SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Dirección de Geoamenazas

IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental

ANEXO C

SUSCEPTIBILIDAD POR SUELOS EDÁFICOS

PLANCHA 189 LA PALMA

MINMINAS

TODOS POR UN NUEVO PAÍS

PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

CONTENIDO

1. METODOLOGÍA APLICADA 5
2. CALIFICACIÓN POR TEXTURA 7
3. CALIFICACIÓN POR TAXONOMÍA 10
3.1 ENTISOLES 10
3.2 INCEPTISOLES 11
3.3 MOLISOLES 11
3.4 VERTISOLES 12
3.5 CALIFICACIÓN POR TAXONOMÍA 13
4. CALIFICACIÓN POR PROFUNDIDAD EFECTIVA 14
5. CALIFICACIÓN POR TIPO DE ARCILLA 16
6. CALIFICACIÓN POR DRENAJE NATURAL 19
7. SUSCEPTIBILIDAD DEL COMPONENTE SUELOS EDÁFICOS 21
7.1 SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA 22
7.2 SUSCEPTIBILIDAD ALTA 22
7.3 SUSCEPTIBILIDAD MEDIA 23
7.4 SUSCEPTIBILIDAD BAJA Y MUY BAJA 23
CONCLUSIONES 24
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ponderación de los atributos calificados para la variable suelos..... 5
Figura 2. Mapa de susceptibilidad por textura del suelo. 8
Figura 3. Mapa de unidades taxonómicas. 12
Figura 4. Mapa de susceptibilidad por taxonomía. 13
Figura 5. Mapa de susceptibilidad por profundidad efectiva de los suelos. 15
Figura 6. Mapa de susceptibilidad por tipo de arcilla. 17
Figura 7. Mapa de susceptibilidad por drenaje natural. 20
Figura 8. Distribución porcentual de la susceptibilidad por suelos edáficos. 21
Figura 9. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa por suelos edáficos. 22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la textura de los suelos 7
Tabla 2. Áreas calculadas por susceptibilidad de la textura de los suelos. 8
Tabla 3. Clasificación de la taxonomía de los suelos. 10
Tabla 4. Áreas y porcentajes de acuerdo a la clasificación taxonomíca de los suelos.... 12
Tabla 5. Clasificación de la profundidad efectiva de los suelos 14
Tabla 6. Clasificación del tipo de arcilla en los suelos..... 16
Tabla 7. Clasificación del drenaje natural del suelo..... 19
Tabla 8. Áreas y porcentajes según la susceptibilidad por suelos edáficos. 21

1. METODOLOGÍA APLICADA

El suelo edáfico es el medio de afianzamiento de la cobertura vegetal, se sitúa sobre el sustrato rocoso, y por sus propiedades y alteraciones (flujos de masa y energía) pueden condicionar la desestabilización del terreno y potencializar diferentes formas de movimientos en masa.

La metodología utilizada para calificar la susceptibilidad de los suelos edáficos a los movimientos en masa, define una serie de criterios y procedimientos en torno a los parámetros: textura, taxonomía, profundidad, tipo de arcilla y drenaje natural, figura 1. Esta información se ha adquirido a partir de los Estudios Generales de Suelos, escala 1:100.000, producidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), su tratamiento se ha realizado conforme lo propone el "Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa" (SGC, 2013) y el documento "Calificación de las variables edáficas y de cobertura de la tierra para la evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa" (SGC, 2013).

La susceptibilidad de los suelos por movimientos en masa, se evaluó en ese orden de ideas basado en el siguiente planteamiento matemático:

$$C = 0{,}3Te + 0{,}15Ta + 0{,}2Pt + 0{,}2Ar + 0{,}15D$$

Donde:
C = Suelos Edáficos
Te = Textura; **Ta =** Taxonomía; **Pt =** Profundidad; **Ar =** Tipo de Arcilla; **D =** Drenaje Natural

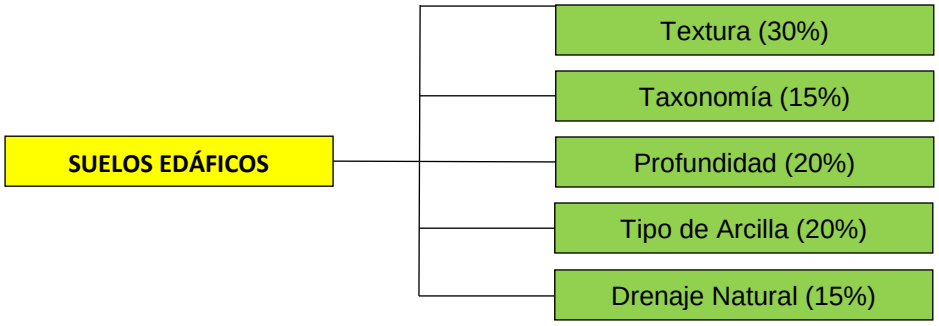

Figura 1. Ponderación de los atributos calificados para la variable Suelos (Tomado de SGC, 2013).

Inicialmente para la Plancha 189 – La Palma, se identificaron las unidades cartográficas de suelos (UCS), para cada una de estas se establecieron los perfiles modales correspondientes y se extrajeron los datos relacionados con las variables físicas, mineralógicas y taxonómicas provenientes de la memoria del estudio general de suelos.

Posteriormente, se realizó la calificación por parámetros y la superposición entre variables para determinar la susceptibilidad de los suelos edáficos como tal. Dentro de la plancha se valoraron también aquellas unidades definidas como “no suelos o SD (sin dato)”, las cuales se conforman por áreas urbanizadas y cuerpos de agua; de acuerdo con la metodología los cuerpos de agua tienen una susceptibilidad muy baja y las áreas construidas una susceptibilidad baja, por lo cual se les asignó calificaciones de 1 y 2 respectivamente.

Finalmente, los diversos resultados de la calificación fueron agrupados en cinco clases o categorías de susceptibilidad y se representaron mediante colores, siendo muy baja o 1 (verde oscuro), baja o 2 (verde claro), media o 3 (amarillo), alta o 4 (naranja) y muy alta o 5 (rojo).

2. CALIFICACIÓN POR TEXTURA

La textura denota la expresión cualitativa de la composición granulométrica o contenido relativo por tamaño de las partículas que conforman la fracción mineral del suelo. Esa calificación textural del suelo se realiza utilizando el llamado triángulo de clasificación textural, donde se encuentra la relación entre las proporciones de partículas tamaño arena, limo y arcilla.

De acuerdo con la metodología del SGC, los suelos con textura fina son más susceptibles a los movimientos en masa, retienen más humedad por tener mayor microporosidad, presentan baja conductividad hidráulica y ante la saturación aumentan la susceptibilidad a los movimientos en masa (ayudado por la pendiente y la fuerza de gravedad). Por el contrario, los suelos de textura gruesa, tienen alto contenido de macroporos (conductividad hidráulica alta), lo que disminuye la posibilidad de grandes movimientos de suelo.

Para cada tipo de suelos, se obtuvo una textura ponderada a partir del espesor de la textura de cada horizonte (cociente del espesor del horizonte), la profundidad total del perfil y presencia de modificadores como: gravilla, cascajo y piedra.

