

**CONVENIO ESPECIAL DE COOPERACIÓN
No. 009 DE 2013**

***MEMORIA EXPLICATIVA DE LA ZONIFICACION DE LA
SUSCEPTIBILIDAD Y LA AMENAZA RELATIVA POR
MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000
PLANCHA 110 – PAMPLONA***

Bucaramanga, Mayo de 2014





**CONVENIO ESPECIAL DE COOPERACIÓN
No. 009 DE 2013**

**MEMORIA EXPLICATIVA DE LA ZONIFICACION DE LA
SUSCEPTIBILIDAD Y LA AMENAZA RELATIVA POR
MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000
PLANCHA 110 – PAMPLONA**

EQUIPO EJECUTOR – UNIVERSIDAD

M.Sc Sait Khurama Velásquez
Dirección Proyecto
M.Sc Francisco Alberto Velandia
Dirección Técnica Proyecto
Geol. Jorge Leonardo Chaparro
Geol. Diego Yonatan Hernández
Geología y Geomorfología
Ing. Luis Eduardo Moreno
Geol. Diego Yonatan Hernández
Catalogo Histórico e Inventario de
Movimientos en Masa
Ing. Graciela Garzón
Cobertura de la Tierra
Ing. Jeiner Yobany Buitrago
Suelos Edáficos
Geol. Nardy Liliana Neiza
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
Ph.D. Mario Andrés Cuellar
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 2014

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	8
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	12
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	13
ANTECEDENTES.....	14
CONTEXTO GENERAL DE LOS ESTUDIOS	16
1. METODOLOGÍA APLICADA.....	17
1.1 SUSCEPTIBILIDAD POR GEOLOGÍA.....	21
1.1.1 Susceptibilidad Muy Alta	21
1.1.2 Susceptibilidad Alta	22
1.1.3 Susceptibilidad Media.....	22
1.1.4 Susceptibilidad Baja	22
1.1.5 Susceptibilidad Muy Baja	23
1.2 SUSCEPTIBILIDAD POR GEOMORFOLOGÍA.....	24
1.2.1 Susceptibilidad Muy Alta	25
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	29
1.3.2 Susceptibilidad Media.....	29
1.3.3 Susceptibilidad Baja	30
1.3.4 Susceptibilidad Muy Baja	30
1.4 SUSCEPTIBILIDAD POR COBERTURAS DE LA TIERRA.....	31
1.4.1 Susceptibilidad Alta	32
1.4.2 Susceptibilidad Media.....	32
1.4.3 Susceptibilidad Baja	32
1.4.4 Susceptibilidad Muy Baja	33
1.5 EVALUACIÓN DE DETONANTES.....	33
1.5.1 Detonante Climático.....	34
1.5.2 Detonante Sismo	36
2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	39

2.1	SUSCEPTIBILIDAD	39
2.1.1	Susceptibilidad Muy Alta	39
2.1.2	Susceptibilidad Alta	40
2.1.3	Susceptibilidad Media	41
2.1.4	Susceptibilidad Baja	42
2.2	AMENAZA RELATIVA TOTAL	43
2.2.1	Amenaza Muy Alta	43
2.2.2	Amenaza Alta	44
2.2.3	Amenaza Media	45
2.2.4	Amenaza Baja	46
	CONCLUSIONES	48
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización espacial del área de estudio, Plancha 110 - Pamplona (Santander y Norte de Santander).	14
Figura 2. Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa a Escala 1:500.000, Plancha 5-06 (SGC, 2010).	15
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.	20
Figura 4. Calificación de la susceptibilidad de la variable geología.	24
Figura 5. Calificación de la susceptibilidad de la variable geomorfología.	28
Figura 6. Calificación de la susceptibilidad de la variable Suelos Edáficos.	31
Figura 7. Calificación de la susceptibilidad de la variable Cobertura de la Tierra.	33
Figura 8. Mapa final del detonante por factor clima.	36
Figura 9. Mapa final del detonante por factor sismo.	38
Figura 10. Mapa de Susceptibilidad Total por movimientos en masa para la Plancha 110 - Pamplona.	40
Figura 11. Mapa de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, de la Plancha 110 - Pamplona.	44

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Insumos suministrados para el proyecto de zonificación de la susceptibilidad y la 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 110 - Pamplona, departamentos de Santander y Norte de Santander, 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.

De la superficie total de la Plancha 110, corresponde a una parte nororiental del territorio del departamento de Santander y otra suroccidental del Departamento de Norte de Santander, incluye los municipios de Suratá, California, Vetas, Charta, Tona, Matanza, para el primero y Pamplonita, Pamplona, Mutiscua, Cácuta, Silos, Labateca, Toledo, Arboledas, Cucutilla, Chinácota y Chitagá, para este último respectivamente.

El Servicio Geológico Colombiano (2013) ha establecido para estos estudios una metodología con el objetivo de 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 cuatro categorías de amenaza: baja, media, alta y muy alta, siendo la amenaza

alta la de mayor ocurrencia con un cubrimiento del 50,04% de la superficie total de la Plancha 110 - Pamplona; la categoría de amenaza muy alta presenta 8,13%, la media 41,69% y la baja 0,14% de total de la plancha 110.

ABSTRACT

This explanatory document provides results of the susceptibility and relative hazard zoning by mass movement for the 110 sheet - Pamplona, Departments of Santander and Norte de Santander, based on the methodology referred to in “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 Servicio Geológico Colombiano through the project executing group.

The surface of the sheet 110 corresponds to a northeastern part of the territory of the department of Santander and other southwestern department of Norte de Santander, includes Suratá, California, Vetas, Charta, Tona, Matanza municipalities, for the first and Pamplonita Pamplona, Mutiscua, Cácosta, Silos, Labateca, Toledo, Arboretum, Cucutilla, Chinácota and Chitagá, for the latter respectively.

The Colombian Geological Survey (2013) (Servicio Geológico Colombiano-SGC) has established a methodology for the generation of maps of susceptibility and relative hazard 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 climate and seismic detonating factors, obtained the hazard zoning, defining for this plate four categories of hazard: low, half, high and very high, being the high hazard level of most occurrence with a coverage of the 50.04% of the total surface of the sheet 110_Pamplona; the category of

hazard very high present 8.13%, the half 41.69% and the low 0.14% of the total surface of the sheet 110.

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 110 - Pamplona, 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 (Figura 1) que comprende la plancha 110-Pamplona, se encuentra ubicada en el extremo suroccidental del Departamento de Norte de Santander y nororiental de Santander. Hacia la parte central en el sector conocido como Cuesta Boba, demarca los límites departamentales entre estos. Esta plancha de escala 1:100.000 del IGAC (2005) comprende los municipios de Suratá, California, Vetas, Charta, Tona, Matanza en el Departamento de Santander y Pamplonita, Pamplona, Mutiscua, Cácosta, Silos, Labateca, Toledo, Arboledas, Cucutilla, Chinácota y Chitagá en el Departamento de Norte de Santander.

El estudio cubre un área de 2000 Km², referenciada en Datum Magna Sirgas de origen Bogotá, con coordenadas planas:

NW: X: 1.120.000 - Y: 1.320.000 NE: X: 1.170.000 – Y: 1.320.000

SW: X: 1.120.000 – Y: 1.280.000 SE: X: 1.170.000 – Y: 1.280.000

Fisiográficamente, en la Plancha se localiza como un componente importante, los páramos de Berlín y Santurbán, donde las alturas topográficas alcanzan 4200 m y presenta una riqueza hídrica importante de donde se toma el agua para varios municipios de los departamentos de Santander y Norte de Santander. Esta zona es también conocida como el Macizo de Santander, el cual descansa sobre la bifurcación oriental de la Cordillera de Los Andes.

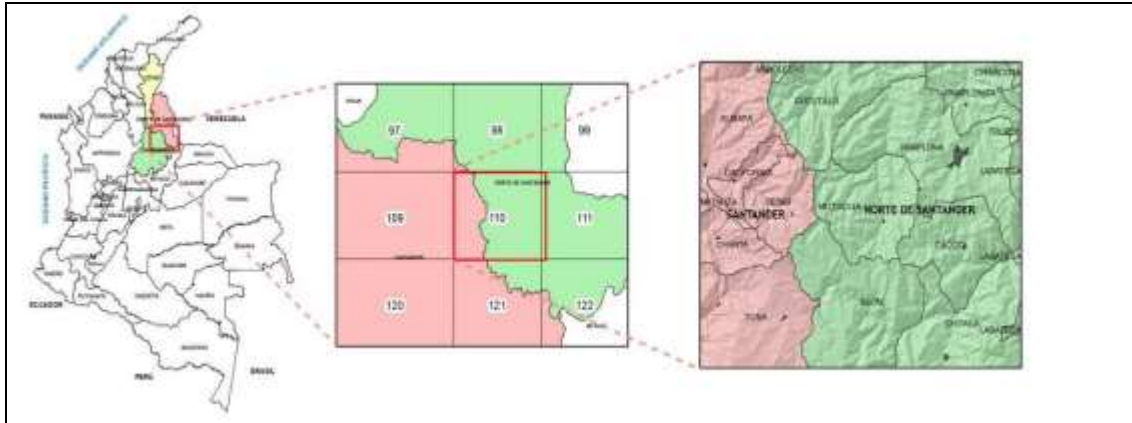


Figura 1. Localización espacial del área de estudio, Plancha 110 - Pamplona (Santander y Norte de Santander).

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 se presentan en la Plancha 110 - Pamplona (Figura 2) varían desde media hasta muy alta.

En el primer valor de amenaza (media), se restringen a áreas limitadas por los páramos de Berlín y Santurbán, que comprende los municipios de California, Cucutilla, Silos y Vetas. En donde es posible observar rocas de origen ígneo y metamórfico, como gneis de Bucaramanga y Esquistos del Silgara. Con un relieve característico de poca pendiente, alomado, que incide de forma moderada a la inestabilidad de terreno, identificándose procesos como deslizamientos, flujos y reptación de suelos.

Las áreas de amenaza alta son las que presentan una mayor extensión y se relacionan con las zonas montañosas, con gradientes de pendientes moderados y altos, que conforman y hacen parte del macizo de Santander en la Cordillera Oriental, en geformas de origen estructural y denudativo; comprende los municipios de Chitagá, Cácuta, Mutiscua, Pamplona y Pamplonita. Estas zonas presentan una importante cantidad de movimientos en masa que puede superar las decenas de metros y que son potencialmente peligrosos, involucrando infraestructura y poblaciones cercanas. Se recomienda evitar la deforestación y establecer buenas prácticas de uso y manejo del suelo, como la preservación de la cobertura vegetal nativa en zonas de mayor pendiente.

El nivel de amenaza muy alta se presenta en el sector más nororiental de la plancha, donde la topografía es más pronunciada y la características geológicas favorecen a estos procesos erosivos, hacen parte los municipios de Chinácota y

Labateca principalmente, los fenómenos denudativos en estos sectores son muy acentuados y afectan infraestructura y poblaciones cercanas, se recomienda aplicar acciones encaminadas a preservar el medio ambiente y generar estudios que reduzcan la inestabilidad en el sector.

