0,31%, correspondiéndole 7,32 Km²). No se registran movimientos en masa en esta categoría.

1.5 EVALUACIÓN DE DETONANTES

La predisposición del terreno a favorecer los movimientos en masa se ve amplificada por factores externos que de acuerdo a la magnitud de su incidencia aumentan la potencialidad del terreno a los movimientos en masa, estos factores se denominan detonantes y son en esencia el factor clima (temperatura media anual, precipitación media anual y lluvia máxima diaria) y la energía provista por un sismo. Las variables físicas tomadas en cuenta para la caracterización de los detonantes de los movimientos en masa por el factor clima y la energía provista por un sismo o sismos se basa en la metodología propuesta por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2013). En el ANEXO E y ANEXO F, respectivamente, se presentan los resultados parciales de zonificación de los detonantes Climático y Sismo.

En los siguientes párrafos se analizan los detonantes, climático y sismo.

1.5.1 Detonante Climático

Para determinar la incidencia del detonante clima se utilizaron los mapas de zonificación climática del Atlas Climatológico de Colombia (IDEAM, 2007), como son, Precipitación Media Anual y Temperatura Media Anual, los cuales fueron a su vez calificados de acuerdo con su contribución a la generación de movimientos en masa, mientras que la distribución espacial de la lluvia máxima diaria se analizó entre los años 1987 y 2011, para un periodo de retorno de 25 años, valores a partir de los cuales se realizó la distribución espacial para la zona Andina. El mapa obtenido mediante la calificación de precipitación media anual y la temperatura media anual y el mapa de isoyetas de lluvias diarias máximas para un periodo de retorno de 25 se interceptan y se califican de 1 a 5 de acuerdo a su contribución a los movimientos en masa, dando lugar al mapa final del detonante por factor clima que se presenta en la Figura 8, el cual está compuesto por tres categorías: baja, media, alta, con dominio de la categoría media. En seguida se realiza el análisis respecto a la influencia del detonante clima para contribuir en los movimientos en masa.

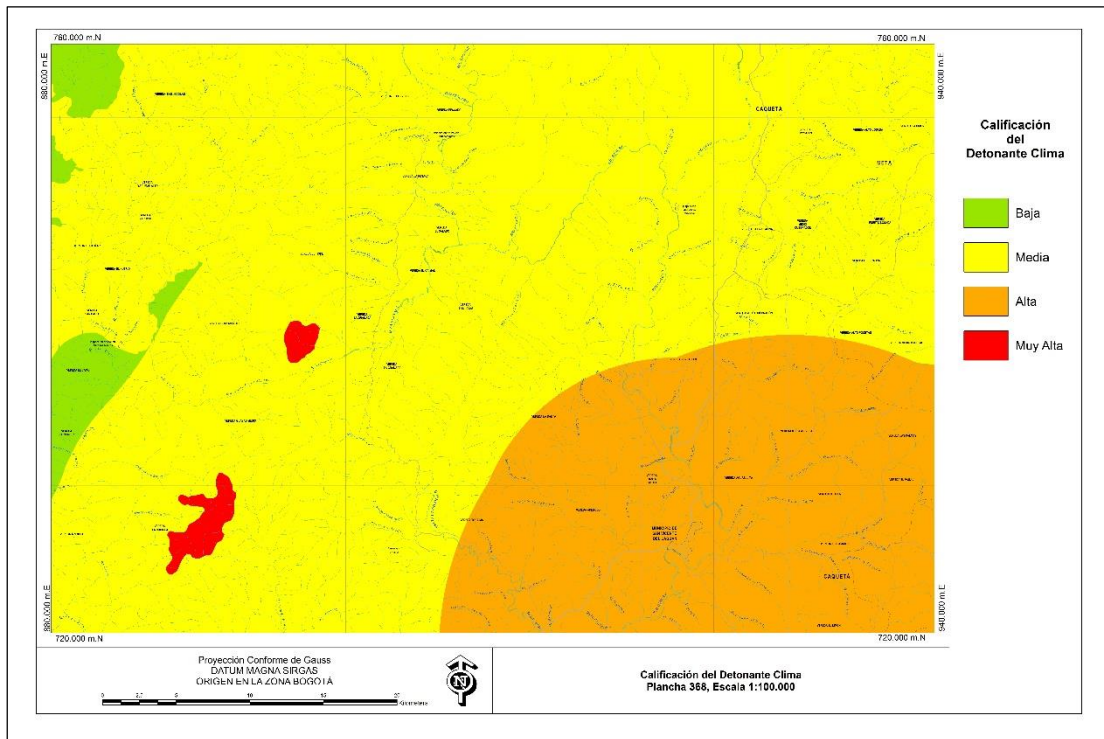


Figura 8. Mapa final del detonante por factor clima.

La categoría de calificación muy alta se localiza en el Municipio de Puerto Rico en las veredas (La Ruidosa y Guayas Alta); en el Municipio de San Vicente del Caguán en la vereda La Granada, abarca un área de solo 19,17 Km² (0,8% del área total de la plancha), en estos sitios se registran precipitaciones máximas diarias superiores a 220 mm/día. En un clima templado muy húmedo y húmedo. A pesar de no tener movimientos en masa actualmente, estas zonas presentan una tasa de infiltración mayor y son propensas a generar inestabilidad en las laderas por efecto de las aguas lluvias, del clima cálido muy húmedo, aunado al factor clima y condiciones propias del terreno como el grado de pendiente y el tipo de roca, el uso del suelo y su cobertura vegetal.

La categoría de calificación alta se localizan en el sector sureste de la plancha en el casco urbano del Municipio de San Vicente del Caguán y sus áreas aledañas en las veredas (Arenoso, Tocaima, Danta Medio, El Limón, El Dijén, Aguazulita, Media Argelia, El Diamante, El Paujil y Las Palmas), abarca el 23,91 % corresponde a 574,04 km². Se registran movimientos en masa de tipo reptación de suelos y deslizamientos traslacionales en el área urbana del Municipio de San Vicente del Caguán y las veredas (Arenoso, Tocaima y El Limón), se registran precipitaciones máximas diarias entre 150 a 220 mm/día en un clima cálido muy húmedo.