Para cada UCS se obtuvo una calificación final de la clase textural (susceptibilidad de la textura), ponderando la calificación de cada tipo de suelo según su participación en la UCS. De forma general, en los suelos se incrementa la susceptibilidad a la remoción en masa en la medida en que incrementan también la profundidad, el contenido de arcilla, el contenido de materia orgánica y la pendiente. Los valores de susceptibilidad asignados a cada clase textural se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de la textura de los suelos (Tomado de SGC, 2013).

Clase Textural	Calificación
Gr, A, AGr, AFGr, AFP, FAGrP, FLP, FP, FGrP, FArP, FArAP, ArP, P.	1
AF, FAGr, FLGr, FArAGr, FArGr, FGr.	2
ArA, ArAGr, ArGr, ArLGr, FA, FArLGr.	3
F, F-Org, FAr, FArA, FArL,FL, FLOrg, L.	4
Ar, ArL.	5
A=Arena; L= Limo; Ar= Arcilla; F= Franco; Gr= Grava; P= Piedra; Org= Orgánico	

De acuerdo con lo anterior se realizó el cálculo de áreas y porcentajes para cada susceptibilidad por textura de los suelos, los cuales se presentan en la tabla 2, así como en el mapa de la figura 2.

Tabla 2. Áreas calculadas por susceptibilidad de la textura de los suelos.

Susceptibilidad por Textura	Calificación	Área Km^2	% Plancha
Baja	2	12,97	0,54
Media	3	1028,43	42,85
Alta	4	986,39	41,10
Muy Alta	5	372,19	15,51
Total		**2400**	**100**

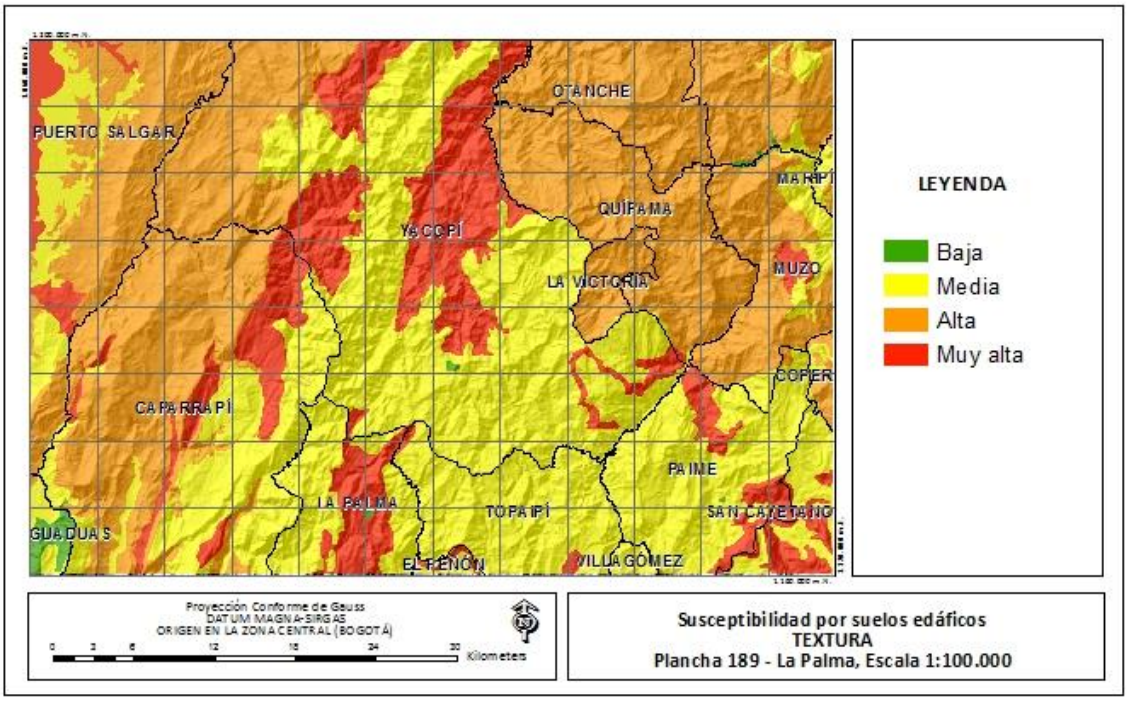

Figura 2. Mapa de susceptibilidad por textura del suelo.

Las zonas con susceptibilidad muy alta cubren una extensión de 372 km^2, lo que equivale al 15,5% de la plancha, correspondiendo con la tercera calificación más importante dentro de la plancha, asociada principalmente a texturas arcillosas, arcillo limosa y en menor proporción franco arcillosas, estas texturas presentan una alta

capacidad de retención de humedad en el interior del perfil de suelo, lo que como se mencionó anteriormente aumenta la probabilidad de presentar eventos de remoción en masa. Están localizadas principalmente en la región central y en sectores menores al oriente y occidente de la plancha dentro de los municipios de Yacopí, Otanche, Paime, San Cayetano, La Palma, Caparrapí, Muzo y Puerto Salgar, se asocian con terrazas de valle aluvial, así como por unidades de lomas, crestones, crestas dentro de la montaña.

La susceptibilidad alta por textura presenta el segundo mayor porcentaje de la zona con el 41%, equivalente a 986 km^2, con un cubrimiento al occidente en los municipios de Puerto Salgar, Caparrapí y Yacopí, y al nororiente con un cubrimiento casi total de los municipios de Otanche, Quípama, LA victoria, Muzo, Coper y San Pablo de Borbur. Las calificaciones altas representativas, comprenden texturas franco arcillosas, arcillosas, arcillo limosa, franco arcillo arenosa, franco arenosa y franca, que inciden en la alta capacidad de retención de humedad de los suelos.

Susceptibilidades de grado medio ocupan una extensión de 1028 km^2, lo que representa el 42,8% en la zona, siendo la mayor cobertura dentro de la plancha. Se presenta principalmente al suroriente y en la región central y menor proporción al occidente. Caracterizan los suelos de esta categoría las texturas franco arcillosa, franco-arenosa, arenosa franca y arcillosa, las cuales tienen en general una moderada capacidad de retención de humedad y por ello menor potencial a presentar fenómenos de remoción en masa.

Las susceptibilidades bajas, con el 0,54% y cerca de 13 km^2, se localizan en pequeños sectores aislados siendo el más representativo el que se presenta sobre crestas de montaña dentro del municipio de Guaduas con cerca de 9 km^2, y el segundo sobre un vallecito de montaña entre San Pablo y Muzo, las demás unidades corresponden a cascos urbanos o zonas sin dato dentro de los municipios de La Palma, Yacopí y Otanche. La unidad de baja susceptibilidad comprende texturas franco arcillosa y franco arcillo arenosa.