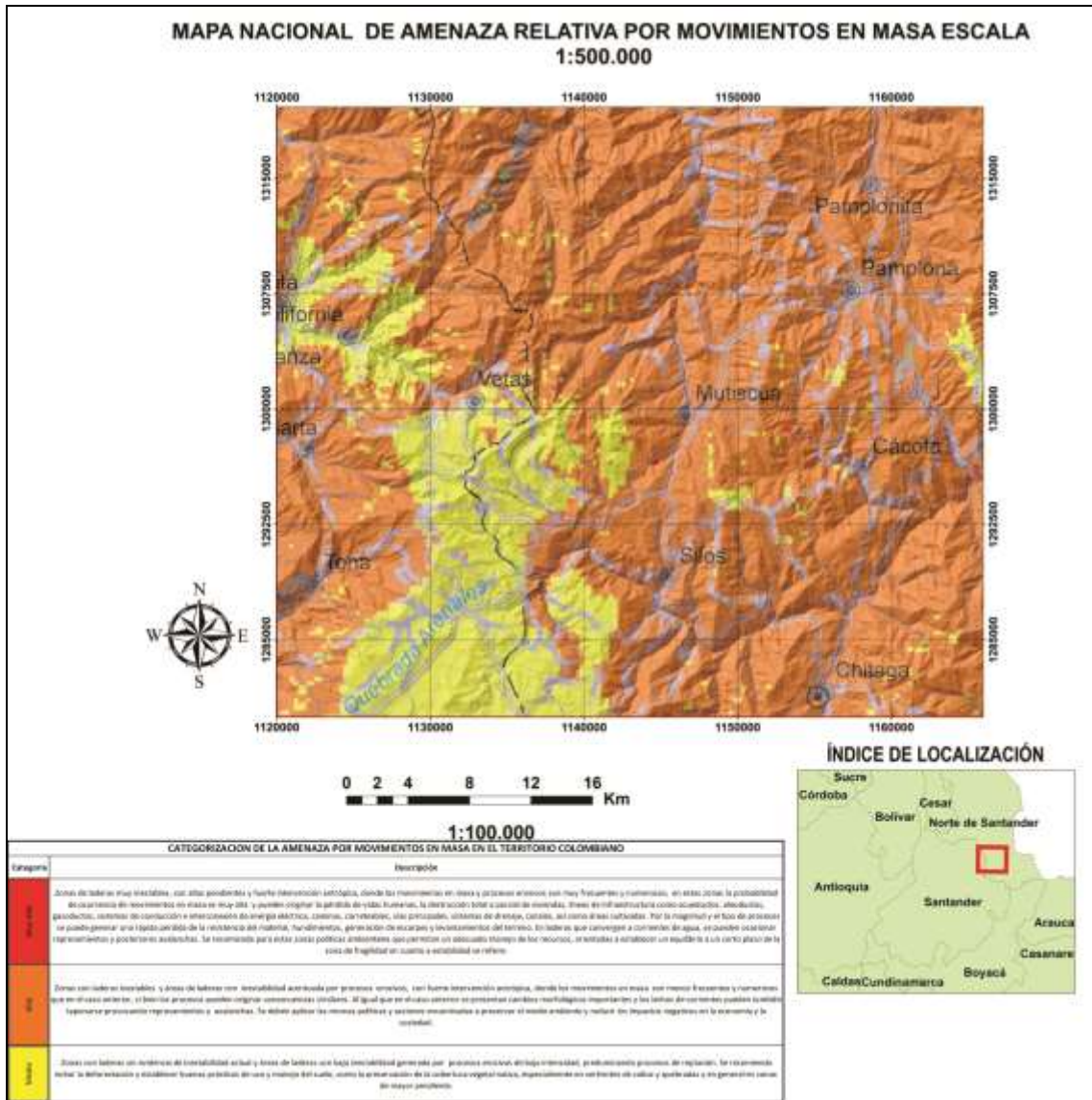


Figura 2. Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa a Escala 1:500.000, Plancha 5-06 (SGC, 2010).

Para todos los municipios de la plancha 110 - Pamplona, Suratá, California, Vetat, Charta, Tona, Matanza en el Departamento de Santander y Pamplonita, Pamplona, Mutiscua, Cécota, Silos, Labateca, Toledo, Arboledas, Cucutilla, Chinácota y Chitagá en el Departamento de Norte de Santander, están

inventariados un total de 114 movimientos en masa, Sistema de Información de movimientos en Masa (SIMMA), localizados en la Cordillera Oriental, teniendo el Municipio de Pamplona, California y Suratá la mayor cantidad de movimientos. Revisada la documentación de los esquemas y planes de ordenamiento territorial de los municipios de la zona, en el capítulo correspondiente a los riesgos naturales se tiende a mencionar la localización y los efectos de los movimientos en masa localizados en el área urbana y rural de los municipios.

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 (CAS y Corponor) 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 cuatro 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, estos insumos al igual que los datos de campo, con el debido procesamiento analítico.

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 (Esquema de Ordenamiento Territorial de Arboledas Norte de Santander 2003, Esquema de Ordenamiento Territorial de Cacota Norte de Santander 2001, Esquema de Ordenamiento Territorial de Chinácota Norte de Santander 2002, Esquema de Ordenamiento Territorial de Chitagá Norte de Santander 2000, Esquema de Ordenamiento Territorial de Cucutilla Norte de Santander 2003,

Esquema de Ordenamiento Territorial de Labateca Norte de Santander 2003, Esquema de Ordenamiento Territorial de Mutiscua Norte de Santander 2002, Esquema de Ordenamiento Territorial de Matanza Santander 2003, Plan de Ordenamiento Territorial de Pamplona Norte de Santander, Esquema de Ordenamiento Territorial de Pamplonita Norte de Santander 2002 Esquema de Ordenamiento Territorial de Silos Norte de Santander 2002, Esquema de Ordenamiento Territorial de Toledo Norte de Santander 2001, Esquema de Ordenamiento Territorial de Tona Santander 2002) 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.

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

Tabla 1. Insumos suministrados para el proyecto de zonificación de la susceptibilidad y la 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

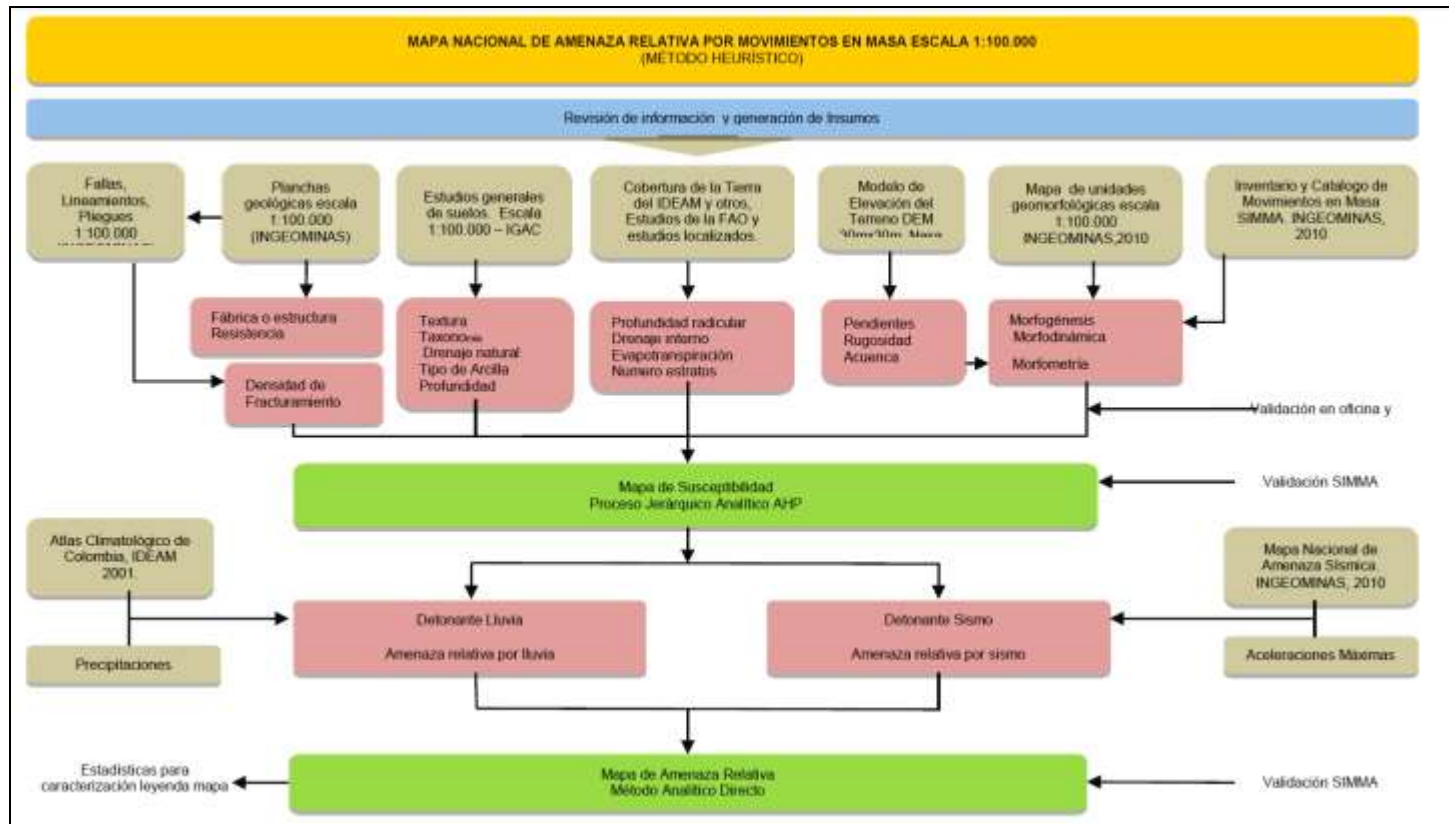


Figura 3. Diagrama metodológico para zonificación de la amenaza nacional por movimientos en masa escala 1:100.000, modificado del Estudio Zonificación de la amenaza por movimientos en masa escala 1:500.000. INGEOMINAS 2010 en SGC, 2012.

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 110 - Pamplona a escala 1:100.000 (Ferreira *et al.*, 1989), es proporcionado por el SGC, el cual es la base para el modelamiento de los dichos atributos.

En el ANEXO A se expone con más detalle el cálculo y los resultados del procesos 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 observa en la **Figura 4**, presenta cinco categorías de susceptibilidad: muy baja, baja, media, alta y muy alta, donde los sectores con calificación muy baja y baja se registran en la parte centro-occidente (Páramo de Berlín y Santurbán), este valor de susceptibilidad cubre parte de los municipios de Charta, California, Matanza, Suratá, Tona, Vetas en el Departamento de Santander y Cágota, Chitagá, Cucutilla, Pamplona y Silos en el Departamento de Norte de Santander, asociadas a rocas metamórficas como el Neis de Bucaramanga, Ortoneis, esquistos de la Formación Silgará y Granito de Pescadero; el rango medio cubre parte de la zona occidental en municipios como California, Cucutilla, Suratá y Vetas, central Municipio de Mutiscua y oriental municipios de Pamplona, Pamplonita, Bábeaga, Chitagá, siendo shales, calizas, areniscas y conglomerados, pertenecientes a las Formaciones Tambor, Tablazo, Paja, Rosa Blanca y Girón los más susceptibles a generar cambios sobre las laderas; los rangos alto y muy alto se localizan en algunos pequeños sectores al occidente y oriente, en los municipios de California, Cucutilla, Suratá, Vetas, Pamplona, Pamplonita, Bábeaga y Chitagá, asociados a depósitos coluviales y esquistos de la Formación Silgará, filitas, shale, y lodolitas, de las formaciones Floresta, Umir, Capacho y Colón-Mito Juan.

A continuación se describe cada nivel de susceptibilidad.

1.1.1 Susceptibilidad Muy Alta

Se relacionan fundamentalmente con depósitos Coluviales, Derrubio, Talud, Derrumbes, Terraza, Conos de Deyección y franjas de la unidad Esquistos del Silgará, en el rango descrito se asocian procesos erosivos como algunos movimientos en masa, predominando las caídas y Flujos de detritos. Este valor de susceptibilidad por la Geología la encontramos en la cabecera municipal de

Cácota, veredas Pantanos y Lutaga del Municipio de Charta, veredas Dona Ángela, Cherquetá y Caraba del Municipio de Silos, vereda Llano Grande y Corregimiento de Babega, Municipio de Chitaga, veredas Chichipa, La Caldera, Sabanetas y Chichira del Municipio de Pamplona, vereda Pica Pica del Municipio de Pamplonita y veredas Valegra, Sabana Larga y Las Mercedes del Municipio de Mutiscua.

1.1.2 Susceptibilidad Alta

Se asocia principalmente con los esquistos de la Formación Silgará, filitas, shale, y lodolitas, de las formaciones Floresta, Umir, Capacho y Colón-Mito Juan. Este valor de susceptibilidad se distribuye en los cascos urbanos de municipios como Suratá, Silos, Mutiscua y veredas de los municipios de Pamplona, Pamplonita y Chitagá, sobre estos sectores se registraron movimientos en masa del tipo deslizamiento traslacional, rotacional y flujo de detritos, sobre suelo residual, que afectan el terreno. Ejemplo de estos los encontramos principalmente en veredas como Naranjito y El Escorial del Municipio de Pamplona, vereda Sucre del Municipio de Mutiscua y en cercanías al casco urbano del Municipio de Suratá.