La categoría de calificación media se localiza en el Departamento de Caquetá en los municipios de San Vicente del Caguán y Puerto Rico, en el Departamento del Meta en el Municipio de La Macarena, abarca el 72,73 % que equivale a 1745,57 Km² del área total de la plancha, representa valores de lluvia máxima diaria entre 100 a 150 mm/día; en un clima variable desde cálido húmedo, cálido muy húmedo y templado muy húmedo y húmedo en suelos mediamente húmedos, que genera una zona medianamente propensa a la inestabilidad de las laderas por la concentración de agua en el subsuelo. Esta categoría registra movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional, reptación de suelos, flujo y caída de detritos que se encuentran en el Municipio de San Vicente del Caguán veredas (La Resaca, El Caimán, Las Lajas y La Granada); Municipio de Puerto Rico vereda Guayas Alto; Municipio de La Macarena vereda La Cristalina.

El rango de calificación baja se localiza principalmente en el límite este de la plancha veredas (El Camo, El Méndez, El Palmar, Yarumal y San Nicolás) del Municipio de Puerto Rico Departamento de Caquetá. Tiene valores diarios de precipitación máxima entre 50 a 100 mm/día, en un clima que varía de templado muy húmedo a frío muy húmedo. Esta categoría registra movimientos en masa de tipo flujo de detritos al noreste del caserío Santana Ramos en la vereda Guayas Alto.

1.5.2 Detonante Sismo

La cobertura del detonante sismo obedece a la hipótesis de que a mayor aceleración sísmica horizontal basal (a nivel de roca), se incrementarán las fuerzas actuantes y se reducirán las fuerzas resistentes debido al incremento de las presiones de poros, lo cual no solamente depende del entorno sismotectónico existente, sino de otras condiciones como la topografía del terreno y la características de los materiales que conforman el terreno.

Las zonas de mayor contribución como detonantes coinciden con la localización de las estructuras geológicas y fuentes sismogénicas de mayor actividad y recurrencia sísmica, las cuales están marcadas por grandes estructuras como es el caso del occidente colombiano, la zona centro-oriental andina y la Cordillera Oriental.

El elemento físico para establecer las posibilidades de influencia de los sismos corresponde a la Aceleración Máxima Horizontal PGA a nivel de roca calificada con base en su contribución a la generación de movimientos en masa, los valores de PGA son tomados del documento “Actualización del Mapa Nacional de Amenaza Sísmica, INGEOMINAS & Universidad Nacional, 2008-2010”.

La calificación del detonante sismo según su contribución a los movimientos en masa, da lugar al mapa final del detonante por factor sismo se presenta en la Figura 9. Este mapa para la plancha 368 registra los rangos de calificación: alta, media, baja y muy baja que se describen a continuación.

La calificación del detonante sismo alta tiene 12,79% (306,98 Km²) del área total de la plancha y está ubicada en el límite noroeste de la plancha en parte del sector de La Cordillera Oriental, en el Municipio de Puerto Rico veredas (El Palmar, El Nutrio, Yarumal, Yarumal Alto y San Nicolás) y una pequeña parte del Municipio de San Vicente del Caguán vereda El Porvenir, dónde se presentan valores de PGA con velocidades de desplazamiento horizontal de 200 a 300 cm/seg². Esta categoría no registra movimientos en masa.

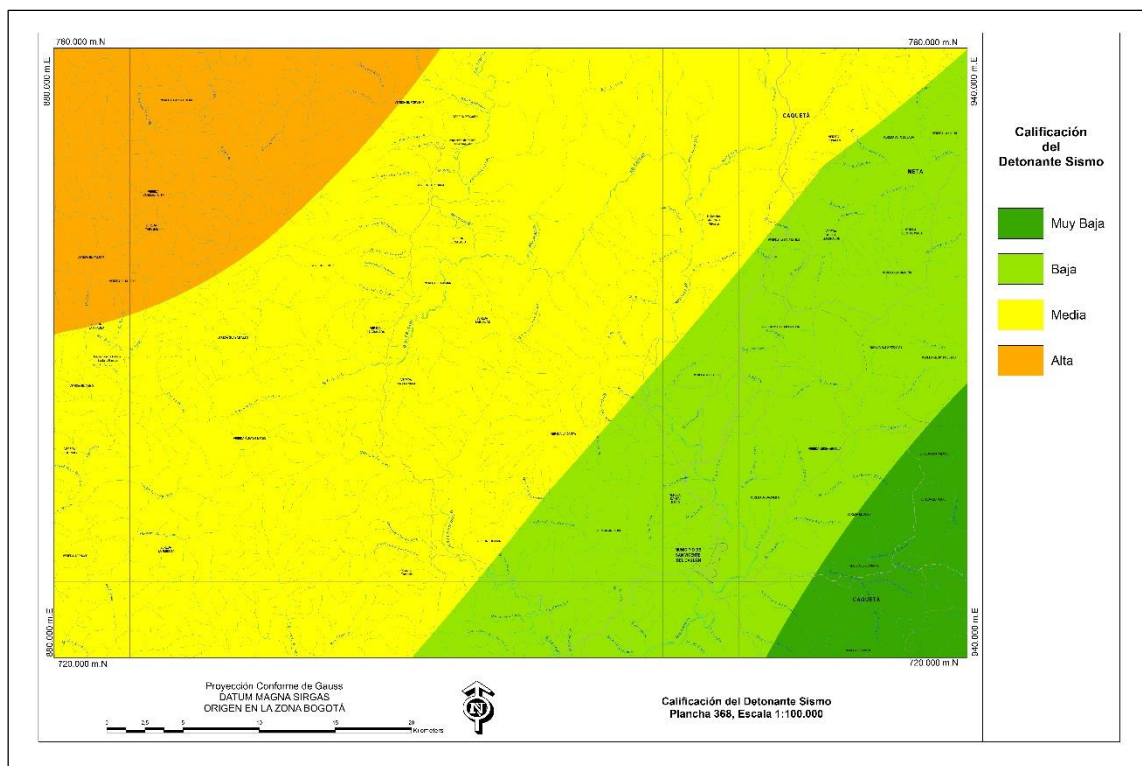


Figura 9. Mapa final del detonante por factor sismo.

