



Uptc
Universidad Pedagógica y
Tecnológica de Colombia

**CONVENIO ESPECIAL DE COOPERACIÓN
No. 038 DE 2013**

***MEMORIA EXPLICATIVA DE LA ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD Y LA
AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000
PLANCHA 194 – SAN LUIS DE PALENQUE***

Sogamoso, Abril de 2015



CONVENIO ESPECIAL DE COOPERACIÓN

No. 038 DE 2013

**MEMORIA EXPLICATIVA DE LA ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD Y
LA AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000
PLANCHA 194 – SAN LUIS DE PALENQUE**

EQUIPO EJECUTOR – UNIVERSIDAD

Ing. Carlos Julio Rodríguez

Dirección Proyecto

Ing. Héctor Antonio Fonseca

Dirección Técnica Proyecto

Ing. Kenia Johana Martínez Carrascal

Ing. Fabián Ricardo Fonseca Vargas

Geología y Geomorfología

Ing. Jairo Alonso Pérez Siabatto

Benjamín Bailón González

Catálogo Histórico e Inventario de

Movimientos en Masa

Edith Julieta Gonzales

Cobertura de la Tierra

Luis Eduardo García

Suelos Edáficos

Ing. Diego Armando Penagos

Sistema de Información Geográfica

Ing. Luis David Mesa

Ing. Fabián Ricardo Fonseca Vargas

Socialización

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

Geología y Geomorfología

Grupo de Ingeniería SGC

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

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	11
1. DESARROLLO METODOLÓGICO	14
1.1 GEOLOGÍA	15
1.2 GEOMORFOLOGÍA	19
1.3 SUELOS EDÁFICOS.....	23
1.4 COBERTURA DE LA TIERRA.....	26
1.5 FACTOR DETONANTE LLUVIA.....	29
1.6 FACTOR DETONANTE SISMO.....	31
2. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	33
1.7 SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	33
1.8 AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA.....	39
CONCLUSIONES.....	45
RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización geográfica de la Plancha 194 – San Luis de Palenque.....	11
Figura 2. Diagrama metodológico para zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100 0000.....	14
Figura 3. Mapa de susceptibilidad por la variable geología.	16
Figura 4. Mapa de susceptibilidad por geomorfología.....	20
Figura 5. Mapa de susceptibilidad por suelos edáficos.....	24
Figura 6. Mapa de susceptibilidad por cobertura.	27
Figura 7. Mapa factor detonante lluvia.	30
Figura 8. Mapa factor detonante sismicidad.....	31
Figura 9. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa Plancha 194 – San Luis de Palenque.	34
Figura 10. Distribución en porcentajes de la susceptibilidad total.	34
Figura 11. Mapa de amenaza por movimientos en masa.	39
Figura 12. Distribución en porcentajes de amenaza total.....	40

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Lista de insumos.....	15
Tabla 2. Parámetro de calificación y área de susceptibilidad.	35
Tabla 3. Parámetro de calificación y área de amenaza.	40

LISTA DE ANEXOS

- Anexo A.** Variable Geología.
- Anexo B.** Variable Geomorfología.
- Anexo C.** Variable Suelos Edáficos.
- Anexo D.** Variable Cobertura Vegetal.
- Anexo E.** Amenaza Detonada por Lluvia.
- Anexo D.** Amenaza Detonada por Sismo.

RESUMEN

En esta memoria explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa en escala 1:100.000 de la Plancha 194 – San Luis de Palenque, se incluyen los aspectos metodológicos utilizados para la evaluación de la susceptibilidad por geología, geomorfología, suelos edáficos y cobertura de la tierra. Posteriormente, se presentan los resultados de susceptibilidad incluyendo los detonantes sismo y lluvia, para finalmente, definir el mapa de amenaza por movimientos en masa y sus respectivas conclusiones.

La Plancha 194 – San Luis de Palenque se encuentra ubicada sobre el Piedemonte Oriental de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, situada sobre el Departamento de Casanare, ocupando extensas áreas de los municipios Nunchía, Pore, Paz de Ariporo, Trinidad, San Luis de Palenque y una mínima extensión de Yopal. Sectores que incluyen rasgos fisiográficos importantes como las estribaciones del Piedemonte Oriental de la Cordillera de los Andes Colombianos, rasgos que indican procesos acentuados de disección, que ameritan dar continuidad a los estudios ya existentes del Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa en Escala 1:500.000 del INGEOMINAS (hoy Servicio Geológico Colombiano).

Para la evaluación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa, se utilizó el método heurístico, propuesto por el Servicio Geológico Colombiano – SGC, para lo cual se adelantaron actividades de campo y oficina, llegando al mapa relativo de amenazas relativas por movimientos en masa.

Entre los resultados más significativos es evidente que la amenaza relativa es resultado de la combinación de una gran cantidad de variables donde unas tienen más peso que otras. Las zonas más susceptibles a generar procesos morfodinámicos son aquellas que se presentan en zonas con pendientes abruptas, en suelos profundos a muy profundos, con drenaje natural bueno a muy pobre, textura franca arenosa, franco arcillosa con presencia de gravas, franca arenosa, franco arcillo-arenosa, arcillo limosa, franco arcillosa y arcillosa; en clima cálido húmedo, con una cobertura que hace referencia a herbazal denso inundable, pastos limpios y cultivos de arroz, donde se presentan unidades geomorfológicas de Ambiente Estructural y Denudacional, y cuyas

características morfométricas son las más altas, y donde el componente geológico es desfavorable a la estabilidad debido a la resistencia de la roca, a textura clásticas cementadas y poco consolidadas además de ser afectadas por eventos tectónicos, entre otras.

En general la amenaza alta por movimientos en masa, tiene una alta correspondencia con cambios en el uso y cobertura del suelo en las laderas. La cobertura vegetal que prima en esta zona corresponde a herbazal denso inundable, pastos limpios y cultivos de arroz, así como una menor proporción de bosque denso alto de tierra firme y mosaico de pastos con espacios naturales, y los suelos son moderadamente profundos a muy profundos, de orden Inceptisoles, Entisoles y Oxisoles con drenaje natural bueno a muy pobre.

La metodología de evaluación de la susceptibilidad y la amenaza, para esta escala de trabajo es altamente aceptable, sin embargo, tiene la limitación, que no considera la presencia de suelos residuales tanto en rocas ígneas como metamórficas, que puede incidir significativamente en la susceptibilidad por geología y suelos.

ABSTRACT

This explanatory report of the Zoning and Relative Susceptibility Threat Mass Movements in scale 1: 100,000 of the Plancha 194 - San Luis de Palenque, includes the methodological aspects used to evaluate the susceptibility of geology, geomorphology, soils and land cover. Subsequently, the results of susceptibility earthquake triggers including rain, finally, define the hazard map mass movements and their conclusions.

The Plancha 194 – San Luis de Palenque is located on the eastern foothills of the Eastern Cordillera of the Colombian Andes , located on the Department of Casanare, occupying large areas of Nunchía, Pore, Paz de Ariporo, Trinidad , San Luis Palenque municipalities and a minimum length of Yopal . Sectors including major physiographic features as the piedmont of the eastern foothills of the Cordillera of the Colombian Andes, traits that indicate profound processes of dissection, which deserve to continue existing studies of Map national Threat of Mass Movements in scale 1: 500,000 of INGEOMINAS (Servicio Geologico Colombiano now).

Heuristic method, proposed by the Servicio Geológico Colombiano was used to evaluate the susceptibility and the threat of landslides, - SGC, for which field and office activities were ahead, reaching the relative hazard map relating to movements in mass.

Among the most significant results it is evident that the relative threat results from the combination of a lot of variables which outweigh some other. The most susceptible areas to generate morphodynamic processes are those that occur in areas with steep slopes, deep to very deep soils with good natural drainage to very poor, sandy loam, clay loam with presence of gravel, loamy , clay franc - sandy , silty clay , clay and clay loam ; warm wet climate, with coverage refers to flood dense grassland , clean pasture and rice, where geomorphological Structural Environment and Denudacional are presented , whose morphometric characteristics are the highest , and where the geological component is unfavorable to stability because the strength of the rock, clastic texture cemented and unconsolidated besides being affected by tectonic events, among others.

In general high threat mass movements, has a high correspondence with changes in the use and land cover on the slopes. The plant cover raw in this area corresponds to dense flooded grassland , clean pasture and rice, as well as a lower proportion of high dense forest land and pasture mosaic of natural areas , and soils are moderately deep to very deep , order Inceptisols , Entisols and Oxisols with good natural drainage to very poor .

The methodology for evaluating the susceptibility and threat, for this scale of work is highly acceptable, however, has the limitation that it does not consider the presence of residual soils in both igneous and metamorphic rocks, which can have a significant impact on the susceptibility geology and soils.

INTRODUCCIÓN

La Plancha 194 – San Luis de Palenque localizada en el Piedemonte Oriental de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, hace parte de la estructuración del “Mapa Nacional de Amenaza Relativa por movimientos en masa escala 1:100.000”, que adelanta el SGC, con el cual, se busca mejorar la resolución de los productos existentes del territorio colombiano, relacionados con la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa, generados por el INGEOMINAS en el año 2010, en escala 1:500.000. Esta plancha hace parte del Convenio Especial de Cooperación No. 038 de 2013, suscrito entre el SGC y la UPTC.

Esta plancha se localiza sobre el Piedemonte Oriental de la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, la mayor parte de la plancha se localiza sobre el Departamento de Casanare, abarca un área total de 2400 Km², en esta área se encuentra en jurisdicción al norte el Municipio Pore, al oriente de los Municipios de Paz de Ariporo y Trinidad, al sur San Luis de Palenque y al occidente los Municipios Nunchía y Yopal (Figura 1).

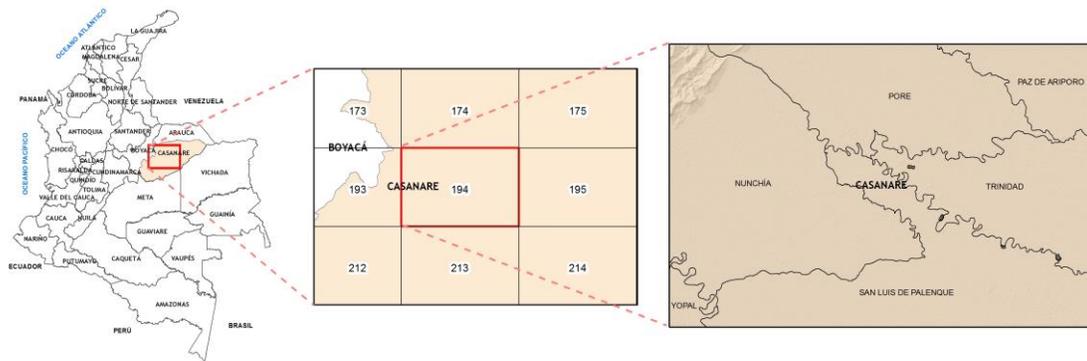


Figura 1. Localización geográfica de la Plancha 194 – San Luis de Palenque.

Fisiográficamente el territorio del Departamento del Casanare está constituido por tres conjuntos fisiográficos denominados vertiente oriental de la Cordillera Oriental, piedemonte y llanura aluvial. La parte montañosa en el occidente comprende áreas desde el límite con el piedemonte hasta los 4.000 m sobre el nivel del mar; se caracteriza por sus cumbres montañosas, con pajonales y frailejones y vertientes abruptas fuertemente disectadas, cubiertas por bosque húmedo tropical. Entre las

formaciones orográficas más destacadas se encuentran las cuchillas Las Lajas, Polo Bajito y El Retiro, el cerro Vanegas y la serranía Farallones, entre otros.

El área de piedemonte, conformada por abanicos, terrazas disectadas y colinas, se caracteriza por su relieve plano a ondulado, cubierto por bosque ecuatorial, sabanas y praderas. La llanura aluvial, que se extiende desde el fin de piedemonte hasta límites con los departamentos de Vichada y Meta, está conformada a su vez por sabanas inundables, bosques de galería en los grandes ríos Pauto, Cusiana, Casanare, y llanura eólica en el centro y sur cubierta por gramíneas y bosque en las márgenes de los caños y ríos.

La riqueza hidrográfica es una de las principales potencialidades del departamento; abundantes ríos, caños, lagunas y humedales (esteros) forman una intrincada red hídrica que provee a los llaneros de excelente biodiversidad de flora y fauna y les sirve como vía de comunicación y transporte durante la temporada de lluvias.