1.1.3 Susceptibilidad Media

Predomina en los depósitos asociado a procesos glaciares, los cuales cubren parte de la zona occidente (California, Cucutilla, Suratá y Vetas), centro (Mutiscua) y oriente (Pamplona, Pamplonita, Bábega, Chitagá) de la Plancha. Además registra rocas de origen sedimentario como shales, calizas, areniscas y conglomerados, pertenecientes a las Formaciones Tambor, Tablazo, Paja, Rosa Blanca de edad Cretácica y Girón de edad Jurásica. El grado de meteorización de estas unidades se encuentra entre moderado a muy alto, con desarrollo de suelos residuales y movimientos en masa del tipo deslizamiento traslacional, flujos de tierra y detritos, ubicados principalmente en la vereda Gramalotico del Municipio de Suratá y en cercanías del casco urbano del Municipio de California, ayudados por la disposición estructural de los estratos respecto a la pendiente topográfica, que favorece a la presencia de estos procesos superficiales.

1.1.4 Susceptibilidad Baja

Se presenta principalmente en la parte centro-occidente (Páramo de Berlín y Santurbán), occidente y oriente de la plancha; este valor de susceptibilidad cubre parte de los municipios de Charta, California, Matanza, Suratá, Tona, Vetas en el departamento de Santander y Cécota, Chitagá, Cucutilla, Pamplona, Silos en el departamento de Norte de Santander. Se asocia a rocas metamórficas como el Neis de Bucaramanga y Ortoneis, esquistos de la Formación Silgará y algunas franjas de origen ígneo como es el Granito de Durania, influenciadas por fallas que las cortan de Sur a Norte, ejemplo de

estas, encontramos las fallas de Cucutilla, Mutiscua y Pamplona. Este tipo de rocas presentan una textura cristalina y estructuras bandeada, foliada y masiva, con desarrollo de algunos movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional, deslizamiento rotacional, reptación de suelos y caídas de roca en las veredas de Angosturas del Municipio de California y en cercanías al corregimiento de Bábeaga del Municipio de Silos, con desarrollo de suelo residual, fracturamiento presente en las zonas de falla y el grado de meteorización moderado a muy alto, como la observada en el Granito de Durania.

1.1.5 Susceptibilidad Muy Baja

Sobre el terreno, vincula la intensidad de los procesos denudativos con la afectación que se observa en superficie, ejemplo de ellos son los procesos erosivos superficiales y los movimientos en masa. Se relaciona principalmente con el Granito de Pescadero, Granito de Durania, Granodiorita y Cuarzomonzonita de Tanauca, estos tipos de rocas presenta una textura cristalina y estructura masiva. A pesar de pertenecer al rango más bajo de susceptibilidad dadas las características propias del material, la influencia de factores externos degradantes y la expresión pronunciada en el terreno, es posible observar como el Granito de Durania en el sector de la vereda Upa del Municipio de Cácuta, se encuentra altamente meteorizado, con suelo residual, donde se desarrollan movimientos en masa del tipo deslizamiento traslacional planar. Igualmente la Granodiorita y el Granito de Pescadero, presentan un grado de meteorización moderado a alto, con desarrollo de suelos residuales, que incide en la generación de movimientos en masa del tipo caídas de rocas, detritos y reptación de suelos, se observan principalmente en las veredas La Baja, Pantanos y Angosturas del Municipio de California.

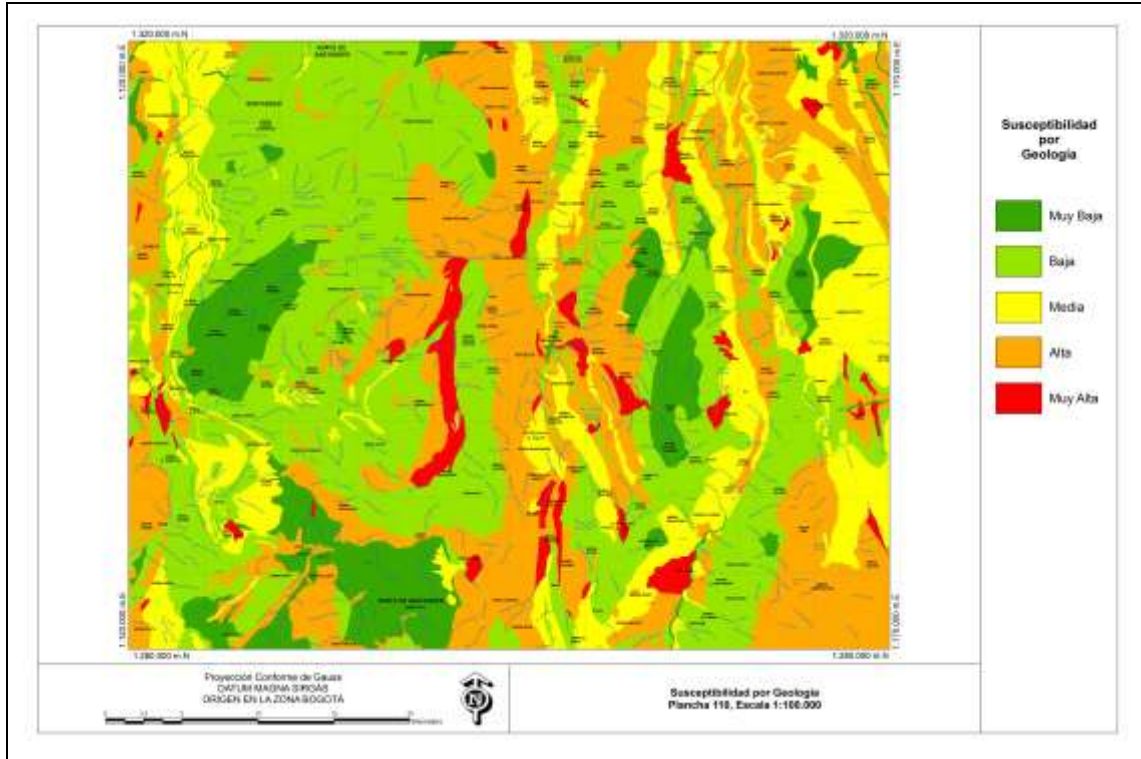


Figura 4. Calificación de la susceptibilidad de la variable geología.

1.2 SUSCEPTIBILIDAD POR GEOMORFOLOGÍA

Se generó el mapa de la variable geomorfología a escala 1:100.000, donde se registraron cuatro categorías de calificación de la susceptibilidad: baja asociada a ambientes morfogenéticos fluvial (río Chitagá), estructural y glacial; media asociada a ambiente morfogenético glacial y estructural, predomina hacia el sector suroccidental sobre el páramo de Berlín, ocupando los municipios de Charta, Silos, Tona y Vetas; también en la esquina noreste sobre las estribaciones de los municipios de Cágota, Pamplona y Pamplonita; Alta y Muy Alta susceptibilidad, asociada a ambiente morfogenético denudativo, estructural y glacial en las zonas montañosas de manera heterogénea sobre el Macizo de Santander (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 110 - Pamplona.

1.2.1 Susceptibilidad Muy Alta

Es la que ocupa menor extensión y es muy esporádica con respecto a las demás, se localiza exactamente sobre zonas que presentan depósitos aluviales y coluviales principalmente, con geoformas de origen denudacional y estructural como, cono y lóbulo coluvial y de soliflucción y espolones festoneados distribuidas sobre toda la Plancha, ejemplo de estos los encontramos en la vereda Ritapa del municipio de Chitagá y el municipio de Cácuta, que se desarrolla sobre este tipo de depósito, entre otros. Las geoformas de origen estructural se desarrollan sobre rocas ígneas y metamórficas como son el Granito de Pescadero y el Neis de Bucaramanga, donde se generan suelos Inceptisoles y Entisoles, que por su grado de evolución sus agregados presentan menor adherencia; se encuentran cubiertos por mosaicos de pastos. Lo anterior demuestra que es una zona con alto riesgo para generarse movimientos en masa, por lo cual hay que tener precaución; en campo se registraron algunos movimientos en masa del tipo deslizamientos traslacional y rotacional, de grandes dimensiones y con potencial de afectación.

1.2.2 Susceptibilidad Alta

Predomina en toda la plancha, distribuyéndose de manera general sobre esta. Yace sobre unidades de origen ígneo, sedimentario y metamórfico correspondiente al Neis de Bucaramanga, Ortoneis, Granito de Pescadero, Esquistos del Silgará y unidades sedimentarias como areniscas, shale, lodolitas, conglomerados y calizas de edades entre Jurásicas y Eocenas. En este rango se presentan geoformas de origen denudacional, estructural y en menor proporción glacial, con características típicas de zonas montañosas, entre las que se destacan, sierra denudada, laderas erosivas, espolón facetado, espolón festoneado, laderas contrapendiente de sierra homoclinal, ladera estructural de sierra homoclinal, ladera estructural de sierra sinclinal, ladera contrapendiente de sierra sinclinal, sierra glaciada, entre otras, las cual se caracterizan por presentar procesos intensos de denudación y erosión, con influencia en algunos casos de la tectónica derivada de los sistemas de Fallas de Chitagá, Cucutilla, Pamplona, Mutiscua y Morro Negro presentes en la zona. Los suelos edáficos que se dan en las regiones montañosas son Aridisoles, Entisoles, Inceptisoles, Histosoles y Vertisoles, son moderadamente profundos a profundos.

Se registraron movimientos en masa en la zona de estudio sobre el casco urbano y zona rural de los municipios que conforman la plancha, donde se ven afectadas carreteras primarias, secundarias y terciarias, infraestructura y zonas económicamente activas como cultivos, áreas de pastoreo, entre otros. Corredores viales principales como el que comunica a la ciudad Bucaramanga con la ciudad de Cúcuta, presenta gran cantidad de procesos de inestabilidad de terreno; la carretera que comunica al municipio de Chitagá con el municipio

de Silos, presenta un porcentaje elevado de ocurrencia de movimientos en masa del tipo deslizamientos traslacionales y flujos de detritos, de dimensiones que superan los 100 m de ancho por 100 m de longitud total, separados entre sí por centenares de metros. Municipios como el de Charta en el Departamento de Santander presenta 5 movimientos en masa, distinguiéndose reptaciones, deslizamientos rotacionales y flujos de detritos. Otros como el Municipio de Mutiscua con 6 movimientos y el Municipio de Pamplona en el Departamento de Norte de Santander presenta 7 movimientos en masa de los que se destaca un flujo de detritos encontrado en la vereda Ulagá, producto de la intensidad de las lluvias ocurridas en el año 2012, desplazando los conglomerados de la Formación Girón, a su vez también destacan los movimientos encontrados en el corredor vial que comunica al Municipio de Pamplona con el Municipio de Cucutilla, se caracterizan por presentar grandes dimensiones y ser del tipo deslizamiento traslacional principalmente.

Los daños producidos son de alto a bajo riesgo, ya que ocurren cierres temporales de las carreteras con o sin afectación de vidas humanas o cierres definitivos de las carretas por la que se transporta carga y pasajeros; sin embargo por las características anteriormente nombradas se debe hacer seguimiento en la región para mitigar daños de posibles nuevos movimientos, que permitan reducir las pérdidas económicas y de infraestructura generada por estos.

1.2.3 Susceptibilidad Media

Predomina hacia el sector suroccidental sobre el páramo de Berlín, ocupando los municipios de Charta, Silos, Tona y Vetas; también en la esquina noreste sobre las estribaciones de los municipios de Cágota, Pamplona y Pamplonita. Este rango de calificación está asociado a geoformas de origen glacial y estructural predominantemente como las laderas estructural de sierra homoclinal glaciada, ladera contrapendiente de sierra homoclinal glaciada, sierra homoclinal glaciada y sierra glaciada sobre unidades ígneas y metamórficas como el Granito de Pescadero, Ortoneis y Esquistos del Silgará, así como a geoformas de origen estructural como espolón facetado, lomo de presión, lomo de obturación, ladera estructural de sierra sinclinal y, ladera contrapendiente de sierra sinclinal, desarrolladas sobre rocas sedimentarias cretácicas hasta eocenas, de litología variada con unidades de grano fino como lodolitas, shale y grano medio como areniscas. Estas zonas se caracterizan por presentar coberturas como herbazal denso de tierra firme, mosaicos de pastos y cultivos y pastos limpios, asociados a suelos de orden Andisoles, Aridisoles, Inceptisoles, Entisoles, Histosol y Vertisol que por ser altamente evolucionados sus agregados pueden presentar baja estabilidad.

Los movimientos en masa son escasos, aunque es posible encontrar reptaciones y procesos erosivos como soliflucción de suelos, en estas zonas de páramo, ya mencionadas.

