

**ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA,  
ESCALA 1:100000 EN LOS DEPARTAMENTOS DE PUTUMAYO, CAQUETA Y  
CAUCA EMPLEANDO SIG.**

**ELKIN FABIAN ARCINIEGAS CHAPARRO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA  
IPRED  
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL  
MÁLAGA  
2015**

**ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA,  
ESCALA 1:100000 EN LOS DEPARTAMENTOS DE PUTUMAYO, CAQUETA Y  
CAUCA EMPLEANDO SIG.**

**ELKIN FABIAN ARCINIEGAS CHAPARRO**

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Ingeniero Forestal**

**Director  
ROSA HELENA LOZANO CUEVAS  
Ingeniera Forestal**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA  
IPRED  
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL  
MÁLAGA  
2015**

## DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado a **DIOS**, por darme la vida a través de mis queridos padres **MARTHA y JORGE**; quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí una persona con valores para poder desenvolverme como **PADRE Y PROFESIONAL**.

A mi hija **SARAY VALERIA**, que es el motivo y la razón que me ha llevado a seguir superándome día a día, para alcanzar mis más apreciados ideales de superación, ella quien en los momentos más difíciles me dio su amor y comprensión para poderlos alcanzar.

También dedico este proyecto a mi señora, compañera **YULY MARCELA**, ella representó gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio.

A mis hermanos **VILMA Y CHABETO**, quienes me brindaron su apoyo incondicional para conmigo y mi hija en los momentos más difíciles.

## AGRADECIMIENTOS

Me complace de sobre manera a través de este trabajo exteriorizar mi sincero agradecimiento a la Universidad Industrial de Santander a la Facultad de Geología y al programa de Ingeniería Forestal y en ella a los distinguidos docentes quienes con su profesionalismo y ética puesto de manifiesto en las aulas enrumban a cada uno de los que acudimos con sus conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad.

A mi Directora Ingeniera **ROSA HELENA LOZANO CUEVAS** e Ingeniero **VICTORIANO VARGAS**; quien con su experiencia como docentes ha sido la guía idónea, durante el proceso que ha llevado el realizar este trabajo de grado, me han brindado el tiempo necesario, como la información para que este anhelo llegue a ser felizmente culminado.

Por último a mi compañero de proyecto de grado **JAIRO DANIEL PORTILLA ROJAS**, porque en esta armonía grupal, hemos logrado el mayor de nuestros anhelos, ser los profesionales forestales de la Universidad Industrial de Santander.

Y a todos aquellos que de una u otra manera me brindaron su apoyo y ayuda para la culminación de mi proyecto de grado.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. PROBLEMA	20
2. OBJETIVOS	23
2.1 OBJETIVO GENERAL	23
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	23
3. MARCO REFERENCIAL	24
3.1 MARCO TEORICO	24
3.1.1 Departamento del Putumayo:	24
3.1.2 Departamento del Caquetá	31
3.1.3 Departamento del Cauca	42
3.1.4 Leyenda nacional de coberturas de la tierra	48
3.1.5 Sensores remotos y sistemas de información geográfica aplicados al estudio de los procesos de movimiento en masa	51
3.1.6 Zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa:	53
3.2 MARCO LEGAL	54
3.3 MARCO CONCEPTUAL	57
4. DISEÑO METODOLOGICO	61
4.1 TIPO DE ESTUDIO	61
4.2 ATRIBUTOS QUE COMPONEN LA COBERTURA DE LA TIERRA.	62
4.2.1. Susceptibilidad a los movimientos en masa	63
4.2.2 Profundidad radicular	65
4.2.3 Evapotranspiración	67
4.2.5 Número estrato	76
5. ANALISIS DE RESULTADOS	79
5.1 MAPA DE LOCALIZACIÓN	79
5.2 ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD DE LA TIERRA.	81
5.2.1 Análisis de susceptibilidad plancha 413	82
5.2.2 Tipos de unidades de cobertura encontrada en la plancha 413.	82
5.2.3 Profundidad Radicular:	85
5.2.4 Evapotranspiración	89
5.2.5 Drenaje profundo	94
5.2.6 Número estrato	98
5.2.7 Análisis de susceptibilidad plancha 414	106
5.2.8 Tipos de unidades de cobertura encontrada en la plancha 414:	106

5.2.9 Profundidad radicular	109
5.2.10 Evapotranspiración	112
5.2.11 Número estrato	120
5.2.12 Análisis de susceptibilidad plancha 431	128
5.2.13 Tipos de unidades de cobertura encontrada en la plancha 431	128
5.2.14 Profundidad radicular.	131
5.2.15 Drenaje profundo	139
5.2.16 Número estrato	142
5.2.17 Análisis de susceptibilidad plancha 449	149
5.2.18 Tipos de unidades de cobertura encontrada en la plancha 449.	149
5.2.19 Profundidad radicular.	152
5.2.20 Evapotranspiración:	156
5.2.21 Drenaje profundo	160
5.2.22 Número estrato	164
6. CONCLUSIONES	170
7. RECOMENDACIONES	172
BIBLIOGRAFIA	173
ANEXOS	15

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Rangos de susceptibilidad	64
Cuadro 2. Valores utilizados para la obtención de la calificación de la variable Profundidad Radicular.	67
Cuadro 3. Coeficiente de cultivo.	69
Cuadro 4. Adaptación a los climas manejados en la capa de ecosistemas	70
Cuadro 5. Valores utilizados para la obtención de la calificación de la variable Evapotranspiración.	71
Cuadro 6. Grupos de suelos que contempla el método curva número.	72
Cuadro 7. Valor de curva número para las coberturas.	73
Cuadro 8. Clasificación del coeficiente de cultivo (Kc).	75
Cuadro 9. Valores utilizados para la obtención de la calificación de la variable Drenaje Profundo	76
Cuadro 10. Valores utilizados para la obtención de la calificación de la variable número estratos.	78
Cuadro 11. Cuantificación de las coberturas de la tierra presentes en la plancha 413	82
Cuadro 12. Calificación del atributo Profundidad Radicular de la plancha 413.	86
Cuadro 13. Calificación del atributo evapotranspiración de la plancha 413.	90
Cuadro 14. Calificación del atributo Drenaje Profundo, plancha 413.	94
Cuadro 15 Calificación del atributo número estrato, plancha 413.	98
Cuadro 16. Cuantificación de las coberturas de la tierra presentes en la plancha 414.	106

Cuadro 17. Calificación del atributo Profundidad Radicular de la plancha 414.	109
Cuadro 18. Calificación del atributo evapotranspiración de la plancha 414.	112
Cuadro 19. Calificación del atributo drenaje profundo, plancha 414.	116
Cuadro 20. Calificación del atributo número estrato, plancha 414.	120
Cuadro 21. . Cuantificación de las coberturas de la tierra presentes en la plancha 431	128
Cuadro 22. Calificación del atributo profundidad radicular, plancha 431	131
Cuadro 23. Calificación del atributo evapotranspiración, plancha 431	135
Cuadro 24. Calificación del atributo Drenaje Profundo, plancha 431	139
Cuadro 25. Calificación del atributo número estrato, plancha 431	142
Cuadro 26. Cuantificación de las coberturas de la tierra presentes en la plancha 449.	149
Cuadro 27. Calificación del atributo profundidad radicular, plancha 449.	152
Cuadro 28. Calificación del atributo evapotranspiración, plancha 449.	156
Cuadro 29. Calificación del atributo drenaje profundo, plancha 449.	160
Cuadro 30. Calificación del atributo número estrato, plancha 449.	164

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Unidades de coberturas de la tierra para la leyenda nacional, escala 1:100.000, de acuerdo con la metodología CORINE land cover adaptada para Colombia.	50
Figura 2. Efectos de la vegetación sobre el suelo.	62
Figura 3. Procedimiento para cálculo de la sensibilidad de cobertura de la tierra.	63
Figura 4. Proceso para el cálculo de la susceptibilidad de cobertura de la tierra.	65
Figura 5. Diagrama de flujo de obtención de la variable profundidad radicular.	66
Figura 6. Diagrama de flujo de obtención de la variable evapotranspiración.	68
Figura 7. Diagrama de flujo de obtención de la variable drenaje profundo.	73
Figura 8. Diagrama de flujo de obtención de la variable número estrato.	77
Figura 9. Mapa de localización de planchas	80
Figura 10. Mapa con las unidades de coberturas de la tierra, plancha 413.	84
Figura 11. Unidades de coberturas de la tierra de la plancha 413 en función del porcentaje de área.	85
Figura 12. Mapa calificación atributo profundidad radicular para la plancha 413	88
Figura 13. Calificación de la susceptibilidad variable profundidad radicular en la plancha 413.	89
Figura 14. Calificación de la susceptibilidad variable evapotranspiración de la plancha 413.	92
Figura 15. Mapa calificación atributo evapotranspiración para la plancha 413.	93
Figura 16. Calificación de la susceptibilidad variable drenaje profundo de la plancha 413.	96

Figura 17. Mapa calificación del atributo Drenaje Profundo para la plancha 413.	97
Figura 18. Calificación de la susceptibilidad variable número estrato en la plancha 413.	100
Figura 19. Mapa calificación del atributo número estrato para la plancha 413.	101
Figura 20. Categoría de la susceptibilidad de la variable coberturas de la tierra de la plancha 413.	103
Figura 21. Mapa categorías de susceptibilidad final de la variable cobertura de la tierra, plancha 413.	105
Figura 22 . Unidades de coberturas de la tierra de la plancha 414 en función del porcentaje.	107
Figura 23. Mapa con las unidades de coberturas de la tierra, plancha 414.	108
Figura 24. Calificación de la susceptibilidad, variable profundidad radicular en la plancha 414.	110
Figura 25. Mapa calificación atributo profundidad radicular para la plancha 414.	111
Figura 26. Calificación de la susceptibilidad variable evapotranspiración en la plancha 414.	114
Figura 27. Mapa de calificación del atributo evapotranspiración para la plancha 414.	115
Figura 28. Calificación de la susceptibilidad variable drenaje profundo en la plancha 414.	118
Figura 29. Mapa calificación del atributo drenaje profundo, plancha 414.	119
Figura 30. Calificación de la Susceptibilidad Variable número estrato en la plancha 414.	122
Figura 31. Mapa calificación del atributo número estrato, plancha 414.	123
Figura 32. Categoría de la susceptibilidad final de la variable coberturas de la tierra en la plancha 414.	125
Figura 33. Mapa categorías de susceptibilidad final de la variable cobertura de la tierra, plancha 414.	127

Figura 34. Unidades de coberturas de la tierra de la plancha 431 en función del porcentaje de área.	129
Figura 35. Mapa con las unidades de coberturas de la tierra, plancha 431	130
Figura 36. Calificación de la susceptibilidad, variable profundidad radicular en la plancha 431.	132
Figura 37. Mapa calificación atributo profundidad radicular para la plancha 431.	134
Figura 38. Calificación de la susceptibilidad, variable evapotranspiración en la plancha 431	136
Figura 39. Mapa calificación del atributo evapotranspiración, plancha 431	138
Figura 40. Calificación de la susceptibilidad, variable drenaje profundo de la plancha 431	140
Figura 41. Mapa calificación del atributo drenaje profundo, plancha 431	141
Figura 42. Calificación de la susceptibilidad, variable número estrato de la plancha.	143
Figura 43. Mapa calificación del atributo número estrato, plancha 431.	145
Figura 44. Categoría de la susceptibilidad final de la variable coberturas de la tierra de la plancha.	146
Figura 45. Mapa categorías de susceptibilidad final de la variable cobertura de la tierra, plancha 431	148
Figura 46. Unidades de coberturas de la tierra, plancha 449, en función del porcentaje de área.	150
Figura 47. Mapa con las unidades de coberturas de la tierra, plancha 449	151
Figura 48. Calificación de la susceptibilidad, variable profundidad radicular de la plancha 449.	153
Figura 49. Mapa calificación del atributo profundidad radicular, plancha 449	155
Figura 50. Calificación de la susceptibilidad, variable evapotranspiración de la plancha 449.	157
Figura 51. Mapa calificación del atributo evapotranspiración, plancha 449	159

Figura 52. . Calificación de la susceptibilidad, variable drenaje profundo de la palancla.	161
Figura 53. Mapa calificación del atributo drenaje profundo, plancha 449.	163
Figura 54. Calificación de la susceptibilidad, variable número estrato de la plancha 449.	165
Figura 55. Mapa calificación del atributo número estrato, plancha 449.	166
Figura 56. Distribución de la susceptibilidad de la variable coberturas de la tierra de la plancha 449.	167
Figura 57. Mapa categorías de susceptibilidad final de la variable cobertura de la tierra, plancha 449.	169

## **LISTA DE ANEXOS**

**(En carpeta).**

Anexo A. Base de datos geográfica (Geodatabase), plancha 413

Anexo B. Base de datos geográfica (Geodatabase), plancha 414

Anexo C. Base de datos geográfica (Geodatabase), plancha 431

Anexo D. Base de datos geográfica (Geodatabase), plancha 449

Anexo E. Leyendas y memorias plancha 413

Anexo F. Leyendas y memorias plancha 414

Anexo G. Leyendas y memorias plancha 431

Anexo H. Leyendas y memorias plancha 449

Anexo I. Capa de cobertura de la tierra 2005-2007

Anexo J. Capa de ecosistemas 2005-2007

Anexo K. Capa de suelos 2005-2007

Anexo L. Capa de Modelo Elevación Digital

## RESUMEN

**TITULO:** ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA, ESCALA 1:100000 EN LOS DEPARTAMENTOS DE PUTUMAYO, CAQUETA Y CAUCA EMPLEANDO SIG.\*

**AUTOR:** ELKIN FABIAN ARCINIEGAS CHAPARRO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** SUSCEPTIBILIDAD, ZONIFICACIÓN, GRILLA, CARACTERIZACIÓN, EDAFOLÓGICOS, HEURÍSTICO, VARIABLES, COBERTURAS..