La categoría del detonante sismo media, está evidentemente relacionada con la presencia de elementos estructurales que afectan la región como las fallas El Doncello Norte, El Doncello Sur, Guayas, Santana Ramos y San Pablo, abarca el 54,93% que corresponde a 1318,46 km², presenta valores de PGA con velocidades de

desplazamiento horizontal de 150 a 200 cm/seg². Esta condición sísmica puede desarrollar en mediano y alto grado planos de debilidad donde las superficies presenten inestabilidad en las laderas y por consiguiente movimientos en las mismas, incluyendo factores como el tipo de roca, la cobertura vegetal y las condiciones del suelo. Se registran movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional, reptación de suelos y flujo de detritos, en el Municipio de Puerto Rico vereda Guayas Alto, en el Municipio de San Vicente del Caguán en las veredas (La Granada, Tocaima, El Caimán y Versalles).

La calificación baja para el detonante sismo se presenta en una franja alargada en dirección SW-NE en el Municipio de San Vicente del Caguán en la zona urbana y las veredas (Arenoso, Danta Medio, Aguazulita, Media Argelia, Versalles y Medio Quebradón); Municipio de La Macarena Departamento del Meta en las veredas (Puerto Losada, Alto Losada y La Unión), abarca el 26,80% que corresponde a 643,38 km². Presenta valores de PGA con velocidades de desplazamiento horizontal de 100 a 150 cm/seg². Esta categoría registra movimientos en masa de tipo reptación, deslizamiento traslacional y avalancha de detritos, en las veredas Arenoso y El Limón Municipio de San Vicente del Caguán.

La calificación muy baja para el detonante sismo se presenta en el límite sureste de la plancha en el Municipio de San Vicente del Caguán veredas (El Limón, El Diamante, El Dijén y el Paujil), abarca el 5,46% que corresponde a 131,17 km². Presenta valores de PGA con velocidades de desplazamiento horizontal de 10 a 100 cm/seg². Esta categoría no registra movimientos en masa.

2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

2.1 SUSCEPTIBILIDAD

La calificación del Mapa de Susceptibilidad Total a los Movimientos en Masa de la Plancha 368 – San Vicente del Caguán, generó cuatro categorías de susceptibilidad: baja, media, alta y muy alta (Figura 10), donde sobresale la susceptibilidad media que tiene la mayor extensión y se distribuye por toda la plancha en área de la Llanura Amazónica y las estribaciones de la Cordillera Oriental, en jurisdicción de los municipios de San Vicente del Caguán, Puerto Rico en el Departamento de Caquetá y el Municipio de La Macarena en el Departamento del Meta; la susceptibilidad alta no presenta una dispersión homogénea y se distingue por tener una relación directa hacia las regiones con relieves y pendientes medias a abruptas de la Cordilleras Oriental entre los municipios de San Vicente del Caguán y Puerto Rico, las calificaciones bajas y muy bajas se presenta especialmente sobre los márgenes de los ríos Pato y Caguán en el centro y este de la plancha, y en algunos segmentos de la quebrada La Germania; la calificación muy alta no presenta gran extensión sobre la plancha, pero determina regiones muy propensas a movimientos en masa de tipo deslizamiento como se registra en cercanías del corregimiento Gibraltar del Municipio de San Vicente del Caguán.

2.1.1 Susceptibilidad Muy Alta

Se presenta en la vereda El Salado del Municipio San Vicente del Caguán delimitando el cauce del río Avance, con un área de 0,094 Km² correspondiente al 0,004% del área total de la plancha, se encuentra asociada a ciertas áreas propicias para la generación de movimientos en masa, caracterizada por la alta inestabilidad en laderas de pendiente media (11° - 19) a alta (19° - 40) donde se generan procesos de erosión y meteorización intensos en un área muy restringida localizada en el sector central de la plancha, desarrollándose en unidades geomorfológicas asociadas a la dinámica de taludes, tales como los glacis de acumulación y a los cono o lóbulos coluviales y de soliflucción. Esta calificación coincide con depósitos coluviales y su composición edáfica proviene de arcillolitas y lodolitas altamente meteorizadas con alternancia de areniscas y conglomerados, con espesores entre 50 cm y 150 cm. Las coberturas vegetales presentes en esta calificación corresponden a mosaico de pastos con espacios naturales y pastos limpios.