3. CALIFICACIÓN POR TAXONOMÍA

Corresponde a un sistema básico de clasificación de los suelos, que en la actualidad está estructurado por los trabajos de la Soil Survey Staff (SSS). La clasificación taxonómica de los suelos permite hacer generalizaciones en cuanto a las categorías edáficas y su predisposición a los movimientos en masa. Según el concepto de evolución pedológica, los suelos más evolucionados como los oxisoles y ultisoles, localizados en condiciones ideales son menos susceptibles, contrario a esto, los suelos más jóvenes como los histosoles, inceptisoles y entisoles presentan mayor susceptibilidad debido a su incipiente evolución (SGC, 2013).

Para ordenar y calificar los diferentes tipos de suelos, de acuerdo con su clasificación taxonómica, se tomó cada subgrupo y se llevó al nivel de orden, asignando una calificación de acuerdo con la tabla 3. En casos donde se requirió, se hizo una actualización mediante la Keys To Soil Taxonomy (USDA, 2010). Posteriormente, estos valores se ponderaron según el porcentaje de participación de cada tipo de suelo en la UCS, la suma de esos valores determinaron la calificación de la variable taxonomía.

Tabla 3. Clasificación de la taxonomía de los suelos (Tomado de SGC, 2013).

Orden de Suelos	Calificación
Oxisol, Ultisol	1
Alfisol	2
Molisol, Andisol, Espodosol	3
Vertisol, Aridisol	4
Inceptisol, Entisol, Histosol.	5

A continuación se presenta la distribución espacial de cada orden de suelo presente en la plancha, figura 3 y tabla 4, así mismo se describen las principales características de cada uno de ellos.

3.1 ENTISOLES

Son suelos de muy baja evolución pedogenética, su escaso desarrollo puede deberse al poco tiempo de evolución, a un predominio de los procesos erosivos sobre los de formación (laderas muy escarpadas), a aportes recientes de material (zonas aluviales y coluviales) o, a ubicaciones en zonas donde la alteración de materiales es incipiente y ardua (aéreas inundables o con saturación permanente).

Los entisoles presentan un solo horizonte superficial (ócrico o antrópico) de poco espesor, a razón de las limitaciones propias del clima, el relieve y el material parental, se pueden encontrar en todos los paisajes, climas y materiales. Este orden representa el segundo en importancia para la zona con el 29% y se distribuye con mayor predominio en los municipios de Caparrapí, Guaduas, Puerto Salgar, Yacopí y en menor proporción en los municipios de La Palma, Topaipí, Paime, San Cayetano, Muzo, Maripí y San Pablo de Borbur, e incluye dos subórdenes: los *Fluvents,* ubicados en vegas y terrazas en zonas de Valle, así como en vallecitos de la Montaña; y el suborden *Orthents,* presentes en zonas de crestas lomas y crestones dentro del paisaje de montaña; a nivel general son suelos bien drenados a excesivamente drenados.

3.2 INCEPTISOLES

Este orden incluye suelos de baja a mediana evolución pedogenética, que se distribuyen en varios paisajes geomorfológicos y climas del área de estudio. En los inceptisoles, se evidencia uno o varios horizontes por mineralización de la materia orgánica, liberación y oxidación del hierro y formación de estructura (úmbrico, ócrico, cámbrico, mólico, hístico, plagen). Se encuentran en zonas relativamente estables y poseen buena reserva de minerales alterables y capacidad moderada a alta para retener e intercambiar cationes. Los inceptisoles se presentan con el mayor cubrimiento en el área de estudio con el 70% y comprenden cuatro subórdenes: *Aquepts,* relacionados con valles coluvioaluviales del lomerío; *Orthents,* presente en un glacis del lomerío; *Udepts,* asociados crestas, crestones, lomas, colinas y glacis del lomerío y montaña; y *Ustepts,* presente vigas y crestas, lomas y glacis, vigas y crestones, lomas y vallecitos, dentro del paisaje de montaña.

3.3 MOLISOLES

Suelos normalmente profundos que proporcionan buenas condiciones fisicoquímicas para el desarrollo de raíces. La dinámica evolutiva de estos suelos está relacionada con la síntesis de materiales húmicos de alta evolución (materia orgánica) y estabilidad y con la acumulación de bases en todo el perfil. Los suelos ocurren en ambientes secos y semi-húmedos, aspecto que está relacionado con el alto contenido de bases. Los molisoles se identifican en una franja principal que va de sur a norte ubicada al occidente dentro del municipio de Puerto Salgar, asociado a un glacis coluvial y a terrazas del paisaje de valle del río Magdalena. Presentan un clima cálido húmedo a seco y comprende el suborden: *Udolls*, con un drenaje moderadamente bien drenado.

3.4 ANDISOLES

Suelos con evolución baja a moderada, originados a partir de cenizas volcánicas y que han desarrollado propiedades ándicas (baja densidad aparente, variados contenidos de vidrio volcánico, contenidos específicos de hierro+aluminio y alta retención de fosfatos). La baja densidad aparente unida a la alta retención de humedad que le confiere la arcilla alófona y la materia orgánica, los hacen muy susceptibles a los movimientos en masa. Se ubica con una pequeña área al sur dentro del municipio de Paime, comprende el suborden Udands, localizado sobre espinazos de la montaña.

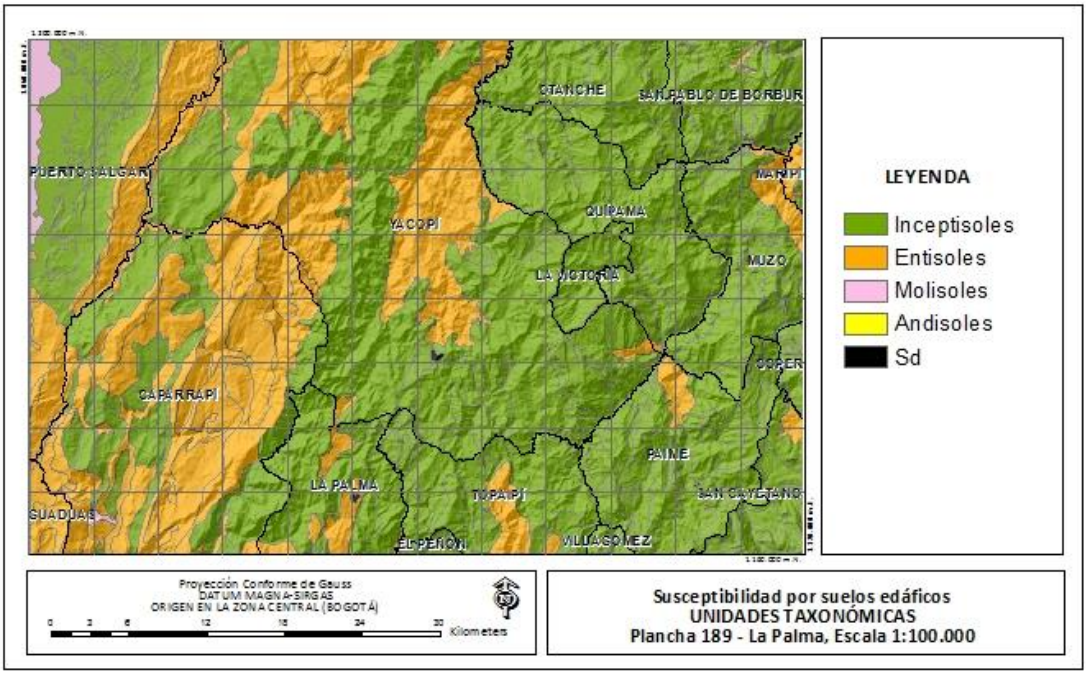

Figura 3. Mapa de unidades taxonómicas.