### **DESCRIPCIÓN:**

Las zonas del piedemonte y de cordillera Colombiana presentan una gran susceptibilidad a movimientos en masa, las cuales resultan de la acción conjunta y compleja de diferentes factores, tanto ambientales como humanos que controlan su dinámica. Dentro de la clasificación de coberturas de la tierra (leyenda nacional de coberturas- CLC CORINE Land cover; adaptada para Colombia a escala 1:100000), se propone la identificación de los factores que influyen sobre la zonificación a la susceptibilidad a movimientos en masa de los departamentos de Putumayo, Caquetá y Cauca; Representados espacialmente en forma de grilla (planchas 413, 414, 431 y 449); mediante la metodología planteada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), que tiene en cuenta la caracterización y calificación por el método heurístico que asigna valores de 1 a 5 siendo, 1 muy baja susceptibilidad y 5 muy alta susceptibilidad. En el caso de los atributos a calificar dentro de los aspectos edafológicos, está la profundidad radicular y drenaje natural, mientras que en el análisis de la cobertura de la tierra se analiza los atributos de evapotranspiración y número de estrato; todo esto se llevó a cabo mediante la utilización e implementación de software de Arcgis 9.3 y la extensión HEC- geo- HMS.

La susceptibilidad describirá donde se podría generar un movimiento en masa, teniendo en cuenta la inestabilidad que presentan las diferentes variables. Es por ello que se requiere el estudio detallado de cada uno de los factores que conllevan a la generación de grandes movimientos; representados en mapas a escala 1:100000 que permitirá establecer relaciones de cómo cada uno de ellos repercute en la generación de dicho fenómeno.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal.  
Directora: Rosa Helena Lozano Cuevas, Ingeniera Forestal

## ABSTRACT

**TITLE:** ZONING SUSCEPTIBILITY TO LANDSLIDES, SCALE 1: 100,000 IN THE DEPARTMENTS OF PUTUMAYO, CAQUETÁ AND CAUCA USING SIG.

**AUTHOR:** ELKIN FABIAN ARCINIEGAS CHAPARRO\*\*

**KEYWORDS** SUSCEPTIBILITY, ZONING, GRID, CHARACTERIZATION, SOIL, HEURISTIC, VARIABLES, HEDGES.

### **DESCRIPTION:**

The areas of the Colombian Andes foothills and have a high susceptibility to landslide, which result from the joint action of different complex factors, both environmental and human that control its dynamic.

Within the classification of land cover (CLC national coberturas - legend Corine land cover; adapted for Colombia at 1: 100000), identifying the factors that influence susceptibility zoning mass movements proposed Putumayo , Caquetá and Cauca ; Represented spatially on a grid (plates 413, 414, 431 and 449) ; using the methodology proposed by the Colombian Geological Service (SGC) , which takes into account the characterization and qualification by the heuristic method that assigns values 1-5 being , one very low susceptibility and very high susceptibility May .

For attributes to qualify within the pedological aspects, the root depth is natural drainage, while the analysis of land cover and evapotranspiration attributes stratum number is analyzed; all this was done through the use and implementation of ArcGIS 9.3 software and geographical extension HEC HMS.

Where susceptibility described could generate a mass movement, given to the instability of the different variables. That is why the detailed discussion of each of the factors that lead to the generation of large movements required study; represented in maps at 1: 100,000 which will establish relations of how each affects the generation of this phenomenon.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal. Directora: Rosa Helena Lozano Cuevas, Ingeniera Forestal

## INTRODUCCIÓN

Las operaciones con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se están convirtiendo en una herramienta importante en los diferentes campos de acción ya sean para trabajos ambientales, civiles, topográficos, etc. Las cuales resultan valiosas a la hora de tomar una decisión que involucre aspectos de ámbitos socioeconómicos, ambientales, culturales de manejo y uso. En de recursos naturales o espacios geográficos. En este sentido el SIG permiten la extracción, almacenamiento y procesamiento rápido de la información; contribuyen a la integración y modelación especial de datos provenientes de diversas fuentes.

En la realización del proyecto “Zonificación de la Susceptibilidad a Movimientos en Masa, Escala 1:100000 en los Departamentos de Putumayo, Caquetá y Cauca, empleando SIG”, que Espacialmente ubica las planchas 449, 431, 413 y 414. Se tuvo en cuenta los diferentes procedimientos y cálculos para determinar los atributos de susceptibilidad (Profundidad Radicular, Drenaje Natural, Evapotranspiración o Coeficiente de Cultivo y Número de Estrato), la cual se llevó a cabo mediante el análisis de la capa nacional de coberturas 2005-2007 y de suelos entregada oficialmente por el IDEAM y el IGAC.

El objetivo de la zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa, es determinar qué zonas presentan más ocurrencias a la susceptibilidad a los movimientos en masa a partir de las variables mencionadas anteriormente.

La metodología que se empleó, consistió en la utilización de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), para obtener los datos y mapas digitales de susceptibilidad a movimientos en masa a partir de la unidad de coberturas y suelos; y así realizar la ponderación a las variables de acuerdo a la metodología propuesta por el Servicio Geológico Colombiano.

La información y cifras que se presentan sirven para que las diferentes instituciones ambientales, gobiernos locales involucrados y organizaciones sociales, cuenten con información actualizada de los procesos de susceptibilidad a partir de las coberturas presentes en la capas cohayude a mitigar los daños socioeconómicos y ambientales que pueden ocasionar.

## 1. PROBLEMA

Colombia se encuentra localizada en la esquina noroccidental de América del Sur, en una zona de muy alta complejidad tectónica, en donde las placas de Nazca, Suramérica y del Caribe se encuentran, generando una alta actividad sísmica y volcánica que se ha evidenciado por la ocurrencia de sismos destructores, tsunamis (maremotos) y la activación reciente de varios de sus volcanes. Su topografía está dominada en el oriente por llanuras y la selva amazónica y en el centro-occidente por el sistema de las tres cordilleras que se originan al sur del territorio como resultado de la ramificación de los Andes. (Banco Interamericano de Desarrollo y Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, 2004). Dadas las características geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, climatológicas, entre los departamentos del Caquetá, Putumayo y Cauca siendo estos tres departamentos ejes importantes en la actividad económica del país; están sometidos a la acción de diferentes eventos naturales (de acuerdo a su ubicación dentro de las regiones geográficas Colombianas), entre los que se destacan la actividad sísmica, por la cual buena parte del piedemonte y cordillera están catalogadas como de mediano a alto riesgo sísmico, inundaciones, crecidas torrenciales, movimientos en masa (reptaciones, deslizamientos y flujos).

La actividad humana también ha generado condiciones propicias para la ocurrencia de fenómenos catastróficos, bien por cambios severos en la cobertura de los suelos, como deforestación en áreas de alta pendiente y precipitación, y en las márgenes de los ríos, o bien por el establecimiento de infraestructura y equipamiento en zonas de alto riesgo (Empresas petroleras), provocando fenómenos como avenidas torrenciales en la cordillera; otros efectos asociados con las actividades humanas tienen que ver con la erosión y compactación de los suelos por actividades como la ganadería. Todo esto ha hecho de Colombia

también un país altamente propenso a las actividades de remoción en masa o movimientos en masa.

En Colombia se ha venido realizando trabajos relacionados con la evaluación de riesgos, de acuerdo a la temporada invernal presentados entre el 2010 y 2011, que afecto a gran parte de nuestro país ocasionando pérdidas materiales y humanas y económicas. Se encuentra en general que existen deficiencias de orden técnico y metodológico debido a que no han existido términos de referencia adecuados para la elaboración de los estudios ni instrumentos metodológicos dependiendo del tipo de decisiones que se esperan tomar con los resultados de los mismos, la información disponible y la resolución mínima que debe considerarse en cada caso. Aunque se podrían utilizar o complementar muchos de los estudios hasta ahora realizados, particularmente sobre amenazas, es necesario revisar este aspecto con el fin de dar lineamientos adecuados. En general, los estudios completos y consistentes de riesgo son muy poco realizados a nivel del país en lo que se refiere a prevención y mitigación de movimientos en masa del país; Por estas razones se hace indispensable la elaboración de mapas a partir del análisis del componente de coberturas de la tierra en el proyecto de Zonificación de la Susceptibilidad a Movimientos en Masa, Escala 1:100.000 en los departamentos de Putumayo, Caquetá y Cauca empleando SIG. Que espacialmente ubica las planchas 449, 431, 413 y 414 contextualizadas en la Proyección Transversal Mercator.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar la zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa, escala 1:100.000 en los departamentos de Putumayo, Caquetá y Cauca empleando SIG.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Elaborar la base de datos geográfica, leyendas y memorias a escala 1:100000 de Susceptibilidad a Movimientos en Masa que espacialmente ubica las planchas 449, 431, 413 y 414 que se localizan en los departamentos PUTUMAYO, CAQUETA Y CAUCA.

Analizar y Editar el componente cobertura del suelo con la capa nacional de coberturas 2005 – 2007 entregada oficialmente por el IDEAM.

Utilizar imágenes satelitales Landsat 7 ETM + y Landsat 8 OLI, en la corroboración de coberturas de la tierra en la zona de estudio.

Evaluar los atributos profundidad radicular, drenaje natural, evapotranspiración o coeficiente de cultivo y número de estrato en el componente cobertura de la tierra para elaborar el modelo de Susceptibilidad a Movimientos en Masa, escala 1:100000 que espacialmente ubica las planchas 449, 431, 413 y 414 que se localizan en los departamentos PUTUMAYO, CAQUETA Y CAUCA.

### 3. MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 MARCO TEORICO

**3.1.1 Departamento del Putumayo:** el departamento de Putumayo está situado en el sur del país, en la región de la Amazonia, localizado entre 01°26'18" y 00°27'37" de latitud norte, y 73°50'39' y 77°4'58" de longitud oeste. Limitando al norte con los departamentos de Nariño, Cauca y el río Caquetá que lo separa del departamento de Caquetá, al sur con los departamentos del Amazonas y los ríos Putumayo y San Miguel que los separan de las repúblicas de Perú y Ecuador, al oriente con el departamento del Caquetá y por el occidente con el departamento de Nariño. El departamento de Putumayo cuenta con una superficie de 25.648 km<sup>2</sup> lo que representa el 2.2 % del territorio nacional.

**Actividad económica:** la economía del departamento del Putumayo está basada principalmente en la producción agropecuaria desarrollada principalmente en el piedemonte, y en la explotación de los recursos petroleros y forestales de su jurisdicción. Se destacan los cultivos de maíz, papa, plátano, la caña panelera, yuca, piña, chontaduro, caña de azúcar y en menor escala arroz, ñame, ajonjolí, hortalizas y frijol. La ganadería presenta grandes excedentes principalmente en el valle de Sibundoy, se desarrollan los aspectos lecheros y de cría, levante y ceba de vacunos.

La explotación petrolífera es sin lugar a dudas, el renglón más importante en los ingresos departamentales y su producto es transportado por el oleoducto transandino hasta el puerto de Tumaco, sobre el océano Pacífico. Existen yacimientos de oro de veta y aluvión en las formaciones geológicas del denominado Macizo Colombiano, especialmente en la cordillera centro - oriental; actualmente se explota en los ríos Curiaco y Cascabel, afluentes del Caquetá, e

incluso en este mismo; también se extrae en el río San Pedro, afluente del Putumayo en el valle de Sibundoy. Por su parte, la explotación forestal ofrece gran variedad de maderas para la construcción, plantas medicinales, oleaginosas, fibrosas y resinosas como caucho, balatae, incienso.<sup>1</sup>

**Geología y suelos:** litológicamente en el departamento prevalece un sustrato de rocas sedimentarias marinas que cubren prácticamente toda la Llanura. Esta unidad está seguida en magnitud por un sustrato de rocas sedimentarias continentales que afloran principalmente en la zona de transición entre la llanura y la cordillera, en la cual prevalecen formaciones geológicas de rocas metamórficas, Ígneas y Sedimentarias volcanoclásticas, especialmente en el Valle de Sibundoy.

Estructuralmente la zona andina está afectada por varias fallas orientadas en sentido noreste suroeste y de tipo inverso principalmente, entre las que se encuentran: la falla Conejo, la falla de la Tortuga, la falla de San Francisco-Yunguillo, la falla de Churumbelo y la falla de Urdusue. La falla Sibundoy tiene una orientación noroeste a sureste.

Desde el punto de vista de la Geología Económica, en el departamento existen diferentes yacimientos, depósitos, prospectos y manifestaciones minerales metálicas y no metálicas, entre las que se destacan: Oro, Cadmio, Cobalto, Cobre, Estaño, Molibdeno, Titanio, Tungsteno, Caliza, Diatomitas, Evaporitas, Yeso, Mica y Mármol. Adicionalmente, sobre la cuenca sedimentaria del río Putumayo se vienen desarrollando, desde hace doce lustros actividades relacionadas con la exploración y la explotación de Petróleo, el cual, a pesar de haber decaído en su cantidad significativamente comparado con la producción alcanzada cuando se inició su explotación, representa la principal fuente de ingresos provenientes de la nación por concepto de regalías.

---

<sup>1</sup> MARTÍNEZ, Andrés G. Departamento del Putumayo. [online]. Bogotá, Colombia: Gobernación del Putumayo, FINAGRO, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2014. p.1. [Consultado en Abril del 2014]. Disponible en: <http://www.todacolombia.com/departamentos/putumayo.html>

En términos generales, los suelos amazónicos son pobres en minerales, en la región se presentan suelos formados de depósitos aluviales y fluviotorrenciales, entre los que se distinguen: suelos asociados a los depósitos de los ríos de origen andino como el Caquetá y el Putumayo, el Guamués, el Orito, entre otros; suelos asociados a los ríos de aguas negras de origen amazónico como el Mecaya y el Sencella; suelos de valles menores con influencia coluvio-aluvial; suelos de terrazas; suelos de abanicos del Piedemonte; suelos originados por la denudación de la superficie sedimentaria terciaria; y suelos asociados a las estructuras geológicas, entre los que se presentan los relacionados con las secuencias ígneo-metamórficas en el extremo occidental.