Servicio Geológico Colombiano - Universidad Industrial de Santander

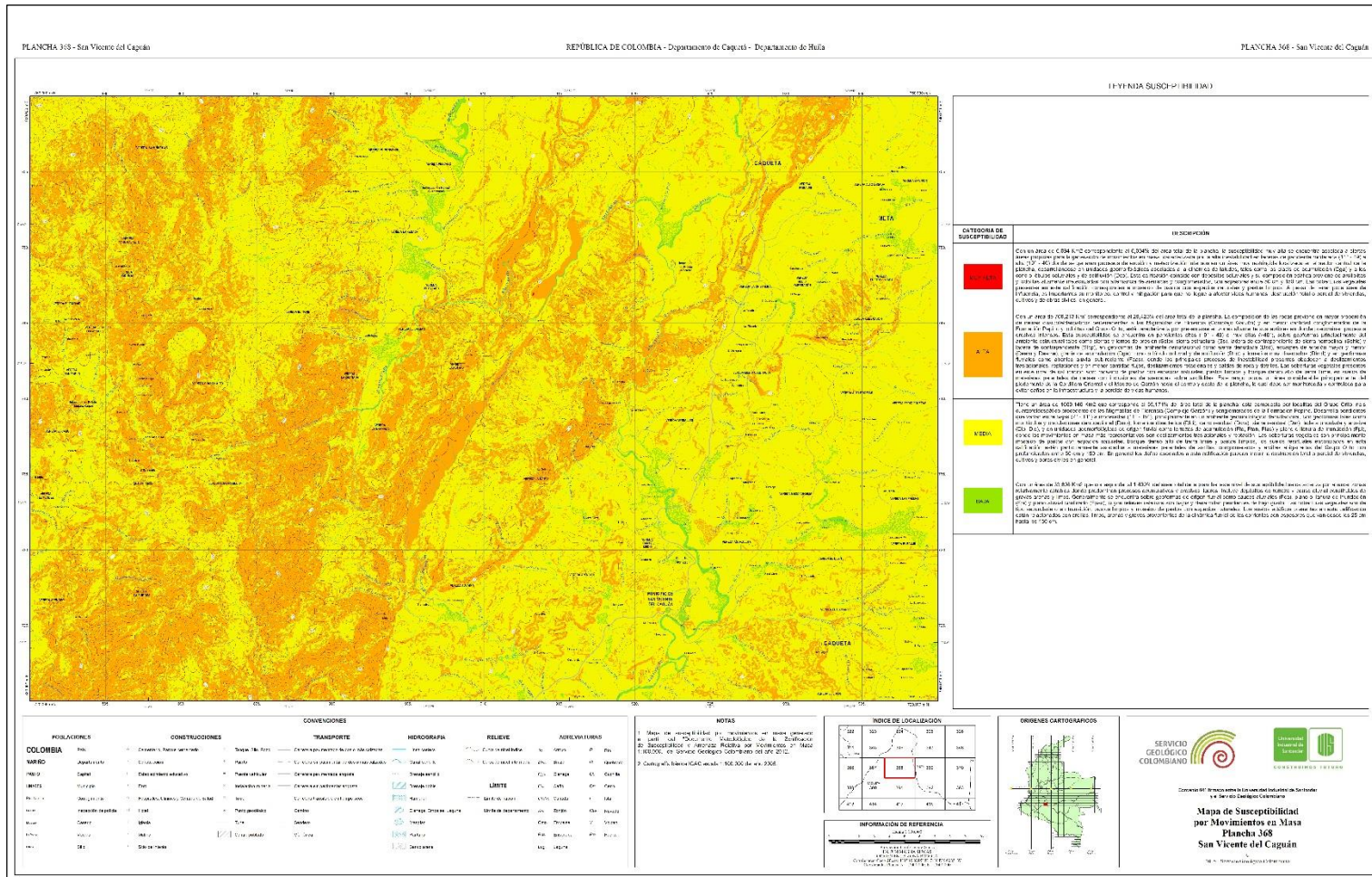


Figura 10. Mapa de susceptibilidad total de la plancha 368 - San Vicente del Caguán.

Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000 Plancha 368 – San Vicente del Caguán.

A pesar de tener poca área de influencia, es importantes su monitoreo, control y mitigación para que no llegue a afectar vidas humanas, destrucción total o parcial de viviendas, cultivos y de obras civiles, en general. Esta categoría no registra movimientos en masa.

2.1.2 Susceptibilidad Alta

Se encuentra distribuida heterogéneamente entre los municipios de Puerto Rico, San Vicente del Caguán Departamento de Caquetá y el Municipio La Macarena Departamento del Meta, abarcando un área de 706,213 Km² correspondiente al 29,425% del área total de la plancha. La composición de las rocas proviene en mayor proporción de neises cuarzofeldespáticos pertenecientes a las Migmatitas de Florencia (Complejo Garzón) y en menor cantidad conglomerados de la Formación Pepino y lodolitas del Grupo Orito; está caracterizada por presentarse en zonas altamente susceptibles en donde predominan procesos erosivos intensos. Esta susceptibilidad se encuentra en pendientes altas (19° - 40) a muy altas (>40°), sobre geoformas principalmente del ambiente estructural tales como sierras y lomos de presión, sierra estructural, ladera de contrapendiente de sierra homoclinal y ladera de contrapendiente, en geoformas del ambiente denudacional como sierra denudada, escarpes de erosión mayor y menor, glacis de acumulación, cono o lóbulo coluvial y de solifluxión y lomeríos muy disectados y en geoformas fluviales como abanico aluvial sub-reciente, donde los principales procesos de inestabilidad presentes obedecen a deslizamientos traslacionales, reptaciones y en menor cantidad flujos, deslizamientos rotacionales y caídas de roca y detritos presentes en el Municipio de Puerto Rico en la vereda Guayas Alto y en el Municipio de San Vicente del Caguán en las veredas (La Danta, La Granada y Versalles). Las coberturas vegetales presentes en este nivel de calificación son: mosaico de pastos con espacios naturales, pastos limpios y bosque denso alto de tierra firme, en suelos de materiales parentales de neises con inclusiones de areniscas sobre arcillolitas. Este rango ocupa un área considerable principalmente del piedemonte de la Cordillera Oriental y el Macizo de Garzón hacia el centro y oeste de la plancha, la cual debe ser monitoreada y controlada para evitar daños en la infraestructura y la pérdida de vidas humanas.

2.1.3 Susceptibilidad Media

Este rango de susceptibilidad se encuentra distribuido de manera heterogénea entre los municipios de Puerto Rico, San Vicente del Caguán Departamento de Caquetá y el Municipio de La Macarena Departamento del Meta, presenta un área de 1660,146 Km² que corresponde al 69,171% del área total de la plancha; está compuesto por lodolitas del Grupo Orito, neises cuarzofeldespáticos de las Migmatitas de Florencia (Complejo

Garzón) y conglomerados de la Formación Pepino. Desarrolla pendientes que varían entre bajas (7° - 11°) a medias (11° - 19°), principalmente en un ambiente geomorfológico denudacional, con geoformas tales como montículos y ondulaciones denudacional, lomeríos disectados, cerro residual, sierra residual, ladera ondulada y erosiva, y en unidades geomorfológicas de origen fluvial como terrazas de acumulación y plano o llanura de inundación, donde los movimientos en masa más representativos son deslizamientos traslacionales y reptación presentes en el Municipio de San Vicente del Caguán veredas (Arenoso, El Limón, Tocaima y La Cristalina). Las coberturas vegetales son principalmente mosaico de pastos con espacios naturales, bosque denso alto de tierra firme y pastos limpios, los suelos residuales encontrados en esta calificación están particularmente asociados a materiales parentales de arcillas, conglomerados y arcillas abigarradas del Grupo Orito con profundidades entre 50 cm y 150 cm. En general los daños asociados a esta calificación pueden incluir la destrucción total o parcial de viviendas, cultivos y obras civiles en general.