Tabla 4. Áreas y porcentajes de acuerdo a la clasificación de la taxonomía de los suelos.

ORDEN	Área Km^2	%
Entisoles	699,63	29,15
Inceptisoles	1680,87	70,04
Molisoles	18,11	0,75
Andisoles	0,13	0,0054
Sin Suelo	1,25	0,05

3.5 CALIFICACIÓN POR TAXONOMÍA

La calificación de los suelos por el parámetro taxonomía, figura 4, muestra un cubrimiento dominante de la susceptibilidad muy alta en la zona de estudio (mayor al 67%). Esta categoría se asocia a la clasificación de estas UCS en los órdenes inceptisoles, y entisoles (suelos jóvenes), los cuales ocupan la mayor parte de la región central, oriental y noroccidental.

La susceptibilidad alta, es la segunda categoría en extensión con el 34%, hace referencia principalmente al orden taxonómico de los inceptisoles, y en menor proporción a los molisoles y andisoles, se sitúa con mayor área en la región central y sur oriental dentro de los municipios de Yacopí, La Palma, Topaipí, Paime y San Cayetano y en menor proporción en Puerto Salgar y Caparrapí.

Las unidades de calificación de susceptibilidad por taxonomía baja, son muy poco representativas a nivel del área de estudio con el 0,05%, y refieren a las zonas urbanizadas y sin dato.

Por último, las categorías muy baja y media no se presentan en la plancha.

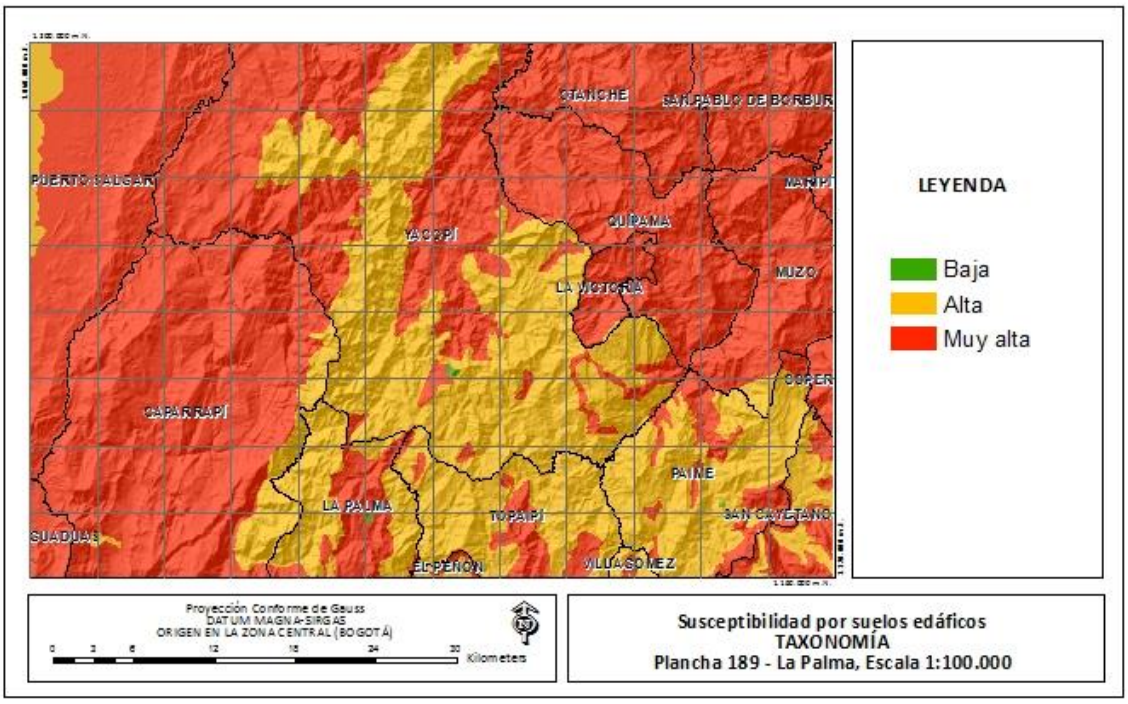

Figura 4. Mapa de susceptibilidad por taxonomía.

4. CALIFICACIÓN POR PROFUNDIDAD EFECTIVA

La profundidad de los suelos está definida por el espesor de los diferentes horizontes que componen un perfil de suelo, esta medida se realiza en centímetros desde la superficie del suelo, hasta el lugar donde el crecimiento radicular de las plantas encuentra alguna limitación (contactos líticos, paralíticos, petroférricos y petrocálcicos).

Para la evaluación de los movimientos en masa, se tomó el parámetro profundidad para los diferentes perfiles de suelos y se clasificó de acuerdo con los siguientes criterios: presencia de horizontes C, líticos, paralíticos y cementados, lo cual permitió estimar de forma aproximada los volúmenes de material de los suelos propensos a la remoción (SGC, 2013). Para la calificación de esta variable, se acudió a las descripciones morfológicas, correspondientes a los perfiles modales que representan los diferentes tipos de suelo que componen cada una de las UCS, tabla 5, y cuya finalidad fue la de asignar una de las cinco calificaciones por susceptibilidad establecidas; por su parte el mapa de la figura 5, muestran la distribución de la susceptibilidad por profundidad efectiva.

Tabla 5. Clasificación de la profundidad efectiva de los suelos (Tomado de SGC, 2013).

Profundidad (cm)	Categoría	Calificación
0 - 25	Muy baja o muy superficial	1
25 - 50	Baja o superficial	2
50 - 100	Media o moderadamente profunda	3
100 - 150	Alta o profunda	4
mayor a 150	Muy alta o muy profunda	5

Los resultados, determinan una susceptibilidad muy alta a suelos muy profundos, con el 0,5%, en entisoles, localizados en terrazas y crestas del valle y lomerío respectivamente, ubicados al occidente en los municipios de Puerto Salgar y Guaduas donde se tienen suelos con 1,8 m de profundidad media.

La susceptibilidad alta domina la plancha con el 88%, se encuentra en suelos de los órdenes entisoles, inceptisoles, molisoles y andisoles, presentes en unidades de los paisajes de montaña, lomerío y valle. Esta calificación tiene presencia en todos los municipios de la plancha, teniendo cobertura total en los municipios de Yacopí, La Palma, La Victoria, Topaipí, Paime, San Cayetano y Villagómez. Estos suelos presentan profundidades entre 60 a 150 cm.