La red hidrográfica del territorio del Departamento del Casanare está integrada por los grandes ríos, quebradas, caños y lagunas, que desaguan en dirección del Orinoco por intermedio del Río Meta, el cual recibe las aguas de la totalidad del departamento y tiene como principal afluente el Río Casanare que, a su vez, recoge las aguas del Río Ariporo y otras corrientes menores. Además de los afluentes mencionados se destacan los ríos Upía, Túa, Cusiana, Cravo Sur, Guanápalo, Pauto, Guachiría y Agua Clara.

En el área de estudio predominan cuatro principales ríos: Pauto, Tocaría, Cravo Sur y Curama.

En la evaluación de susceptibilidad y amenaza se aplicó el método heurístico de análisis jerárquico ⁽¹⁾, el cual integra aspectos temáticos con porcentajes definidos, así como la implementación de las características de los aspectos detonantes relacionados con la climatología y sismicidad.

Dentro del proceso de revisión de información preliminar y antecedentes históricos relacionados con afectaciones generadas por movimientos en masa dentro de la zona de estudio, se encontraron eventos catastróficos significativos registrados dentro de los

¹ “SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, Escala 1:100.000, 2013, p. 20).

medios locales o fuentes secundarias, como deslizamientos de gran magnitud se tienen los Municipios Yopal (1999, 2011, 2012), Nunchía (2012), dejando 2 pérdidas de vidas humanas, un desaparecido, 2085 afectados, 365 viviendas afectadas, 10 damnificados, 2 viviendas destruidas y grandes pérdidas económicas. En las avenidas torrenciales debido al alto nivel de pluviosidad (lluvias), se tienen los Municipios Yopal (1994, 2005, 2011), Nunchía (2013), dejando una pérdida de vida humana, 65 afectados, 8 viviendas afectadas, 3 viviendas destruidas y grandes pérdidas económicas.

A su vez mediante el desarrollo de las visitas a la zona de estudio, se incluyeron dentro del inventario 6 movimientos en masa, principalmente caída de roca, deslizamiento rotacional, caída de tierras y reptación de suelos desarrollados a lo largo de las vías intermunicipales, debido a que los cortes de las laderas no presentan la inclinación adecuada generando una condición de inestabilidad altamente propicia al desarrollo de movimientos en masa. Adicionalmente se verificó la existencia de 1 proceso de remoción en masa que se encuentran dentro del catálogo de movimientos en masa descargados como información secundaria de la base de datos SIMMA ⁽²⁾, así como la consulta de la condición de amenaza que se encuentra distribuida dentro del mapa de zonificación de amenazas por movimientos en masa escala 1:500.000, en orden de predominancia para la categoría baja, seguida de una categoría media y en menor proporción la categoría alta, lo cual indica una probabilidad de ocurrencia baja a la generación de movimientos en masa.

Con esta zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa en escala 1:100.000, se tienen elementos para la toma de decisiones en la planificación del territorio y la reducción de desastres a nivel regional; sin embargo, para efectos de planificación del territorio a nivel municipal y para la evaluación de aspectos locales y puntuales, se recomienda, implementar zonificaciones de amenazas a mayor detalle.

² Sistema de Información de Movimientos en Masa del Servicio Geológico Colombiano, al cual se puede acceder a través de su página web www.sgc.gov.co

1. DESARROLLO METODOLÓGICO

En la Figura 2, se ilustra el proceso metodológico heurístico⁽³⁾ suministrado por el SGC, en el cual, se evalúan variables cualitativas como lo son la geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra, y variables cuantitativas, generadas a partir de la interpretación de un modelo digital de elevación, para llegar inicialmente al Mapa de Susceptibilidad, mediante un proceso jerárquico analítico. Con la incorporación de los detonantes (lluvia y sismo), se llega finalmente, al Mapa de Amenaza Relativa.

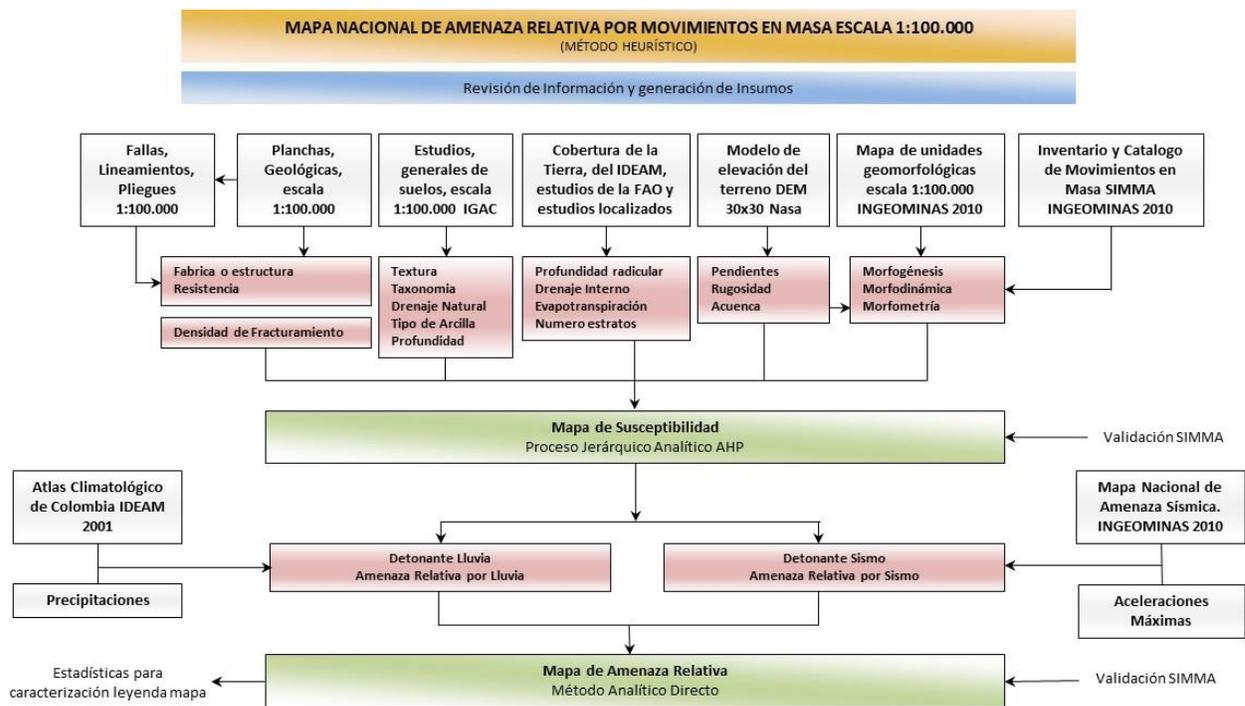


Figura 2. Diagrama metodológico para zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100 000.

³ “SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, Escala 1:100.000, 2013, p. 25).

En la Tabla 1, se relacionan los insumos suministrados por el SGC, que se utilizaron para la generación del Mapa de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000.

Tabla 1. Lista de insumos.

INSUMOS	ESCALA	FORMATO	FUENTE
Cartografía básica	1:100.000	GeoDataBase	IGAC
Modelo digital de elevación	1 Arco-segundo (30 metros aproximadamente)	Raster	NASA
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
Registro de hidrología y climatología de estaciones pluviométricas pluviograficas 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
Capa cobertura Ideam-Igac Norte	1:100.000	Vector	IDEAM
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, 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
Catalogo 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

Fuente. Autor.

1.1 GEOLOGÍA

El componente Geología determinó una condición de susceptibilidad (Figura 3) con diferentes categorías distribuidas de forma condicionada con las unidades

Memoria Explicativa De La Zonificacion De La Susceptibilidad Y La Amenaza Relativa Por Movimientos En Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 – San Luis De Palenque

estratigráficas aflorantes y relacionado con cada una de las variables temáticas procesadas (Anexo A, Geología) a partir de la Plancha Geológica 194 – San Luis de Palenque, escala 1:100.000, con su respectivo documento explicativo que contiene principalmente la información litológica y estructural de la zona de estudio ⁽⁴⁾.

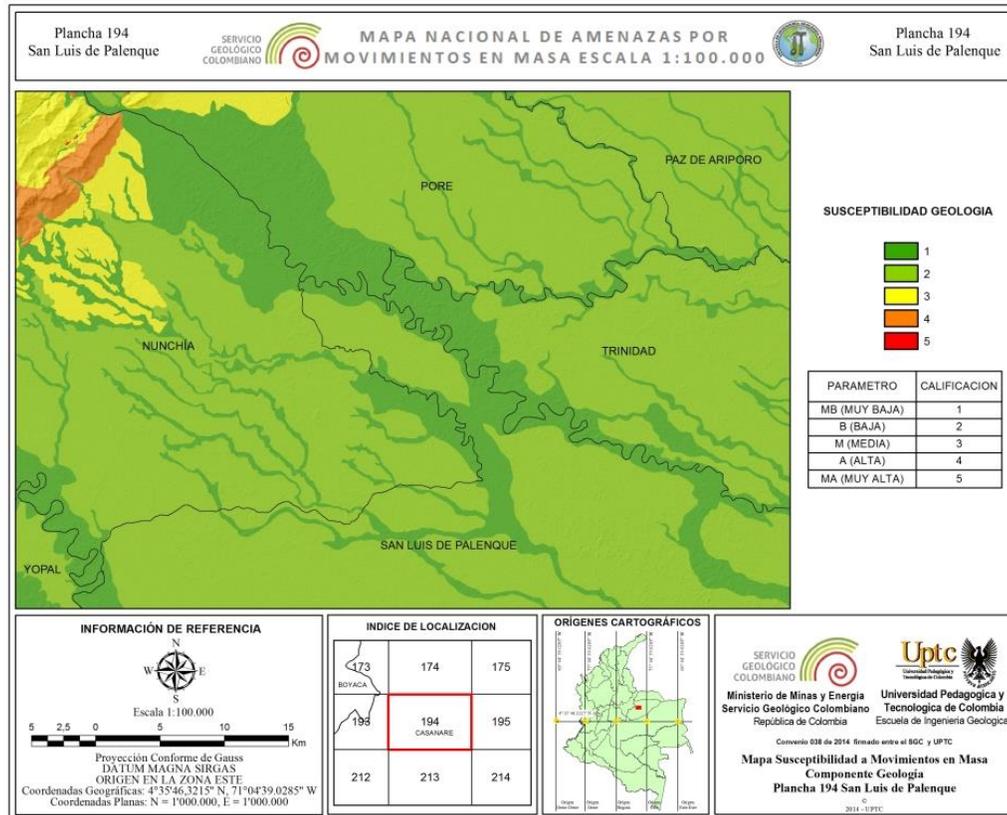


Figura 3. Mapa de susceptibilidad por la variable geología.

Dentro del área de estudio se evidencia la presencia de todas las categorías de calificación, destacándose principalmente dos categorías de susceptibilidad que son las más representativas debido al área y extensión que representan en relación a este componente, de tal forma que la susceptibilidad baja (con la mayor distribución espacial) por geología a los movimientos en masa, se desarrolla en su totalidad sobre depósitos de Terraza de Planicie Aluvial (Qtp), formada sobre extensas áreas

⁴ UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 - San Luis de Palenque, Anexo A Geología, 2014.

territoriales de los Municipios Paz de Ariporo, Pore, Trinidad, Nunchía, San Luis de Palenque, y una mínima extensión de Yopal.

Seguida a esta susceptibilidad se halla la calificación muy baja, la cual se encuentra litológicamente asociada en toda su extensión sobre rocas de depósitos Aluvial (Qal), formada sobre las principales corrientes de agua, en las que se tienen a los ríos Pauto, Tocaría, Curama, Cravo Sur, caños y cañadas, esta categoría se encuentra involucrando los Municipios Paz de Ariporo, Pore, Trinidad, San Luis de Palenque, Nunchía y Yopal.

Susceptibilidad Muy Baja

Se localiza de manera dispersa en la plancha involucrando los municipios Paz de Ariporo, Pore, Trinidad, San Luis de Palenque, Nunchía y Yopal. Se presenta con un porcentaje de 25.947 % ocupando un área total dentro de la plancha de 622.739 Km². Categoría que se encuentra relacionada en su totalidad a rocas del cuaternario Aluvial (Qal), depósito reciente localizado sobre las principales corrientes de agua, en las que se tienen a los ríos Pauto, Tocaría, Curama y Cravo Sur, caños y cañadas. En la parte montañosa y el piedemonte son bloques, cantos y gravas redondeadas de arenitas de grano medio fino de colores claros del piedemonte.