**Climas y zonas de vida:** según el sistema de clasificación de Thornthwaite el Departamento de Putumayo presenta un clima que varía de Mesotérmico Perhúmedo/Húmedo en la Cordillera, a Megatérmico Perhúmedo en el Piedemonte y la Llanura amazónica, con temperaturas promedio multianuales de 11,5°C entre El Encano y Santiago hasta 25,3°C en Leguízamo y precipitaciones totales multianuales de 1.328 mm/año entre El Encano y Santiago en la Cordillera, 4.829 mm/año cerca de Villagarzón en el Piedemonte y 3.007,4 mm/año cerca a Puerto Leguízamo en la Llanura.

Los aportes de precipitación son constantes durante todos los meses del año, variando entre 630 mm anuales en los años más secos, hasta 3.500 mm en los de mayor precipitación. Sus principales arterias fluviales están representadas por los ríos Caquetá, con un caudal promedio cercano a los 4.144,8 m<sup>3</sup>/s a la altura de la estación Guaquirá aguas abajo del asentamiento La Tagua (00°21'S 074°01'W); y el Putumayo, que presenta mejores condiciones de navegabilidad que el Caquetá por carecer de Raudales.

**Flora:** en el Departamento se diferencian la Hylaea Occidental localizada por debajo de los 1.000 msnm hacia el sur de la divisoria de aguas de los ríos Caquetá y Putumayo; la Hylaea Noroccidental, localizada por debajo de los 1.000 msnm hacia el norte de la divisoria de aguas de los ríos Caquetá y Putumayo; y Bosques Montanos, localizados a partir de los 1.000 msnmm.

La Hylaea Occidental, está conformada por Bosque Pluvial de Tierra Firme, siempreverde, con vegetación arbórea abundante en Leguminosas, Bombacáceas, Miristicáceas, Solanáceas, Rubiáceas, Compuestas y Lauráceas, entre otras. Existe alta presencia de palmeras, y de familias higrófilas como las Musáceas, epífitas, orquídeas y especies del género *Strychno*; frutales como Mirtáceas, Sapotáceas, Anacardiáceas, Lecitidáceas, además de Leguminosas.

De especial importancia comercial son las especies *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* y *Cedrelinga catenaeformis*; leguminosas como *Trattinickia peruviana*, *Quassia simarouba*, *Virola spp*, *Hura crepitans*, y los géneros *Ceiba*, *Bombax*, *Apeiba*, *Inga*, *Ochroma*, y *Clusia*, entre otros.

La Hylaea Noroccidental está ocupada principalmente por Bosque Pluvial de Tierra Firme con numerosas leguminosas leñosas. Se presentan Cesalpináceas, de los géneros *Dimorphandra*, *Peltogyne*, *Eperua* y *Elizabetha*; géneros ricos en endémicas como *Dicoryna*, *Macrolobium* y *Swartzia*, y familias como Euforbiácea, Guttifera y Vochisiácea. En frutales se destacan Sapotáceas, Rapatáceas, Miristicáceas, Malpigiáceas y Rutáceas, entre otras. En palmas abundan *Leopoldina piassaba* y *Mauritia vinifera*.

En esta unidad, asociados a ríos de “Aguas Negras” se presentan Bosques Pluviales de Igapó, con especies como: *Licania heteromorpha*, *Panopsis rubescens*, *Conepia spp.*, *Roupala obtusa*; los géneros *Inga*, *Phitecolobium*,

Calliandra, Parkia, Swartzia, y variadas Melastomatáceas, Mirtáceas y Rubiáceas. Es abundante en orquídeas, bromeliáceas, musgos y helechos.

De especial importancia en la Hylaea Noroccidental son las especies *Carapa guianensis*, *Cedrela odorata*, *Cariniana micrantha*, *Peltogyne spp.*, y *Mimusops huberi* y especies de *Calycophyllum*, *Eperua* y *Caryocar*.

De los 1.000 msnmm hacia arriba se presentan los Bosques Montanos, diferenciados altitudinal mente como:

**Bosque Subandino:** (1.000 m a 2.400 m); menor en número de especies de raíces tabulares, palmas, epífitas y lianas, pero con mayor presencia de árboles con hojas pequeñas y helechos arbóreos. Presenta especies de interés biogeográfico como *Quercus granatensis*, *Juglans columbiensis* y *Podocarpus spp.*

**Bosque Andino:** (> 2.400 m), caracterizado por la presencia regular de neblinas y la alta humedad. Presenta árboles de 4 m a 6 m, la mayoría deciduos, con hojas pequeñas y fustes cubiertos con musgos y epífitas dicotíleas. De especial importancia se destacan los géneros *Weinmannia*, *Brunellia*, *Clusia*, *Befaria*, *Eugenia*, *Ilex*, *Oreopanax*, entre otros.

**Páramos:** Presentes en la región a partir de los 2.800 m aunque existen zonas en las que se presenta páramos azonales localizadas desde altura de 2.400 aproximadamente. En esta formación se presentan asociaciones de prados andinos con pequeños bosques de *Polylepis* y *Espeletia*. Económicamente se destacan las especies *Podocarpus spp.*, *Salix humboldtiana*, *Cinchona pubescens* y *Tabebuia spp.*, entre otras.

**Orohidrografia:** cerca del 85% del territorio del Putumayo se encuentra localizado sobre la Llanura amazónica entre los 165 m y los 300 m cubriendo el centro y el oriente del departamento, en el que predomina el tipo de drenajes meándrico. Hacia la parte centro occidental se presentan una zona de transición o piedemonte, en la cual son frecuentes los abanicos aluviales y un patrón de drenajes tipo trenzado, y ya en el extremo occidental se eleva la cordillera de los Andes que en el departamento alcanza alturas hasta de 3.560 m y en la cual los drenajes presentan un patrón encañonado con alta pendiente.

El departamento hace parte de las cuencas de los ríos Caquetá y Putumayo. A la primera, tributan sus aguas los ríos Mocoa, Mandur, Mecaya – del cual es tributario el río Yurilla que a su vez recibe las aguas del Sabilla -, Sencella y Nasaya. El Putumayo a su vez recibe las aguas de los ríos Orito, Guamués, San Miguel, San Juan, Cohembi, Piñuña Blanco, Piñuña Negro, principalmente, todos ellos con incidencia en el departamento. El río Putumayo finalmente descarga sus aguas sobre el río Amazonas en territorio brasilero.

En general el patrón de drenaje prevaleciente en la región es de tipo subparalelo a subdendrítico, con una alta densidad de drenajes y una baja disección, con pendientes que oscilan entre el 1 y 10% en la llanura, entre el 10 y 30% en el piedemonte y superior al 30% en la cordillera, con excepciones puntuales.

Limnológicamente en el departamento se distinguen dos tipos de agua: las *Aguas Blancas*, características de ríos como el Caquetá y el Putumayo, el Guamués, el San Juan y el Orito que nacen en la cordillera y presentan un alto contenido electrolítico complementado con una carga significativa de partículas en suspensión, provenientes de los procesos erosivos que operan en la Cordillera de los Andes; y las *Aguas Negras* como las de los ríos Mecaya, Piñuña Negro, Guineo, Nasaya y Caimán, que nacen en la llanura amazónica y se caracterizan

por tener bajo contenido electrolítico y alto contenido de material húmico, causante de su color.

**Geomorfología:** en el Departamento se distinguen tres unidades geomorfológicas básicas:

**Denudacionales:** comprende la “Planicie Amazónica” y el sector montañoso asociado a la Cordillera Centro-Oriental y Oriental;

**Deposicionales:** se distinguen las asociadas a depósitos y abanicos aluviales y a conos de deslizamiento, producto de la actividad orogénica. En esta unidad se encuentra la denominada “Planicie Amazónica Reciente”, asociada a los ríos Caquetá y Putumayo.

**Estructurales:** unidades que por las fuerzas internas de la corteza terrestre, configuran el paisaje dando lugar a serranías. Esta unidad se localiza en el extremo occidental del Departamento y es conocida como Serranía de los Churumbelos.

**Paisajes naturales:** en el departamento se pueden diferenciar tres grandes unidades de paisaje natural:

**Unidad de Paisaje Cordillerano:** localizado al occidente del departamento, hace parte de la cordillera oriental, aproximadamente a partir de los 900 msnmm. Esta unidad así definida cubre un área aproximada de 2.807 km<sup>2</sup> equivalentes al 10,8% del departamento y en ella se encuentra el Valle de Sibundoy con sus cuatro Municipios. Igualmente incluye parte de los Municipios de Orito, Villagarzón y Mocoa.

**Unidad de Paisaje Piedemonte Amazónico:** correspondiente a la franja de transición entre el Paisaje Cordillerano y la Llanura Amazónica, localizada entre los 300 y los 900 msnmm. Esta unidad así definida cubre un área aproximada de 3.892 km<sup>2</sup> equivalentes al 15,0% del departamento; está integrada por parte de territorio de los Municipios de San Miguel, Valle del Guamuez, Orito, Puerto Caicedo, Villagarzón y Mocoa, incluyendo sus cabeceras municipales a excepción de Puerto Caicedo que se localiza en el área de transición. Sobre esta unidad se localiza el mayor porcentaje de infraestructura vial del departamento.

Unidad de Paisaje Llanura Amazónica, localizada por debajo de los 300 msnmm. Esta unidad así definida cubre un área aproximada de 19.269 km<sup>2</sup> equivalentes al 74,2% del departamento y está integrada por prácticamente la totalidad del territorio de los Municipios de Puerto Asís, Puerto Guzmán y Leguízamo, y parcialmente de San Miguel, Valle del Guamuez, Puerto Caicedo y una pequeña porción de Orito. De los 13 Municipios del Departamento, cuatro tienen establecidas sus cabeceras municipales en la franja de la cordillera, cinco en el piedemonte y cuatro en la llanura; sin embargo por lo menos dos de las cuatro cabeceras localizadas en la llanura están en la frontera con el piedemonte. Se llama la atención sobre este aspecto porque siendo el piedemonte el área de transición entre la cordillera y la llanura, no solamente ofrece condiciones ambientales que favorecen una mayor variedad de ecosistemas y de especies, sino que además, es donde con mayor intensidad se pueden generar altos índices de vulnerabilidad y riesgo sobre la población asentada y sobre su equipamiento e infraestructura.<sup>2</sup>

**3.1.2 Departamento del Caquetá:** el departamento de Caquetá está situado en el noroeste de la región de la amazonia; localizado entre los 00°42'17" de latitud sur

---

<sup>2</sup> CORPOAMAZONIA. Región del Putumayo. [online]. Bogotá, Colombia: CORPOAMAZONIA, 2013. p.1 [Consultado en Abril 2014]. Disponible en: [http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Putumayo/Putumayo\\_natural.html#](http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Putumayo/Putumayo_natural.html#)

y 02°04'13" de latitud norte y los 74°18'39" y 79°19'35" de longitud oeste. Limitando al norte con el departamento del Huila y Meta, al sur con el río Caquetá que lo separa de los departamentos del Amazonas y Putumayo, al oriente con el departamento del Guaviare y Vaupés y por el occidente con los departamentos del Cauca y Huila. El departamento del Caquetá cuenta con una superficie de 88.965 km<sup>2</sup> lo que representa el 7.79 % del territorio nacional.

**Actividad económica:** la economía del Caquetá se fundamenta principalmente en la producción ganadera y agrícola, aunque también tiene importancia la explotación minera y el comercio. La ganadería constituye la principal fuente productiva del departamento, seguida de la actividad agrícola, la cual se fundamenta en los cultivos tradicionales de subsistencia, tales como el maíz, plátano, yuca, caña panelera, arroz seco, palma africana, cacao, arroz seco mecanizado, frijol y sorgo.

Se extraen en pequeña escala oro y plata, hidrocarburos, asfalto, mármol, calizas, aluminio, cobre, yeso y granito. La actividad manufacturera se limita a la producción de bienes de consumo como licores y gaseosas. También se encuentran pequeñas empresas machiembradoras, fábricas de baldosines y talleres de ornamentación.<sup>3</sup>

**Geología y suelos:** por contar con parte de su territorio en los macropaisajes naturales Cordillerano, de Piedemonte y de Llanura, el departamento de Caquetá presenta una geología muy variada, tanto en su composición como en su estructura desde el punto de vista litológico, el departamento está conformado por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas y depósitos sedimentarios, con

---

<sup>3</sup> MARTÍNEZ, Andrés G. Departamento de Caquetá. [online]. Bogotá, Colombia: Gobernación de Caquetá, FINAGRO, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2014. p.1. [Consultado en Abril del 2014]. Disponible en: <http://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/caqueta.html>

edades que varían desde el Precámbrico hasta el Cuaternario reciente. Se encuentran las siguientes unidades:

**Complejo migmatítico de Mitú:** de edad Precámbrica e integrado por rocas ígneas y metamórficas, aflora en la parte oriental del territorio departamental; el Complejo de Garzón, integrado por las Migmatitas de Florencia, con una edad aproximada de 1.180 millones de años (m.a.) - Proterozoico medio - y por el Neis de Gaupotón-Mancagua, con una edad de 900 a 1.200 m.a. que constituyen el basamento de la cordillera oriental; sobre él se encuentra el Grupo Güejar, integrado por rocas metamórficas de bajo grado, intercaladas con arenitas depositadas en el Paleozoico entre los 520 y 470 m.a.

Al oriente se localiza la Formación Araracuara, integrada por areniscas con algunas limolitas, lutitas y calizas, depositada en el Paleozoico entre los 500 y 440 m.a. La Formación Caballos: integrada por areniscas con una edad de 113 a 96 m.a, aflora en algunas partes del flanco oriental de la cordillera oriental, al igual que la Formación Loma Gorda, integrada por lodolitas y limonitas con una edad de 90 a 85 m.a.

También se presenta la Formación Pepino, conformada por tres segmentos: el inferior, arenoso conglomerático; el intermedio, lodoarenoso; y el superior conglomerático arenoso, los cuales se depositaron entre el Paleoceno y el Oligoceno temprano; ésta unidad es suprayacida por el grupo Orito, el cual está integrado por las formaciones Orteguaza (compuesta por lodolitas, limolitas y, en menor proporción por lodositas arenosas) y Belén (integrada por arcillolitas y limolitas), que se depositaron en el Oligoceno.