2.1.4 Susceptibilidad Baja

Se localiza delimitando el cauce de los ríos Caguán, Pato, Avance, Pescao y las quebradas La Ceiba y La Granada en las veredas (La Resaca, Pescado, Caimán, Danta Medio y Versalles) del Municipio San Vicente del Caguán, con un área de 33,608 Km² que corresponde al 1,4% del área total de la plancha, este nivel de susceptibilidad se caracteriza por abarcar zonas relativamente estables donde predominan procesos acumulativos y erosivos ligeros. Incluye depósitos de terraza y cause aluvial constituidos de gravas arenas y limos. Generalmente se encuentra sobre geoformas de origen fluvial como cauces aluviales, plano o llanura de inundación y plano aluvial confinado, cuyos relieves relativos son bajos y desarrollan pendientes de bajo grado. Las coberturas vegetales son de tipo secundaria o en transición, pastos limpios y mosaico de pastos con espacios naturales. Los suelos edáficos presentes en esta calificación están relacionados con arcillas, limos, arenas y gravas provenientes de la dinámica fluvial de las corrientes con espesores que van desde los 25 cm hasta los 150 cm. Esta categoría no registra movimientos en masa.

2.2 AMENAZA RELATIVA TOTAL

En el Mapa de Amenaza Relativa Total por Movimientos en Masa a escala 1:100.000 de la Plancha 368 – San Vicente del Caguán, (Figura 11), se establecieron tres categorías de amenaza: media, alta y muy alta. La amenaza alta se encuentra distribuida en gran parte de la plancha principalmente hacia el sector de cordillera, tiene la mayor cobertura se

presenta entre los municipios de San Vicente del Caguán, Puerto Rico y La Macarena. La amenaza media tiene la mayor extensión y se localiza intercalada con la amenaza alta en toda la plancha entre los municipios de San Vicente del Caguán, Puerto Rico y La Macarena. La amenaza muy alta se presenta en dos sectores aislados en las veredas La Ruidosa y Guayas Alto en el Municipio de Puerto Rico.

2.2.1 Amenaza Muy Alta

Las zonas de amenaza muy alta corresponde a 0,476 % (11,414 Km²) del área total de la plancha, las cuales fueron evaluadas como zonas con calificación alta y media en la susceptibilidad a los efectos de cambio del terreno como lo son los movimientos en masa, se ubica en la región de las veredas La Granada y La Ruidosa, sobre Neises cuarzo feldespáticos de las Migmatitas de Florencia (Complejo Garzón), con una dirección preferencial NE-SW. En términos generales, las lluvias máximas diarias abarcan valores mayores a 220 (mm) con precipitaciones anuales que fluctúan entre 1500-2500 mm/año. Las aceleraciones máximas horizontales a nivel de roca se estiman en un rango comprendido entre los 150 [cm/s²] y 200 [cm/s²]. No presenta procesos morfodinámicos asociados. Los efectos esperados para zonas de estas características se refieren a los más desfavorables pudiendo generar pérdidas de vidas humanas, destrucción total o parcial de viviendas, cultivos y de infraestructura viales. Se recomienda realizar estudios de mayor detalle de los procesos denudativos presentes en el área, los cuales servirán para la planeación de obras de contención y planes de mitigación, de forma temprana y oportuna, y así como para la implementación de proyectos de infraestructura y desarrollo regional.

2.2.2 Amenaza Alta

Se presenta sobre toda el área y en especial hacia el piedemonte de la Cordillera Oriental y en la región del Macizo de Garzón al oeste, centro y noreste de la plancha, en el Departamento de Caquetá municipios Puerto Rico y San Vicente del Caguán, en el Departamento del Meta Municipio de La Macarena., abarca el 36,810 % (883,474 Km²) del área total, esta categoría corresponde a la segunda amenaza más representativa del área de interés, la cual se encuentra constituida por áreas asociadas a movimientos en masa evaluadas con calificación alta, asociadas a regiones con susceptibilidad media y alta.. Las precipitaciones máximas diarias comprenden valores desde los 50 (mm) hasta los 220 (mm) en algunos sectores. Las precipitaciones anuales se encuentran entre 1000 mm/año a 3000 mm/año. Las aceleraciones máximas horizontales a nivel de roca se presentan en amplio rango, estimándose así entre los 0-100 [cm/s²] y los 200-300 [cm/s²]. Los procesos morfodinámicos predominantes corresponden a deslizamientos

traslacional y rotacional, flujos de tierra y caída de detritos, los cuales presentan procesos altos de meteorización y generación de erosión laminar y en surcos localizados en el Municipio de San Vicente del Caguán en las veredas (La Granada, Tocaima, La Danta, Las Lajas y La Cristalina); en el Municipio de Puerto Rico en la vereda Guayas Alta. En general, los daños asociados a estos procesos son severos y pueden generar pérdidas de vidas humanas, destrucción total o parcial de viviendas, cultivos, ganadería y afectación de vías. Se recomienda generar nuevos estudios para la prevención y estabilización del terreno principalmente en zonas cercanas a vías y poblaciones.