Susceptibilidad Baja

Esta calificación es la que predomina dentro de la Plancha 194 - San Luis de Palenque, se encuentra localizada de manera dispersa en la plancha, involucrando los Municipios Paz de Ariporo, Pore, Trinidad, Nunchía, San Luis de Palenque y Yopal. Abarca un porcentaje de área de 67.712 %, el área total que ocupa dentro de la plancha es de 1625.117 Km². Categoría que se encuentra relacionada en su totalidad sobre depósitos de Terraza de Planicie (Qtp), depósitos de terrazas dejados por grandes ríos, compuestos por material de tamaño limo, arcilla y pequeños clastos de areniscas de grano fino oxidadas.

Susceptibilidad Media

El porcentaje de ocupación dentro de la plancha es de 5.046 % correspondiente a un área total de 121.096 Km². Esta susceptibilidad se encuentra asociada a una variedad

de litologías dentro de las cuales se tienen predominando en su primera medida los depósitos de Abanico Coluvio Aluvial (Qac), constituido por depósitos de cantos y gravas; seguido de la Formación Diablo Superior (Pds), constituida por arcillolitas y limolitas; con menor predominancia dentro de esta categoría se encuentran asociadas las rocas de la Formación Diablo Conjunto 4 (Pd-4), que es principalmente arenoso, el cual incluye en la parte inferior una intercalación blanda; la Formación Diablo Conjunto 3 (Pd-3) que corresponde respectivamente al conjunto de niveles lutitas predominantes con intercalaciones de areniscas, gruesos niveles predominantemente de arenisca cuarzosa, gris verdosa de grano fino a grueso se alternan con gruesos niveles de lutitas. Estas rocas presentan una calificación de resistencia de un valor de 2, lo cual corresponde a Dura, debido a las características físicas que posee. Su calificación para la variable textura es de 3, define una categoría clásticas cementadas ya que por la intercalación de arenitas, posee una deformación variable, la cual depende de la calidad del material cementante. Por último los depósitos Conos Aluviales Antiguos (Qcn-2), abanicos aluviales anteriores a los actuales, que están siendo erosionados en la actualidad.

Esta categoría se encuentra localizada hacia el noroccidente de la plancha abarcando los municipios Nunchía entre los sectores La Guerareña, La Primavera, Bélgica, El Samán, San Nicolás, Guaibo, El Conchal, La Florida; el Municipio Pore sobre el Filo El Verde, así como en los sectores La Esperanza y Agualinda. Condición sobre la cual se evidenciaron la mayor cantidad de movimientos en masa, dentro de los cuales se tienen movimientos tipo deslizamiento rotacional, reptación de suelos, caída de roca y caída de tierras.

Susceptibilidad Alta

La susceptibilidad alta se encuentra presente en rocas de la Formación Diablo Inferior (Pdi), constituido por estratos muy gruesos de arenita intercalados con estratos muy gruesos de lodolitas, así como rocas de la Formación San Fernando (Psf), constituidos por limolitas y arcillolitas con intercalaciones de areniscas; ocasionales mantos de carbón. Este tipo de rocas presentan una calificación de resistencia de 3, lo que corresponde un grado de resistencia de moderadamente dura, con un rango de calificación de textura de 4, concerniente a clásticas consolidadas, debido a que en estas rocas se presenta comportamiento variable esfuerzo – deformación, con

direccionabilidad de sus propiedades mecánicas. Dentro de la Plancha 194 – San Luis de Palenque esta categoría representa el 1.291 % ocupando un área de 30.974 Km².

La susceptibilidad alta hace parte de las categorías menos predominante dentro de la Plancha 194 – San Luis de Palenque, y se encuentra localizada en el sector noroccidental de la plancha, en parte de la Loma El Desecho y el Alto Los Tarayes, así como los sectores La Tigra, Santa Cruz, Cauca, Los Mangos y parte del sector Peñas Negras pertenecientes al Municipio Nunchía, en la zona de influencia de la Falla de Yopal; por último se presenta en una mínima porción territorial del Filo El Verde en el Municipio Pore.

Susceptibilidad Muy Alta

Esta susceptibilidad ocupa una mínima parte dentro del área de estudio, y se encuentra ocupado un área de 0.132 Km², lo que corresponde al 0.006 % del área total de la plancha. Categoría que se relaciona a rocas de la Formación Diablo Superior (Pds), la cual esta constituida por arcillolitas y limolitas grises verdosas a rojizas, con intercalaciones de cuatro niveles de areniscas cuarzosas, grises, verdosas, de grano fino a medio y estratificación masiva. Roca que está calificada con una resistencia 2 (dura) y textura 3 (clásticas cementadas), en rocas con partículas cementadas, con resistencia y deformación variable, la cual depende de la calidad del material cementante. Se encuentra localizada en el sector noroccidental de la plancha, en el Municipio Nunchía en cercanía a los sectores La Tigra y Cauca.

1.2 GEOMORFOLOGÍA

La susceptibilidad a los movimientos en masa por geomorfología, representa uno de los componentes de mayor importancia puesto que define aspectos relacionados con la génesis, litología y procesos de evolución. Estas características permiten conocer el sistema de relaciones espaciales que caracterizan a las formas del terreno. ⁽⁵⁾

⁵ UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 - San Luis de Palenque, Anexo B Geomorfología, 2014.

En la Figura 4, se ilustra el Mapa de Susceptibilidad por Geomorfología de la Plancha 194 – San Luis de Palenque, en donde es evidente que en la mayor parte del área de estudio se presenta susceptibilidad baja a procesos de inestabilidad, seguida de la susceptibilidad media.

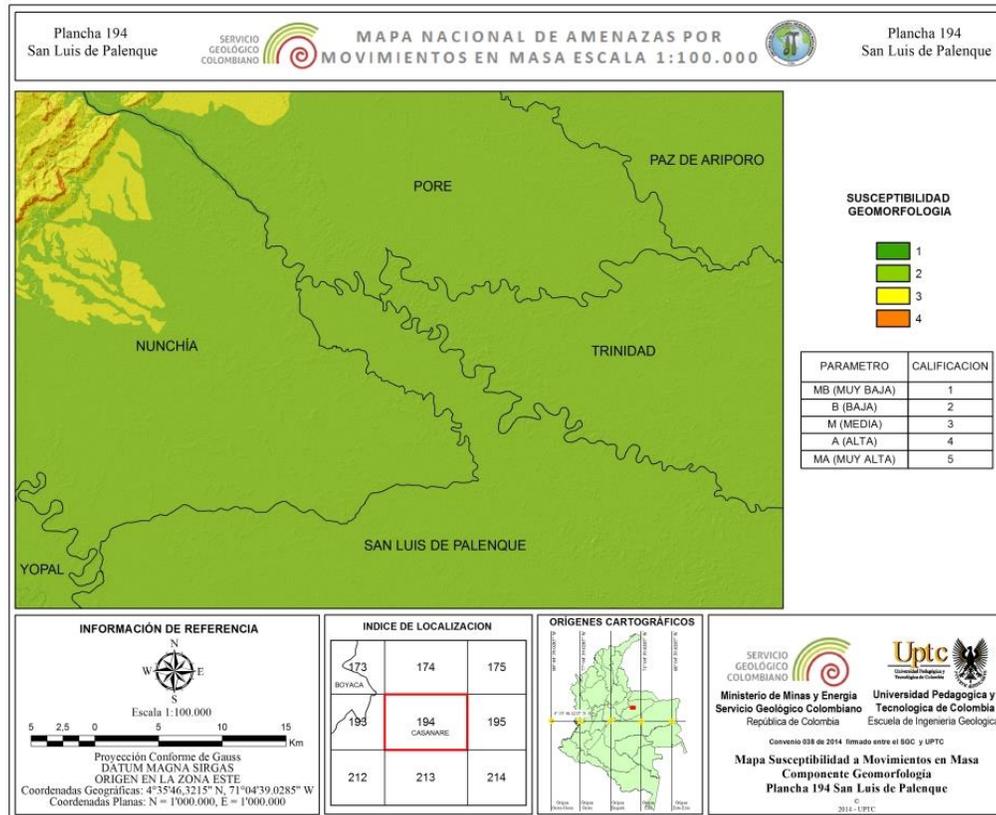


Figura 4. Mapa de susceptibilidad por geomorfología.

A continuación se hace una descripción de las categorías de susceptibilidad por geomorfología presentes en la Plancha 194 – San Luis de Palenque.

Susceptibilidad Muy Baja

La susceptibilidad muy baja ocupa un área de 7.70 Km² correspondiente al 0.32 % del área total. Esta calificación de susceptibilidad, se presenta en el Ambiente Fluvial y se localiza sobre las principales corrientes de agua de la Plancha 194 - San Luis de Palenque, en las que se tienen a los ríos Pauto, Tocaría, Curama y Cravo Sur, caños y

Memoria Explicativa De La Zonificación De La Susceptibilidad Y La Amenaza Relativa Por Movimientos En Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 – San Luis De Palenque

cañadas. Categoría que se encuentra localizada de manera dispersa en la plancha involucrando los Municipios Paz de Ariporo, Pore, Trinidad, San Luis de Palenque, Nunchía y Yopal.

Susceptibilidad Baja

Esta categoría de susceptibilidad corresponde a la calificación de mayor predominancia dentro de la zona de estudio, geográficamente se ubica desde el piedemonte hasta el límite oriental de la zona de estudio, abarcando los Municipios Yopal, Nunchía, Pore, Paz de Ariporo, Trinidad y San Luis de Palenque.

Se da principalmente sobre geoformas de Terrazas de Acumulación Antiguas (Ftan), seguido de los Planos o Llanuras de Inundación (Fpi) y las Terrazas de Acumulación (Fta), entre otras. La susceptibilidad baja abarca un área de 2244.85 Km² que corresponde al 93.53 % del área total.

Este tipo de susceptibilidad se presenta sobre relieves planos, donde priman unidades geomorfológicas del Ambiente Fluvial con relieve relativo bajo a muy bajo y con pendientes planas a suavemente inclinadas que reflejan rangos de entre 0 y 7 grados, presenta una rugosidad muy baja o nula, evidenciando un menor contraste en la variabilidad de la pendiente, es decir, que las condiciones fisiográficas de la zona no son favorables al desarrollo de movimientos en masa.

Susceptibilidad Media

La susceptibilidad media es la segunda de mayor recurrencia en la plancha, esta localizada al noroccidente de la plancha en los sectores La Esperanza, Agualinda y Filo el Verde del Municipio Pore y en parte del Municipio Nunchía en los sectores La Tigra, La Primavera, Bélgica, La Guerareña, El Samán, Los Mangos, San Nicolás, El Viento, Guaibo, El Conchal y La Florida.

Esta susceptibilidad se relaciona a los Ambientes Denudacional, Estructural y Fluvial, sobre rocas sedimentarias estratificadas, no consolidadas y depósitos cuaternarios, en geoformas moderadamente estables tipo Ladera de Contrapendiente de Sierra Sinclinal (Ssslc), Ladera Estructural de Sierra Sinclinal (Sssle) y Ladera Erosiva (Dle) en la zona

pedemontana, además de los Abanicos fluviotorrenciales y los conos de deyección en la zona de planicie.

La morfometría es la variable que más valor aporta peso a la hora de evaluar este tipo de susceptibilidad, muchas de las zonas donde se presenta una susceptibilidad media por morfometría continúa siéndolo en el resultado final de la geomorfología, sin embargo se observa un aumento en extensión de dichas zonas hacia el piedemonte y planicie, hecho que es debido a que en el atributo morfodinámica domina la susceptibilidad baja, la cual al realizar el cruce aumenta en extensión la categoría de susceptibilidad media por geomorfología.

Los procesos de inestabilidad asociados a la susceptibilidad media son; caída de roca, caída de tierras, deslizamiento rotacional y reptación de suelos. Las zonas categorizadas con susceptibilidad media ocupan un área de 140.67 km² y corresponde al 5.86 % del área total.

Susceptibilidad Alta

La susceptibilidad alta se localiza al noroccidente de la plancha, en los sectores de La Guerareña, La Violeta, Peña Negra, La Primavera, Bélgica, Alto los Tarayes y loma el desecho del Municipio Nunchía, además del sector Filo el verde del Municipio Pore.

El porcentaje de ocupación de esta categoría de susceptibilidad dentro de la Plancha es 194 - San Luis de Palenque, abarca un área de 6.83 Km² que corresponde al 0.28% del área total.

Esta susceptibilidad está íntimamente ligada a la susceptibilidad alta y media por Morfometría, presenta pendientes abruptas a escarpadas, en donde prima el Ambiente Estructural y en menor porcentaje el Ambiente Denudacional, el grado de susceptibilidad está relacionado con las características genéticas de la roca.