En el piedemonte es frecuente encontrar abanicos aluviales de diferentes proporciones; así mismo, se encuentran terrazas medias y bajas asociadas a los

grandes ríos (Caquetá, Caguán y Orteguaza). Los ríos actuales presentan depósitos aluviales y en zonas de ladera se encuentran depósitos coluviales.

Desde el punto de vista estructural, las fallas que inciden en el departamento tienen una dirección preferencial N-NE y son de tipo inverso principalmente, con componentes horizontales, que han ocasionado el movimiento de bloques rocosos, entre unos pocos y varios cientos de metros.

En la zona cordillerana las fallas más importantes son: Resinas, Santa Helena, Las Doradas, Orteguaza, Las Hermosas, San Pablo, Río Chiquito, Santana Ramos, Guayas, El Doncello, Paujíl y el sistema de fallas de San Pedro.

En la llanura amazónica, las fallas se localizan hacia la parte occidental de la misma y están representadas por el sistema de fallas de Caguán y la falla Lozada, en la parte baja del río Caguán se presenta un fuerte lineamiento que insinúa una falla que controla el cauce de este río.

También se detectan varios lineamientos que controlan varios tramos del cauce de los ríos Caquetá, Caguán, Orteguaza, Anayá, Guayas y Peneya.

Entre las estructuras de plegamiento se destacan el sinclinal y anticlinal El Arenoso, los anticlinales de Lozada, Montañita y La Mariposa. En la parte oriental del departamento se presenta una estructura anular que no ha sido adecuadamente descrita.

En lo referente al potencial minero del departamento, se presentan metales preciosos como el oro, minerales metálicos y no metálicos. Entre los minerales metálicos hay probabilidad de encontrar manifestaciones de plomo, zinc, cadmio, niobio y tantalio asociado a la formación Araracuara en el Municipio de Solano y en algunos sectores de la cordillera oriental. Hay manifestaciones de cobre y molibdeno en San Vicente del Caguán, de estaño en Florencia, potencialidad de

encontrarse tungsteno en algunos sitios de la cordillera oriental, y hierro en Puerto Rico.

Entre los minerales no metálicos se encuentran las arcillas, que afloran en diferentes sectores del departamento; también se presentan manifestaciones de arenas silíceas cerca de Florencia y algunas manifestaciones de calizas y de evaporizas; hay presencia de mármol, depósitos de feldespato, manifestaciones de mica y manifestaciones de fosfatos en algunos sitios de la cordillera. También se han detectado más de 14 yacimientos de asfalto natural en Florencia, San Vicente del Caguán, Morelia, Belén de los Andaquíes, El Paujíl y El Doncello, y asfalto líquido en Puerto Rico y La Montañita. Así mismo, hay depósitos de carbón mineral en El Paujíl, El Doncello, Puerto Rico y en Guacamayas (San Vicente del Caguán). El departamento presenta potencialidad para la producción de petróleo, ya existen varios pozos y se realizan trabajos de exploración en varios sitios.

Estas condiciones, sumadas a otros factores físicos como el clima han favorecido el establecimiento de unos suelos que en términos generales, presentan una textura principalmente fina, con diferentes grados de drenaje interno, un pH que fluctúa entre 4,5 y 5,8 (IGAC, 1993); con una capacidad catiónica de cambio de baja a media y saturación de bases baja; presentan alto contenido o saturación de aluminio, elemento tóxico para muchos cultivos; en los horizontes minerales se presenta bajo contenido de carbón, fósforo, potasio y magnesio. Mineralógicamente predominan el cuarzo y la caolinita, elementos que no aportan nutrientes a las plantas, dando lugar a una fertilidad muy baja a ligeramente moderada. Se distinguen los siguientes suelos:

De montaña. Su drenaje interno varía de imperfectamente a excesivamente drenados, moderadamente profundos, en ciertos lugares limitados por el nivel freático; ácidos a muy ácidos, con alto contenido de aluminio y baja fertilidad.

De piedemonte. Formados especialmente sobre los depósitos de conos aluviales, con una profundidad efectiva variable debido al contenido de piedras; así mismo el drenaje interno es moderado a alto. Ácidos a muy ácidos, con alto contenido de aluminio, que los hace tóxicos y una baja fertilidad.

De lomerío. Formados a partir de sedimentos arcilloso-arenosos principalmente, con un nivel freático fluctuante que en algunos sectores genera encharcamiento. Son ácidos a muy ácidos, con un alto contenido de aluminio que los hace tóxicos y con una baja fertilidad.

De la altiplanicie estructural formados de rocas sedimentarias (areniscas) del Paleozoico y que hacen parte de la Formación Araracuara, con un bajo contenido de nutrientes que no facilita la formación de cobertura vegetal exuberante.

De las terrazas aluviales formados por la acumulación de sedimentos aluviales, depositados en el Holoceno por los ríos Caquetá, Caguán y Orteguzza principalmente, con un nivel freático fluctuante, de textura fina a gruesa, con una profundidad efectiva variable; son ácidos a muy ácidos, con alto contenido de aluminio y una fertilidad de baja moderada.

De los valles aluviales asociados a los ríos Caquetá, Caguán y Orteguzza presentan pedregosidad variable, al igual que la profundidad efectiva. Los que están integrados por sedimentos finos son los que presentan mejores condiciones para el desarrollo de actividades agrícolas.

**Climas y zonas de vida:** según el sistema de clasificación de Thornthwaite el Departamento de Caquetá presenta un clima que varía de Mesotérmico Perhúmedo/Húmedo en la Cordillera, a Megatérmico Perhúmedo en el Piedemonte y la Llanura Amazónica, con precipitaciones totales multianuales de 2.481 mm/año en Tres Esquinas a 4.385 mm/año en San José del Fragua y

temperaturas promedio multianuales de 24,8°C en San Vicente del Caguán y 25,9°C en Remolinos del Caguán.

Los aportes de precipitación son constantes durante todos los meses del año, variando entre 42,5 mm registrados para el mes más seco por la estación de Santa Rosa del Caguán, hasta los 510,3 mm registrados para el mes de mayor precipitación por la estación de Puerto Rico. Sus principales arterias fluviales están representadas por los ríos Caquetá, con un caudal promedio cercano a los 4.144,8 m<sup>3</sup>/s a la altura de la estación Guaquira aguas abajo del asentamiento La Tagua (00°21'S 074°01'W); el Caguán, el Orteguzaza, el Tunía o Macaya, el Yará, el Apaporis, el Hacha, El San Pedro, El Guayas y el Fraguachorroso.

**Flora:** en el Departamento se diferencian la Hylaea Región Caquetá - Vaupés, localizada por debajo de los 300 msnmm hacia el norte de la divisoria de aguas de los ríos Caquetá y Putumayo; Bosque Montano Subandino localizado entre los 300 y 1.000 msnmm; Bosque Montano Andino localizado entre los 1.000 y los 2.800 msnmm; Bosque Montano de Subpáramo localizado entre los 2.800 msnmm y los 3.200 msnmm, y Bosque Montano de Páramo localizado por encima de los 3.200 msnmm.

La Hylaea Región Caquetá – Vaupés se caracteriza por la presencia de Pluviselva Tropical Siempreverde, con vegetación arbórea abundante en leguminosas leñosas. Se presentan Cesalpínáceas, de los géneros *Dimorphandra*, *Peltogyne*, *Eperua* y *Elizabetha*; géneros ricos en endémicas como *Dicoryna*, *Macrolobium* y *Swartzia*, y familias como Euforbiácea, Guttífera y Vochisiácea. En frutales se destacan Sapotáceas, Rapatáceas, Miristicáceas, Malpigiáceas y Rutáceas, entre otras. En palmas abundan *Leopoldina piassaba* y *Mauritia vinifera*.

De especial importancia son las especies *Carapa guianensis*, *Cedrela odorata*, *Cariniana micrantha*, *Peltogyne spp.*, y *Mimusops huberi* y especies de *Calycophyllum*, *Eperua* y *Caryocar*.

El Bosque Montano Subandino se caracteriza por la presencia de Pluviselva Andina Siempre verde, menor en número de especies de raíces tabulares, palmas, epífitas y lianas, pero con mayor presencia de árboles con hojas pequeñas y helechos arbóreos. Presenta especies de interés biogeográfico como *Quercus granatensis*, *Juglans columbiensis* y *Podocarpus spp.*

El Bosque Montano Andino se caracteriza por la presencia de Vegetación Andina de Perennes y Deciduas, la presencia regular de neblinas y la alta humedad. Presenta árboles de 4 m a 6 m, la mayoría deciduos, con hojas pequeñas y fustes cubiertos con musgos y epífitas dicotíleas. De especial importancia se destacan los géneros *Weinmannia*, *Brunellia*, *Clusia*, *Befaria*, *Eugenia*, *Ilex*, *Oreopanax*, entre otros.

Bosque Montano de Subpáramo, caracterizado por la presencia de Vegetación Andina de Alta Montaña aunque en la zona se encuentran páramos azonales localizadas desde una altura de 2.400 msnmm aproximadamente. En esta formación se presentan asociaciones de prados andinos con pequeños bosques de *Polylepis* y *Espeletia*. Económicamente se destacan las especies *Podocarpus spp.*, *Salix humboldtiana*, *Cinchona pubescens* y *Tabebuia spp.*, entre otras.

Entre las especies maderables más utilizadas están el Achapo o Guamo Blanco o Guamo Cerindo (*C. cateniformis*), el Perillo (*Couma macrocarpa*), el Cedro (*C. odorata*), Sangretoro (*Virola spp.*), Carrecillo (*Bombacopsis quinatum*), Bilibil (*Guarea sp.*), Guamo Cerindo (*Inga cf. cylindrica*), Guamo Diablo (*Inga sp.*), Capirón (*Calycophyllum spruceanum*), Ahumado (*Buchenavia cf. congesta* Ducke), Marfil o Papelillo (*Simarouba sp.*), Fono Cabuyo (*Eschweilera*

sp.), Canelo (*Ocotea sp.*), Chocho (*Parkia cf. Panurensis*), Laurel Comino (*Protium sp.* y *Nectandra sp.*), Madura Plátano (*Sterculia sp.*).

Las especies utilizadas como leña verde para la cocción de alimentos son Huesito, (*Memora cladotricha Sandwith*), Bizcocho (*Siparuna decipiens*), Golondrino, (*Guatteria megalophylla* y *Oxandra xylopioides, Diels*), Capirón, (*Calycophyllum spruceanum*), Costillo (*Aspidosperma excelsum Benth*), Aceituno Blanco (*Vitex sp.*), Maíz Tostado (*Hirtrella sp.*), Cobre (*Apuleia leiocarpa*) y Vara Limpia o Resbalamono (*Capirona decorticans*). Las especies utilizadas como leña seca son Guamo (*Inga spp*), Sangretoro (*Virola sp.*), Maíz Tostado (*Hirtrella sp.*) y Perillo (*Couma macrocarpa*).

Durante el período 1997–2007 se aprovecharon en la región 666.305 m<sup>3</sup> de madera en bruto, de los cuales el 49,2% fueron en Caquetá, principalmente en los Municipios de Valparaíso, Curillo, San Vicente del Caguán, Cartagena del Chairá y Solano. A enero de 2005 existían 107 aprovechamientos forestales vigentes, 99 localizados en predios de propiedad privada y 8 en predios de propiedad.

**Orohidrografía:** cerca del 85% del territorio del Caquetá se encuentra localizado sobre la Llanura amazónica entre los 165 m y los 300 m cubriendo el centro y el oriente del departamento, en el que predomina el tipo de drenajes meándrico. Hacia la parte centro occidental se presenta una zona de transición o piedemonte, en la cual son frecuentes los abanicos aluviales y un patrón de drenajes tipo trenzado, y en el extremo occidental se eleva la cordillera de los Andes que en el departamento alcanza alturas hasta de 3.560 m y en la cual los drenajes presentan un patrón encañonado con alta pendiente.

El departamento pertenece a la cuenca del río Caquetá al que tributan sus aguas los ríos Caguán, Orteguzaza, Yará, Apaporis, Fragua Chorroso, San Pedro, Guayas, Tunía, entre otros, todos ellos con incidencia en el departamento.

En general el patrón de drenaje prevaleciente en la región es de tipo subparalelo a subdendrítico, con una alta densidad de drenajes y una baja disección, con pendientes que oscilan entre el 1 y 10% en la llanura, entre el 10 y 30% en el piedemonte y superior al 30% en la cordillera, con excepciones puntuales.

Limnológicamente en el departamento se distinguen dos tipos de agua: los ríos de aguas blancas como el Caquetá, el Caguán, el Guayas y el Fragua Chorroso, que nacen en la cordillera y se caracterizan por presentar un alto contenido electrolítico complementado con una carga significativa de partículas en suspensión provenientes de los procesos erosivos que operan en la Cordillera de los Andes; y los ríos de aguas negras como Yará, Ajajú, Tunía, Peneya y Cuemaní, entre otros, que nacen en la llanura amazónica y se caracterizan por tener bajo contenido electrolítico y alto contenido de material húmico causante de su color.

**Geomorfología:** geomorfológicamente en el departamento del Caquetá se presentan principalmente unidades denudacionales y en menor medida unidades deposicionales y estructurales. Las denudacionales están representadas por una zona montañosa que constituye la Cordillera Oriental, cuyas pendientes son en su mayoría superiores al 75%, el patrón de drenaje es subdendrítico a subparelelo, con una alta densidad y profundos cañones, debido a la disección causada donde el modelado del relieve es torrencial; el piedemonte representado por colinas con pendientes máximas del 50%, apretadas, con alturas de 25 m a 40 m, y un patrón de drenaje subdendrítico principalmente; y la planicie o llanura amazónica, con lomeríos amplios y pendientes máximas del 25% al 30%, con un patrón drenaje subdendrítico, con variaciones locales y de carácter meándrico.

Las unidades deposicionales están asociadas a los abanicos aluviales que se presentan en el piedemonte, debido al cambio de pendiente entre la cordillera y la llanura, lo que favorece el depósito de materiales, los depósitos aluviales y las terrazas que se presentan asociadas a los ríos de la llanura amazónica. Mientras

que las unidades estructurales se reflejan en algunas estructuras plegadas localizadas en el piedemonte, que dan lugar a pequeñas sierras y las mesas de la formación Araracuara en el oriente del departamento.