1.2.4 Susceptibilidad Baja

Presenta poco porcentaje de ocurrencia; se observa principalmente al suroccidente sobre el Páramo de Berlín y nororiente de la plancha. Esta calificación está relacionada a geoformas de origen fluvial como planicie aluvial confinada y planos y llanuras de inundación desarrolladas sobre depósitos cuaternarios del tipo aluvial, además de geoformas de origen glaciar y estructural como planos glaciolacustrinos, flancos de valle glacial, sierra glaciada, cuesta glaciada, laderas de contrapendiente de sierra sinclinal glaciada, laderas erosivas, sierras y lomos de presión y plano aluvial confinado, sobre rocas de origen ígneo como el granito de Pescadero y Ortoneis y depósitos del tipo aluvial, las cuales presentan índice de relieve bajo a muy bajo, por lo cual en los sectores donde se presente este rango no se desarrollaron movimientos en masa y fue confirmado haciendo el respectivo trabajo de campo.

Estas zonas presentan coberturas como herbazal denso de tierra firme, tejido urbano, pastos limpios y mosaico de pastos y cultivos, asociados a suelos edáficos con texturas francas, areno-francas y areno-arcillo-gravilosas, arenoso, arcillosos, entre otros. Los órdenes de suelos que predominan son Andisoles, Entisoles, Histosoles, Molisoles y Vertisoles, los cuales mantiene una estabilidad de sus agregados.

1.2.5 Susceptibilidad Muy Baja

El rango muy bajo se registra de modo muy escaso y puntualmente en la parte centro-occidental de la zona de estudio sobre el Páramo de Berlín (vereda Ortégón, Laguna Surcura, Laguna Páez, Laguna El Toro, Laguna El Pico), definidos principalmente por sierras glaciadas y laderas, sobre rocas de origen ígneo como el granito de Pescadero y Ortoneis. No registra movimientos en masa.

La calificación de la susceptibilidad para la variable geomorfología se muestra en la Figura 5.

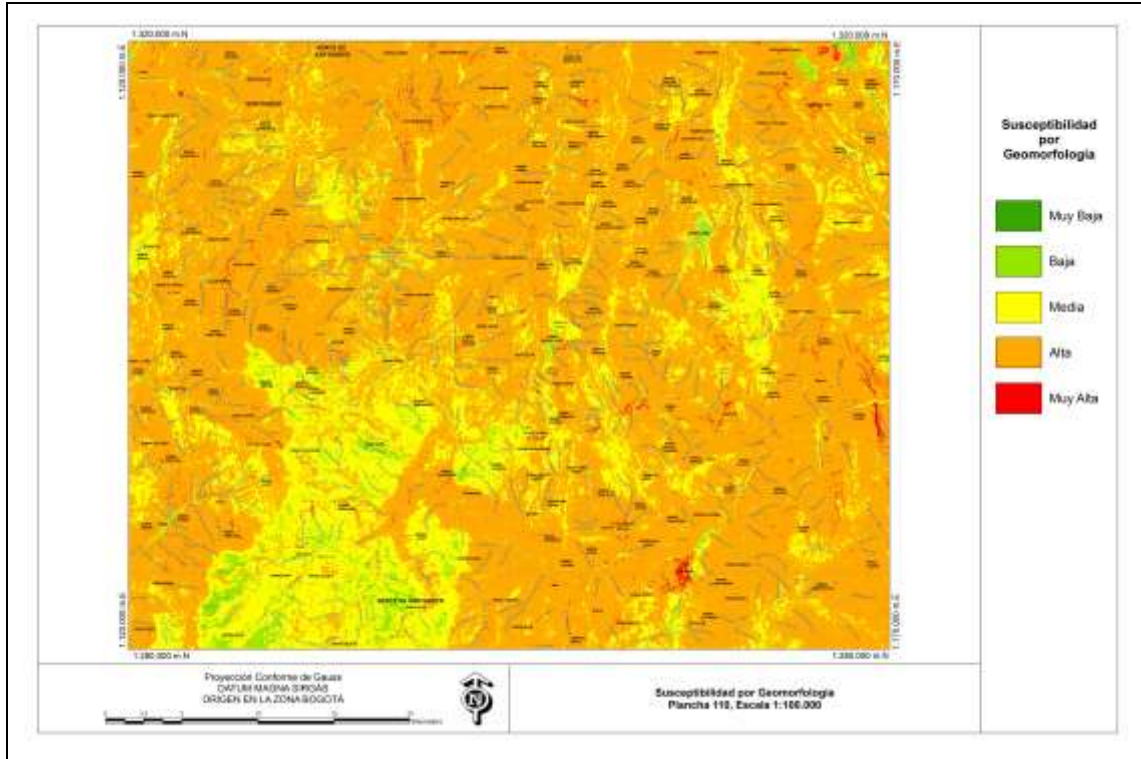


Figura 5. Calificación de la susceptibilidad de la variable geomorfología.

1.3 SUSCEPTIBILIDAD POR SUELOS

Las variables físicas tomadas en cuenta para la caracterización de los suelos con fines de 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.

Los suelos se han derivado de materiales parentales de origen sedimentario, ígneo y metamórfico, con la presencia de areniscas, granodioritas, granitos y lutitas. Se caracterizan por la variabilidad en su drenaje natural, entre excesivos a muy pobremente drenados; son muy superficiales hasta profundos; de reacción (pH) fuertemente a extremadamente ácida y fertilidad baja en las zonas húmedas y muy húmedas, mientras que en las zonas secas tienden a ser ligeramente alcalinos y neutros con fertilidad natural media y alta. Predomina el paisaje de montaña con relieves de cresta, filas y vigas. Con pendientes superiores al 50% que dominan el territorio, la presencia de erosión es en grado ligera y moderada en zonas de uso intensivo.

La plancha 110 registra cuatro categorías de calificación de la susceptibilidad a los movimientos en masa: alta, media, baja y muy baja, siendo dominantes las

categorías alta y media que tienen el 88,2% 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

Está determinada por sus texturas finas (Franco-Arcillosa-Limosa) y muy finas (Arcillosas, Arcillosa-Limosa), con órdenes de Inceptisol y Entisol. Con un drenaje bueno a excesivo, este último si los suelos son derivados de granodiorita que generan texturas gruesas. En condiciones de geformas aluviales sujetas a inundaciones y encharcamientos frecuentes, tales como los vallecitos intramontanos, el régimen de humedad del suelo tiende a condicionar la dominancia de subgrupos ácuicos en los órdenes Entisoles e Inceptisoles. La profundidad de los suelos de moderados a profundos, siendo los más susceptibles ya que acumula mayor peso en las laderas. Las arcillas que predominan son micas (muscovita) y montmorillonita, en los suelos de montaña y en menor proporción se encuentra las alófanas derivadas de cenizas volcánicas, las cuales tienen capacidad de absorber agua, lo cual hace que se presenta una carga adicional del terreno aumentando la susceptibilidad a los movimientos en masa. Los movimientos en masa son muy representativos en este valor de susceptibilidad y se clasifican como: deslizamientos traslacionales, rotacionales, flujos de detritos, reptaciones y caídas de roca, presentes principalmente en los municipios de California, Charta, Suratá Tona y Vetas, en el Departamento de Santander.

Esta susceptibilidad se extiende en los municipios de Suratá, California, Vetas, Charta y Tona del Departamento de Santander, para el Departamento de Norte de Santander cubre los Municipios de Cucutilla, Pamplona, Pamplonita, Mutiscua, Silos, Cácuta, Chitagá y Labateca, con una extensión de 945 km² (47,2%).

1.3.2 Susceptibilidad Media

Presenta una textura que varía entre moderadamente finas (Franco-Arcillosa, Franco-Arcillo-Arenosas, Franco-Arcillosa-Limosa) y finas (Arcillosas, Arcillosa-Limosa, Arcillosas-Arenosas) esqueléticos y fragmentales, con algunos sectores moderadamente gruesos (Franco-Arenosas) y de texturas medias (Francas, Franco-Arenosas, Franco-Limosas, Limosas). Los órdenes que predominan son Entisoles e Inceptisoles. El sistema de drenaje es excesivo y bien drenado por las zonas de altas pendientes y las texturas que permiten una rápida evacuación del agua. La profundidad de los suelos varía entre superficiales a profundos, aumentando la susceptibilidad a la presencia de movimientos en masa del tipo deslizamiento traslacional, traslacional planar y rotacional, en cercanías al corregimiento de Babega del Municipio de Silos, vereda Licaligua del Municipio de Cacota y el sector de la Reforma del Municipio de Tona. Las

arcillas que predominan son micas (muscovita) y montmorillonita, en los suelos de montaña y en menor proporción se encuentra las alófanas derivadas de cenizas volcánicas.

Esta categoría se extiende por los municipios de Suratá, Charta, Tona y California en el Departamento de Santander y Cucutilla, Mutiscua, Silos, Pamplona y Pamplonita de Norte Santander con un área de 818 km² (41%).

1.3.3 Susceptibilidad Baja

Presentan texturas moderadamente gruesas (Franco-Arenosa y Arenosas-Francas), la cuales permiten drenar el agua con facilidad. Los órdenes que predominan Inceptisoles y Molisoles generalmente asociados a afloramientos rocosos. Los suelos son bien drenados, por estar en zonas de pendientes altas. Por estar en zonas de afloramientos rocosos los suelos son superficiales o muy superficiales. Hay una dominancia de caolinita y micas (muscovita) en la mayoría de los suelos de montaña y lomeríos, sobre todo en aquellos donde dominan Inceptisoles distróficos y óxicos. No se observa la presencia de movimientos en masa.

Esta categoría de susceptibilidad se extiende en los municipios de Vetas y California en Santander y Mutiscua, Cucutilla, Pamplona y Silos en el Departamento de Norte de Santander, ocupando una extensión de 237,1 km² (11,8%).

1.3.4 Susceptibilidad Muy Baja

Corresponde a los cuerpos de agua y ciénagas, ocupando una extensión de 0,5 km², sin embargo estas áreas tienen influencia de zonas con susceptibilidad media y alta. No se encontró movimientos en masa asociados a este rango de calificación.

La susceptibilidad por suelos edáficos se presenta en la Figura 6.

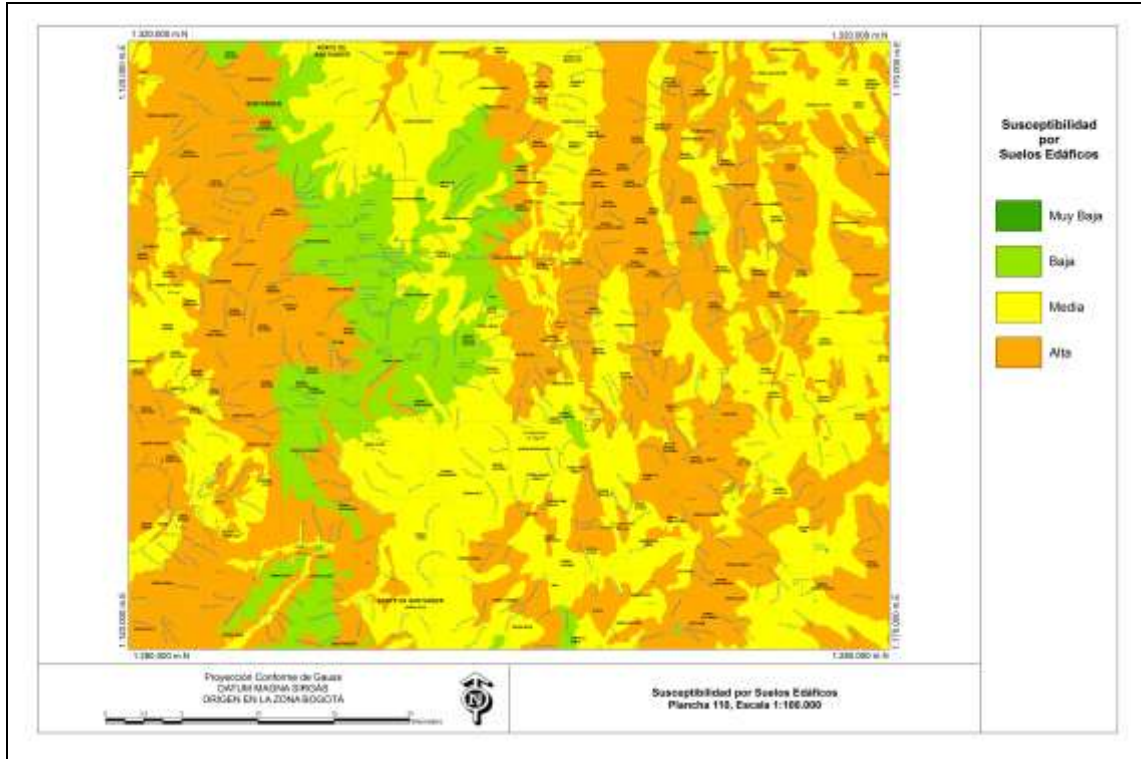


Figura 6. Calificación de la susceptibilidad de la variable Suelos Edáficos.