En el Ambiente Estructural la susceptibilidad alta se debe principalmente a la disposición estructural de la roca, ya que esta se desarrolla sobre rocas sedimentarias estratificadas que han sido afectadas tectónicamente por la Falla de Yopal; debido a la foliación que estos materiales rocosos presentan, pueden corresponder a zonas de

debilidad siendo favorables al desarrollo de movimientos en masa. Mientras que el Ambiente Denudacional, se desarrolló principalmente sobre depósitos coluviales. Por medio del levantamiento en campo se reconocieron en esta categoría algunos movimientos en masa de tipo deslizamiento rotacional.

1.3 SUELOS EDÁFICOS

El suelo es visto como la parte superficial de la superficie terrestre que soporta vida, cobra gran importancia en los parámetros a evaluar en la susceptibilidad a los movimientos en masa, debido a que constituye el amarre o el agente estabilizador de la superficie de la tierra, a la vez que constituye la mayor parte del material que se desplaza en los movimientos en masa.

Una vez el suelo se descubre cortando la vegetación, cuyas raíces forman una red dentro del suelo que lo protegen de los desplazamientos, o se somete a la sobreexplotación, queda vulnerable a los eventos atmosféricos y gravitacionales para ser desplazado en favor de la pendiente.

La evaluación de las características de los suelos dan lugar al mapa de susceptibilidad para esta variable ⁽⁶⁾ (Figura 5), el cual se obtuvo a partir del proceso que se presenta en el Anexo C, Suelos Edáficos.

Los suelos con susceptibilidad baja a muy baja, se presentan con menor área dentro de la Plancha 194 - San Luis de Palenque, se encuentran localizadas de manera dispersa en la zona de estudio, presentándose en los Municipios Nunchía, Pore, Paz de Ariporo, Trinidad, San Luis de Palenque y una mínima parte del Municipio Yopal. Geográficamente la susceptibilidad media se ubica en parte del Municipio Pore; por último y siendo la susceptibilidad más importante en el presente estudio, se encuentra la susceptibilidad alta, la cual se localiza dentro de una amplia extensión de la zona, ocupando la mayor proporción de área respecto a las demás categorías sobre los municipios Nunchía, Pore, Paz de Ariporo, Trinidad, San Luis de Palenque y Yopal.

⁶ UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 – San Luis de Palenque, Anexo C Suelos Edáficos, 2014.

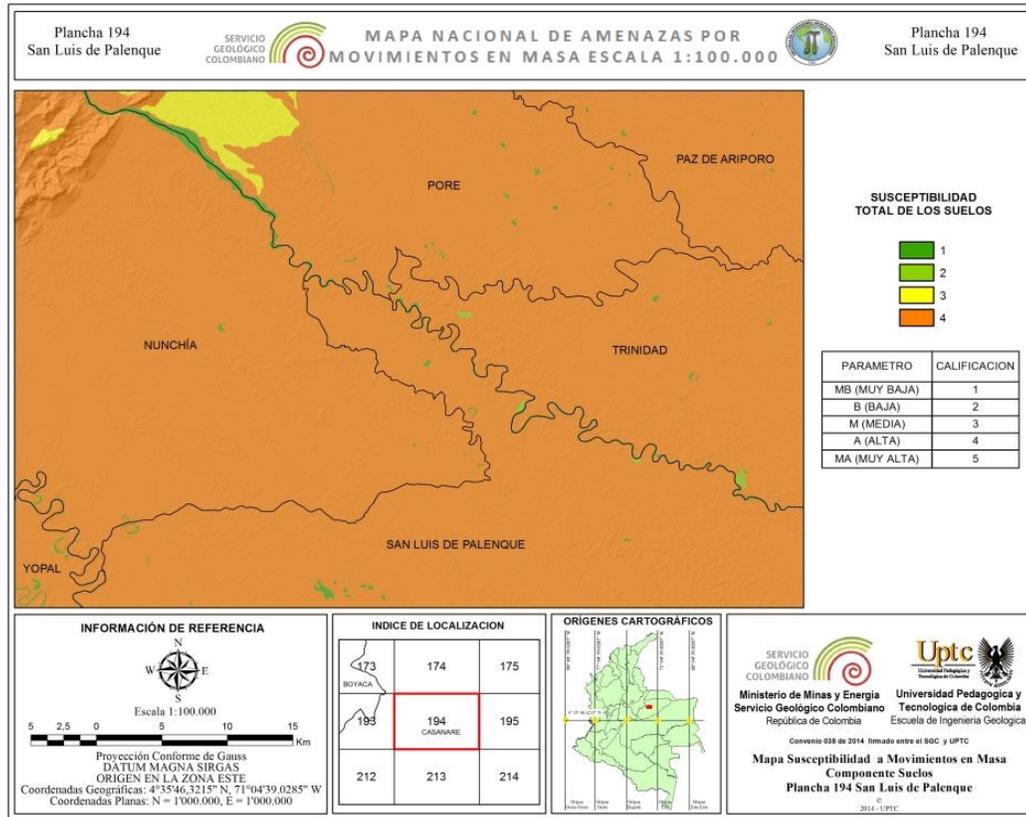


Figura 5. Mapa de susceptibilidad por suelos edáficos.

Susceptibilidad Muy Baja

La susceptibilidad calificada como muy baja es del 1.25 %, se refiere a los cuerpos de agua (ríos amplios, ciénagas, lagunas y esteros). Dentro de la plancha esta categoría se encuentra localizada a lo largo de las principales corrientes de aguas en las que se tiene el río Cravo Sur en el Municipio Yopal; el río Tocaría en los Municipios Nunchía y San Luis de Palenque; el río Pauto que recorre a los Municipios Nunchía, Pore, Trinidad y San Luis de Palenque; y por último en río Curama perteneciente al Municipio Pore.

Durante el proceso del levantamiento de información referente a movimientos en masa, no se registraron eventos significativos cartografiados para su compilación dentro de la plataforma SIMMA.

Susceptibilidad Baja

La susceptibilidad baja se encuentra en las zonas urbanas, en las cuales hay suelos superficiales y con drenaje natural bueno, representa el 0.07 % de la plancha. Dentro de la plancha se presenta con mayor concentración sobre la cabecera municipal de Trinidad y el corregimiento Matapalo; por otra parte en el casco urbano del Municipio San Luis de Palenque y el Corregimiento El Garrancho.

Susceptibilidad Media

Con susceptibilidad media se encuentran suelos Entisoles, Inceptisoles, afloramientos rocosos y Oxisoles, los cuales son superficiales a profundos, con drenaje bueno, textura franco arenosa, franco arcillosa, franco arcillo-arenosa, arcillosa con gravas; en clima cálido húmedo y en los paisajes de piedemonte, montaña y lomerío.

Se observa en el sector noroccidental de la plancha, en parte de los abanicos terraza de piedemonte en el Municipio Pore y al sur de la quebrada Chicharra, en el Municipio Nunchía; representa el 1.81 % de la plancha.

Susceptibilidad Alta

Con susceptibilidad alta se encuentran suelos Inceptisoles, Entisoles y Oxisoles, los cuales son profundos a muy profundos, con drenaje natural bueno a muy pobre, textura franca arenosa, franco arcillosa con presencia de gravas, franca arenosa, franco arcillo-arenosa, arcillo limosa, franco arcillosa y arcillosa; en clima cálido húmedo y en los paisajes de valle, planicie, piedemonte y montaña.

Se observa en toda la plancha, ocupando todos los paisajes y representa el 96,88% de la plancha. En esta categoría se presenta la mayor cantidad de movimiento en masa inventariados en campo dentro de los que se tienen deslizamiento rotacional y caída de roca.

1.4 COBERTURA DE LA TIERRA

Las coberturas vegetales muestran directamente el cambio de la dinámica natural de la superficie terrestre, y ejercen un papel importante en la regulación de procesos erosivos, también generan un equilibrio entre la humedad del suelo y del ambiente, disminuyen el movimiento del agua por procesos de escorrentía superficial facilitando el drenaje subterráneo; sus sistemas radiculares forman un entretejido amarrando los horizontes superficiales del suelo y reduciendo así la probabilidad de deslizamientos poco profundos.

Para la evaluación del componente cobertura vegetal se tienen en cuenta aspectos que interactúan con el suelo y están en función de la susceptibilidad a movimientos en masa (Anexo D, Cobertura Vegetal).⁽⁷⁾

Una vez evaluados los atributos del componente de Cobertura Vegetal, se generó el mapa de susceptibilidad (Figura 6) a partir de un proceso de superposición temática, obteniéndose las diferentes categorías descritas a continuación:

⁷ UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 – San Luis de Palenque, Anexo D, Cobertura Vegetal, 2014.

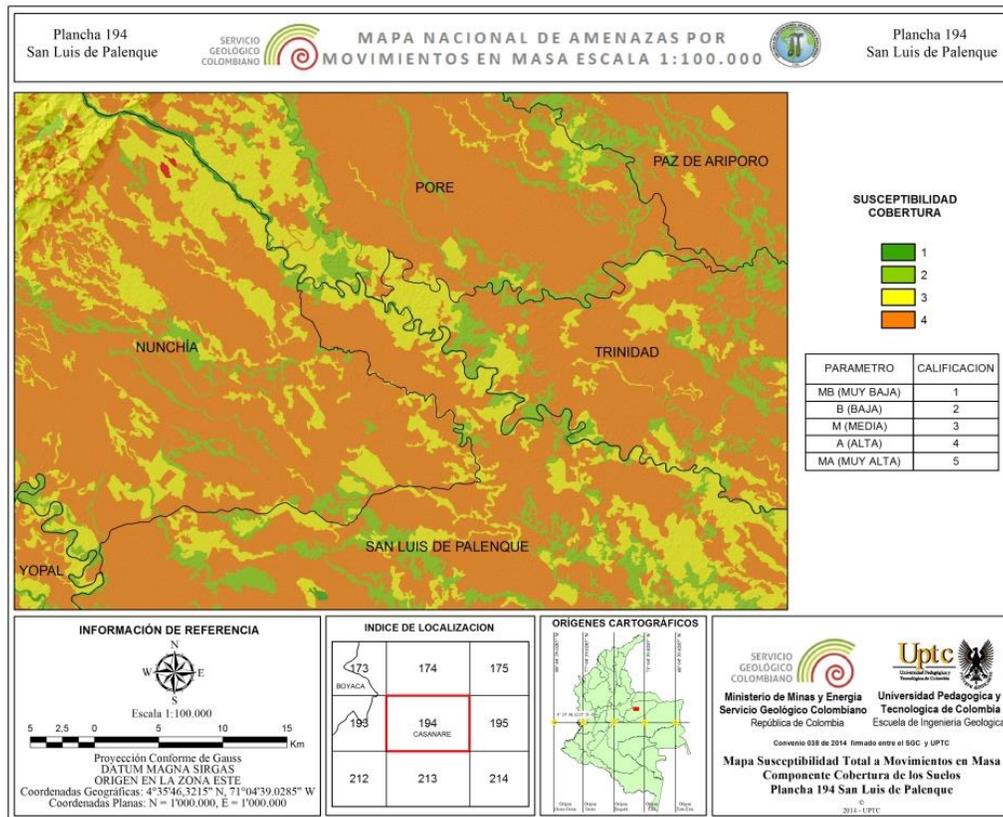


Figura 6. Mapa de susceptibilidad por cobertura.

Susceptibilidad Muy Baja

Susceptibilidad que corresponde a ríos, lagos lagunas y ciénagas naturales a lo largo y ancho de toda la plancha, los cuales representan el 0.96 % y un área de 2.297.28 hectáreas. Dentro de la plancha esta categoría se encuentra localizada a lo largo de las principales corrientes agua en las que se tiene el río Cravo Sur en el Municipio Yopal; el río Tocaría en los Municipios Nunchía y San Luis de Palenque; el río Pauto que pone en contacto a los Municipios Nunchía, Pore, Trinidad y San Luis de Palenque; y por último en río Curama perteneciente al Municipio Pore. Respecto al trabajo adelantado para el inventario de movimientos en masa, no se evidencio ningún movimiento.

Susceptibilidad Baja

Se atribuye en parte de los Municipios Paz de Ariporo en las cañada Las Guaras y Yopo en el sector La Venganza, en límites con el Municipio Pore en los sectores Palma Rosa, Hato Guamal y Hato La Redención, así como a lo largo y ancho del río Guachiría; en el Municipio Pore en el sector Hato San Rafael, atravesando la cañada las Blancas, cañada San Rafael, caño los Bracitos y sector Miralindo; en el Municipio Trinidad en el sector la Costa, en límites entre los Municipios Pore, San Luis de Palenque y Nunchía en parte del Caño El Ciénaga, y entre el Palmar, Alcalá y La Barquereña; en el Municipio Yopal límites con los Municipios Nunchía y San Luis de palenque en el sector La guaira.