**Paisaje natural:** en el departamento se pueden diferenciar tres grandes unidades de paisaje natural:

**Unidad de Paisaje Cordillerano:** localizado al occidente del departamento, hace parte de la Cordillera Oriental, aproximadamente a partir de los 900 metros sobre el nivel medio del mar (msnmm). Esta unidad así definida cubre un área aproximada de 6.783 km<sup>2</sup> equivalentes al 7,3% del departamento, comprende parte de los municipios de San José del Fragua, Belén de los Andaquíes, Florencia, La Montañita, El Paujíl, El Doncello, Puerto Rico y San Vicente del Caguán.

**Unidad de Paisaje Piedemonte Amazónico:** correspondiente a la franja de transición entre el Paisaje Cordillerano y la Llanura Amazónica, localizada entre los 300 y los 900 msnmm. Esta unidad así definida cubre un área aproximada de 6.772 km<sup>2</sup> equivalentes 7,3% del departamento, comprende parte del territorio de los municipios de San José del Fragua, Albania, Belén de los Andaquíes, Morelia, Florencia, La Montañita, El Paujíl, El Doncello, Puerto Rico y San Vicente del Caguán. Sobre esta unidad se localiza el mayor porcentaje de infraestructura vial del departamento.

**Unidad de paisaje Llanura Amazónica:** localizada por debajo de los 300 msnmm. Esta unidad así definida cubre un área aproximada de 79.714 km<sup>2</sup> equivalentes al 85,4% del departamento, cubre todo el territorio de los municipios de Curillo, Solita, Solano, Valparaíso, Milán y Cartagena del Chairá; y parcialmente territorio de los Municipios de San José del Fragua, Albania, Belén

de los Andaquíes, Morelia, Florencia, La Montañita, El Paujil, El Doncello, Puerto Rico y San Vicente del Caguán.

En la unidad de Piedemonte y en la zona de transición entre ésta y la unidad de Llanura se encuentran localizadas las cabeceras municipales de San José del Fragua, Albania, Belén de los Andaquíes, Morelia, Florencia, La Montañita, El Paujil, El Doncello, Puerto Rico y San Vicente del Caguán. Igualmente, es en ésta franja en la cual se concentra la mayor cantidad de infraestructura y equipamiento disponible en el departamento.<sup>4</sup>

**3.1.3 Departamento del Cauca<sup>5</sup>:** el departamento de Cauca está situado en el suroeste del país entre las regiones andina y pacífica localizado entre los 00°58'54" y 03°19'04" de latitud norte y los 75°47'36" y 77°57'05" de longitud oeste. Limitando al norte con el departamento del Valle del Cauca, al sur con los departamentos de Nariño y Putumayo, al oriente con el departamento del Tolima, Huila y Caquetá y por el occidente con el océano pacífico.

El departamento de Putumayo cuenta con una superficie de 29.308 km<sup>2</sup> lo que representa el 2.56 % del territorio nacional.

**Actividad económica:** la economía del Cauca está basada principalmente en la producción agrícola y ganadera, la explotación forestal, la actividad pesquera y el comercio. La agricultura se ha desarrollado y tecnificado en el norte del departamento; sus principales cultivos son la caña, caña panelera, maíz

---

<sup>4</sup> CORPOAMAZONIA. Región del Caquetá. [online]. Bogotá, Colombia: CORPOAMAZONIA, 2013. p.1 [Consultado en Abril 2014]. Disponible en: [http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Caqueta/Caq\\_Natural.htm#](http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Caqueta/Caq_Natural.htm#)

<sup>5</sup> MARTÍNEZ, Andrés G. Departamento del Cauca. [online]. Bogotá, Colombia: Gobernación de Cauca, FINAGRO, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2014. p.1. [Consultado en Abril del 2014]. Disponible en: <http://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cauca.html>

tradicional, arroz, maíz tecnificado, plátano, fique, yuca, papa, coco, sorgo, cacao, maní y palma africana.

En la región del Pacífico se extrae oro, plata y platino. Otros minerales no preciosos que se explotan son azufre, asbesto, caliza, talco, yeso y carbón. La industria fabril se ubica en Popayán, Santander de Quilichao, Puerto Tejada con fábricas de productos alimenticios, bebidas, lácteos, papel, empaques, transformación de la madera, industria azucarera y elaboración de impresos para la exportación. Los centros de mayor actividad comercial son Popayán, Santander de Quilichao, Patía (El Bordo), Puerto Tejada, Piendamó y Corinto.

**Fisiografía:** el relieve del territorio del departamento del Cauca pertenece al sistema andino distinguiéndose a nivel macro siete unidades morfológicas: la llanura del Pacífico, cordillera Occidental; cordillera Central, altiplano de Popayán, Macizo Colombiano, Valle del Patía y el sector de la cuenca del Amazonas. La llanura del Pacífico, comprende dos sectores la faja costera o andén aluvial caracterizada por ser baja, cubierta de bosque de mangle, anegadiza, tanto por la cantidad de ríos, caños y estuarios que llegan a la costa del océano Pacífico, como el estar sometida al flujo y reflujo de las mareas, el otro sector es la llanura propiamente de colinas que comprende la vertiente occidental de la cordillera Occidental.

La cordillera Occidental en el Cauca se extiende de suroeste a noreste; entre los accidentes más destacados se encuentra la cuchilla de Napí, los cerros de Guaduas, Munchique y Naya y el Valle del río Cauca. La cordillera Central atraviesa de sur a norte el oriente del departamento, los accidentes relevantes son el volcán de Sotará, Petacas y el nevado del Huila en el límite departamental. El Altiplano de Popayán, encajonado entre las cordilleras Occidental y Central, se observa como accidente dentro de la meseta el cerro La Tetilla. El Macizo Colombiano compartido con el departamento del Huila, entre los accidentes más

representativos está el páramo del Buey, los volcanes de Cutanga y Puracé, el pico de Paletará y la sierra nevada de los Coconucos. El valle del Patía, enmarcado por las cordilleras Occidental y Central, por donde corre el río Patía de norte a sur, se extiende hacia el departamento de Nariño. La cuenca del Amazonas, corresponde a la denominada Bota Caucana, por donde pasa el río Caquetá.

**Hidrografía:** el sistema hidrográfico del Cauca, está constituido por cinco grandes cuencas: Alto Cauca, Pacífico, Alto Magdalena, Patía y Caquetá; Alto Cauca, conformada por el río Cauca y sus afluentes río Palo, Guengué, Negro, Teta, Desbaratado y Quilichao, Mondomo, Ovejas, Pescador, Robles, Piedras, Sucio, Palacé, Cofre, Honda, Cajibío, Piendamó, Tunia, Molino, Timbío y Blanco.

La cuenca del Pacífico, conformada principalmente por los ríos Guapi, Timbiquí, Saija y Micay. Alto Magdalena, su principal fuente de drenaje es el río Páez al que confluyen los ríos San Vicente, Moras, Ullucos, Negro y Negro de Narváez, y las quebradas Tóez, Símbola, Salado, Gualcar, Gallo, Macana, Honda y Totumo. La cuenca del Patía, está conformada por el río Patía y sus tributarios los ríos Guachinoco, Ismita, Bojoleo, El Guaba, Sambingo y Mayo.

La cuenca del Caquetá, está conformada por el río Caquetá a donde confluyen los ríos Cusiyaco, Cascabelito, Verdeyaco, Mandiyaco, Fragua, Cascabel, Curiaco y Pacayaco. Las islas Gorgona y Gorgonilla situadas en el océano Pacífico, pertenecen al territorio caucano.

**Clima:** los períodos de lluvia en el Cauca son generalmente en los meses de marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre; el período seco corresponde a los meses de enero, febrero, junio y julio. Se encuentran los pisos térmicos cálido, templado y frío y los pisos bioclimáticos subandino, altoandino y páramo. Hacen parte del departamento los parques nacionales naturales de Munchique y

Gorgona, comparte con los departamentos de Tolima y Huila el parque nacional natural del Nevado del Huila, y con el departamento del Huila el parque nacional natural de Puracé.

**Geología:** el conocimiento actual de la historia geológica del departamento del Cauca ha determinado los rasgos geológicos básicos en su conformación. Por un lado, la presencia de rocas metamórficas, precámbricas y paleozoicas de la cordillera Central, y por otro lado, las rocas básicas y cretáceas, al oriente de dicha cordillera y separados entre sí por una de las fallas del sistema de Romeral.

Sobre estas unidades fundamentales se presenta el magmatismo, el vulcanismo y las cuencas sedimentarias que caracterizan los relieves caucanos actuales. Un resumen de la formación de este relieve, indica que durante el paleozoico temprano no existía la cordillera Central y menos la cordillera Occidental. El basamento metamórfico, compuesto de esquistos cloríticos y cuarcíferos, recibió los sedimentos provenientes del macizo guayanés. La presión de estos sedimentos plegó y metamorfizó el material precámbrico, iniciándose un desarrollo incipiente de la zona de subducción que marca la evolución embrionaria de lo que será la futura cordillera Central, la cual se formó a finales del paleozoico.

Durante el mesozoico temprano se presentó metamorfismo en el grupo precámbrico y se desarrolló completamente la zona de subducción activando el plutonismo, el vulcanismo y la sedimentación.

En el cretáceo temprano se incrementó el vulcanismo y al final del mesozoico se formó la cordillera Occidental. Durante la orogenía cretácea los sedimentos y terrenos conformaron varias unidades litológicas, entre las cuales podemos mencionar las siguientes. Una de carácter magmático y efusivo, determinada, como grupo diabásico y conformada por una secuencia de rocas volcánicas básicas de carácter submarino y a su conjunto de rocas sedimentarias asociadas.

La otra unidad, también magmática pero intrusiva, está caracterizada por la presencia de plutones. La tercera unidad, es metamórfica denominado grupo Dagua, el cual está recubierto por el grupo Diabásico. En general, el cretáceo es notorio en el departamento del Cauca, por haber dado origen a la cordillera Occidental, resultando la segunda manifestación de obducción (levantamiento) continental.

Durante el paleoceno y el tiempo presente se ha desarrollado un magmatismo Cenozoico (terciario), ubicado en la parte marginal de la cordillera central y en menos proporción en la depresión intercordillerana del Cauca Patía y en la cordillera Occidental. La actividad volcánica está representada por el magmatismo terciario o cuaternario de los volcanes estratificados de Puracé, Sotará y Pan de Azúcar.

**Geomorfología:** la Geomorfología es la rama de la Geografía que estudia el origen y la evolución o transformación de los relieves terrestres. Los procesos evolutivos que crean y modelan la superficie de la tierra pueden ser internos (endógenos), como la separación y deriva en los continentes, la orogénesis (fuerzas capaces de crear cordilleras), la expansión oceánica el volcanismo, la sismicidad y también pueden ser externos (exógenos), destructores del relieve, como la erosión, la sedimentación y el transporte de los mismos. El resultado es la estructura morfológica o morfoestructura. Las estructuras geológicas son continuamente transformadas por agentes externos, tales como lluvia, glaciares, el viento y el escurrimiento del agua. Mientras más antigua es una estructura o una roca, más transformaciones ha podido sufrir; en cambio, las estructuras más jóvenes, como los valles y las llanuras aluviales, están por lo general poco deformadas por plegamientos, fallas y aún por la erosión. Las unidades geomorfológicas más extendidas en el Cauca son las llanuras, valles aluviales y colinas bajas de rocas sedimentarias. En cuanto a las montañas, la cordillera Central es una sucesión de macizos ígneos metamórficos; y la cordillera

Occidental es una cadena volcánico sedimentaria y plegada. Las principales estructuras geomorfológicas del departamento del Cauca son: los macizos de rocas ígneas volcánicas o intrusivas, metamórficas o ígneas metamórficas que forman cordilleras como la Central o la Occidental y las estructuras sedimentarias recientes, poco o muy poco plegadas como la llanura Pacífica, los valles interandinos y la llanura amazónica. Tanto los macizos como las estructuras sedimentarias están afectados por fallas o rupturas de las capas terrestres, a lo largo de un plano, debido a movimientos tectónicos.

Luego de la orogénesis que dio lugar al actual sistema de relieve, el territorio del Departamento del Cauca sigue sometido a constantes procesos tanto de formación como de modelaje y devastación, que modifican la orografía (relieve) que las fuerzas internas han creado. Entre estos procesos están el ciclo erosivo terrestre y los fenómenos meteorológicos.

El ciclo erosivo terrestre comprende la desintegración y meteorización de las rocas, el transporte de los materiales resultantes y el depósito o sedimentación de los mismos y produce un modelado característico y formas superficiales típicas de las distintas acciones (glaciar, fluvial o eólica). En el caso del Departamento del Cauca predominan dos tipos de fenómenos erosivos:

Los causados por el agua que escurre por el terreno, llevándose el suelo y con él la principal riqueza agropecuaria del Departamento. Esta es la erosión hídrica superficial, cuyos procesos característicos son el escurrimiento difuso o la erosión laminar y el escurrimiento concentrado, en surcos o cárcavas. Estos procesos son netamente predominantes en cerca del 51.5% de las tierras del Cauca. La erosión de los cursos de agua en las zonas montañosas, produce el típico modelado fluvial, con los valles en forma de (V) con fondos angostos y laderas montañosas superiores suaves.

Los causados por la acción de la gravedad y el agua de infiltración. La acción del agua en la corteza no es únicamente superficial, sino que parte de la lluvia caída, en una región penetra en el terreno, quedando retenida por el suelo, o bien se filtra a través de las fisuras de las rocas hacia el interior y llega a profundidades variables. Estos procesos generan deslizamientos, derrumbes, solifluxión y otros fenómenos conocidos como movimientos en masa, que son los causantes de los mayores estragos, no solo en el Departamento, sino en el País, como la destrucción de vías, barrios, poblados.