2.2.3 Amenaza Media

Se distribuye heterogéneamente en toda la región, abarcando menor área al oeste en el Macizo de Garzón entre los municipios de Puerto Rico y San Vicente del Caguán Departamento del Meta y el Municipio de La Macarena Departamento del Meta, abarcando el 62,714 % (1505,172 Km²) del área total de la plancha, esta calificación de amenaza corresponde a de mayor cobertura superficial dentro de la plancha, haciendo referencia a aquellas zonas o áreas asociadas a los movimientos en masa evaluadas como media y asociadas a regiones con calificaciones de susceptibilidad media y alta.. Las precipitaciones máximas diarias están entre 50 (mm) y 220 (mm) con precipitaciones anuales de 1500 mm/año a 2500 mm/año en la parte central de la plancha y entre 2000 mm/año y 3000 mm/año hacia la parte suroriental de la plancha. Las aceleraciones máximas horizontales a nivel de roca se estiman de 0 [cm/s²] hasta 300 [cm/s²], aumentando desde el sureste hacia el noroeste de la plancha. Se encuentran en un grado medio procesos de meteorización y erosión los cuales generan surcos y cárcavas. Los movimientos en masa presentes son principalmente deslizamientos traslacionales y reptación localizados en el Municipio de San Vicente del Caguán en las veredas (Cristalina, Versalles, Arenoso y Limón). En general, los daños asociados a estos procesos pueden generar destrucción total o parcial de viviendas, cultivos, obras civiles en general y daños ambientales. Se recomienda generar nuevos estudios para la prevención y estabilización del terreno principalmente en zonas cercanas a cuerpos de agua, vías y viviendas.

El Mapa de Amenaza relativa Total de la Plancha 368 - San Vicente del Caguán, se presenta en la Figura 11.

Servicio Geológico Colombiano - Universidad Industrial de Santander

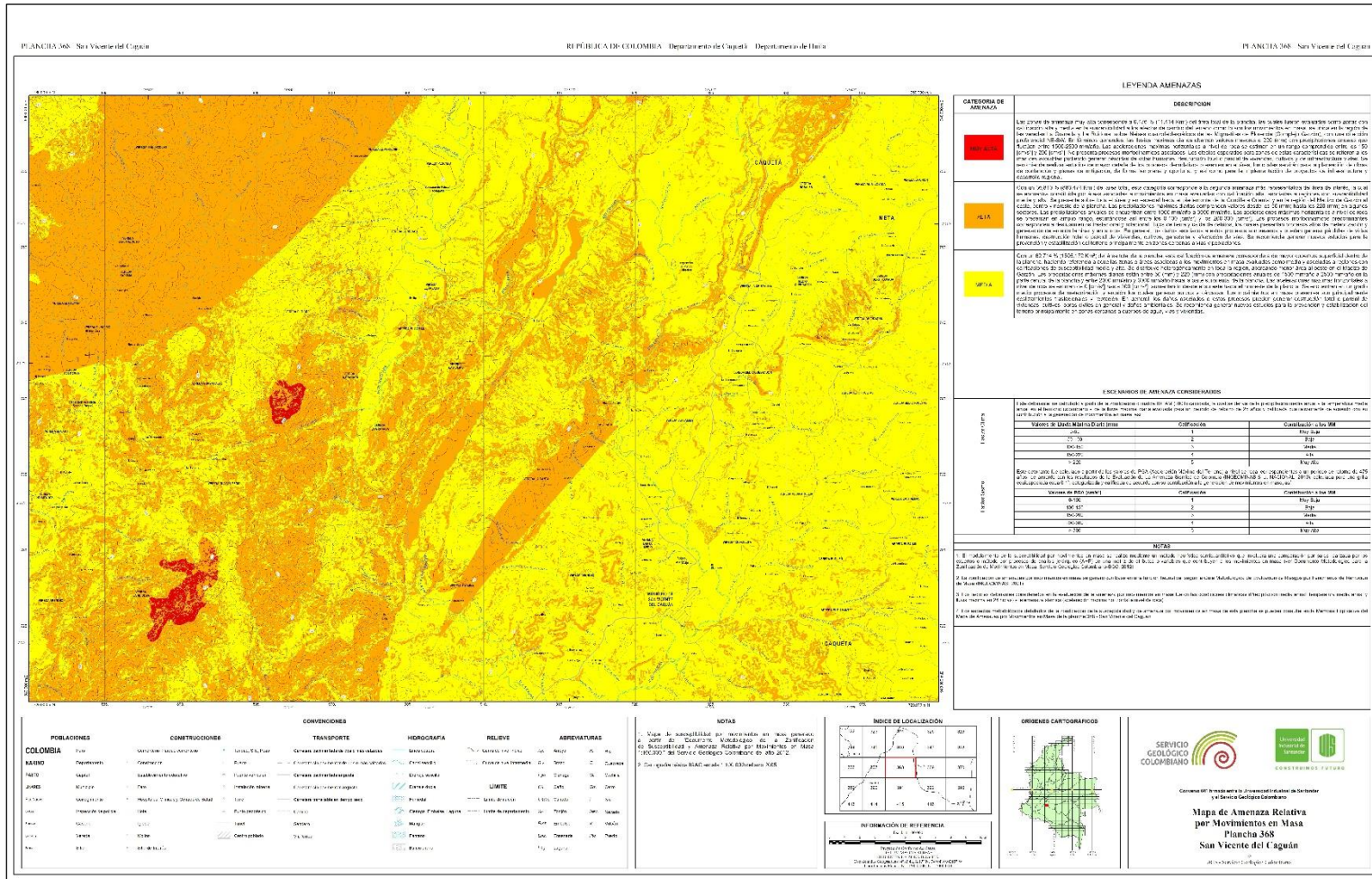


Figura 11. Mapa de Amenaza relativa Total de la Plancha 368 - San Vicente del Caguán.

Memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000 Plancha 368 – San Vicente del Caguán.

CONCLUSIONES

La zonificación de la amenaza obtenida, indica la potencialidad de ocurrencia de movimientos en masa categorizada por rangos, y que para la escala de análisis, presenta una coherencia general de las zonas en las que los movimientos en masa tienen mayor potencial de ocurrencia.