En estas zonas, la cobertura que más aporta a esta categoría son los sistemas boscosos y algunos arbustos en menor proporción, unidades que tiene una muy baja intervención antrópica y que no representan problemas de transporte de sedimentos, en esta zona el clima cumple un papel importante en los procesos de evapotranspiración. Esta susceptibilidad ocupa el 19.16 % y un área de 45.973.75 hectáreas de la plancha. Condición sobre la cual se evidenciaron dos movimientos en masa, dentro de los cuales se tienen movimientos tipo caída de roca y deslizamiento rotacional.

Susceptibilidad Media

Se presenta en el Municipio Pore en los sectores El Delirio, La Esmeralda, Hacienda La Pradera, Remolino, San Isidro, Evangelio, El Banco, El Paraíso, corozal, La Primavera; en el Municipio Nunchía en los sectores El Pereque y El Retiro, en el borde de la quebrada La Toma, sobre el caño Chirimoyo; Municipio Yopal en la Vereda San Nicolás, en la rivera del río Cravo Sur; Municipio San Luis de Palenque sobre el caño Gurripato Villa Nueva, La Argentina (El Molino), El Olivo, Trompillos, Las cruces, La Bendición, el Palmar, El Encanto, El Guarataro; en el Municipio Trinidad en los sectores Guamal, El Caimán, Maporal, La Argentina, La Pradera, Los Ponzones, La Garrapata.

Estas zonas se encuentran influenciada por la unidad climática cálido húmedo tanto el drenaje es moderado a bien drenado con bajos niveles de escorrentía, las coberturas más representativas son bosque denso alto de tierra firme, bosque fragmentado con pastos y cultivos y mosaico de pastos con espacios naturales, las planicies inundables

constituyen sistemas estables, es importante conservar los árboles ya que sus raíces retienen y amarrar los suelos. Categoría sobre la cual se evidenciaron dos movimientos en masa, dentro de los cuales se tienen movimientos de tipo caída de roca.

Susceptibilidad Alta

Se presenta en el Municipio Pore entre el sector El Tesoro y Santa Eulogia; en el Municipio San Luis de Palenque entre el sector El Palmarito, Caño Boral, Candilejas, San Rafael, El Encanto, Las cruces, en San Nicolás (Sirivana); en el Municipio Yopal en los sectores La Florida, El Morcote, el Escudo, El Diamante y al borde del Caño el Morcote.

Estas zonas se encuentran influenciadas por la unidad climática cálido húmedo, tanto el drenaje como la profundidad radicular son superficiales; sin embargo al encontrarse en zonas de baja pendiente no presentan mayor impacto a movimientos en masa, si a problemas de compactación por la actividad ganadera y mal drenaje por ser zonas que se inundan en épocas de lluvia. Las coberturas más representativas son herbazal denso inundable, pastos limpios y cultivos de arroz. Categoría sobre la cual se evidenciaron dos movimientos en masa, dentro de los cuales se tienen movimientos de tipo deslizamiento rotacional.

1.5 FACTOR DETONANTE LLUVIA

En la Figura 7, se muestra el mapa correspondiente al factor detonante lluvia, que zonifica la distribución de la lluvia máxima diaria presente en la Plancha 194 - San Luis de Palenque, representada por una zona, donde se observan las mayores concentraciones de los factores climatológicos que son obtenidos a partir de la zonificación climática nacional y de las lluvias máximas diarias, acorde con su contribución a los movimientos en masa⁽⁸⁾.

⁸ UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 – San Luis de Palenque, Anexo E Detonante Lluvia. 2014.

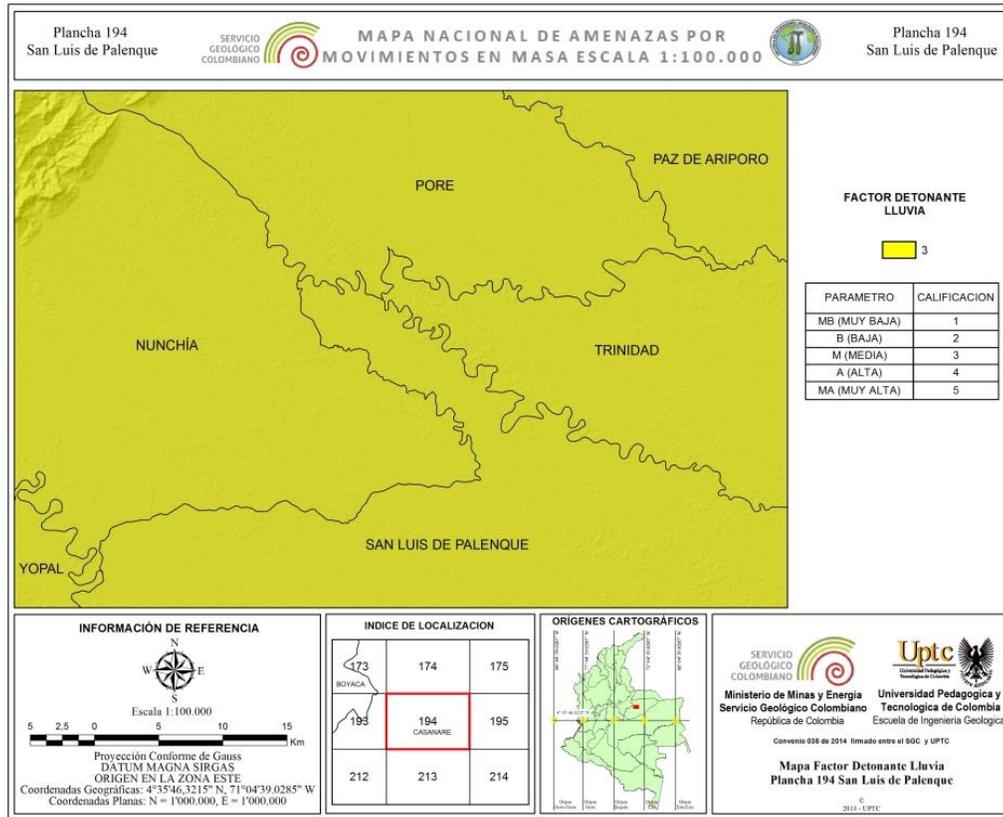


Figura 7. Mapa factor detonante lluvia.

Acorde a la distribución espacial que presenta este detonante respecto a la Plancha 194 - San Luis de Palenque, se identifica que la mayor concentración de los factores climáticos que contribuyen a la generación de movimientos en masa, se localizan en toda el área que ocupa la plancha (Nunchía, Pore, Paz de Ariporo, Trinidad, San Luis de Palenque y Yopal), presenta una calificación 3 respecto al detonante climático, es decir, la zonificación climática corresponde a un parámetro de 2 (Baja) y las lluvias máximas diarias un valor de 4 (150 - 220 mm/día), adicionalmente en el sector suroriental en el casco urbano del Municipio San Luis de Palenque, en inmediaciones del río Pauto, en los sectores de Matalarga, La Pradera, Las Brisas, El Humo, Guarataro y Maporal, la zonificación climática corresponde a un parámetro de 2 y las lluvias máximas diarias a un valor de 3 (100 - 150). Esta condición representa una incidencia media respecto a la susceptibilidad del terreno a la generación de movimientos en masa.

1.6 FACTOR DETONANTE SISMO

La Figura 8, corresponde al insumo del detonante sismo. Este permite observar que en toda el área que comprende la Plancha 194 - San Luis de Palenque, se presentan los parámetros de calificación de sismicidad (1, 2, 3, 4 y 5), indicando una condición de sismicidad de muy baja a muy alta relacionada con los aspectos tectónicos y estructurales activos respecto a la generación de movimientos masa⁽⁹⁾.

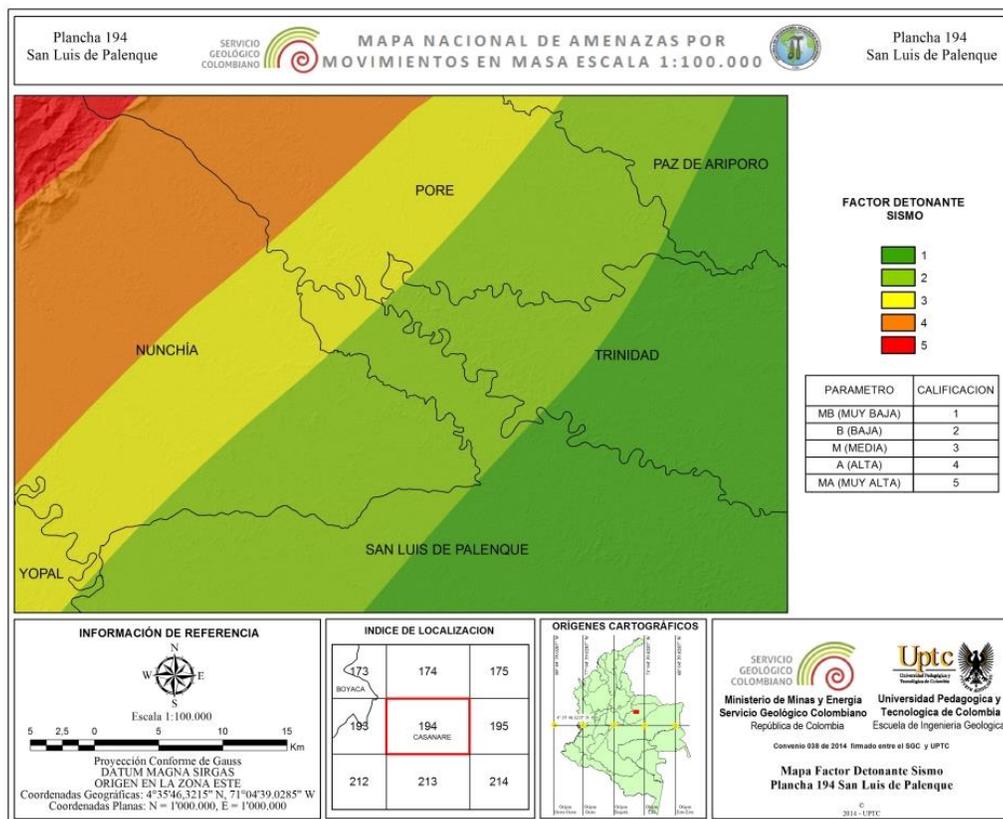


Figura 8. Mapa factor detonante sismicidad.

⁹ UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 – San Luis de Palenque, Anexo F Detonante Sismo. 2014.

La condición de sismicidad relacionada dentro del área de estudio indica una categoría de baja a muy baja localizada geográficamente en franjas en la parte oriental y suroccidental de la zona de estudio en jurisdicción de los Municipios Pore, Paz de Ariporo, Trinidad, San Luis de Palenque y una mínima parte del Municipio Nunchía, este detonante aporta una categoría de baja a muy baja a la generación de movimientos en masa, esto es debido al valor de aceleración máxima horizontal a nivel de terreno firme (PGA) que para estas zonas corresponde a un rango entre 10 -100 cm/seg² y 100 - 150 cm/seg². También se presenta una franja con dirección nororiental y suroccidental dentro de la plancha correspondiente a la categoría media, distribuida en los Municipios Pore, Nunchía y una mínima parte de los Municipios Paz de Ariporo y Yopal, este detonante aporta una categoría media a la generación de movimientos en masa esto es debido al valor de aceleración máxima horizontal a nivel de terreno firme (PGA) que para estas zonas corresponde a 150 - 200 cm/seg². Por otra parte en el área noroccidental de la Plancha 194 - San Luis de Palenque en lo que corresponde a los Municipios Pore, Nunchía, y una mínima parte de los Municipios Paz de Ariporo y Yopal, se evidencia que este detonante aporta una susceptibilidad alta a muy alta, las cuales indican una mayor incidencia al desarrollo de movimientos en masa dentro de la plancha, puesto que la aceleración horizontal a nivel de terreno firme (PGA) correspondiente a un periodo de 475 años oscila a un rango entre 200 - 300 cm/seg² y >300 cm/seg², de acuerdo con la evaluación de la información sísmica suministrada para el presente estudio.

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

A continuación se describen los aspectos representativos que influyen a nivel de la susceptibilidad y amenazas por movimientos en masa para la Plancha 194 - San Luis de Palenque haciendo relación a la interacción entre los diferentes componentes físicos y los diversos tipos de movimientos en masa que se presentan para esta zona.