La susceptibilidad media presenta cerca del 9% en extensión, y se destacan Inceptisoles, presentes en vigas y crestones, lomas cuestas y glacis, así como en vallecitos del paisaje de montaña, localizados en la región nororiental dentro de los municipios de San Pablo de Borbur, Quípama, Muzo y Otanche. De igual forma se presentan entisoles en espinazos, lomas y vallecitos de la montaña ubicados de forma preferente al suroccidente en los municipios de Caparrapí, Puerto Salgar y Guaduas.

Por su parte las susceptibilidades bajas corresponden a entisoles ubicados sobre crestas y vallecitos de la montaña ubicados al nororiente en Maripí y Muzo y al suroccidente dentro de Caparrapí y Puerto Salgar. A esta categoría también pertenecen las áreas sin dato así como las zonas urbanas.

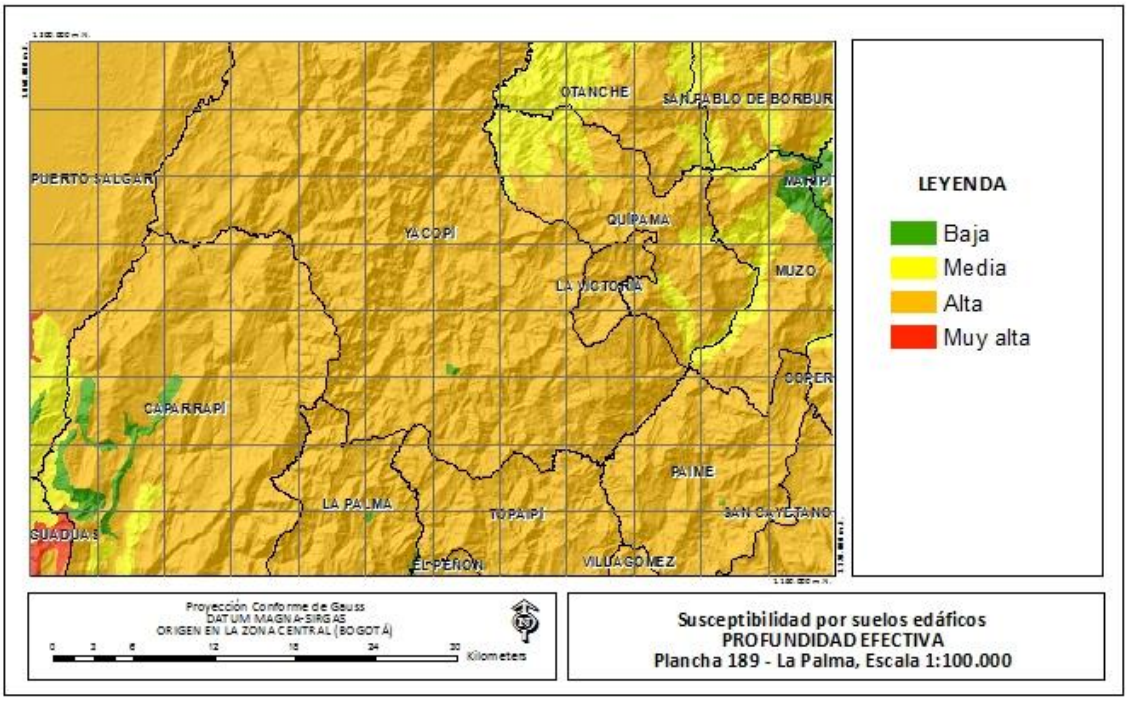

Figura 5. Mapa de susceptibilidad por profundidad efectiva de los suelos.

5. CALIFICACIÓN POR TIPO DE ARCILLA

El tipo de arcilla es un constituyente que cuantifica la mayoría de las propiedades físicas, químicas o biológicas de los suelos; aspectos como la naturaleza coloidal, la alta superficie específica, la plasticidad, la adherencia, la contracción, la capacidad de intercambio catiónico, entre otras, son propias de las arcillas. Este parámetro, se calificó de acuerdo con la tipología, teniendo en cuenta además la clasificación taxonómica de los suelos. Al final, para para cada UCS, se ponderaron los valores de susceptibilidad que se resumen en la tabla 6.

Tabla 6. Clasificación del tipo de arcilla en los suelos (Tomado de SGC, 2013).

Grupos de Arcilla	Orden	Calificación
Caolinita, Biotita	(Ox, ults, ods)	1
Caolinita, sesquióxidos, Montmorillonita, Vermiculita Caolinita, Gibsita, Moscovita, Montmorillonita	(ents, epts)	2
Montmorillonita, Clorita, Caolinita Montmorillonita, Vermiculita, Caolinita	(olls, ids, alfs)	3
Moscovita, Illita, Vermiculita, Montmorillonita Moscovita, Montmorillonita, Vermiculita Talco, Moscovita, Vermiculita, Montmorillonita	(erts)	4
Alófana, Gibsita, Halloisita, Imogolita Montmorillonita, Vermiculita M.O (Materia Orgánica)	(ands, ists)	5

El tipo de mineral de arcilla presente en un suelo, el porcentaje en proporción con respecto al total de minerales y las características antes mencionadas afecta considerablemente el comportamiento de un suelo. En general, la propiedad de expansión y contracción que tienen las arcillas, siguen un mismo patrón ante las propiedades de plasticidad, entre más plástico el material mayor su potencial de expansión y menor su resistencia al esfuerzo cortante.

Los suelos con mayores contenidos de minerales de relación 2:1 (denominados arcillas expandibles), tienen mayor capacidad de retención de cationes, presentan menor lavado de las bases, una mayor superficie específica y mayor retención de humedad que las arcillas de relación 1:1 (caolinitas). Estas arcillas de relación 2:1 (montmorillonitas y vermiculitas), al igual que la materia orgánica (material que mayores valores tiene en cuanto a la capacidad de intercambio catiónico y de retención de humedad), son con frecuencia, más susceptibles a los movimientos en masa y a la deformación que los otros tipos de arcilla.

Para la Plancha 189 – La Palma, la calificación por tipo de arcilla se presenta en el mapa de la figura 6:

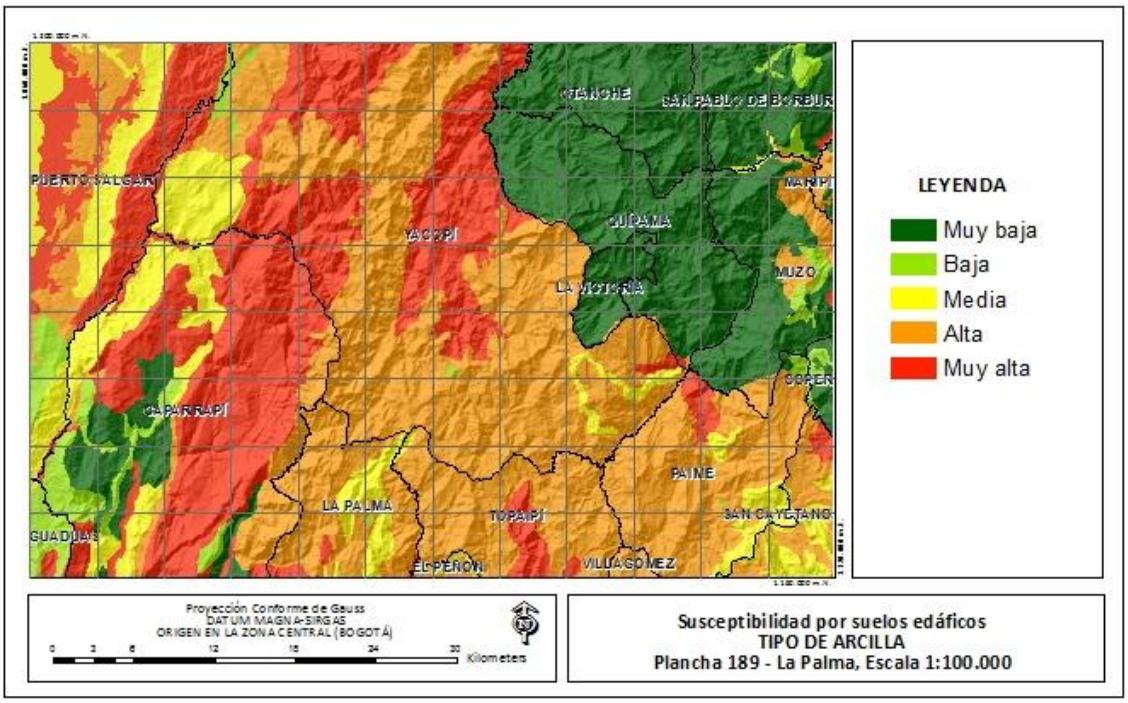

Figura 6. Mapa de susceptibilidad por tipo de arcilla.

Susceptibilidades muy altas con el 25%, se presentan en entisoles e inceptisoles, los minerales arcillosos incluyen esencialmente montmorillonita, illita, moscovita y vermiculita. Estas unidades se ubican de forma general como fajas alargadas con dirección NE y predominio en los municipios de Yacopí, Caparrapí, Puerto Salgar y Topaipí.

Calificaciones altas se presentan con un 38%, y se localizan principalmente al sur oriente y región central en los municipios de Yacopí, La Palma, Topaipí, Paime y San Cayetano, así como al occidente en Puerto Salgar y nororiente entre Muzo y Maripí. Se caracteriza por la presencia de inceptisoles y algunos entisoles, con mayor contenido en caolinita así como montmorillonita y vermiculita y en algunos casos, moscovita e illita.

La categoría de susceptibilidad media, presenta el 10%, se destacan inceptisoles, con contenidos de caolinita montmorillonita y vermiculita, así como entisoles, con contenidos de moscovita, illita, vermiculita y montmorillonita, mientras que los

molisoles con montmorillonita y vermiculita y una unidad sin dato. Unidades de susceptibilidad media tienen presencia en la región occidental en los municipios de Puerto Salgar, Yacopí y Caparrapí; al sur en los municipios de La Palma, Paime y San Cayetano, así como al nororiente en los municipios de San Pablo de Borbur y Muzo.

Susceptibilidades bajas con el 3,8%, presentan principalmente entisoles y algunos inceptisoles, siendo importantes la región suroccidental y oriental, presentan dentro de su perfil principalmente asociaciones de moscovita, illita, vermiculita y montmorillonita, en los entisoles y caolinita, montmorillonita y vermiculita para los inceptisoles.

La categoría muy baja presenta una extensión del 22%, domina la región nororiental y una parte al suroccidente, está caracterizada por presentar inceptisoles con presencia de caolinita, montmorillonita y vermiculita, se presenta de forma representativa en los municipios de Quípama, Otanche, la Victoria, Muzo, San Pablo de Borbur y Caparrapí.

6. CALIFICACIÓN POR DRENAJE NATURAL

El drenaje natural de los suelos, explica el comportamiento del agua asociado con las características físicas e hidrológicas del perfil del suelo, aspectos que permiten los fenómenos de infiltración, percolación y escurrimiento (drenaje interno y externo).

La infiltración es el proceso por el cual el agua que llega a la superficie del suelo penetra por efecto de la gravedad y la capilaridad. Cuando el agua permanece dentro del suelo por largos periodos se produce la reducción del mismo, en una dinámica relacionada con los encharcamientos, inundaciones o ascensos del nivel freático, por lo tanto, las clases de drenaje natural están asociadas a la frecuencia y duración de los periodos húmedos.

La calificación de este parámetro para cada UCS, se hizo mediante la consulta del perfil modal asociado a la UCS, el cual de acuerdo a los criterios de la tabla 7, se calificó en función al tipo de suelo descrito en cada perfil. Conforme al porcentaje de participación de estos valores en la correspondiente UCS, se hizo la ponderación y suma, que permitió la calificación final de susceptibilidad por drenaje natural.

Tabla 7. Clasificación del drenaje natural del suelo (Tomado de SGC, 2013).

Orden de Suelos	Características	Calificación
Excesivo	No retienen agua después de las lluvias.	1
Moderadamente excesivo	No retienen agua para las plantas después de las lluvias. El nivel freático nunca sube por debajo de 80 cm.	
Bueno o bien drenado	Suelos óptimos para el abastecimiento de agua y aire a los cultivos. Nivel freático siempre por debajo de 80 cm.	2
Moderado o moderadamente bien drenado	El agua es removida lentamente hasta el nivel freático (40-80 cm. En época de lluvias). Requiere drenaje para cultivos permanentes.	3
Imperfecto	Suelos con capas impermeables que impiden percolación en época de lluvias.	4
Pobre	Agua removida lentamente y los perfiles están mojados en la época de lluvias. Se requiere drenaje.	
Muy pobre	Agua Freática cerca o sobre la superficie. Encharcamientos permanentes. Se requiere drenaje.	5
Pantanoso	Agua Freática sobre la superficie. Encharcamientos permanentes. Se requiere drenaje.	

La calificación de este parámetro arrojo los siguientes resultados, presentados en el mapa de la figura 7.