Se establece que las áreas de mayor susceptibilidad a los movimientos en masa, dentro de la variable de geología, están determinadas por los depósitos de terrazas y depósitos aluviales al igual que rocas meteorizadas del Grupo Orito y la Formación en zonas de media y alta densidad de fracturamiento de roca influenciada por la Falla el Doncello Norte, Falla Lozada y el Sistema de Fallas Caguán, en el sector del piedemonte, que desarrollan plegamientos como el Anticlinal Lozada, generando deslizamientos y reptación de suelos, en las veredas el Limón y Arenoso del Municipio de San Vicente del Caguán en el sur de la plancha.

La variable geomorfológica tiene dominio en el ambiente estructural hacia las regiones oeste y central de la plancha en lo que respecta a las calificaciones más altas por susceptibilidad; esta influencia se debe al control estructural que tienen las dos regiones por el sistemas de Fallas Caguán y las fallas el Doncello Sur y el Doncello Norte y deformaciones de la roca por plegamientos (anticlinales Lozada), favoreciendo el desarrollo de movimientos en masa. Para la región este de la plancha, se registran los ambientes denudacional y fluvial, que tienen una susceptibilidad baja a los procesos de movimientos en masa.

Los valores de susceptibilidad por suelos edafológicos presentan las categorías media y alta para paisajes con relieves comprendidos en los rangos de montaña, lomerío, piedemonte, planicie y valle aluvial. En esta evaluación se registró que 803,9 km² (33,5%) corresponde al rango media, con presencia de suelos de baja a media evolución, de texturas mediamente finas, mediamente finas, mediamente profundos, con tipo de arcilla haolisita y montmorillonita, presenta un buen sistema de drenado; 1594,7 km² (66,4%) representan a la categoría alta, donde predominan suelos de baja evolución, de espesores superficiales y profundos, con texturas mediamente finas y finas, suelos de orden inceptisol y entisol bien drenados donde se registran la mayor cantidad de movimientos en masa de tipo deslizamientos, caídas y reptación de suelos del área.

Las unidades de cobertura presentes en la plancha 368, son en total 12, siendo las de mayor representatividad: pastos limpios (35,39%), bosque denso alto de tierra firme (35,60%) y mosaico de pastos con espacios naturales (17,59%), los sectores con susceptibilidad muy alta y alta se caracterizan por la presencia de coberturas con intervención antrópica como zonas urbanas, y áreas con la unidad de cobertura pastos limpios.

Finalmente, con base en los resultados de todas las variables que influyen en su cálculo (geología, geomorfología, suelos y cobertura), la susceptibilidad tiene cuatro rangos (bajo, medio alto y muy alto). Las susceptibilidades baja y media se localizan sobre el sector de la Llanura y parte del piedemonte Amazónico, los rangos de susceptibilidad alta a muy alta sobre el flanco este de la Cordillera Oriental, donde se presentan topografías con pendientes abruptas afectando caseríos y vías interveredales; por lo tanto, se deben establecer planes de prevención de desastres naturales, implementar prácticas adecuadas de cultivos, conservación de recursos naturales, desarrollo de estudios técnicos y científicos para cualquier desarrollo de obras de ingeniería y explotación de recursos naturales no renovables, además programas de educación sobre estas temáticas para las comunidades.

El mapa de zonificación de amenaza relativa total por movimientos en masa muestra tres rangos: media, alta y muy alta, predominando la amenaza media con el 62,71%, seguido por el rango de amenaza alta con el 36,81% del total de área de la plancha, concluyendo que en general la Plancha, tiende a ser susceptible a la generación de movimientos en masa de tipo deslizamiento, caída, flujo y reptación. Los deslizamientos y caídas de roca observados en campo, presentan mayor concentración de eventos asociados a la categoría de amenaza alta en primer lugar, y amenaza media en segundo lugar.

En este capítulo de conclusiones es muy importante tener presente, que el proyecto desarrollado por el Servicio Geológico Colombiano representa un trabajo sistemático para la creación o la consolidación de cartografía temática del territorio andino colombiano enfocada al estudio de la amenaza por movimientos en masa lo cual implica que los resultados presentados para la plancha 368 tienen continuidad con planchas adyacentes garantizando de esta manera el conocimiento integral del territorio específicamente en cuanto a los aspectos correlativos con la amenaza natural por movimientos en masa.

Esta memoria explicativa y el mapa concentra e integra nueva información temática fundamental (geológica, geomorfológica, edáfica y de cobertura del suelo) en el conocimiento de la amenaza por movimientos en masa; como consecuencia, esta

zonificación servirá de guía para las instituciones públicas y privadas, de orden regional y nacional, interesados en el diagnóstico, planificación y desarrollo territorial que conlleven a un mejor uso del suelo de acuerdo a sus potencialidades y restricciones.

El presente estudio a escala 1:100.000 tiene una mejor resolución comparado con estudios anteriores y posibilita el análisis a nivel de regiones, provincias e incluso de cuencas hidrográficas, potencializando diagnósticos sobre la degradación del medio natural y estructurar políticas para su prevención y mitigación; sin embargo, se recomienda realizar estudios a escalas 1:25.000 o mayores, en especial en las zonas de amenaza muy alta y alta, para establecer con mayor detalle las acciones a emprender sobre los usos del suelo y la gestión sostenible del territorio.