2.1 SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA

En la Figura 9, se observa el mapa final de susceptibilidad por movimientos en masa, resultado de la suma de las variables (geología, geomorfología, suelos edáficos y cobertura vegetal). De acuerdo con el mapa y la Figura 10, se concluye que, la susceptibilidad de mayor distribución espacial es la media, seguida por la susceptibilidad baja; mientras que las susceptibilidades, alta y muy baja, no representan en conjunto más del 2%.

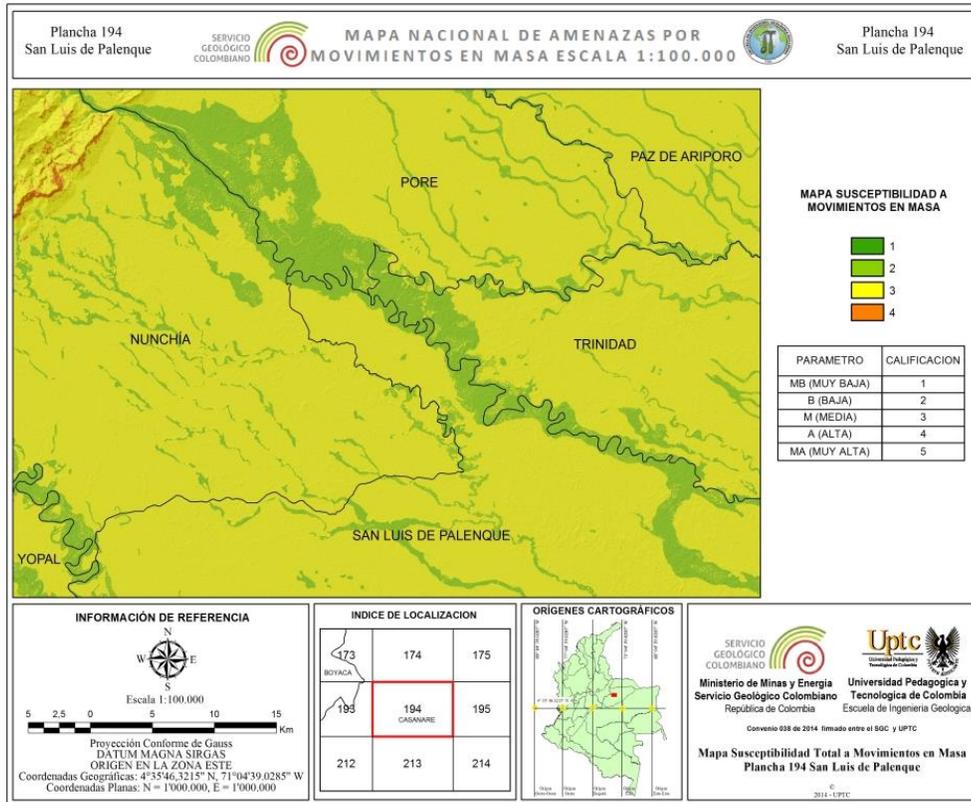


Figura 9. Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa Plancha 194 - San Luis de Palenque.

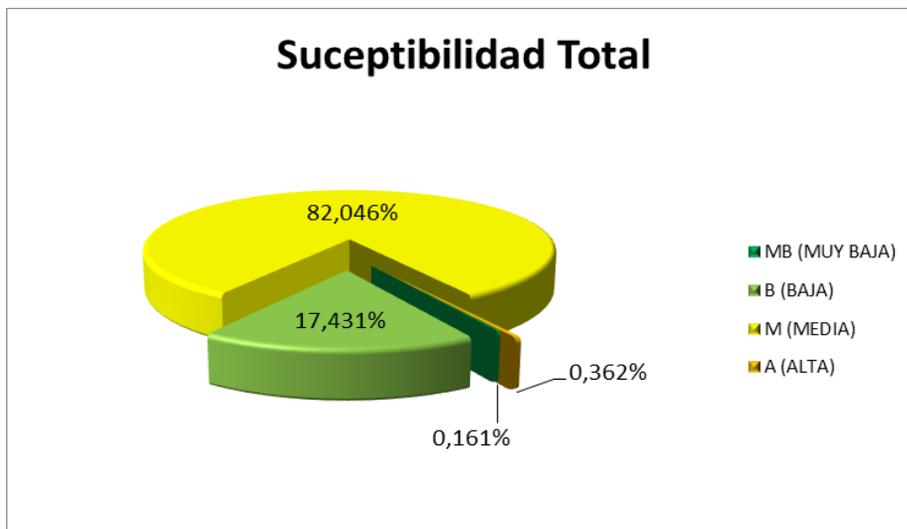


Figura 10. Distribución en porcentajes de la susceptibilidad total.

Tabla 2. Parámetro de calificación y área de susceptibilidad.

CALIFICACIÓN	ÁREA KM2	PARÁMETRO
1	3,865795	MB (MUY BAJA)
2	418,365977	B (BAJA)
3	1969,147454	M (MEDIA)
4	8,681245	A (ALTA)

Fuente. Autores.

Susceptibilidad Muy Baja

Se encuentra localizada en toda el área que comprende la Plancha 194 - San Luis de Palenque, a lo largo de las principales corrientes de agua como los ríos Cravo Sur, Tocaría, Pauto y Curama, así como los caños y cañadas; involucrando los Municipios Yopal, Nunchía, San Luis de Palenque, Pore, Trinidad y Paz de Ariporo. Geomorfológicamente esta categoría de susceptibilidad, se desarrolla sobre unidades de Cauce Aluvial (Fca), en zonas donde las pendientes no superan los 7°, es decir zonas planas a suavemente inclinadas, desarrolladas litológicamente sobre suelos de depósito Aluvial (Qal), compuestos por bloques, cantos y gravas redondeadas de arenitas de grano medio fino de colores claros.

Las condiciones antes mencionadas representan poca o nula susceptibilidad al desarrollo de movimientos en masa, pero si representa alta susceptibilidad a otros procesos, tales como inundaciones, esto es consecuente con la información recopilada mediante el trabajo de campo, pues no se identificaron movimientos en masa en estas zonas.

Esta categoría de susceptibilidad dentro de la plancha ocupa un área de 3.865 Km², correspondiente al 0.161 % de área total de la plancha.

Susceptibilidad Baja

Esta categoría es una de las que predomina dentro del área de estudio, se encuentra principalmente asociada al cauce de los ríos Cravo Sur, Tocaría y una parte de Pauto

hacia el sector occidental de la plancha; río Curama y Guachiría, así como una parte del río Pauto hacia el oriente de la misma, como en zonas de laderas con pendientes planas a levemente inclinadas; comprendiendo los municipios Yopal, Nunchía, San Luis de Palenque, Pore, Trinidad y Paz de Ariporo. Esta categoría de susceptibilidad, se desarrolla sobre unidades de Ambiente Fluvial, con relieve relativo bajo a muy bajo tipo Plano o Llanura de Inundación (Fpi) y Barra Longitudinal (Fbl), en zonas con pendientes inclinadas (0 y 11°), estas representan poca o nula susceptibilidad al desarrollo de movimientos en masa y se desarrolla sobre suelos de depósito Aluvial (Qal), compuestos por bloques, cantos y gravas redondeadas de arenitas de grano medio fino de colores claros.

A este tipo de susceptibilidad se asocian suelos principalmente Inceptisoles, Entisoles y Oxisoles, los cuales son profundos a muy profundos, con drenaje natural bueno a muy pobre, con textura franca arenosa, franco arcillosa con presencia de gravas, franca arenosa, franco arcillo-arenosa, arcillo limosa, franco arcillosa y arcillosa; en clima cálido húmedo. La cobertura vegetal corresponde a unidades bosque denso alto de tierra firme, bosque fragmentado con pastos y cultivos y mosaico de pastos con espacios naturales. Abarca un área de 418.365 Km², correspondiente a un porcentaje de área de 17.431 %.

Susceptibilidad Media

Esta categoría de susceptibilidad se localiza dentro de una amplia extensión de la zona de estudio, ocupando la mayor proporción de área respecto a las demás categorías, involucrando los Municipios Yopal, Nunchía, Pore, Paz de Ariporo, Trinidad y San Luis de Palenque, sectores que se han categorizado con susceptibilidad media a la ocurrencia de movimientos en masa.

Geomorfológicamente esta categoría de susceptibilidad, se presenta en zonas donde las pendientes no superan los 7°, es decir zonas planas a suavemente inclinadas, desarrolladas principalmente sobre unidades de Ambiente Fluvial como las Terrazas de Acumulación Antigua (Ftan), Terrazas de Acumulación (Fta) y Abanico Aluvial (Faa), en suelos con depósitos de Terrazas de Planicie Aluvial (Qtp), los cuales son depósitos de terrazas dejados por grandes ríos, compuestos por material de tamaño limo, arcilla y pequeños clastos de areniscas de grano fino oxidadas; Ambiente Estructural como

Ladera de Contra Pendiente de Sierra Sinclinal (Ssslc), Ladera Estructural de Sierra Sinclinal (Sssle), sobre rocas de la Formación Diablo Superior (Pds) la cual está constituida por arcillolitas y limolitas grises verdosas a rojizas, con intercalaciones de cuatro niveles de areniscas cuarzosas, grises, verdosas, de grano fino a medio, estratificación masiva, así como rocas de la Formación Diablo Inferior (Pdi) constituido por estratos muy gruesos de arenita intercalados con estratos muy gruesos de lodolitas; y en menor proporción Ambiente Denudacional como Ladera de Erosión (Dle) y Lomeríos muy Disectados (Dlmd), en rocas de la Formación San Fernando (Psf), constituidos por limolitas y arcillolitas con intercalaciones de areniscas; ocasionales mantos de carbón y rocas de la Formación Diablo Conjunto 3 (Pd - 3), la cual corresponde respectivamente al conjunto de niveles lutitas predominantes con intercalaciones de areniscas, gruesos niveles predominantemente de arenisca cuarzosa, gris verdosa de grano fino a grueso se alternan con gruesos niveles predominantemente lutitas.

Asociada a esta clase de susceptibilidad y paisaje se encuentran suelos principalmente Inceptisoles, Entisoles y Oxisoles, los cuales son profundos a muy profundos, con drenaje natural bueno a muy pobre, con textura franca arenosa, franco arcillosa con presencia de gravas, franca arenosa, franco arcillo-arenosa, arcillo limosa, franco arcillosa y arcillosa; en clima cálido húmedo. La cobertura predominante son herbazal denso inundable, pastos limpios, cultivos de arroz, bosque denso alto de tierra firme, bosque fragmentado con pastos y cultivos y mosaico de pastos con espacios naturales. Estas condiciones contribuyen a que estas zonas sean favorables al desarrollo de eventos de inestabilidad, lo cual se puede corroborar con la existencia de un movimiento en masa de tipo caída rocas y tierra incluidas en el inventario de movimientos en masa durante el trabajo de campo.

Este nivel de susceptibilidad ocupa un área de 1969.147 Km² correspondiente a 82.046 % del área total de la plancha.

Susceptibilidad Alta

Se encuentra localizada hacia el costado noroccidental de la plancha entre los sectores Guerareña, La Violeta, La Tigrera, Cauca, Bélgica y Loma el Desecho y Alto Los Tarayes pertenecientes al Municipio Nunchía; y en una mínima parte del Filo el Verde

correspondiente al Municipio Pore. Esta categoría de susceptibilidad se desarrolla en laderas con pendientes abruptas (19° - 40°), presentándose sobre unidades geomorfológicas de origen estructural de Ladera de Contrapendiente de Sierra Sinclinal (Ssslc) y Ladera Estructural de Sierra Sinclinal (Sssle); en menor proporción Ambiente Denudacional como Cono o Lóbulo Coluvial y de Soliflucción (Dco) y Ladera Erosiva (Dle). El primero de estos ambientes se desarrolla principalmente en rocas de la Formación Diablo Inferior (Pdi), constituido por estratos muy gruesos de arenita intercalados con estratos muy gruesos de lodolitas; rocas de la Formación Diablo Superior (Pds), la cual está constituida por arcillolitas y limolitas grises verdosas a rojizas, con intercalaciones de cuatro niveles de areniscas cuarzosas, grises, verdosas, de grano fino a medio, estratificación masiva; así como una mínima proporción de rocas de la Formación Diablo Conjunto 4 (Pd-4), que es principalmente arenoso, el cual incluye en la parte inferior una intercalación blanda; en el caso del Ambiente Estructural este se desarrolla en rocas de la Formación Diablo Superior (Pds), la cual está constituida por arcillolitas y limolitas grises verdosas a rojizas, con intercalaciones de cuatro niveles de areniscas cuarzosas, grises, verdosas, de grano fino a medio, estratificación masiva; así como en una mínima porción de los depósitos de Conos Aluviales (Qcn), depósitos con forma de abanico, constituidos principalmente por sedimentos areno-arcilloso.