Tienen lugar en las zonas montañosas y húmedas y predominan en un 23.5% de las tierras, si bien los procesos avanzados cubren cerca del 0.9%. En cuanto a las causas internas que modelan el paisaje, están relacionadas con el movimiento de las placas tectónicas del Pacífico, Nazca y el Caribe, que aunque no han producido grandes resultados orogénicos desde la conformación del relieve actual, siguen su proceso de choque y producen la actividad sísmica y volcánica, en las cordilleras Central y Occidental. Es necesario destacar en este aparte, la erosión antrópica o causada por el hombre como resultado de los desmontes, el mal uso de la tierra, la construcción de carreteras y otras obras civiles. El resultado es la pérdida de suelo y la generación de futuras zonas de riesgos por deslizamientos, derrumbes o flujos de lodo, tierra o rocas.<sup>6</sup>

**3.1.4 Leyenda nacional de coberturas de la tierra:** la leyenda nacional de las coberturas de la tierra del país a escala 1:100.000, se entrega como un nuevo paso en el proceso de consolidación de una propuesta metodológica para realizar la caracterización de las coberturas naturales y antropizadas presentes en el territorio colombiano.

---

<sup>6</sup> RAMIREZ RICO, Usuardo. Geología y geomorfología del departamento del Cauca. Popayán, Colombia: Universidad del Cauca, 2005. p.1-54

Ésta permite unificar los criterios, conceptos y métodos para conocer cómo está cubierto el país, a partir de la adaptación realizada de la metodología europea CORINE Land Cover a nuestro entorno.

Las coberturas de la tierra proporcionan información fundamental para diversos procesos nacionales como los mapas de ecosistemas, conflictos de uso del territorio, ordenación de cuencas y del territorio, seguimiento a la deforestación de los bosques, y los inventarios forestales, sólo por citar algunos.

La leyenda nacional para la zonificación de las coberturas de la tierra a escala 1:100.000 adaptada al territorio colombiano proporciona las características temáticas que el país requiere para el conocimiento de sus recursos naturales, para la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como para la actualización permanente de la información, con lo cual se facilitan los procesos de seguimiento de los cambios y la evaluación de la dinámica de las coberturas terrestres.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup>INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100000. Bogotá: IDEAM, 2010. p. 54-70

**Figura 1. Unidades de coberturas de la tierra para la leyenda nacional, escala 1:100.000, de acuerdo con la metodología CORINE land cover adaptada para Colombia.**

LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA - COLOMBIA	
<b>1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS</b>	<b>3. BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES</b>
1.1. Zonas urbanizadas	3.1. Bosques
1.1.1. Tejido urbano continuo	3.1.1. Bosque denso
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	3.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.2. Bosque abierto
1.2.4. Aeropuertos	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme
1.2.5. Oñas hidráulicas	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable
1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable
1.3.2. Zonas de disposición de residuos	3.1.3. Bosque fragmentado
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	3.1.4. Bosque de galería y ripano
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.1.5. Plantación forestal
1.4.2. Instalaciones recreativa	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
	3.2.1.1. Herbazal denso
<b>2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS</b>	3.2.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
2.1. Cultivos transitorios	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado
2.1.1. Otros cultivos transitorios	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
2.1.2. Cereales	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado
2.1.4. Hortalizas	3.2.1.1.2.3. Arracachal
2.1.5. Tubérculos	3.2.1.1.2.4. Halcachal
2.2. Cultivos permanentes	3.2.1.2. Herbazal abierto
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
2.2.1.2. Caña	3.2.2.1. Arbustal denso
2.2.1.3. Plátano y banano	3.2.2.2. Arbustal abierto
2.2.1.4. Tabaco	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
2.2.1.5. Papaya	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
2.2.1.6. Amapola	3.3.1. Zonas arenosas naturales
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	3.3.2. Afloramientos rocosos
2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
2.2.2.2. Café	3.3.4. Zonas quemadas
2.2.2.3. Cacao	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
2.2.2.4. Viñedos	<b>4. ÁREAS HÚMEDAS</b>
2.2.2.5. Coca	4.1. Áreas húmedas continentales
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	4.1.1. Zonas Pantanosas
2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	4.1.2. Turberas
2.2.3.2. Palma de aceite	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.2.3.3. Citricos	4.2. Áreas húmedas costeras
2.2.3.4. Mango	4.2.1. Pantanos costeros
2.2.4. Cultivos agroforestales	4.2.2. Salitral
2.2.5. Cultivos confinados	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
2.3. Pastos	<b>5. SUPERFICIES DE AGUA</b>
2.3.1. Pastos limpios	5.1. Aguas continentales
2.3.2. Pastos arbolados	5.1.1. Ríos (50 m)
2.3.3. Pastos enmalezados	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	5.1.3. Canales
2.4.1. Mosaico de cultivos	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5.2. Aguas marítimas
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5.2.1. Lagunas costeras
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	5.2.2. Mares y océanos
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Fuente: IDEAM, 2010.

**3.1.5 Sensores remotos y sistemas de información geográfica aplicados al estudio de los procesos de movimiento en masa:** en los últimos veinte años, los Sensores Remotos y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se han convertido en herramientas útiles para la identificación y mapeo de los procesos de remoción en masa y para la evaluación del riesgo asociado (Nagarajan *et al.*, 1998; Liu *et al.*, 2004; Bathrellos *et al.*, 2009), dado que permiten la extracción, almacenamiento y procesamiento rápido de la información (McKean *et al.*, 1991; McDermid and Franklin, 1994; Carrara *et al.*, 1995; Dikau *et al.*, 1996; van Westen *et al.*, 1997; Carrara *et al.*, 1999; Guzzetti *et al.*, 2006). En éste sentido, los Sistemas de Información Geográfica, contribuyen a la integración y modelización espacial de datos provenientes de fuentes diversas, y además permite explorar relaciones de causa-efecto (van Westen y Soeters, 2000).

Inicialmente las fotos aéreas jugaron un papel importante en el estudio de los movimientos en masa, sin embargo aunque éstas representan detalles importantes de los movimientos, frecuentemente no están disponibles en forma oportuna para la mayor parte de las zonas vulnerables del mundo. Por esta razón, las imágenes satelitales se han convertido en una fuente alternativa de datos, dado que permiten una evaluación más económica de las grandes áreas afectadas por los procesos de remoción en masa, facilitan una apreciación sinóptica del contexto dentro del cual ocurren los mismos, especialmente en términos de dinámicas de cobertura de la tierra (Borghuis *et al.*, 2007; Martha *et al.*, 2010) y además, permiten la cobertura de áreas que resultan, a veces, de difícil acceso y de naturaleza peligrosa, como por ejemplo muchas zonas en las que se localizan algunos procesos de remoción en masa. Asimismo, posibilitan la obtención continua de datos de la misma área donde ocurrió un evento de movimientos en masa, permitiendo así el monitoreo temporal y espacial de tales procesos. La interpretación secuencial de imágenes da lugar al análisis de la correlación entre los eventos climáticos y la ocurrencia e intensidad de los procesos de remoción en masa (Van Westen *et al.*, 2008).

Imágenes con diferentes resoluciones tanto espectral como espacial y diferentes técnicas, se han usado para el reconocimiento y mapeo de los movimientos de laderas (Fernández *et al.*, 2008). Por ejemplo, las imágenes ópticas monoscópicas de alta resolución (HR, por sus siglas en inglés), poseen una resolución en el rango de 1-4 m (pancromática) y 4-30 m (multiespectral) y las imágenes de muy alta resolución (VHR, por sus siglas en inglés), tienen una resolución espacial menor a 1 m (pancromática) y menor a 4 m (multiespectral) (European Commission, 2010). Ambas, permiten detectar movimientos individuales o grupos de ellos (Marcelino, 2009). En los casos en que estén disponibles imágenes ópticas de satélite pre y post-evento, las técnicas de detección de cambio, pueden ser usadas para identificar las áreas afectadas por los procesos de remoción en masa (Mantovani *et al.*, 1996; Nichol and Wong, 2005). Otras técnicas de teledetección basadas en la utilización de información multiespectral también pueden usarse (composiciones en color, índices, análisis de componentes principales y clasificación digital) y análisis texturales (filtros y segmentación de imágenes) (Fernández *et al.*, 2010). Las imágenes adquiridas por Radar de Apertura Sintética (SAR, por sus siglas en inglés), también hacen su aporte a la detección de los movimientos (Czchlewsky *et al.*, 2003; Singhroy and Molch, 2004). Asimismo, la Interferometría de Radar de Apertura Sintética (InSAR, por sus siglas en inglés) basados en modelos de elevación digital (DEMs), ha demostrado su utilidad en éste campo (Singhroy *et al.*, 1998; Van Den Eeckhaut *et al.*, 2007).

La compilación de los mapas inventarios de movimientos en masa, ha sido posible mediante la interpretación estereoscópica de fotografías aéreas tomadas luego de producido un evento (Buchnam *et al.*, 2001; Cardinalli *et al.*, 2001; Guzzetti *et al.*, 2005); análisis visual o digital de Modelos de Elevación Digital (DEMs) de alta resolución obtenidos de sensores aerotransportados (Mckean and Roering, 2004; Ardizzone *et al.*, 2007; Corsini *et al.*, 2007; Schulz, 2007; Van Den Eeckhaut *et al.*, 2007; Kasai *et al.*, 2009), e investigaciones de reconocimiento en campo (Dappor-

*et al.*, 2005; Cardinalli *et al.*, 2006; MahdaviFar *et al.* 2006; Santangelo *et al.*, 2010). Hasta hace poco, la interpretación visual de fotografías aéreas combinadas con investigaciones de campo resultaron ser la mejor fuente de información para la preparación de los mapas inventarios (Kääb, 2002; Casson *et al.*, 2003; van Westen and Lulie Getahun, 2003; Granica *et al.*, 2007; Moine *et al.*, 2009; Guzzetti *et al.* 2012). Otras aproximaciones aunque poco frecuentes, incluyen las imágenes de relieve sombreado producida por Light Detection and Ranging (LIDAR, por sus siglas en inglés).<sup>8</sup>

**3.1.6 Zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa:** en este caso, un área dada se subdivide en sectores de acuerdo a su susceptibilidad a generar movimientos en masa. En su concepto ideal, la susceptibilidad a movimiento en masa se puede considerar como una función distribuida espacialmente, definida como “la densidad de movimiento en masa esperada”, la cual es medida en términos de ocurrencias anuales por km<sup>2</sup> (o por unidad de área) para movimientos pequeños.

Los mapas cualitativos de susceptibilidad (por ejemplo, susceptibilidad alta, media y baja) son probablemente los más comunes, que pueden ser utilizados para controlar el desarrollo de un área, es decir para evitar la construcción directa sobre las zonas potencialmente inestables, o puede servir como indicador de zonas de inestabilidad que pueden extenderse y crear zonas de amenaza pendiente abajo. Para cada tipo de movimiento en masa, se debe preparar un mapa de susceptibilidad en forma separada, ya que por la naturaleza de cada tipo de proceso, la amenaza que estos representan es diferente. Por ejemplo, se deben preparar por separado los mapas de susceptibilidad a caídas de roca y los de deslizamientos. Al finalizar cada mapa, y solo si es posible, se podrían combinar en un solo mapa de amenazas, dependiendo de los fines del estudio y de la

---

<sup>8</sup> CARDOZO, Claudia. Zonación de susceptibilidad por procesos de remoción en masa en la cuenca del río Tartagal, Saita (Argentina). Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Matemáticas, Astronomía y Física, 2013. p. 1-32

complejidad de la zona. El análisis de probabilidades puede requerir la consideración de aspectos como cambios en el uso de la tierra, especialmente deforestación, incendios o terremotos.<sup>9</sup>

### **3.1 MARCO LEGAL**

Desde lo normativo puede abordarse distintos enfoques en lo que se refiere a la prevención y el conocimiento del riesgo a remoción en masas a la construcción y desarrollo del ordenamiento territorial y del medio ambiente. Por lo cual se enuncia las principales disposiciones que establece la ley 388 de 1997 conocida como Ley de Desarrollo Territorial, en materia de riesgos y desastres, las cuales son las siguientes:

Artículo 1. El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.

Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres.

Artículo 3. Función pública del urbanismo: Mejorar la seguridad de los asentamientos humanos ante los riesgos naturales.

---

<sup>9</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas: Proyecto Multinacional Andino. Colombia-Canadá. Bogotá D.C: El Instituto, 2007. p.71

Artículo 8. Acción urbanística: Determinar las zonas no urbanizables que presenten riesgos para la localización de asentamientos humanos, por amenazas naturales, o que de otra forma presenten condiciones insalubres para la vivienda.

Artículo 10. Determinantes de los planes de ordenamiento territorial: Las relacionadas con la conservación y protección del medio ambiente, los recursos naturales la prevención de amenazas y riesgos naturales.

Las políticas, directrices y regulaciones sobre prevención de amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales.

Artículo 16. Contenido de los planes básicos de ordenamiento: Del componente general: el inventario de las zonas que presenten alto riesgo para la localización de asentamientos humanos, por amenazas naturales o por condiciones de insalubridad. Del componente urbano:

La delimitación de las áreas de conservación y protección de los recursos naturales, paisajísticos y de conjuntos urbanos, históricos y culturales, de conformidad con la legislación general aplicable a cada caso y las normas urbanísticas que los complementan, así como de las áreas expuestas a amenazas y riesgos naturales.

La estrategia de mediano plazo para el desarrollo de programas de vivienda de interés social; incluyendo los de mejoramiento integral, la cual incluirá las directrices y parámetros para la definición de usos para vivienda de interés social, tanto en suelos urbanos como de expansión urbana, y el señalamiento de los correspondientes instrumentos de gestión; así como los mecanismos para la reubicación de los asentamientos humanos localizados en zonas de alto riesgo

para la salud e integridad de sus habitantes, incluyendo lo relacionado con la transformación de las zonas reubicadas para evitar su nueva ocupación.

Artículo 17. Contenido de los esquemas de ordenamiento territorial: Los objetivos, estrategias y políticas de largo y mediano plazo para la ocupación y aprovechamiento del suelo, la división del territorio en suelo urbano y rural, la estructura general del suelo urbano, en especial, el plan vial y de servicios públicos domiciliarios, la determinación de las zonas de amenazas y riesgos naturales y las medidas de protección, las zonas de conservación y protección de recursos naturales y ambientales y las normas urbanísticas requeridas para las actuaciones de parcelación, urbanización y construcción.