1.4 SUSCEPTIBILIDAD POR COBERTURAS DE LA TIERRA

La vegetación es un elemento del paisaje que contribuye a la protección del suelo y el desarrollo sostenible de las regiones fomenta un equilibrio entre los componentes sociales, económicos, ambientales y ecológicos. Un aporte de la vegetación es la regulación del ciclo hidrológico, que disminuye en gran medida las avenidas torrenciales o crecientes, una de las principales causas de las inundaciones de poblaciones y áreas estratégicas.

Las coberturas de la tierra que hacen parte de la plancha 110, se pueden observar principalmente herbazales, mosaicos de pastos con cultivos y bosques (densos altos, y bajos de tierra firme y fragmentados ubicadas alrededor de toda la plancha en los departamentos de Santander y Norte de Santander. Existe muy poca presencia de zonas urbanas y las zonas boscosas se ubican principalmente en los municipios de Suratá, California, Charta y Tona – Santander, Cucutilla, Pamplona, Pamplonita, Toledo, Chinácota, Labateca, Chitagá y Mutiscua – Norte de Santander.

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 110, se definieron cuatro rangos de clasificación: muy baja, baja, media y alta. Siendo la susceptibilidad media la de mayor área de cobertura. La **Figura 7** muestra la distribución de éstas.

1.4.1 Susceptibilidad Alta

Ocupa un área representativa del 7,84% del área de la Plancha (156,78 Km²), caracterizándose por coberturas como pastos limpios (en su mayoría), zonas urbanas discontinuas, herbazales abiertos rocosos, tierras desnudas y degradadas, vegetación secundaria o en transición y zona de extracción minera en los municipios de California, Charta, Matanza, Suratá y Tona – Santander, Cácosta, Chinácota, Chitagá, Cucutilla, Labateca, Mutiscua, Pamplona, Pamplonita y Silos – Norte de Santander.

Los movimientos en masa son del tipo deslizamiento traslacional, traslacional planar y caída de roca en la vía que comunica al Municipio de Surata con el Municipio de California, además, se observaron en sector de la vereda Angosturas del Municipio de California.

1.4.2 Susceptibilidad Media

Ocupa un área representativa del 74,40% del área de la Plancha (1487,90 Km²), caracterizándose por coberturas como arbustales, bosques (densos de tierra firme y fragmentados), herbazales densos, mosaicos de cultivos (solos, con pastos y espacios naturales) mosaicos de pastos (con espacios naturales y cultivos), cultivos permanentes arbóreos, pastos (limpios y enmalezados), plantaciones forestales y vegetación secundaria en los municipios de California, Charta, Matanza, Santa Bárbara, Suratá, Tona y Vetas – Santander, Arboledas, Cácosta, Chinácota, Chitagá, Cucutilla, Labateca, Mutiscua, Pamplona, Pamplonita, Silos y Toledo – Norte de Santander.

Los movimientos en masa son del tipo deslizamiento traslacional, traslacional planar, traslacional planar, rotacional, caída de roca y flujo de detritos, en los municipios de California, Charta, Surata, Tona y Vetas en el Departamento de Santander y Chitagá, Cucutilla, Cacota, Mutiscua y Silos en el Departamento de Norte de Santander.

1.4.3 Susceptibilidad Baja

Ocupa el 17,60% del área total de la Plancha (351,89 km²), se caracterizan las coberturas de Arbustales densos, bosques (fragmentados y densos de tierra firme), mosaicos de cultivos y de pastos, pastos enmalezados y zonas urbanas en los municipios de California, Charta, Matanza, Suratá, Tona y Vetas – Santander, Arboledas, Cácosta, Chinácota, Chitagá, Cucutilla, Labateca, Mutiscua, Pamplona, Pamplonita, Silos y Toledo – Norte de Santander.

Los movimientos en masa son del tipo deslizamiento traslacional, rotacional, flujo de detritos y reptación de suelos, en los municipios de Charta, Surata y Tona del Departamento de Santander y Cucutilla, Cócota, Chitagá, Mutiscua, Pamplona y Pamplonita del Departamento de Norte de Santander.

1.4.4 Susceptibilidad Muy Baja

Ocupa el 0,16% del área total de la Plancha (3,22 Km²), se caracterizan las coberturas como ríos y afloramientos rocosos, en los municipios de Charta, y Tona – Santander, Cócota, Pamplona y Pamplonita – Norte de Santander. Esta susceptibilidad no presenta movimientos en masa asociados.

La susceptibilidad por cobertura de la tierra se presenta en la Figura 7.

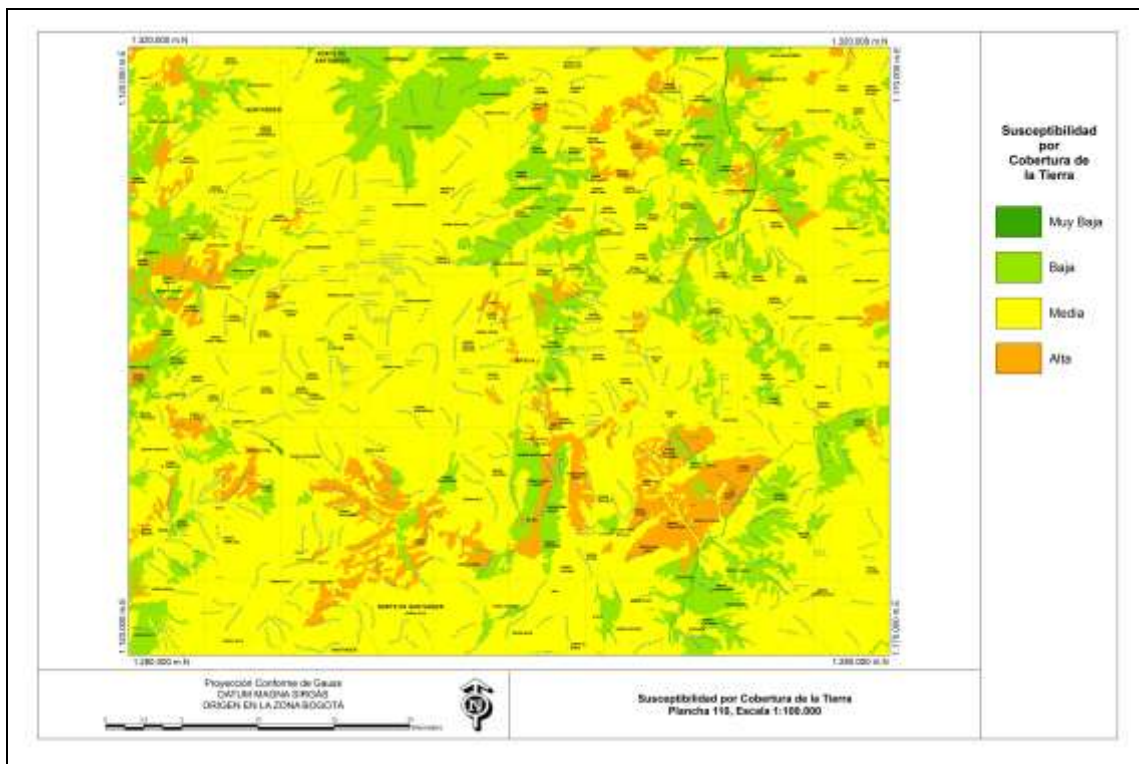


Figura 7. Calificación de la susceptibilidad de la variable Cobertura de la Tierra.

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 la 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 climático 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 factores climáticos que se presenta en la **Figura 8**, el cual está compuesto por cuatro categorías: muy baja, baja, media, alta, con dominio de la categoría baja. En seguida se realiza el análisis respecto a la influencia del detonante climático para contribuir en los movimientos en masa.

La categoría de calificación alta ocupa una mínima extensión de 1,47% del área total, en el margen noroccidental de la Plancha, asociados al Páramo de Santurbán, en la intersección de los límites municipales de California, Cucutilla, Mutiscua, Suratá y Vetas, sobre niveles topográficos altos, con lluvias máximas diarias entre a 150-220 mm y temperaturas menores a los 10°C. A pesar de no tener movimientos en masa actualmente, estas zonas presentan una tasa de infiltración mayor y son propensas a generar desestabilidad en las laderas por efecto de las aguas lluvias, del clima extremadamente frío, junto al factor lluvia y condiciones propias del terreno como el grado de pendiente y el tipo de roca, el uso del suelo y su cobertura vegetal.

El valor de calificación media ocupa el 16,62% del área total de la Plancha y se localiza principalmente al suroriente de la misma, sobre los municipios de Cágota, Chitagá, Cucutilla, Mutiscua, Pamplona, Pamplonita y Silos, con niveles máximos de lluvia moderados que varían de 100 a 150 mm y temperaturas menores a los 24°C. En un clima variable desde templado húmedo a frío húmedo, con evaporación y suelos moderadamente húmedos, que genera una

zona propensa a desestabilidad de las laderas por la concentración de agua en el subsuelo; sobre este rango de calificación se registran movimientos en masa de tipo deslizamiento rotacional y traslacional y caída de rocas, ya para este punto de estudio se tendrían también en cuenta las condiciones del terreno en sus variables de uso del suelo y cobertura vegetal del mismo para restringir la variable en zonas de mayor y menor afectación por infiltración de las aguas lluvias.

El rango de calificación baja predominan en la mayor parte de la plancha con un 67,54% del total de la misma, distribuidos de manera heterogénea sobre todos los municipios de esta, con lluvias máximas diarias que oscilan entre 50 a 100 mm y temperaturas que pueden estar por debajo de los 24 °C. El clima varía de templado húmedo a extremadamente frío húmedo. Con menor temperatura, tendrá menor evaporación, pero el contenido de humedad en el suelo no es alto, por lo cual su contribución a la generación de movimientos en masa es moderada. En este rango de calificación también se registran la mayor cantidad de movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacionales, rotacionales, caída de rocas, flujos detritos y reptación de suelos, que se distribuyen heterogéneamente por la región que ocupa este rango.

La categoría de calificación muy baja ocupa el 14,37% del área total de la Plancha y se distribuye hacia el occidente y nororiente de la plancha, comprendiente parte de los páramos de Berlín y Santurbán, en los municipios de California, Charta, Cucutilla, Mutiscua, Suratá, Tona y Vetas, así mismo sobre el municipio de Pamplona, en cercanías a su cabecera municipal, con niveles máximos de lluvia que varían de 0 a 50 mm y temperaturas menores a 18°C. El clima varía de templado húmedo a extremadamente frío húmedo. Con menor temperatura, tendrá menor evaporación, además de que el contenido de humedad en el suelo es moderado, por lo tanto su contribución a movimientos en masa es bajo. En este rango de calificación también se registran movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacionales, rotacionales, reptación de suelos y flujos detritos, que se distribuyen al occidente de la región que ocupa este valor.