Los suelos establecidos en esta clase de susceptibilidad son suelos de orden Inceptisoles, Entisoles y Oxisoles, los cuales son profundos a muy profundos, con drenaje natural bueno a muy pobre, textura franca arenosa, franco arcillosa con presencia de gravas, franca arenosa, franco arcillo-arenosa, arcillo limosa, franco arcillosa y arcillosa; en clima cálido húmedo. La cobertura hace referencia a herbazal denso inundable, pastos limpios y cultivos de arroz.

Las condiciones mencionadas anteriormente contribuyen de manera directa al desarrollo de movimientos en masa, debido al uso inadecuado de los recursos naturales tanto hídricos como suelo y cobertura, lo que se puede corroborar con la existencia de cinco movimientos de tipo caída de rocas y tierra, deslizamiento rotacional y reptación de suelos identificados dentro de la Plancha 194 - San Luis de Palenque. Esta categoría de susceptibilidad abarca un área de 8.681 Km², que corresponde a 0.362 % del área total de la plancha.

2.2 AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA

Una vez generada la variable de susceptibilidad por movimientos en masa, se establecieron los escenarios de amenaza relativa por movimientos en masa ⁽¹⁰⁾, teniendo en cuenta los factores detonantes sismo y lluvia, ocurridos históricamente en la región.

En la Figura 11 se identifican las diferentes condiciones de amenaza respecto al desarrollo de movimientos en masa, a partir de la cual se determina la distribución porcentual (Figura 12 y Tabla 3) de cada una de las categorías de amenaza presentes dentro de la Plancha 194 - San Luis de Palenque.

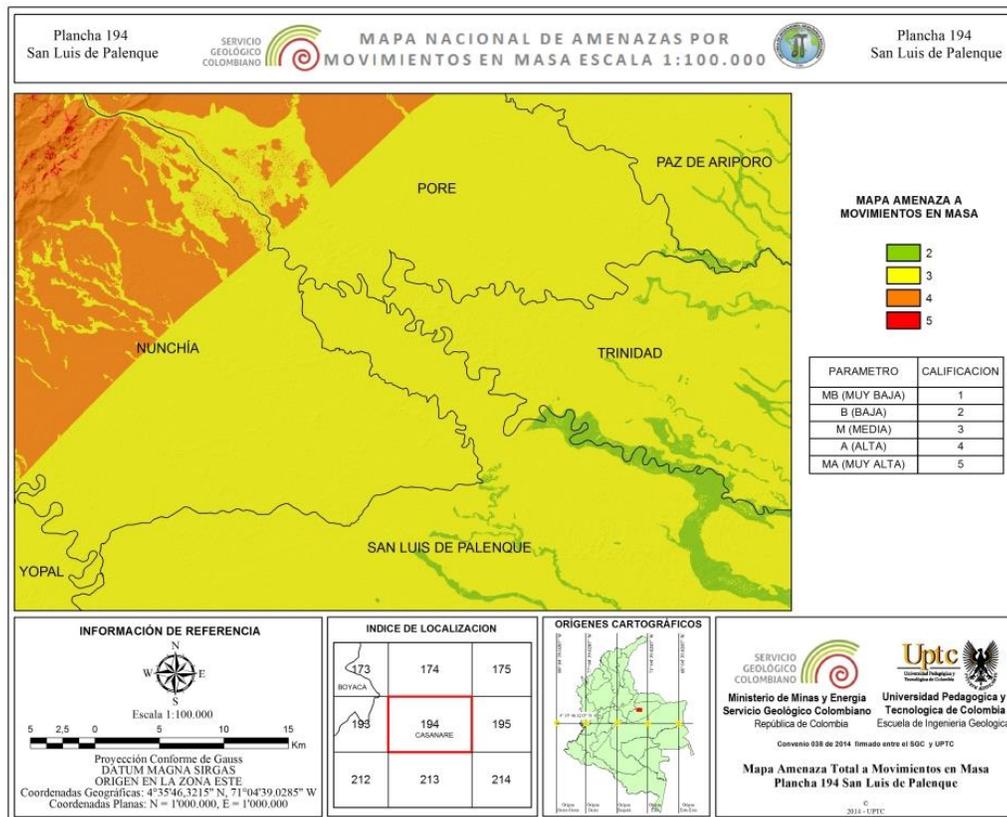


Figura 11. Mapa de amenaza por movimientos en masa.

¹⁰ SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000, 2012, 131 p.

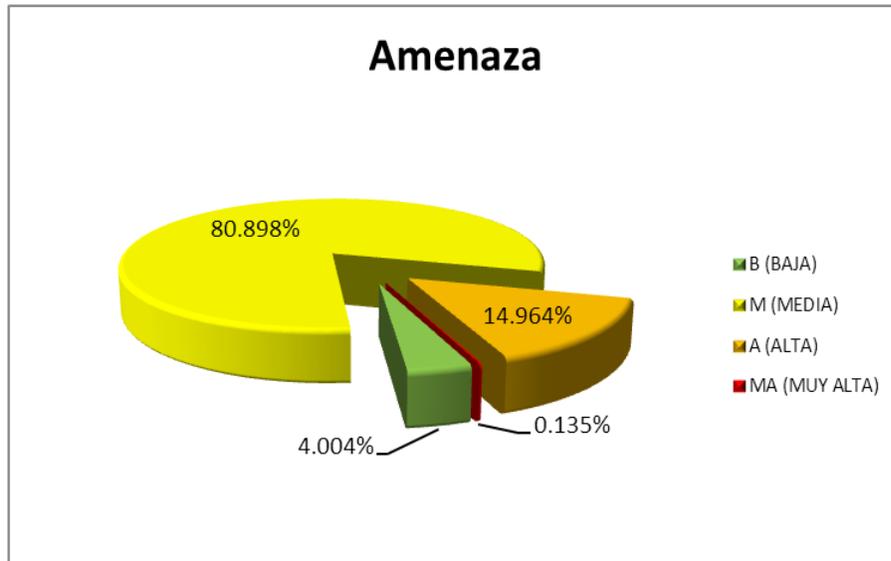


Figura 12. Distribución en porcentajes de amenaza total.

Tabla 3. Parámetro de calificación y área de amenaza.

Calificación	Área km2	Parámetro
2	96.088886	B (BAJA)
3	1941.598704	M (MEDIA)
4	359.135196	A (ALTA)
5	3.237686	MA (MUY ALTA)

Fuente. Autores.

Una vez desarrollada la zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa para la Plancha 194 - San Luis de Palenque, se identificó que la predominancia en el área de estudio de la categorías de amenaza media y alta, lo cual indica que la interacción entre las condiciones físicas inherentes del terreno y los factores a nivel exógeno y endógeno establecen un escenario propicio para el desarrollo de movimientos en masa, las categorías presentes dentro de la zonificación de amenazas se describen a continuación:

Amenaza Baja

Este tipo de amenaza se encuentra localizada en el sector oriental de la plancha, ubicada entre el límite municipal de Trinidad y San Luis de Palenque a lo largo del cauce del río Pauto, involucrando los sectores de Maracabure, Rincón, El Pórtico, Altamira, El Tejar, El calvario entre otros; por otra parte se localiza en el Municipio Paz de Ariporo a lo largo de los caños Las Bobas, Canduare y Canuare, entre los sectores Yarumal, Los Arrendajos, San José y Los Deseos.

Esta categoría se desarrolla donde las pendientes varían entre planas a suavemente inclinada, sobre ambientes geomorfológicos de tipo Fluvial, principalmente en unidades de tipo Plano o Llanura de Inundación (Fpi) y Barra Longitudinal (Fbl), en zonas donde las pendientes no superan los 7°; desarrollada litológicamente sobre suelos de depósito Aluvial (Qal); en donde los suelos presentan orden de Entisoles y Oxisoles, los cuales son profundos a muy profundos, con drenaje natural bueno a muy pobre, textura franca arenosa, franco arcillosa con presencia de gravas, franca arenosa, franco arcillo-arenosa, arcillo limosa, franco arcillosa y arcillosa; en clima cálido húmedo y profundos y la cobertura vegetal corresponde a herbazal denso inundable, pastos limpios y cultivos de arroz, bosque denso alto de tierra firme, bosque fragmentado con pastos y cultivos y mosaico de pastos con espacios naturales.

En estas áreas, las lluvias diarias máximas son del orden entre 100 - 150 mm/día para un periodo de retorno de 25 años. Los sismos pueden llegar a alcanzar una aceleración pico del suelo $< 100 \text{ cm/seg}^2$, ocupando un área de 96.088 Km², que corresponde a 4.004 % del área total de la plancha. De esta manera no existe posibilidad de desarrollarse movimientos en masa significativos o cartografiables a la escala evaluada, aunque puede presentarse de manera puntual asociados a la dinámica fluvial. Las afectaciones asociadas a esta condición de amenaza por movimientos en masa son principalmente pérdidas de bancada de vías, daños en puentes y en construcciones y sistemas productivos establecidos en las márgenes de los ríos.

Amenaza Media

Gran parte del área de la plancha de los Municipios Nunchía, Pore, Paz de Ariporo, Trinidad, San Luis de Palenque, así como una mínima parte del Municipio Yopal, han sido categorizados con amenaza media al desarrollo de proceso de inestabilidad. Esta categoría se encuentra relacionada a unidades geomorfológicas de Ambiente Fluvial; del cual se resaltan las Terrazas de Acumulación Antigua (Ftan), Planos o Llanuras de Inundación, Terrazas de Acumulación (Fta), así como una mínima parte del Cauce Aluvial (Fca), desarrolladas litológicamente sobre suelos de depósitos Terraza de Planicie Aluvial (Qtp) y Aluvial (Qal).

Los factores correspondientes a suelos y cobertura vegetal determinan que las zonas de laderas presentan pendientes que no superan los 7°, es decir zonas planas a suavemente inclinadas, con suelos del orden Entisoles y Oxisoles, los cuales son profundos a muy profundos, con drenaje natural bueno a muy pobre, textura franca arenosa, franco arcillosa con presencia de gravas, franca arenosa, franco arcillo-arenosa, arcillo limosa, franco arcillosa y arcillosa; en clima cálido húmedo, con cobertura herbazal denso inundable, pastos limpios y cultivos de arroz, bosque denso alto de tierra firme, mosaico de pastos con espacios naturales, y en menor proporción algunos arbustos.

Adicionalmente dentro de los factores detonantes las lluvias diarias máximas oscilan entre los 100 - 150 mm/día y 150 - 220 mm/día, para un periodo de retorno de 25 años, mientras que los sismos en estas áreas pueden llegar a alcanzar una aceleración pico del suelo $< 100 \text{ cm/seg}^2$ hasta valores de PGA 300 cm/seg^2 . Esta categoría dentro de la plancha ocupa un área de 1941.598 Km^2 , con un porcentaje del 80.898 % del área total de la plancha.

Amenaza Alta

Se presenta donde la combinación de los componentes geomorfológicos, geológicos, las características de los suelos y los tipos de cobertura vegetal, en interacción con las características climatológicas condicionan un escenario propicio al desarrollo de movimientos en masa.

Ocupa el área rural del Municipio Nunchía como los sectores Los Leones, El Samán, El Desecho, Las Brisas, El Capricho, Canaguy, La Redención, Guaibo, incluidos la Loma El Desecho y Alto Los Tarayanes; así como en el Municipio Pore comprendiendo los sectores La Esperanza, Hato Palmira, Boquepore, Los Higuerones, y La Reforma.

Esta condición de amenaza se desarrolla sobre laderas que presentan pendientes suavemente inclinadas a muy inclinada, sobre una gran variedad de unidades geomorfológicas, incluido el Ambiente Fluvial (con unidades de tipo Terraza de Acumulación Antigua (Ftan), Abanico Aluvial (Faa), Terraza de Acumulación (Fta), Plano o Llanura de Inundación (Fpi), Cono de Deyección (Fcdy)), Estructural (Ladera de Contrapendiente de Sierra Sinclinal (Ssslc), Ladera Estructural de Sierra Sinclinal (Sssle), Sierra Sinclinal (Sss)) y Denudacional (Ladera Erosiva (Dle)), dichas geoformas se encuentran sobre las unidades litológicas de la Formación Diablo Superior (Pds), Formación Diablo Inferior (Pdi), Formación Diablo Conjunto 4 (Pd - 4), Formación Diablo Conjunto 3 (Pd - 3), Formación San Fernando (Psf) y unidades de suelo como las Terraza De Planicie Aluvial (Qtp) y Abanico Coluvio Aluvial (Qac).