El proyecto ha sido desarrollado con el concurso de los Departamentos de Geología o Ciencias de la Tierra de universidades importantes del país, con lo cual se garantiza la transferencia de conocimiento en este campo y la ampliación de masa crítica sobre la temática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAINE, N. 1980. The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows. *Geografiska Annaler* 62 A: 23–27. Carvajal & Pérez, 1.993.
- CARVAJAL, H. 2008. Primeras aproximaciones a la estandarización de la geomorfología en Colombia. Documento INGEOMINAS, 30 P. Bogotá.
- ECHEVERRI, O.; VALENCIA., Y. 2004. Análisis de los deslizamientos en la cuenca de la Quebrada La Iguana de la ciudad de Medellín a partir de la integración lluvia, pendiente, formación geológica. *Dyna*, 71 (142): 33-45. Medellín.
- FELDMAN, A. 2000. Hydrologic Modeling System HEC- HMS - Technical Reference Manual. California: US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center.
- GUZZETTI, F.; PERUCCACCI, S.; ROSSI, M. AND STARK, C.P. 2007. Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 98: 239-267. Hoke 1996
- HOEK, E. & BROWN, E. T. 1997. Practical estimates of rock mass strength. *Int J Rock Mech Min Sci & Geomech Abstr*, 34(8), 1165-1186.
- HUGGETT, R. 2007. *Fundamentals of Geomorphology*. Segunda edición, Routledge. 483 p.
- IDEAM. 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, Escala 1:100.000. Bogotá DC: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. 2007. Zonificación climática del atlas climatológico de Colombia. Bogotá D.C.
- IDEAM. 2001. Mapa de Sistemas morfogénicos del territorio Colombiano. Santafé de Bogotá.
- IGAC. (4 de enero de 2014). Recuperado el 27 de enero de 2013, de http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/PDF/ZonificClimactica_Nal_Am_V2.pdf?
- IGAC. 2011. Actualización digital de áreas homogéneas de tierras con fines catastrales. Bogotá DC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

- IGAC. 2001. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Caquetá, Bogotá DC.
- IGAC. 1998. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Meta, Bogotá DC.
- INGEOMINAS. 2009. Zonificación de Amenazas por Movimientos en Masa en la Cuenca del Río Combeima. Ibagué – Tolima. Escala 1:25.000. Bogotá.
- INGEOMINAS & GEOESTUDIOS. 2003. Mapa geológico de la plancha 368 San Vicente del Caguán. Departamentos de Caquetá y Huila. INGEOMINAS. Bogotá.
- KEEFER, D. K. 1984. Landslides caused by earthquake. Bulletin of the Geological Society of America. 95 (4), 406-421.
- KELLER, E AND ROCKWELL, T. 1984. Tectonic geomorphology, Quaternary chronology, and paleoseismicity. Developments and applications of geomorphology. Edited by J. E. Costa and P. J. Fleisher. Springer verlag Heilderberg. Pp 41 – 76. Berlin.
- KOBAYASHI, Y. 1981. Causes of fatalities in recent earthquakes in Japan. Journal of Disaster Science, 3: 15-22.
- MILEY, R.; MCGIRK, D. 1948. Geological report on portions of the Orito Concession, Comisaria de Putumayo. Texas Petroleum Company, Report 345, 610 p. Bogotá.
- MORA C., S., AND VAHRSON, W.G. 1994. Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination: Association of Engineering Geologists Bulletin, Vol. XXXI, No. 1, 49-58 p.
- MORENO H.A.; VÉLEZ M.A.; MONTOYA J.D.; RHENALS, R.L. 2006. La lluvia y los deslizamientos de tierra en Antioquia: Análisis de su ocurrencia en las escalas interanual, intranual y diaria. Revista de la Escuela de Ingeniería de Antioquia, 5: 59-69.
- MURCIA, L. A. 1999. Reconocimiento geológico y geoquímico del Macizo de Garzón. Ingeominas, 70 p. Ibagué.
- ORDAZ, M.; AGUILAR, A.; ARBOLEDA, J. 2007. CRISIS - Program for Computing Seismic Hazard. Instituto de Ingeniería UNAM, México.
- PARIS, G.; MACHETTE, M.; DART, R.; 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. 61 p.

PIAZZA, A. DI; CONTI, F. LO; NOTO L.V; VIOLA, F; LOGGIA G. LA. 2011. Comparative analysis of different techniques for spatial interpolation of rainfall data to create a serially complete monthly time series of precipitation for Sicily, Italy. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 13 (2011). Pp: 396– 408.

PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO: GEOCIENCIAS PARA LAS COMUNIDADES ANDINAS. 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.

ROBERTSON, KIM. 1990. Unidades de levantamientos rurales y forestal – Ecología. Guías de análisis de terreno. Geomorfología aplicada. Subdirección de Docencia e Investigación. IGAC. Notas de clase. 84p. Bogotá.

RODRÍGUEZ, G.; ZAPATA, G.; VELÁSQUEZ, M.; COSSIO, U.; LONDOÑO, A. 2003. Geología de las planchas 367 Gigante, 368 San Vicente del Caguán, 389 Timaná, 390 Puerto Rico, 391 Lusitania (parte noroccidental) y 414 El Doncello. Departamentos de Caquetá y Huila. INGEOMINAS. Bogotá.

RINCÓN, A.; SALCEDO, E.; VAN HISSENHOVEN, R. y ALFARO, A. 2004. Estudio de sismicidad regional para el análisis de la amenaza sísmica para Bogotá” (Rincón et al, 2004).

SGC. (3 de enero 2014). Recuperado el 27 de enero de 2014, de <http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/consultas>.

SGC. 2013. Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000. Bogotá DC: Servicio Geológico Colombiano. 145 Pág.

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. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá DC. 58 Pág.

SUÁREZ, J. 2001. Control de Erosión en Zonas Tropicales. Bucaramanga.

- UNESCO. 1976. Engineering geological mapping. A guide to their preparation. 79 p. Paris.
- USDA. 2010. Clave para la Taxonomía de suelos. Onceava Edición. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de los Recursos Naturales. Traducción de Carlos Ortiz-Solorio y Ma. Del Carmen Gutiérrez-Castorena. México. 366 pág.
- WILSON, R.C.; KEEFER, D.K. 1985. Predicting aerial limits of earthquake induced land sliding. In: J.I. ZIONY (Ed.). Evaluating earthquake hazards in the Los Angeles region - An Earth-Science perspective, USGS Professional paper 1360: 316-345.
- YOUD, T.L. 1978. Major cause of earthquake damage is ground failure. Civil Engineering, ASCE, 48(4): 47-51.
- ZINCK, J.A. 2012. Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales. ITC, Enschede, pp. 131.