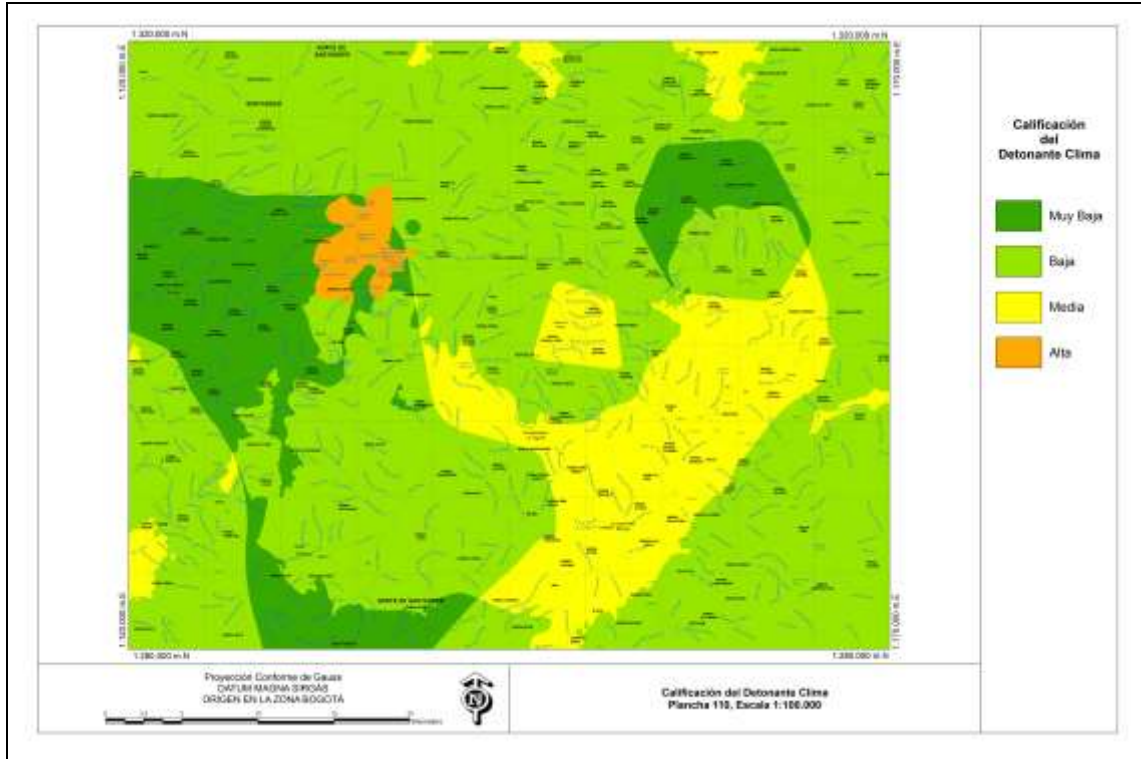


Figura 8. Mapa final del detonante por factor clima.

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 que se presenta en la Figura 9. Este mapa para la plancha 110 registra los rangos de calificación: media, alta y muy alta que se describen a continuación.

La calificación del detonante sismo media presenta la aceleración máxima horizontal a nivel de roca (PGA) oscilando entre 150 y 200 cm/seg², siendo el sector mas occidental de la plancha, el que presenta los valores menores de aceleración (un 25,27% del área cubierta), comprende los municipios de Charta, Matanza, Tona, California y parcialmente en las veredas El Palchal, Aguablanca, Cartagua, Gramalotico, San Francisco, Centro del Municipio de Suratá y Borrero, Ortegón, El Mortiño del Municipio de Vetas. Los movimientos en masa se asocian a deslizamientos traslacionales, rotacionales, flujos de tierra y reptaciones.

La calificación del detonante alto que cubre la Plancha, (en un 74,31% del área total de la plancha) es la mas representativa, donde se observan los valores intermedios de aceleración Horizontal que alcanzan entre los 200 y 300 cm/seg², lo que incidirá moderadamente en los niveles de amenaza a establecer, presentes en municipios como Cácosta, Cucutilla, Chitagá, Mutiscua, Pamplona, Pamplonita y parte de municipios como California, Chinácota, Labateca, Silos, Suratá y Vetas. En esta zona se presentan la mayoría de los movimientos en masa de tipo deslizamiento traslacional, rotacional, caída de rocas, flujos, y reptación.

La categoría del detonante sismo alto, está evidentemente relacionada con la presencia de varios sistemas de fallas, especialmente en la parte centro oriental de la plancha 110; en general 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.

La calificación del detonante muy alto, presenta un pequeño porcentaje (0,42%) del total del area de la plancha en el extremo más nororiental, comprende parte del Municipio de Chinácota en la vereda Quebrada Grande, con valores de velocidades de desplazamiento horizontal que superan los 300 cm/seg². Representa una porción muy pequeña de la zona de estudio, pero es la zona con mayor riesgo al detonante sismo y a que este genere planos de debilidad en las laderas y que estos se trasformen en zonas de inestabilidad. En campo no fue posible observar movimientos en masa asociados.

Los principales detonates de los movimientos en masa registrados en campo obedecieron y obedecen (para los activos) a lluvias intensas, erosión pluvial y material meteorizado física y químicamente.

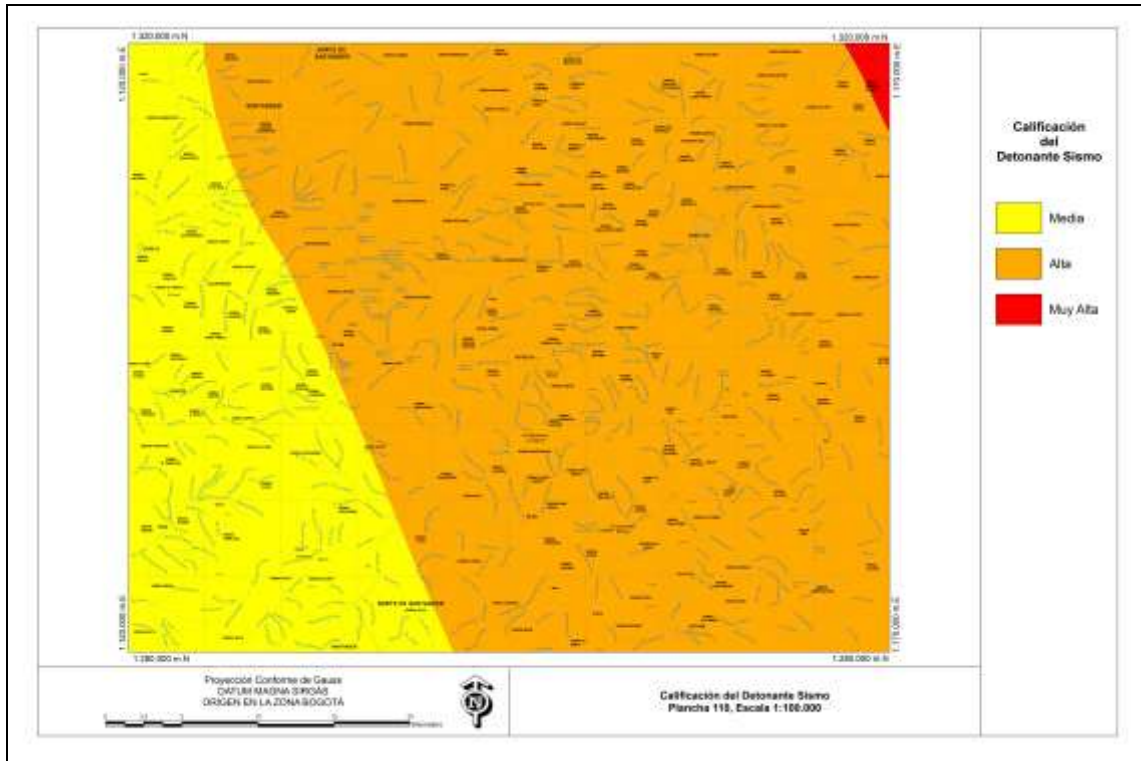


Figura 9. Mapa final del detonante por factor sismo.

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 110-Pamplona 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 en toda la plancha, principalmente sobre los páramos de Berlín y Santurban, en jurisdicción de los municipios de California, Cucutilla, Silos, Tona y Vetas; la susceptibilidad alta y muy alta presenta una dispersión heterogénea y esta última es la de menor porcentaje de área, se distinguen por tener una relación directa hacia las regiones con relieves y pendientes moderadas a abruptas del Macizo de Santander, la calificación baja se observa especialmente sobre los márgenes del río Chitagá, en algunos segmentos del páramo del Berlín y Santurban y en el casco urbano del Municipio de Pamplona.

2.1.1 Susceptibilidad Muy Alta

La susceptibilidad muy alta se encuentra caracterizada por presentar zonas muy inestables, donde se producen procesos exógenos, de erosión y meteorización intensos, sobre unidades litológicas asociadas a depósitos aluviales y coluviales, en áreas restringidas de la zona de estudio; con desarrollo de geoformas de origen denudativo como son los conos y lóbulo coluvial y de solifluxión y terrazas sobreelevadas “colgadas”. La presencia de suelos Aridisoles, Inceptisoles, Entisoles, Histosoles y Vertisoles, con texturas francas, franco-orgánicas, francoarcilloso, francoarenoarcillosos, entre otras, estos se generan en un ambiente que varía de templado húmedo a frío húmedo con cobertura vegetal de pastos, cultivos y espacios naturales.

Esta categoría ocupa un área correspondiente al 0,04% (0,78 km²), siendo una mínima fracción del área total de la Plancha, lo cual dificulta hacer una descripción más detallada de la calificación; no se asocia ningún movimiento en masa y su área de influencia se limita a algunos sectores puntuales como la vereda Lirgua del Municipio de Labateca, vereda Picacho del Municipio de Chinácota y vereda Chinavega del Municipio de Suratá.

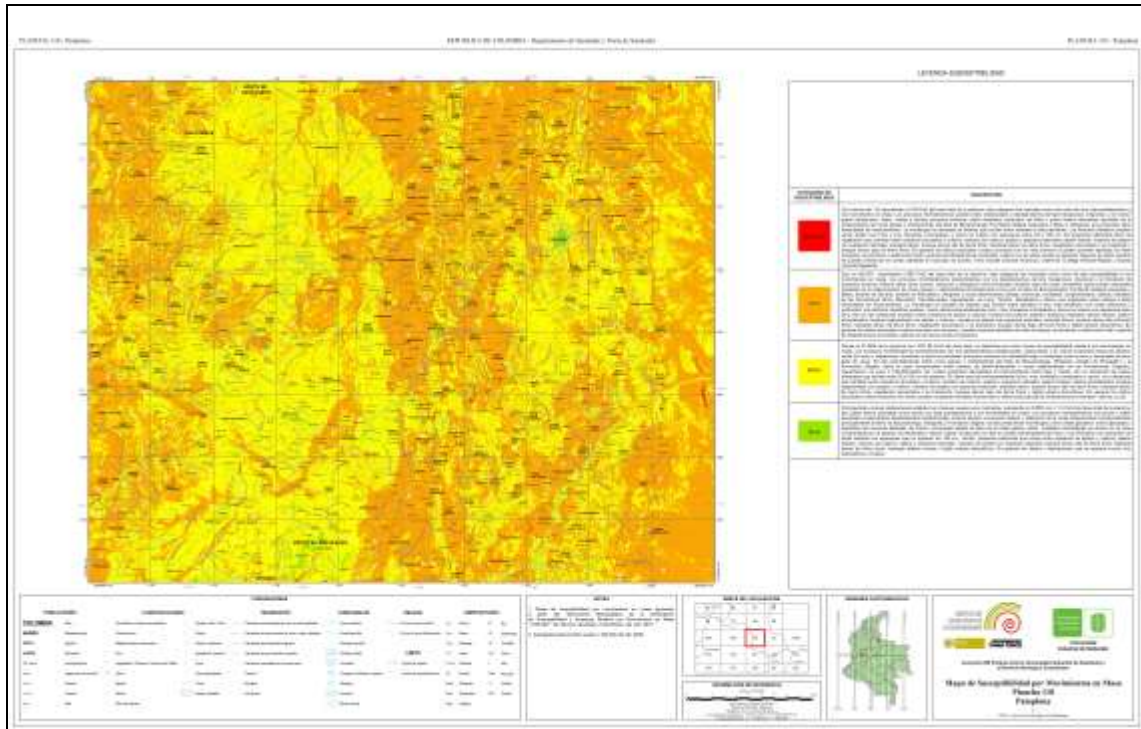


Figura 10. Mapa de Susceptibilidad Total por movimientos en masa para la Plancha 110 - Pamplona.

2.1.2 Susceptibilidad Alta

Se encuentra asociada a todos los tipos de roca presentes en la plancha, con origen ígneo, sedimentario, metamórfico y depósitos. Las principales unidades litológicas que presentan este valor de susceptibilidad son los Esquistos del Silgará, Ortoneis, Formación Floresta, Tibú y Mercedes, Aguardiente, Capacho, Colón-Mito Juan, Bocas, Girón y depósitos del tipo aluvial y glacial.