Los suelos característicos de estas zonas son moderadamente profundos a muy profundos, de orden Inceptisoles, Entisoles y Oxisoles con drenaje natural bueno a muy pobre, con cobertura de herbazal denso inundable, pastos limpios y cultivos de arroz y en menor proporción bosque denso alto de tierra firme y mosaico de pastos con espacios naturales.

En general en esta zona de amenaza, las lluvias diarias máximas pueden ser de 150-220 mm para un periodo de retorno de 25 años. Los sismos en el área pueden alcanzar una aceleración pico del suelo entre 200 - 300 cm/seg² y en algunos sectores > 300 cm/seg². Esta categoría dentro de la Plancha 194 – San Luis de Palenque, ocupa un área de 359.135 Km², correspondiente al 14.964 % del área total, sobre el cual se desarrollan movimientos en masa correspondientes a caída de rocas y tierras, así como deslizamientos rotacionales, que afectan principalmente corredores viales rurales, sistemas productivos agropecuarios, localizados en laderas intervenidas antrópicamente.

Amenaza Muy Alta

Ocupa una mínima parte dentro de la zona de estudio, en el sector nororiental de la plancha, en jurisdicción del Municipio Nunchía, en proximidades a los sectores Guerareña, La Primavera, Cauca y Bélgica, abarcando un área de 3.237 Km², correspondiente al 0.135 % del área total de la plancha.

Estas zonas corresponden a vertientes que presentan pendientes abruptas, donde se han cartografiado unidades geomorfológicas de Ambiente Estructural (Ladera de Contrapendiente de Sierra Sinclinal (Ssslc), Ladera Estructural de Sierra Sinclinal (Sssle)) y Denudacional (Cono o Lóbulo Coluvial y de Soliflucción (Dco)). Estas unidades se desarrollan sobre las formaciones Diablo Superior (Pds) y Diablo Inferior (Pdi). A la susceptibilidad muy alta se asocian suelos profundos a muy profundos, de orden Inceptisoles, Entisoles y Oxisoles, los cuales son de drenaje natural bueno a muy pobre, textura franca arenosa, franco arcillosa con presencia de gravas, franca arenosa, franco arcillo-arenosa, arcillo limosa, franco arcillosa y arcillosa, y la cobertura más representativa son bosque denso alto de tierra firme, bosque fragmentado con pastos y cultivos y mosaico de pastos con espacios naturales.

Adicionalmente dentro de los factores detonantes las lluvias diarias máximas oscilan entre 150-220 mm para un periodo de retorno de 25 años, mientras que los sismos en estas áreas pueden llegar a alcanzar una aceleración pico del suelo $> 300 \text{ cm/seg}^2$. De esta manera es posible que se presenten movimientos en masa de tipo caída de roca y tierras, deslizamiento rotacional y reptación de suelos, lo cual puede ser favorecido debido a la intervención antrópica desarrollada por los cambios de cobertura vegetal, mal manejo de las actividades agropecuarias y desarrollo vial sin las respectivas técnicas de manejo que permitan favorecer la estabilidad del terreno.

CONCLUSIONES

La evaluación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa para la Plancha 194 – San Luis de Palenque, permitió la identificación de zonas cuyas características favorecen la ocurrencia de movimientos en masa, así como la identificación de zonas estables sobre las cuales la posibilidad de ocurrencia es mínima.

La susceptibilidad y amenaza se determinaron mediante la combinación de factores propios del terreno como geología, geomorfología, cobertura vegetal y suelos edáficos (susceptibilidad), además de factores externos como lluvia y sismos, que inciden sobre las características del terreno siempre de manera desfavorable (Amenaza relativa), con lo cual se pudo establecer si el terreno que compone a la plancha tenía el potencial de generar procesos morfodinámicos o no.

La evaluación de la susceptibilidad y amenaza de la Plancha 194 – San Luis de Palenque, permitió identificar que las zonas más propensas a presentar movimientos en masa, están condicionadas a laderas de pendientes inclinadas a abruptas, en las cuales priman geoformas de Ambiente Estructural, sobre rocas de la Formación Diablo Superior (Pds), Formación Diablo Inferior (Pdi), Formación San Fernando (Psf), Formación Diablo Conjunto 3 (Pd - 3), Formación Diablo Conjunto 4 (Pd - 4), y unidades de suelo como las Terraza de Planicie Aluvial (Qtp) y Abanico Coluvio Aluvial (Qac). Estas zonas corresponden principalmente a áreas con coberturas de herbazal denso inundable, pastos limpios y cultivos de arroz, así como bosque denso alto de tierra firme y mosaico de pastos con espacios naturales en menor proporción, en suelos moderadamente profundos a muy profundos, con drenaje natural bueno a muy pobre. En estas mismas zonas, es donde se han materializado los procesos, que han dado lugar a los movimientos en masa, algunos de ellos inventariados.

Dentro del componente geológico se identifica que las categorías de mayor susceptibilidad, se presentan sobre rocas de edad Cenozoica de la Formación Diablo Superior (Pds), Formación Diablo Inferior (Pdi) y Formación San Fernando (Psf), dichas rocas presentan resistencia de moderadamente dura a dura, textura clásticas

consolidadas y cementadas, estas condiciones influyen de manera directa en el desarrollo de procesos de inestabilidad.

Los suelos más favorables para el desarrollo de movimientos en masa dentro del área de estudio son suelos profundos a muy profundos, con drenaje natural bueno a muy pobre, textura franca arenosa, franco arcillosa con presencia de gravas, franca arenosa, franco arcillo-arenosa, arcillo limosa, franco arcillosa y arcillosa; en clima cálido húmedo.

Uno de los mayores factores condicionantes dentro de las características de susceptibilidad total por movimientos en masa para la Plancha 194 – San Luis de Palenque, corresponde al componente de geología y geomorfología, donde las unidades de mayor incidencia a nivel de susceptibilidad se presentan en zonas de alta pendiente, con relieve relativo entre moderado y muy alto, donde se evidencian rocas sedimentarias estratificadas y depósitos de tipo coluvial.

Las zonas planas y semiplanas correspondientes a unidades geomorfológicas del Ambiente Fluvial hacen parte de las zonas menos propensas a desarrollar movimientos en masa.

Con la evaluación de la cobertura vegetal y lo observado en el terreno se concluye que las coberturas menos susceptibles al desarrollo de movimientos en masa se presentan en las zonas planas a suavemente inclinadas y hacen referencia a sistemas boscosos y algunos arbustos en menor proporción, mientras que las coberturas más susceptibles corresponden al herbazal denso inundable, pastos limpios y cultivos de arroz. Independientemente de la inclinación de las laderas y de las características de sus suelos, estas zonas no presentan mayor incidencia a movimientos en masa, ya que tienen una muy baja intervención antrópica, pero si a problemas de compactación por la actividad ganadera y mal drenaje por ser zonas que se inundan en épocas de lluvia

Para el caso de áreas urbanas, factores como la evapotranspiración se considera como nula, esto se debe a que la energía del sol es absorbida por las superficies de asfalto y de los muros, techos y cubiertas de las edificaciones, por lo cual el agua se pierde por escorrentía, de igual manera pasa con el drenaje profundo pues como no se tienen

coberturas vegetales sino capas de asfalto no habría movimiento del agua hacia el drenaje profundo (acuíferos) y de la misma forma pasa con los parámetros de profundidad radicular y número de estratos. Por lo cual estas zonas se consideran como de no cobertura vegetal, por lo cual se les asignó una susceptibilidad baja a los movimientos en masa.

Una vez elaborada la zonificación de amenazas relativa por movimientos en masa, en la Plancha 194 - San Luis de Palenque, se determina que las condiciones propias del terreno, establecen una condición característica de media y alta amenaza a la ocurrencia de movimientos en masa, mientras que el rango de zonificación de amenazas muy alta a baja ocupa un menor porcentaje, lo cual indica una estrecha interacción entre los procesos endógenos y exógenos que se encargan del modelado del terreno.

En el escenario de amenaza relativa a movimientos en masa por detonante lluvia; se observa que en las zonas donde se presenta rangos de lluvia diaria máxima de 5 y 6, la tendencia a desarrollarse movimientos en masa es media. Situación contraria en zonas, donde el parámetro de calificación es 7, donde la tendencia de amenaza aumenta.

Aunque la susceptibilidad a movimientos en masa para los componentes geológicos y geomorfológicos determinan una categoría media, en el terreno se pudieron observar procesos de desestabilización de laderas, que pueden asociarse a la actividad tectónica producida por la Falla de Yopal, así como el grado de meteorización y alteración de las rocas conformando suelos residuales de variado espesor que no son cartografiables a la escala de trabajo establecida para el presente estudio.

Con esta zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa en escala 1:100.000, se tienen elementos para la toma de decisiones en la planificación del territorio y la reducción de desastres a nivel regional; sin embargo, para efectos de planificación del territorio a nivel municipal y para la evaluación de aspectos locales y puntuales, se recomienda, aplicar las escalas de detalle y sus aspectos metodológicos para tal fin.

RECOMENDACIONES

Establecer por parte de las entidades ambientales y municipales una restricción de las actividades que desarrollan mayor degradación de la capa vegetal, como lo son los cambios en la cobertura del suelo en zonas de alta pendiente.

Involucrar procesos de morfoconservación en las zonas altas de la cordillera, mediante la reforestación con bosques de protección, destinados a la conservación de la cobertura vegetal original, que permitan reducir procesos de erosión por escorrentía y aumentar la regulación hídrica para así reducir la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa.

Establecer por parte de las alcaldías municipales y Corporaciones Autónomas Regionales un mayor control a las restricciones de la ocupación del territorio.

Tener en cuenta los resultados del mapa de amenazas relativas por movimientos en masa para la Plancha 304 - ya que esta información se tendrá en cuenta como herramienta de consulta base para describir zonas propensas a generar movimientos en masa, para luego desarrollar la planificación, diseño y construcción de obras infraestructura, especialmente terrenos categorizados con amenazas muy altas a movimientos en masa.

Aplicar nuevos modelos donde se integren diferentes variables relacionadas con temáticas como meteorización, erosión y la incidencia antrópica.

Continuar con el proceso de consolidación y seguimiento de movimientos en masa registrados dentro de la plataforma SIMMA con fines de establecer medidas de mitigación tanto estructurales como no estructurales.

Se recomienda aplicar un modelo de evaluación sismogénica relacionado con los eventos desarrollados a nivel departamental, y su periodicidad registrada en evidencias neotectónicas y paleosísmicas, a fin de tener información más precisa respecto a los sistemas estructurales regionales (fuente sismogénica), aplicable a las zonas que permiten la identificación de actividad reciente; de la misma forma se recomienda

involucrar dentro del factor detonante lluvia los aspectos relacionados con periodos de retorno a corto (5 años) mediano (10 años) y largo plazo (más de 20 años) donde se evalúen las condiciones estacionarias relacionadas con el fenómeno de la niña, principalmente en aquellas zonas donde se cuente con información climatológica vigente. Lo anterior debido a que la información que se tiene actualmente está descrita de forma regional a escala 1:500.000 lo cual no permite una mejor discriminación de los niveles de amenaza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HOLDRIDGE, L. R. Ecología basada en Zonas de Vida. IICA. San José. 216 P. 1979.

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, geología de la Plancha 194 - San Luis de Palenque. 2010 - INGEOMINAS.

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, reseña explicativa del mapa geológico preliminar Plancha 194 - San Luis de Palenque. Bucaramanga, Mayo de 2010.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000. 135, p. 2012.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 - San Luis de Palenque, Anexo A Geología. 2014.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 - San Luis de Palenque, Anexo B Geomorfología. 2014.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 - San Luis de Palenque, Anexo C Suelos Edáficos. 2014.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 - San Luis de Palenque, Anexo D Cobertura Vegetal. 2014.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 - San Luis de Palenque, Anexo E Detonante Lluvia. 2014.

Memoria Explicativa De La Zonificación De La Susceptibilidad Y La Amenaza Relativa Por Movimientos En Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 – San Luis De Palenque

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. Memoria Explicativa de la Zonificación de la Susceptibilidad y la Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1:100.000 Plancha 194 - San Luis de Palenque, Anexo F Detonante Sismo. 2014.