Artículo 35. El concepto de suelos de protección: Los suelos de protección están constituidos por las zonas y áreas de terrenos localizados dentro del suelo urbano, de expansión, suburbano y rural, que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras, para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenaza y riesgo no mitigable, tienen restringida la posibilidad de urbanizarse.

Artículo 58. Declaratoria de utilidad pública: Para efectos de decretar su expropiación, además de los motivos determinados en otras leyes vigentes se declara de utilidad pública o interés social la adquisición de inmuebles para destinarlos a los siguientes fines:

- Desarrollo de proyectos de vivienda de interés social, incluyendo los de legalización de títulos en urbanizaciones de hecho o ilegales diferentes a las contempladas en el artículo 53 de la Ley 9a. 1989, la rehabilitación de inquilinatos y la reubicación de asentamientos humanos ubicados en sectores de alto riesgo.

Artículo 121. Entrega a las Corporaciones Autónomas de Áreas desalojadas: Las áreas catalogadas como de riesgo no recuperable que hayan sido desalojadas a través de planes o proyectos de reubicación de asentamientos humanos, serán entregadas a las Corporaciones Autónomas Regionales o a la autoridad ambiental para su manejo y cuidado de forma tal que se evite una nueva ocupación. En todo caso el alcalde municipal o distrital respectivo será responsable de evitar que tales áreas se vuelvan a ocupar con viviendas y responderá por este hecho.

### **3.3 MARCO CONCEPTUAL.**

**Amenaza:** peligro latente asociado con la posible manifestación de un fenómeno de origen natural, socio-natural, antropogénico tecnológico o industrial, que se anticipa puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes y servicios y/o el ambiente expuestos. Es un factor de riesgo externo que se expresa la probabilidad de que un evento se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido.

**Vulnerabilidad:** en el contexto de la gestión del riesgo, es el factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca o susceptibilidad física, económica, social y política que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio natural o antropogénico. Representa, además una falta de resiliencia para recuperarse posteriormente. Las diferencias de vulnerabilidad del contexto social y material expuesto ante un fenómeno peligros determinas el carácter selectivo de la severidad de sus efectos.<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> CORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL. La gestión del riesgo en el ordenamiento territorial municipal del Valle del Cauca. Cali, Colombia: CAR, 2011. p .20.

**Sistema de información geográfica (SIG):** es un sistema informativo que permite la gestión y análisis de datos espaciales, que presentan atributos y los cuales deben presentar confiabilidad con datos espaciales. Sistema para captura, almacenamiento, chequeo, integración, manipulación y análisis de los datos que están referidos en la superficie de la tierra.

**Fotointerpretación:** el estudio científico de las fotografías aéreas permite extraer de ellas gran información, de tipo cuantitativo como cualitativo que es de gran ayuda para el estudio y manejo de los recursos naturales.

El auge y progreso de la computación ha permitido desarrollar equipos y técnicas de extracción automática de información que ofrece ventajas sobre los métodos visuales.

**ESCALA:** es una de las características geométricas más importantes a conocer en una fotografía aérea o imagen satelital. Ya que los objetos fotográficos son directamente proporcionales a la escala, es una expresión que establece que una unidad de distancia en las fotografías y mapas representa una unidad de distancia en el terreno.

Esta se puede expresar de manera gráfica o numérica. La grafica se puede acompañar de una escala numérica, esta se puede expresar a través de unidades equivalentes de fracciones representativas o de una razón ej., si 1 cm en la fotografía representa 250 mts en el terreno se puede expresar de la siguiente manera.

1mm: 25m

1/25000

1: 25000

**Sensor remoto:** son sistemas de adquisición de información de la superficie terrestre, soportados sobre diferentes tipos de plataformas (terrestres, aéreas o satelitales), funcionan a través de la captura de la energía reflejada o radiada por

la superficie, ya sea emitida por el sol (sensores pasivos) o por el mismo sensor (sensores activos). Los productos que se obtienen al emplear estas herramientas son diversos y de diferentes especificaciones, entre ellos los más conocidos son las fotografías aéreas y las imágenes de satélite. Los datos obtenidos se emplean como herramientas para la planificación territorial, ambiental, social, entre otros.

**Corine land cover:** esta es una metodología que está inmersa en el programa Corine (Coordination of Information of the Environment) de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) desde el año 1995, tiene como objetivo la captura de datos numéricos y espaciales para la creación de una base de datos geográfica de usos y coberturas de la tierra a escala 1: 100.000 a través la interpretación y análisis de imágenes de satélite o fotografías aéreas plasmadas en sistemas de información geográfica, esta metodología fue adaptada en Colombia para la generación del mapa de coberturas de la tierra de la cuenca Magdalena-Cauca en el año 2004. La base de datos de CORINE land cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a escala 1:100.000.<sup>11</sup>

**Movimiento en masa:** movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras.

**Zonificación:** define zonificación como la división de la superficie del terreno en áreas y la clasificación de acuerdo con el grado actual o potencial de amenaza por deslizamientos u otros movimientos en masa en las laderas.

---

<sup>11</sup> ACEVEDO, Jeeferson y ARCINIEGAS, Elkin. Análisis multitemporal de coberturas vegetales y uso del suelo en el municipio de Málaga Santander en el periodo de dos temporalidades comprendido entre los años 1992 al 2006 y 2006 al 2013. Trabajo de campamento Ingeniería Forestal. Málaga.: Universidad Industrial de Santander. Programa de Ingeniería Forestal, 2013. p 12.

**Susceptibilidad a deslizamiento:** evaluación cuantitativa o cualitativa de una región en la que existen o pueden existir deslizamientos. Esta evaluación considera la clasificación, volumen (o área) y distribución espacial de los movimientos en masa; también puede incluir una descripción de la velocidad e intensidad de los movimientos potenciales o existentes. Aunque se espera que los movimientos en masa ocurran con más frecuencia en la mayoría de las zonas susceptibles, en los análisis de susceptibilidad, no se tiene en cuenta el tiempo de recurrencia. La susceptibilidad a movimientos en masa incluye movimientos en masa originados en la zona de estudio o pueden tener su fuente fuera de esta ella, pero pueden viajar de regreso hacia o desde ésta área.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO. Documento metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100000: Subdirección de Amenazas Geológicas y Entorno Ambiental. Bogotá, D.C: Servicio Geológico Colombiano, 2013. p.15.

## **4. DISEÑO METODOLOGICO**

Para la generación del mapa de Zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa; se emplearon variables cualitativas de la cual hace parte la variable de cobertura de la tierra y cuantitativas en las que se encuentran los atributos profundidad radicular (PR), drenaje natural (DN), evapotranspiración o coeficiente de cultivo (ETP-KC) y numero de estrato (NE). La metodología que se trabajó en este proyecto es de tipo descriptiva puesto que no solo se limita a la toma de datos sino que también abarca la predicción e identificación de las relaciones que existe entre 2 o más variables ya sean cualitativas o cuantitativas.

### **4.1 TIPO DE ESTUDIO**

El método empleado para la evaluación de la susceptibilidad es el método heurístico el cual es un método indirecto que se basa en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad; en la determinación de la susceptibilidad a movimientos en masa empleando SIG se requiere en primer lugar la creación de la base de datos geográfica (Geodatabase), a partir de la capa Nacional de Coberturas 2005 – 2007 suministrada por el IDEAM, se analizan y calculan los atributos que componen la susceptibilidad (profundidad radicular (PR), drenaje natural (DN), evapotranspiración o coeficiente de cultivo (ETP-KC) y numero de estrato (NE)); la ponderación de los atributos asigna valores de 1 a 5 siendo el 1 muy baja susceptibilidad y 5 muy alta susceptibilidad valores que aplica la metodología del Servicio Geológico Colombiano.

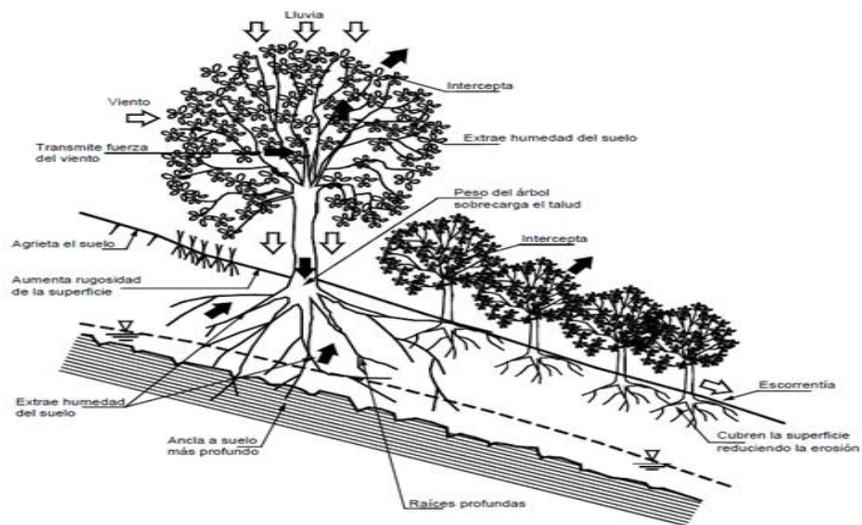
Para el procesamiento de las capas, e imágenes satelitales Lansant 7 ETM + y Landsat 8 OLI, generación de mapas y cálculo de susceptibilidad se harán en el software Arcgis 9,3 definiendo los patrones de clasificación de cada una de los atributos que comprenden la cobertura del suelo.

El procesamiento digital de imágenes satelitales es un apoyo para mejorar algunas de las características visuales que por efecto de la atmosfera o agrupamiento de los tonos en la información de la imagen, genera pérdidas en la apariencia visual de las unidades de cobertura. En el proyecto Determinación de la susceptibilidad a movimientos en masa, escala 1.100.000 en los departamentos de Meta, Huila y Caquetá, empleando SIG. Se implementa la Leyenda nacional de cobertura de la tierra CORINE LAND COVER 1:100.000 adaptada para Colombia.

#### 4.2 ATRIBUTOS QUE COMPONEN LA COBERTURA DE LA TIERRA.

Los cuatro atributos que componen la cobertura de la tierra son la base estructural para la construcción del modelo de susceptibilidad a movimientos en masa, y cada uno de ellos con un porcentaje igual al 25%, para esto se tiene en cuenta el efecto de la vegetación sobre el suelo que se muestra en la siguiente figura 2.

Figura 2. Efectos de la vegetación sobre el suelo.



Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

**4.2.1. Susceptibilidad a los movimientos en masa:** para el cálculo de la Susceptibilidad a los movimientos en masa, contextualizado en la temática de cobertura se determina con el uso del siguiente modelo matemático, y se contextualiza en la figura 3.

$$CAL = \frac{PR + DN + ETP_{KC} + NE}{4}$$

Dónde:

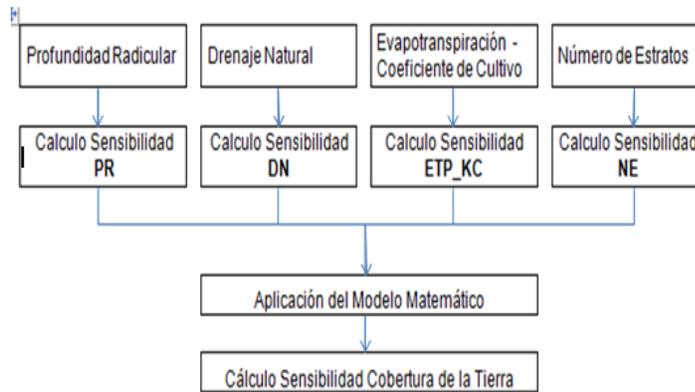
PR = Profundidad Radicular.

DN = Drenaje Natural.

ETP\_KC = Evapotranspiración – Coeficiente de Cultivo.

NE = Número de Estrato.

**Figura 3. Procedimiento para el cálculo de la sensibilidad de cobertura de la tierra.**



Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

La susceptibilidad está catalogada bajo 5 rangos que definen el nivel de la misma.

### Cuadro 1. Rangos de susceptibilidad

SUSCEPTIBILIDAD	CALIFICACIÓN
Muy alta	5
Alta	4
Media	3
Baja	2
Muy baja	1

Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

**Susceptibilidad Muy Baja:** en estas áreas pueden encontrarse bosques, arbustales y algún uso agropecuario que se considera no contribuye a la susceptibilidad sobre todo si se implementan prácticas de conservación de suelos, los procesos que se pueden generar por mal uso de los suelos podrían dar lugar a salinización, desertización, acidificación entre otros, pero la condición de relieve plano y estable, hace que los suelos por condición natural no contribuyan significativamente a movimientos en masa.

**Susceptibilidad Baja:** predominan las coberturas agropecuarias y adicionalmente incluyen el arbusto denso (bosques bajos).

**Susceptibilidad Media:** con coberturas de la tierra producto de actividades agropecuarias, donde sobresalen la ganadería extensiva con cultivos de pastos.