Las unidades infrayacentes mencionadas anteriormente presentan desarrollo de geoformas de origen denudacional y principalmente estructural, se observan laderas a favor y en contra de la pendiente topográfica, relacionada a estructuras sinclinales, anticlinales y homoclinales, espolones faceteados, espolón estructural, espolón festoneados, conos y lóbulo coluvial y de soliflucción, terrazas sobreelevadas y sierras denudadas. El ambiente morfoestructural que representa el mayor porcentaje en la plancha está asociado a sistemas de fallas como el de Chitagá, falla de Morro Negro y Mutiscua y a geoformas con pendientes muy altas. Sobre estas unidades se desarrollan horizontes de suelo que se clasifican taxonómicamente como Aridisol, Entisol, Inceptisol, Histosol y Verstisol, con textura Arcilloarenosa, Arenosa, Arcillosa, Franco, entre otras. Con climas que van de fríos secos a extremadamente frío húmedos y cobertura vegetal de herbazal denso de tierra

firme, mosaico de pastos con espacios naturales, bosque denso alto de tierra firme, mosaico de pastos y cultivos y pastos limpios.

La región presenta una morfología montañosa con pendientes altas a muy altas, donde las características climatológicas y geológicas, inciden de manera muy importante sobre el desarrollo de procesos erosivos intensos como son los movimientos en masa. Este rango de susceptibilidad presentan un importante porcentaje de ocurrencia de estos procesos erosivos, caracterizados por desarrollarse sobre los suelos que son resultado de la meteorización moderada a intensa de rocas de origen ígneo, sedimentario y metamórfico; se observan movimientos en masa de tipo flujos de detritos, deslizamientos traslacionales, deslizamientos rotacionales, caídos de rocas y detritos y reptación de suelos. Ejemplos particulares de estos procesos los encontramos en el eje vial que comunica al municipio de Pamplona con el municipio de Cucutilla, donde debido al intenso proceso de sobreexplotación del recurso natural, en este caso las extensas plantaciones de pinos para la extracción de madera, este procedimiento ha dejado vulnerable y expuesto a los suelos, donde es recuente encontrar a medida que se conduce por la vía, movimientos en masa del tipo deslizamientos traslacionales y rotacionales, con dimensiones que pueden superar los 100 m de ancho por 100 m de longitud total.

El rango de susceptibilidad alta se encuentra de manera generalizada sobre toda la plancha aunque es posible distinguirse en mayor proporción hacia el costado occidental (Berlín, Vetas, California, zona de páramo) y oriental (municipios de Chitagá, Cágota, Cucutilla, Pamplona y Pamplonita). Esta categoría ocupa un área correspondiente al 48,35 (967 km²) del área total de la Plancha.

2.1.3 Susceptibilidad Media

Este valor de susceptibilidad se asocia a unidades geológicas principalmente ígneas y metamórficas, aunque en algunos sectores de la plancha se encuentra sobre rocas de origen sedimentario. El Neis de Bucaramanga, Ortoneis, Granito de Durania, Granito de Pescadero y Formación Tambor, son las unidades geológicas que representan el mayor porcentaje de ocurrencia de este grado de susceptibilidad.

La superficie topográfica de la zona, debido a los fuertes procesos erosivos, productos de los agentes climáticos y geológicos, dan origen a los diferentes ambientes geomorfológicos. Las geofomas más representativas son de origen glacial, denudacional y estructural, destacándose sierras glaciadas, ladera estructural de sierra homoclinal glaciada, ladera contrapendiente de sierra homoclinal glaciada, sierra homoclinal glaciada, cuesta estructural glaciada, ladera estructural de sierra anticlinal glaciada, meseta estructural, escarpe de

meseta, sierra denudada, ladera erosiva, escarpe faceteado, ladera estructural de sierra sinclinal, ladera contrapendiente de sierra sinclinal y ladera contrapendiente de sierra homoclinal. Sobre estas unidades se desarrollan horizontes de suelo que se clasifican taxonómicamente como Alfisol, Andisol, Aridisol, Entisol, Espodosol, Inceptisol y Vertisol, con textura arenosa, arenarcillosa, grava, arcillosa, franco, entre otras. El clima de la zona debido a que se encuentra en zona de páramo varía entre muy frío húmedo a extremadamente frío húmedo, con desarrollo de cobertura vegetal de herbazal denso de tierra firme, bosque denso alto de tierra firme, arbustal denso, pastos limpios, mosaico de pastos y cultivos y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

La morfología de la zona presenta características importantes, una de ellas es la variación de la pendiente, se presentan gradientes suaves en el sector que comprende la zona páramo y gradientes fuertes en el sector oriental de la plancha donde incide este grado de susceptibilidad. Los procesos erosivos no son tan intensos como lo evidencia los valores superiores de susceptibilidad, aunque es posible encontrar de manera esporádica movimientos en masa del tipo reptación de suelo, caídos de roca y algunos deslizamientos rotacionales y traslacionales. Debido al fuerte impacto que tiene el clima en la zona de páramo es posible observar algunos procesos de gelifracción y soliflucción. Ejemplos particulares de estos procesos erosivos los encontramos en los páramos de Berlín y Santurbán, en los municipios de Cucutilla, California, Silos y Vetas, además de procesos como movimientos en masa del tipo deslizamientos traslacionales a unos kilómetros del casco urbano del municipio de Cácuta, en la vereda Upa, donde el Granito de Durania se encuentra muy meteorizado y fracturado, generando estos procesos en superficie, sus dimensiones superan los 100 m de ancho por 100 m de longitud total.

Esta categoría ocupa un área correspondiente al 51,05% (1021,06 km²) del área total de la plancha.

2.1.4 Susceptibilidad Baja

Comprende zonas con el mayor grado de estabilidad a procesos erosivos, se da principalmente sobre rocas de origen ígneo, metamórfico y depósitos, dentro de las que se destacan, el Granito de Pescadero, Ortoneis, Neis de Bucaramanga y depósitos de origen aluvial. Se asocian a geoformas de origen glacial, periglacial, estructural y fluvial como son las laderas estructurales de sierra homoclinal glaciada, laderas contrapendiente de sierra homoclinal glaciada, flancos de valle glacial, sierra glaciada, cuesta glaciada, plano aluvial y confinado y plano o llanura de inundación. El suelo presente es clasificado taxonómicamente como Alfisol, Andisol, Aridisol, Espodosol, Histosol, Molisol, Oxisol, Ultisol y Vertisol, el área presenta pocas pendientes y alturas bajas. Al

encontrarse principalmente sobre zona de páramo la cobertura vegetal es del tipo herbazal denso de tierra firme, pastos limpios y tejido urbano continuo.

El rango de susceptibilidad baja se localiza sobre lo que constituye el casco urbano del Municipio de Pamplona y la encontramos de manera esporádica sobre el páramo de Berlín y Santurbán, municipios de Cucutilla, Silos, Tona y Vetas y sobre los fondos fluviales y terrazas adyacentes a ríos principales como el Chitagá. Al ser el menor valor de susceptibilidad los procesos exógenos como movimientos en masa son escasos o nulos; representa el 0,56% (11,12 km²) del área total de la plancha.

2.2 AMENAZA RELATIVA TOTAL

En el Mapa de Amenaza Relativa Total por Movimientos en Masa a escala 1:100.000 de la Plancha 110 – Pamplona, (**Figura 11**), se establecieron cuatro categorías de amenaza: baja, media, alta y muy alta. La amenaza alta tiene la mayor cobertura y se distribuye heterogéneamente sobre toda la plancha, se presenta principalmente al oriente y suroriente de la misma y diseminada en algunos sectores del páramo de Berlín, y pequeñas áreas en la esquina nororiental; la amenaza media tiene la segunda mayor extensión y se localiza primordialmente en el sector de los páramos de Berlín y Santurbán, la categoría de amenaza muy alta se localiza al oriente de la plancha (cascos urbanos de Cacota, Mutiscua, y el corregimiento de Bábeca, además de veredas como El Salado, Municipio de Vetas, La Caldera, Sabana Larga, Municipio de Mutiscua, Upá, Hato de La Virgen, Municipio de Cácuta, entre otras) y por último la amenaza baja tiene la menor extensión y se observa en las veredas El Mortiño, Ortegón y Borrero, Municipio de Vetas y vereda Leuta del Municipio de Silos.

2.2.1 Amenaza Muy Alta

Las zonas con presencia de amenaza muy alta, se caracteriza por presentar condiciones de suelo (taxonomía y textura), coberturas, geología (depósitos aluviales, shales, lodolitas, neis y esquistos) y geomorfología (unidades de ambiente estructural y denudacional), que junto a las aceleraciones máximas horizontales entre 200-300 cm/s² a nivel de roca y las lluvias máximas diarias entre 100 mm y 150 mm, inciden o influyen de manera determinante en la inestabilidad en las laderas, han sido los factores detonantes para el desarrollo de procesos de intensa meteorización y erosión. Es importante resaltar que mediante el trabajo de campo, se observaron movimientos en masa del tipo deslizamiento traslacional, traslacional planar y caídas de roca en municipios como Cácuta, Chitagá y Silos, del Departamento de Norte de Santander.

En esta categoría, los daños asociados ocurren en los cascos urbanos de los municipios Cácuta, Mutiscua, y el corregimiento de Bábeca, además de veredas

como El Salado (Municipio de Vetas), La Caldera, Sabana Larga (Municipio de Mutiscua), Upá, Hato de La Virgen (Municipio de Cácuta), entre otras, donde los elementos en riesgo con respecto a toda el área es muy alto. La potencialidad de afectación se mide en pérdidas de vidas humanas, daño parcial o total de la infraestructura vial, de viviendas, y elementos propios del sector agrícola y ganadero.

La zona de amenaza muy alta tiene el 8,13% (162,630 Km²) del área total de la plancha.

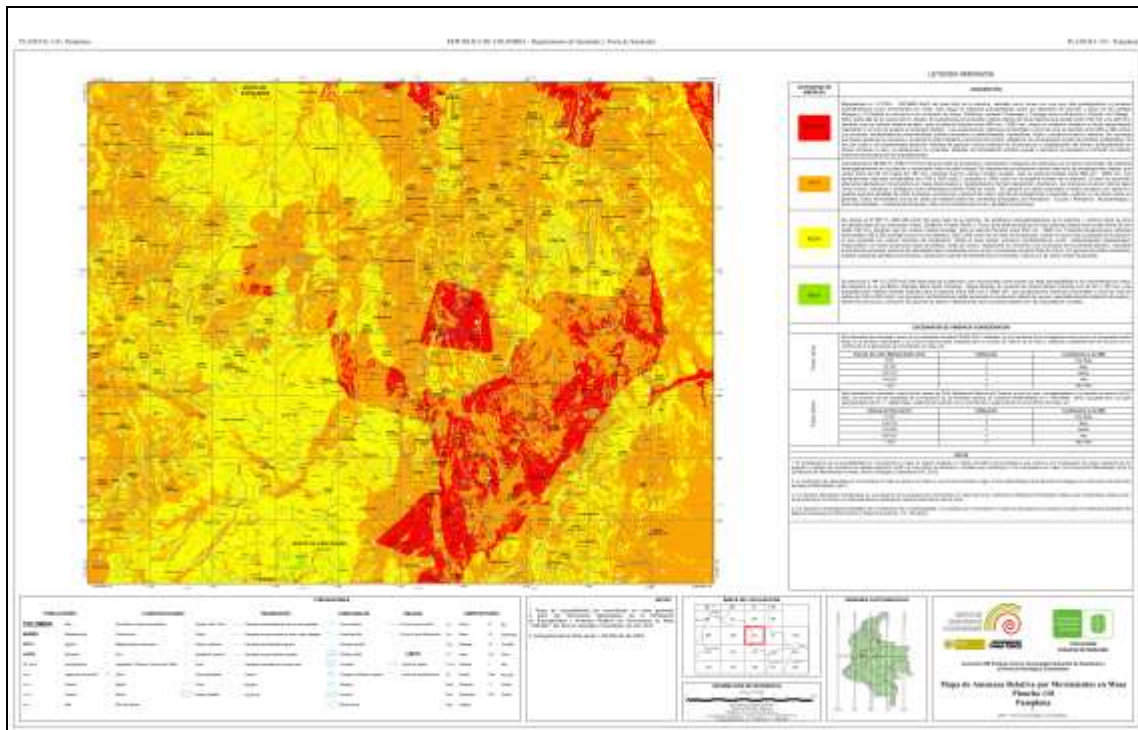


Figura 11. Mapa de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, de la Plancha 110 - Pamplona.