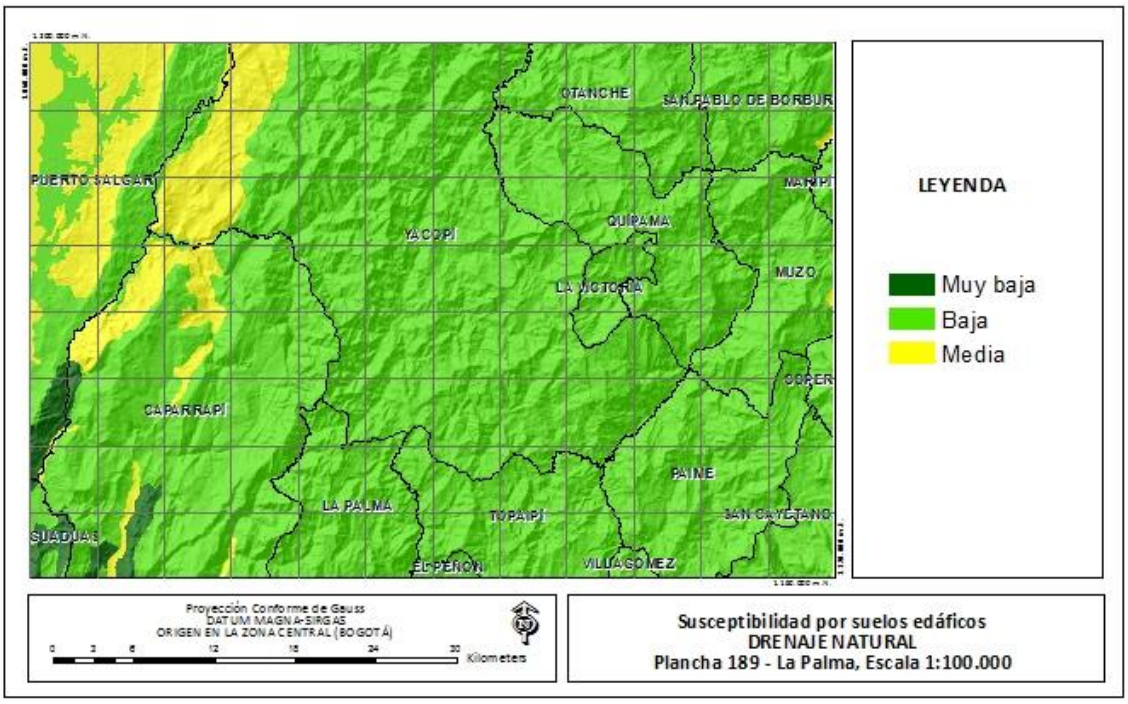

Figura 7. Mapa de susceptibilidad por drenaje natural.

La calificación de susceptibilidad media, se encuentran unidades moderadas a bien drenadas en entisoles, inceptisoles y molisoles. Esta categoría se sitúa preferencialmente en la región occidental, en los municipios de Yacopí, Puerto Salgar y Caparrapí, así como en un sector al oriente dentro de los municipios de Muzo y Maripí.

La calificación de baja susceptibilidad por drenaje natural, es la de mayor cubrimiento en la zona de estudio con el 89%. Se caracteriza por presentar zonas bien drenadas a excesivamente drenadas en entisoles, andisoles e inceptisoles, que se distribuyen con predominio en toda la plancha y presencia en todos sus municipios.

Por último, las zonas de muy baja susceptibilidad hacen referencia a zonas con suelos del orden entisol ubicados al suroccidente dentro de los municipios de Puerto salgar, Guaduas y Caparrapí con características de drenaje excesivo, así mismo se relaciona con zonas sin información dentro del estudio de suelos.

7. SUSCEPTIBILIDAD DEL COMPONENTE SUELOS EDÁFICOS

Con la calificación consolidada para cada parámetro de las unidades cartográficas de suelo UCS (textura, taxonomía, profundidad, tipo de arcilla y drenaje natural) y teniendo en cuenta los porcentajes descritos en la fórmula de la figura 1, se calificó y obtuvo el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa por la variable suelos edáficos. Con base en la tabla 8 y la figura 8, se puede determinar que existe un predominio espacial de la categoría de susceptibilidad alta con el 72%, dominando la región central y suroriental y noroccidental relacionada principalmente con inceptisoles y entisoles, seguida por la susceptibilidad media (27%) dominando la región nororiental y suroccidental donde existen suelos del orden andisol, molisol, entisol e inceptisol, y con porcentajes mínimos de cubrimiento para las susceptibilidades muy alta, baja y muy baja (no suelos).

Tabla 8. Áreas y porcentajes según la susceptibilidad por suelos edáficos.

Susceptibilidad por Suelos Edáficos	Calificación	Área Km^2	% Plancha
Muy Baja	1	1,25	0,05
Baja	2	1,02	0,04
Media	3	667,04	27,79
Alta	4	1727,98	72,00
Muy Alta	5	3,72	0,16
Total		**2400**	**100**

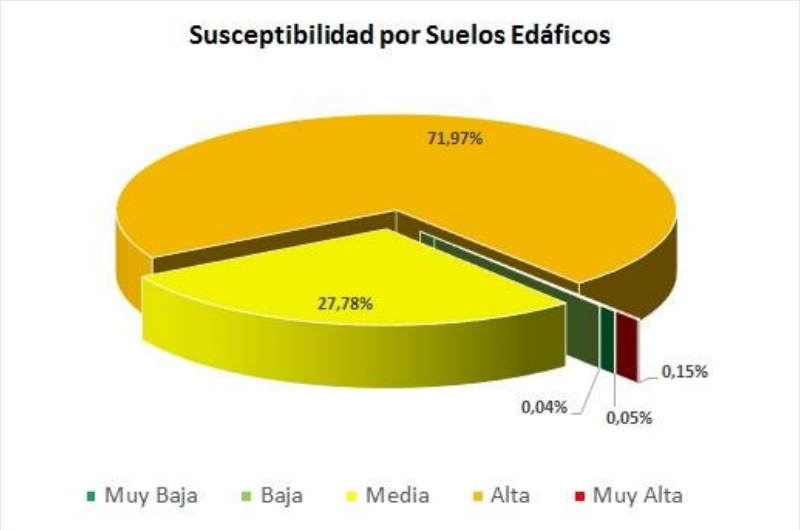

Figura 8. Distribución porcentual de la susceptibilidad por suelos edáficos.

El mapa de la figura 9 muestra a su vez la distribución espacial que tienen estos grados de susceptibilidad por la variable de suelos edáficos, a continuación, se describen con más detalle cada categoría.

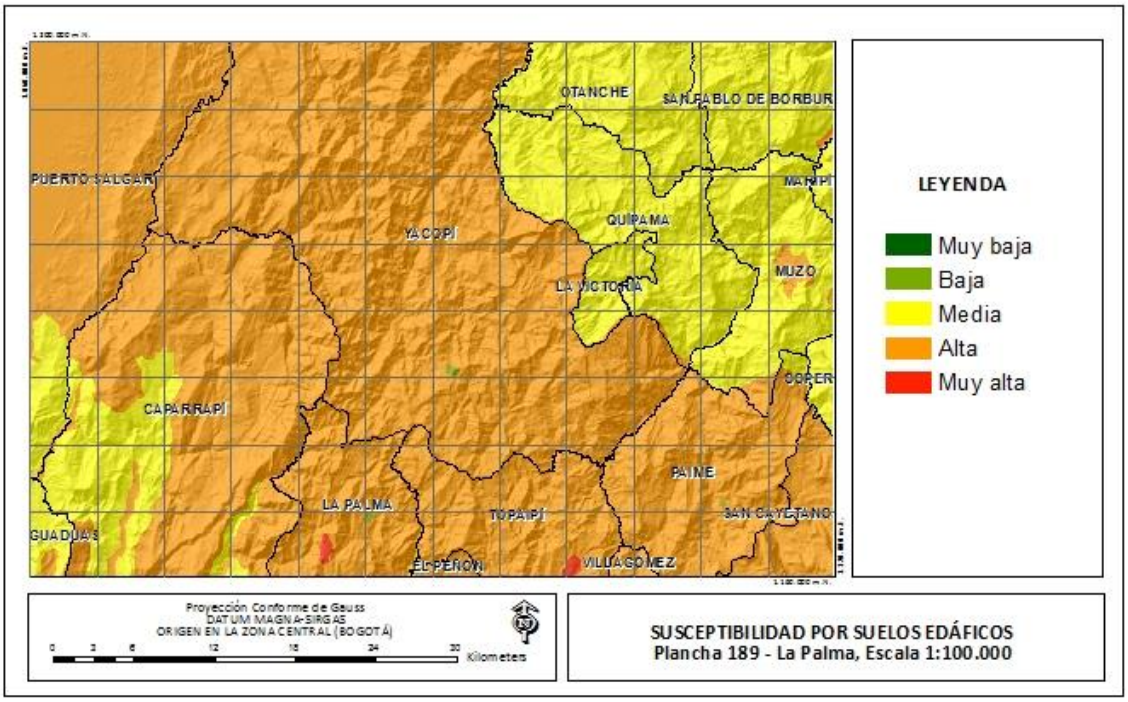

Figura 9. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa por suelos edáficos.