2.2.2 Amenaza Alta

El rango de amenaza alta presenta condiciones de suelo (taxonomía y textura), coberturas, geología (areniscas, conglomerados, shales, lodolitas, granitos, neis y esquistos) y geomorfología (unidades de ambiente estructural, denudacional y glacial), que sumado a las aceleraciones máximas horizontales a nivel de roca >150 cm/s² y las lluvias máximas >200 mm, contribuyen en la inestabilidad de los taludes y pendientes. Los procesos erosivos son intensos y se dan sobre material propenso a este tipo de procesos, destacan rocas de origen metamórfico como la Formación Silgará y el Neis de Bucaramanga.

Este valor de amenaza presenta una importante frecuencia de movimientos en masa en los que se destacan los deslizamientos traslacionales, deslizamientos rotacionales, las caídas de detritos y flujos de detritos, además se distinguen procesos erosivos como la generación de surcos y cárcavas. Todos estos procesos en términos generales produce daños que pueden ser severos, ocasionar pérdidas de vidas humanas, destrucción total o parcial de viviendas, cultivos y/o de obras civiles en general; en este valor de amenaza se encuentran las cabeceras municipales de Chitagá, Charta, Cágota, Mutiscua y Tona. Casos particulares son los encontrados en la vía que comunica al Municipio de Pamplona con el Municipio de Cucutilla, donde se observan a lo largo de la carretera movimientos del tipo traslacional que pueden alcanzar los centenares de metros y que se repiten de manera excesiva sobre esta, cabe resaltar que el proceso acelerado de deforestación está incidiendo de manera importante como condicionante para que se presenten estos fenómenos, viéndose afectadas las veredas Sabagua, Tanpaqueva, Cunuba y Cimitarigua del Municipio de Pamplona y la vereda San Miguel Alto del Municipio de Cucutilla. Se recomienda un mayor control en el uso de suelo y planes de reforestación de las zonas propensas a este tipo de fenómenos.

La zona de amenaza alta abarca un área de 1000,71 Km² correspondiente al 50,04% del área total de la Plancha.

2.2.3 Amenaza Media

Este rango de calificación de amenaza se caracteriza por presentar en general detonantes como lluvias máximas >200 mm y aceleraciones máximas horizontales a nivel de roca >150 cm/s², que junto a propiedades de suelo (taxonomía y textura), coberturas, geología (areniscas, shales, lodolitas, granitos, neis y esquistos) y geomorfología (unidades de ambiente estructural y denudacional), influyen de manera determinante en la inestabilidad en las laderas.

Se encuentra afectadas secuencias de rocas sedimentarias de edades del Jurásico al Cretácico, rocas ígneas y metamórficas como el Neis de Bucaramanga, Ortoneis y el Granito de Pescadero, distribuida en toda la plancha, principalmente en el sector occidental de la misma.

Los procesos morfodinámicos predominantes son de tipo deslizamientos traslacionales, deslizamientos rotacionales, reptación de suelos, caídas de detritos y flujos de detritos; hay intensidades de meteorización y erosión medias a altas generándose surcos y cárcavas. Este valor de amenaza es el que presenta mayor ocurrencia de estos fenómenos de movimientos en masa; en términos generales los daños asociados a estos procesos pueden generar destrucción total o parcial de viviendas, cultivos y/o de obras civiles en general.

Un caso particular es el que se presenta en la vía que comunica al municipio de Chitagá con el municipio de Silos, entre el tramo que conduce de Chitagá a él corregimientos de Bábega se presenta una gran cantidad de movimientos en masa del tipo deslizamientos traslacionales y flujos de detritos, donde debido a la complejidad geológica que presenta la zona y el grado de degradación presente en la roca infrayacente que corresponde a Ortoneis y Neis de Bucaramanga, es muy propenso a que este tipo de fenómenos sea recurrente.

Se recomienda tener un mayor control y ejecución de obras de estabilización que permita un desarrollo normal de las actividades económicas de las veredas de la zona que se han visto perjudicadas por el mal estado en que se encuentra este importante eje vial. Además, generar nuevos estudios para la prevención y estabilización del terreno principalmente en zonas cercanas a vías y a poblaciones y/o viviendas.

La zona de amenaza media abarca un área de 833,71 Km² correspondiendo al 41,69% del área total de la Plancha 110 - Pamplona.

2.2.4 Amenaza Baja

Este rango de calificación de amenaza se caracteriza por presentar en general lluvias máximas que varían entre 0 mm a 100 mm mientras que las aceleraciones máximas horizontales a nivel de roca se estiman principalmente entre 150-200 cm/s², que junto a propiedades de suelo (taxonomía y textura), coberturas, geología (granitos, neis y esquistos) y geomorfología (unidades de ambiente estructural, denudacional y glacial), influyen de manera determinante en la inestabilidad en los taludes.

Se observa afectadas rocas de origen ígneo y metamórfico, como son el Granito de Pescadero, Ortoneis, Neis de Bucaramanga y Esquistos del silgara, de edades Pre-Cámbricas y Pre-Devónica en la esquina suroccidental en lo que se conoce como el páramo de Berlín, limitadas por sistemas de fallas importantes como son Falla Río Charta y Río Cucutilla. Sobre estas unidades de roca hay unidades geomorfológicas de origen glacial como son las sierras y laderas en contra y a favor.

Los movimientos en masa son escasos, predominando los deslizamientos traslacionales, caídas de detritos y flujos de detritos; hay intensidades de meteorización y erosión baja a media, que son generados por la intensidad del clima en la zona, es posible observar algunos procesos de soliflucción. En términos generales los daños asociados a estos procesos son esporádicos, se podría esperar destrucción parcial de viviendas, cultivos y/o de obras civiles en general. Se recomienda realizar estudios y capacitaciones a la comunidad

sobre el uso apropiado del suelo, que permitan una prevención a procesos erosivos intensos.

La zona de amenaza baja abarca un área de 2,87 Km² correspondiendo al 0,14% del área total de la Plancha 110 - Pamplona.

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 especialmente por los depósitos inconsolidados coluviales que generan caídas y flujo de detritos, desarrollados en zonas de densidad alta de fracturamiento de la roca debido a Fallas como la de Suratá, Charta, Mutiscua, Chitagá, Bábega, Morro Negro y Pamplona en la región central y noroccidental de la plancha (en la cabecera municipal de Cácosta, veredas Pantanos y Lutaga del Municipio de Charta, veredas Dona Ángela, Cherquetá y Caraba del Municipio de Silos, vereda Llano Grande y Corregimiento de Bábega, Municipio de Chitagá, veredas Chichipa, La Caldera, Sabanetas y Chichira del Municipio de Pamplona, vereda Pica Pica del Municipio de Pamplonita y veredas Valegra, Sabana Larga y Las Mercedes del Municipio de Mutiscua).

Revisados los resultados de la variable geomorfología, se puede decir que el mayor índice de la susceptibilidad se encuentra en el rango alto, con predominio del ambiente estructural, siendo una cualidad imperante la forma y procesos que presentan las laderas las cuales son afectadas por factores climáticos que disgregan las rocas presentes y generan eventos exógenos degradacionales que modifican la morfología de la región en un alto grado.

La susceptibilidad de suelos edafológicos se califica con 3 rangos, desde baja a alta, siendo la calificación alta la de mayor extensión (945 km²) equivalente al 47,2% determinada por sus texturas finas (Franco-Arcillosa-Limosa) y muy finas (Arcillosas, Arcillosa-Limosa), las cuales incrementan la susceptibilidad. Los órdenes de predominio son Inceptisoles y Entisoles. En general los suelos son moderados a profundos, siendo los más susceptibles ya que acumula mayor peso en las laderas. Esta susceptibilidad se desarrolla especialmente en los municipios de Suratá, California, Vetas, Charta y Tona del Departamento de Santander, para el Departamento de Norte de Santander cubre los municipios de Cucutilla, Pamplona, Pamplonita, Mutiscua, Silos, Cácosta, Chitagá y Labateca.

Las unidades de cobertura presentes en la plancha 110-Pamplona presenta una mayor área en la susceptibilidad media y alta, con presencia de unidades como herbazal denso de tierra firme, arbustal denso, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, mosaico de pastos y cultivos y pastos limpios. Las unidades de cobertura presentes son en total 27 unidades, de las cuales las de mayor representatividad son: herbazal denso de tierra firme (27,53%), mosaico de pastos con espacios naturales (13,47%) y mosaico de pastos y cultivos (10,70%).

Finalmente con base en los resultados de la susceptibilidad, de todas las variables que influyen en su cálculo (geología, geomorfología, suelos y cobertura), en general en la Plancha 110-Pamplona, los rangos de susceptibilidad varían en gran parte de la zona de estudio entre baja a muy alta. La calificación baja se localiza sobre el Páramo de Berlín y Santurbán; los rangos medio y alto se distribuyen de manera heterogénea dominando en la plancha y por último, el rango muy alto se observa de manera puntual al noroccidente del Municipio de Chitagá, oriente de Tona y en Cágota (cerca de la Laguna El Cornal, el sitio Don Alonso) y Labateca (márgenes de las quebradas Tencalá y Lirgua).

El mapa de zonificación de amenaza relativa total por movimientos en masa muestra cuatro rangos de calificación que varían de baja a muy alta, predominando en gran parte del área de estudio la calificación alta con un porcentaje del 50,04%, lo cual indica que en general la Plancha 110-Pamplona tiende a ser susceptible a la generación de movimientos en masa.

Los deslizamientos observados en campo, presentan mayor concentración de eventos asociados a la categoría de amenaza alta en primer lugar, y amenaza media en segundo lugar. Se concentran de manera heterogénea sobre toda la plancha, principalmente en la zona oriental sobre unidades geomorfológicas de origen estructural y denudacional en el Esquisto de Silgará, Granito de Durania, Neis de Bucaramanga, entre otras, altamente meteorizado, controlados por sistemas de fallas como Chitagá, Pamplona, Mutiscua y sobre unidades sedimentarias que van de Jurásicas a Cretácicas.

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 110 Pamplona, 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 varias universidades importantes del país con lo cual se ha garantizado la transferencia de conocimiento en este campo y la ampliación de masa crítica sobre la temática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FELDMAN, A. 2000. *Hydrologic Modeling System HEC- HMS - Technical Reference Manual*. California: US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center.
- 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.
- IGAC. 2003. *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del departamento de Norte de Santander*, Bogotá DC.
- IGAC. 2004. *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del departamento de Santander*, Bogotá DC.
- IGAC. 2005. *Hoja No 110-Pamplona escala 1:100.000*. Subdirección de geografía y cartografía. Bogotá.
- INGEOMINAS. 2004. *Instituto Colombiano de Geología y Minas. Desarrollo Metodológico y Estándares de la Zonificación Geomecánica teniendo en cuenta la Variable Edáfica, Volumen V. 24p*.
- INGEOMINAS. 2007. *Atlas Geológico de Colombia. Escala 1:500.000. 26 planchas*. Bogotá.
- INGEOMINAS. 2010. *Actualización del Mapa nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, Plancha 5-06*. Bogotá D.C.
- PMA – GEMMA. 2007 *Glosario de términos relacionados con movimientos en masa*. 2005. *Proyecto Multinacional Andino Geociencias para las Comunidades Andinas*.
- PMA – GEMMA. 2007. *Geociencias para las Comunidades andinas (GCA)*. 2007. *Movimientos en masa en la región andina, una guía para la evaluación de amenazas*.

- SGC. 2013a. Documento metodológico para la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimiento en masa, escala 1:100.000, Versión 2. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá D.C.
- SGC D.C. 2013b. Memoria explicativa de zonificación y la amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100.000, Plancha 207 – Honda, Departamentos de Tolima, Cundinamarca y Caldas. Bogotá D.C.
- SGC. 2012. Documento metodológico para la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimiento en masa, escala 1:100.000, Versión 1. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá D.C.
- SGC. 2013. Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000. Bogotá DC: Servicio Geológico Colombiano.
- SUÁREZ, J. 2001. Control de Erosión en Zonas Tropicales. Bucaramanga: UIS.
- 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.
- WARD, D., GOLDSMITH, R., CRUZ, J., RESTREPO, H. 1973. Geología de los Cuadrángulos H12 Bucaramanga y H13 Pamplona, Departamento de Santander. Ingeominas, Boletín Geológico, Vol. XXI (1-3). Bogotá. Colombia.
- WARD, D., GOLDSMITH, R., CRUZ, J., JARAMILLO, L. & VARGAS, R. 1970. Mapa geológico del Cuadrángulo H-13 Pamplona, a escala 1:100.000. Ingeominas. Bogotá. Colombia.