7.1 SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA

Con un área de 3,7 km² y un porcentaje de ocupación que llega al 0,16%, la susceptibilidad muy alta corresponde esencialmente a una unidad de inceptisoles y dos de entisoles, localizadas al sur en los municipios de La Palma y Topaipí. Estas unidades de suelos se caracterizan por estar situados en relieves de lomas, en clima medio húmedo, con profundidades medias entre 120 y 130 cm, así como arcillas expandibles tipo 2:1, texturas arcillosas y buen drenaje natural.

7.2 SUSCEPTIBILIDAD ALTA

Esta categoría abarca el 72 % en extensión, con un área total de 1727,9 km², lo que la convierte en la unidad de susceptibilidad por suelos edáficos más representativa de la Plancha 189- La Palma. Los suelos comprenden principalmente, inceptisoles y en menor

proporción entisoles, y molisoles, localizados en grandes unidades con predominio en la región central noroccidental y suroriental.

Estos suelos se encuentran asociados a espinazos, crestones, glacis, lomas y vallecitos del lomerío y la montaña, así como a planos de inundación y terrazas del valle aluvial, en climas con predominio del cálido húmedo a medio muy húmedo; presentan profundidades medias entre 50 y 150 cm, con arcillas tipo caolinita, illita, moscovita, vermiculita y montmorillonita en texturas arcillosas, arcillo-limosa, franco-arcillosas, franco-arenosas, y franco arcillo arenosa y limosa, en perfiles en general con drenaje moderado a bien drenado.

7.3 SUSCEPTIBILIDAD MEDIA

Corresponde a la calificación media el 27,8% de cubrimiento territorial con 667 Km², siendo la segunda categoría de mayor extensión. Los suelos son fundamentalmente inceptisoles con algunos entisoles y una unidad de molisol, que se ubican con predominio en la región nororiental principalmente en los municipios de Otanche, Quípama, La Victoria, Muzo, Coper, Maripí y San Pablo de Borbur; igualmente se presentan en la región suroccidental en Guaduas, Puerto Salgar y Caparrapí.

Los suelos de la susceptibilidad media se relacionan especialmente con inceptisoles presentes en unidades de vigas y crestas, vigas y crestones homoclinales, lomas y glacis y vallecitos dentro de la montaña; mientras que los entisoles se relación con lomas, crestas, espinazos y vallecitos de montaña. Presentan climas cálidos secos y muy húmedos y medio muy húmedo. La profundidad de los perfiles es variable y está entre 25 a 180 cm, con gran variedad de arcillas (tipo illita, caolinita, moscovita, vermiculita y montmorillonita), texturas franco-arcillosas, arenosa-franca, arcillosa y franco-arenosas, con un buen drenaje natural.

7.4 SUSCEPTIBILIDAD BAJA Y MUY BAJA

Presentan una cobertura del 0,05% para la susceptibilidad muy baja y el 0,04% para la susceptibilidad baja, su cubrimiento es mínimo y se encuentra asociado con clases “no suelos”, referentes a afloramientos rocosos, áreas urbanas y/o cuerpos de agua, así como a zonas sin información del estudio de suelos base.

CONCLUSIONES

Realizada la calificación y zonificación de las unidades cartográficas de suelos de la Plancha 189- Puerto Boyacá, se puede concluir lo siguiente:

- Los factores edáficos: material parental, taxonomía, textura, profundidad efectiva, tipo de arcilla y drenaje natural, aportan elementos valiosos que permiten comprender la dinámica de los fenómenos de erosión y movimientos en masa.

- En general, por la dominancia de suelos jóvenes (entisoles e inceptisoles) y por las propiedades intrínsecas que los caracterizan, el área de la Plancha 189 – La Palma se encuentra predominantemente caracterizada por la alta predisposición a presentar movimientos de remoción en masa en cuanto a la variable suelos edáficos se refiere.

- La categoría de susceptibilidad a movimientos en masa por la variable suelos edáficos, con mayor predominancia en el área de estudio, es la calificación alta con un porcentaje que supera el 71% de participación. Esta calificación se distribuye de forma dominante en la región noroccidental, central y suroriental presentando inceptisoles, entisoles y molisoles de varios subórdenes, que se asocian a relieves presentes en los paisajes de valle y montaña.

- Las susceptibilidades muy altas, abarcan tan solo el 0,16% de cubrimiento espacial, corresponde esencialmente a una unidad de inceptisoles y dos de entisoles, localizadas al sur en los municipios de La Palma y Topaipí. Estas unidades de suelos se caracterizan por estar situados en relieves de lomas, en clima medio húmedo, con profundidades medias entre 120 y 130 cm, así como arcillas expandibles tipo 2:1, texturas arcillosas y buen drenaje natural.

- Calificaciones por susceptibilidad media, presenta una ocupación del 27%, es la segunda categoría de mayor extensión dominando la región nororiental y suroccidental, sus suelos se constituyen por inceptisoles y entisoles relacionados con relieves de la montaña en climas cálidos secos y muy húmedos y medio muy húmedo, con un buen drenaje natural.

- Las susceptibilidades baja y muy baja tienen un cubrimiento mínimo que cercano al 0,09% y pertenecen a las clases “no suelos” que incluyen cuerpos de agua, afloramientos rocosos y áreas construidas, así como zonas sin información en el estudio de suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DE LOS ESTADOS UNIDOS, 2010. Keys To Soil Taxonomy. USDA.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. 2014. Metodología de la zonificación de susceptibilidad por deslizamientos Escala 1:100.000. Por: Jaramillo O., Gavidia A., Oscar A., Cruz, A. y Rincón P.R., 65 págs.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC. 2000. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento Cundinamarca. IGAC, Subdirección de Agrología. Bogotá D.C.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI - IGAC. 2005. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento Boyacá. IGAC, Subdirección de Agrología. Bogotá D.C.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO - SGC. 2013. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000. Versión 2., 202 págs.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO - SGC. 2013. Calificación de las variables edáficas y de cobertura de la tierra para la evaluación de la susceptibilidad a movimientos en masa, versión No. 2. Bogotá.