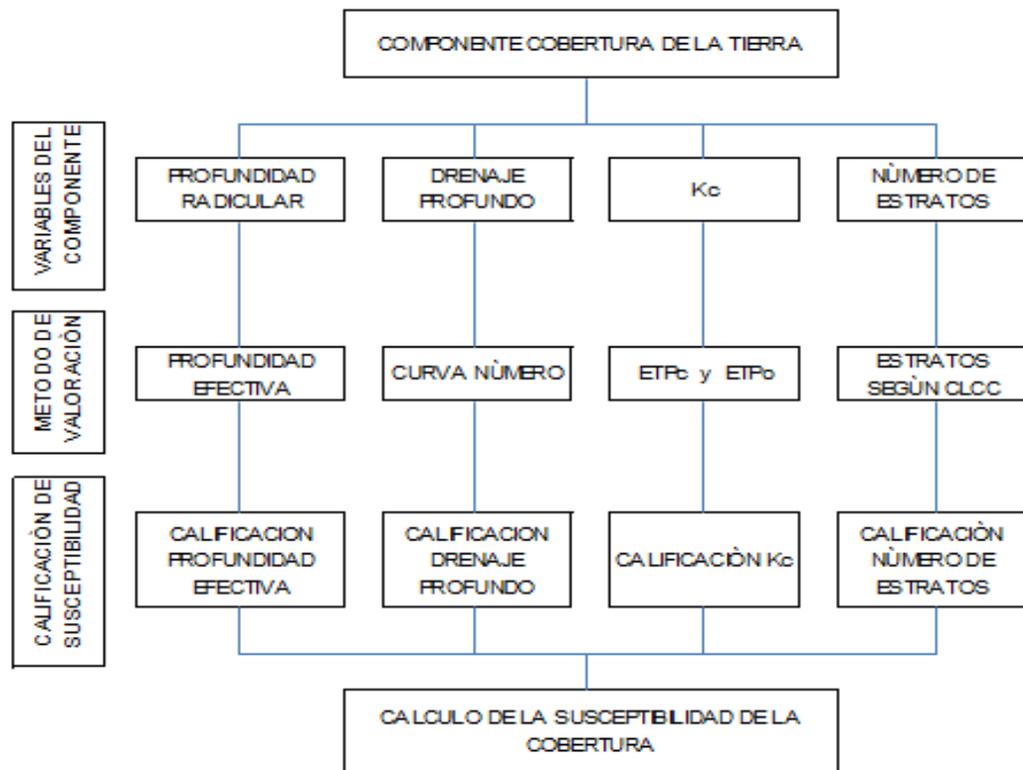
**Susceptibilidad Alta:** Coberturas asociadas son construcciones urbanas, industriales y comerciales.

**Susceptibilidad muy alta:** en estas áreas pueden encontrarse actividades agropecuarias en altas pendientes y sin prácticas de conservación de suelos provocando conflictos de uso por sobre-explotación severa de los suelos, siendo estos muy susceptibles tanto por el uso como por la presencia inicial de erosión y

cárcavas, entre otros procesos y porque ya no existen coberturas vegetales que ayuden en la regulación de los flujos de agua, ni en el sostén de los suelos. (SGC, 2013).

A continuación se muestra en la figura 4; la descriptiva del proceso metodológico en la cual se indica el diagrama de flujo para la valoración de susceptibilidad de los atributos mencionados anteriormente.

**Figura 4. Proceso para el cálculo de la susceptibilidad de cobertura de la tierra.**



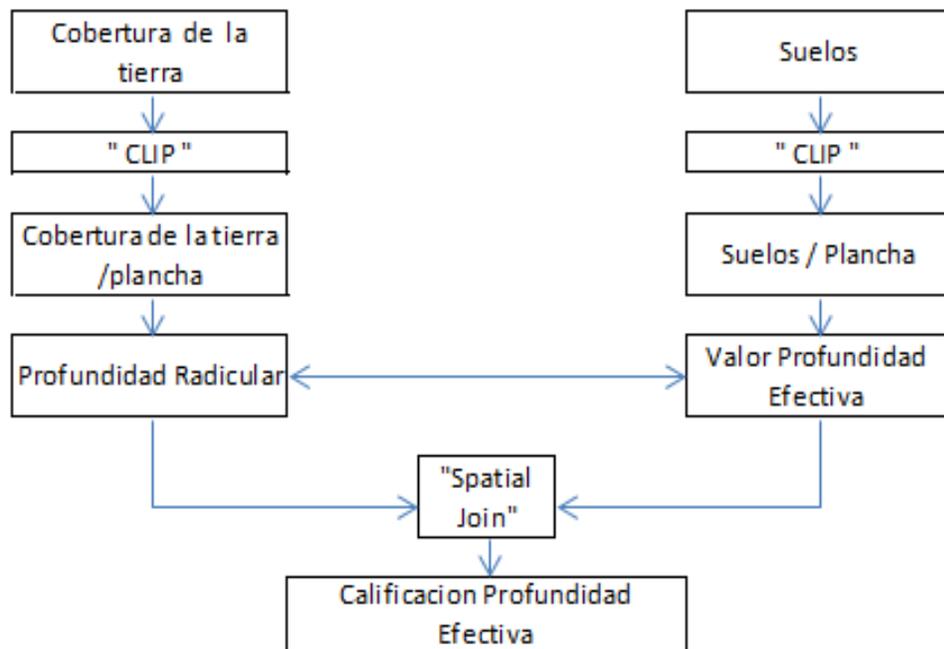
Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

**4.2.2 Profundidad radicular:** se sabe que la profundidad de las raíces va de la mano o están relacionadas de acuerdo a cada especie y los tipos de suelo, a raíz

de esto el SGC determina que para el presente estudio se calcula la profundidad radicular con referencia al parámetro profundidad efectiva, según su metodología toma como referencia la profundidad efectiva de suelos presentes en las planchas 449, 431, 413 y 414, mostrando que una misma unidad de cobertura no tiene igual calificación de profundidad radicular puesto que se relaciona directamente con la unidad de suelos presente. La información es tomada de los estudios de suelos de la subdirección de agrología del IGAC, en una escala 1:100.000.

Para el desarrollo del procedimiento se carga la capa de coberturas, la capa de suelo donde se van analizando los diferentes polígonos de coberturas, se incluyen los datos directamente en el Shape y a su vez se genera una tabla de atributos donde se van incluyendo los datos generados.

**Figura 5. Diagrama de flujo de obtención de la variable profundidad radicular.**



Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

**Cuadro 2. Valores utilizados para la obtención de la calificación de la variable Profundidad Radicular.**

PROFUNDIDAD EFECTIVA (PT)			PROFUNDIDAD RADICULAR (PR)	
PROFUNDIDAD (CM)	CATEGORÍA	CALIFICACIÓN*	PROFRADICULAR	SUSCEPTIBILIDAD
Menos a 25	Muy superficial	1	0 - 1,9	5
25 - 50	Superficial	2	2 - 2,9	4
50 - 100	Moderadamente profundo	3	3 - 3,9	3
100 - 150	Profundo	4	4 - 4,9	2
Mayor 150	Muy profundo	5	5	1

Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

**4.2.3 Evapotranspiración:** en este atributo se tomaran los datos de las estaciones meteorológicas suministrados por el IDEAM, esta se especializó, revisando específicamente los atributos, en especial el dato de Evapotranspiración.

Con el fin de conocer de manera aproximada la cantidad de agua que las coberturas extraen del suelo, se toman datos principalmente de la FAO y otros referentes bibliográficos, se consultan los  $K_c$  (ver cuadro 3), que se emplearan como una variable derivada de la evapotranspiración del cultivo y la evapotranspiración de referencia en condición estándar, indicando que entre mayor sea el  $K_c$  mayor será la magnitud de la evapotranspiración, lo cual puede favorecer la condición de estabilidad de los terrenos en la medida que sale mayor cantidad de humedad de los suelos y de la cobertura disminuyendo los efectos de saturación de los suelos.

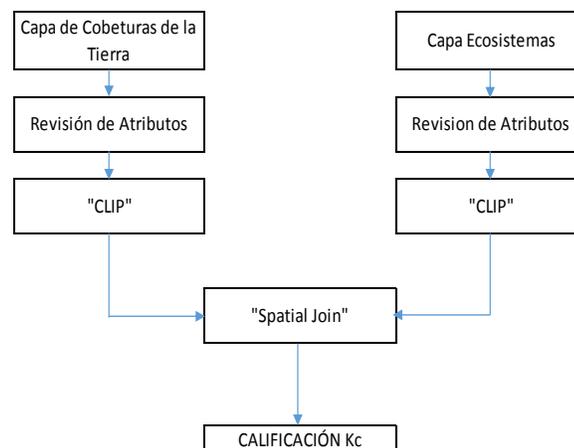
Obtenido el  $K_c$  para cada cobertura este se multiplico por la relación precipitación media/ETP potencial (ver cuadro 4), cuando esta última fuera menor a 1 según el tipo de clima en el que se encuentra la cobertura. Se debe aplicar los valores

promedio de los kc de las diferentes coberturas presentes en un polígono teniendo en cuenta los insumos y apoyos utilizados en la interpretación de la capa de coberturas, adicionalmente la leyenda de coberturas define las diferentes coberturas de la tierra en cuya conceptualización se integran los conceptos de consociación y asociación.

Para el desarrollo del procedimiento se carga la capa de coberturas, la capa de clima incluido en la información de ecosistemas y se va analizando los diferentes polígonos de coberturas, donde se va incluyendo el dato directamente en el Shape y a la vez se genera una hoja de cálculo donde se van incluyendo los datos generados a partir de la siguiente formula:

$$\text{Evt cultivo} = Kc * \text{promedio de la Evt potencial en función de la precipitación}$$

**Figura 6. Diagrama de flujo de obtención de la variable evapotranspiración.**



Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

**Cuadro 3. Coeficiente de cultivo.**

<b>CÓDIGO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>KC</b>
111	Tejido urbano continuo	0,2
112	Tejido urbano discontinuo	0,4
121	Zonas industriales o comerciales	0,2
124	Aeropuertos	0,2
231	Pastos limpios	1
233	Pastos enmalezados	0,88
242	Mosaico de pastos y cultivos	0,931
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0,75
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	0,75
314	Bosque de galería y ripario	0,5
323	Vegetación secundaria o en transición	0,6
411	Zonas pantanosas	1,5
511	Ríos (50m)	1
512	Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	1,1
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	0,8
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	0,67
3221	Arbustal denso	0,81
31111	Bosque denso alto de tierra firme	0,4
31112	Bosque denso alto inundable	0,6
321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado	0,9
321113	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	0,88

Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

**Cuadro 4. Adaptación a los climas manejados en la capa de ecosistemas**

CLIMA	PRECIPITACIÓN	ALTITUD (MSNM)	RELACIÓN EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL / PRECIPITACIÓN
Cálido Árido	0-500	0-800	8-4
Cálido Muy Seco	500-1000		4-2
Cálido Seco	1000-2000		2-1
Cálido Húmedo	2000-3000		1-0,5
Cálido Muy Húmedo	3000-7000		0,5-0,25
Cálido Pluvial	>7000		0,25-0,125
Templado Muy Seco	500-1000	800-1800	2-1
Templado Seco	1000-2000		1-0,5
Templado Húmedo	2000-3000		0,5-0,25
Templado Muy Húmedo	3000-7000		0,25-0,125
Templado Pluvial	>7000		0,25-0,125
Frio Muy Seco	500-1000	1800-2800	2-1
Frio Seco	1000-2000		1-0,5
Frio Húmedo	2000-3000		0,5-0,25
Frio Muy Húmedo	3000-7000		0,25-0,125
Muy Frio Muy Seco	500-1000	2800-3700	1-0,5
Muy Frio Seco	1000-2000		0,5-0,25
Muy Frio Húmedo	2000-3000		0,25-0,125
Muy Frio Muy Húmedo	3000-7000		0,25-0,125
Extremadamente Frio Muy Seco	500-1000	3700-4500	1-0,5
Extremadamente Frio Seco	1000-2000		0,5-0,25
Extremadamente Frio Húmedo	2000-3000		0,25-0,125
Extremadamente Frio Muy Húmedo	3000-7000		0,25-0,125
Nival Muy Seco	500-1000	>4500	0,25-0,125
Nival Seco	1000-2000		0,25-0,125

Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

**Cuadro 5. Valores utilizados para la obtención de la calificación de la variable Evapotranspiración.**

EVAPOTRANSPIRACIÓN (ETP)		
ETP	RANGO (KC)	SUSCEPTIBILIDAD
No presenta	0	0
Muy baja	0 - 0,5	5
Baja	0,51 - 0,8	4
Media	0,81 – 1	3
Alta	1,1 - 1,5	2
Muy Alta	Mayor de 1,5	1

Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

**4.2.4. Drenaje profundo:** la definición de drenaje profundo, implica la capacidad de las coberturas a la interceptación del volumen caído de precipitación, hasta llegar al suelo, donde comienza el proceso llamado infiltración.

Las coberturas boscosas son las que más dificultan el camino de la lluvia hacia el suelo, debido a su composición y estructura.

El suelo al ser el resultado de la interacción de la meteorización de los minerales y los aportes orgánicos de la vegetación, influye en las propiedades físicas de éstos, y están ligadas a los procesos formadores del suelo, por esta razón las coberturas presentan características edafológicas únicas.

**Curva Número (CN):** es un método que permite medir la capacidad de interceptación de las coberturas, este es planteado por el Servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos, el cual es utilizado en la modelación hidrológica en la etapa de pérdida relacionada a la infiltración, que correlaciona la potencialidad de las coberturas vegetales y usos de los suelos, junto con las unidades edafológicas y su ubicación espacial (pendiente).

El método CN, contempla cuatro grupos de suelos (A, B, C y D), siendo A un suelo con texturas gruesas (arenas) y altas tasas de infiltración, B y C texturas medias y tasas moderadas de infiltración y D texturas finas, suelos pesados y bajas tasas de infiltración. Ver Cuadro 6 y 7.

La Curva Número (CN) igual a 1 indica que toda la lluvia infiltra y un CN = 100 representa el escurrimiento total de la precipitación. Es así que para la práctica los valores van desde 30 hasta 98. Esto se lleva a las condiciones de cálculo de la Curva Número, los altos implican escorrentías elevadas (= infiltraciones bajas; = laderas degradadas) en cambio, números de curva bajos aseguran altas tasas de infiltración, baja escorrentía superficial y escasa erosión hídrica; estos grupos de suelos están cruzados por las unidades de cobertura.

**Cuadro 6. Grupos de suelos que contempla el método curva número.**

GRUPO DE SUELO	DESCRIPCIÓN	RANGO DE TASAS DE INFILTRACIÓN (mm/h)
A	Arenas profundas, loes, Limos agregados	7,62 - 11,43
B	Loes superficial, Suelos franco-arenoso	3,81 - 7,62
C	Suelos franco-arcillosos, franco-arenosos superficiales, bajos en materia orgánica, y usualmente altos en arcilla	1,27 - 3,81
D	Suelos que escurren muy bien, arcillas plásticas pesadas, y ciertos suelos salinos	0 - 1,27

Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

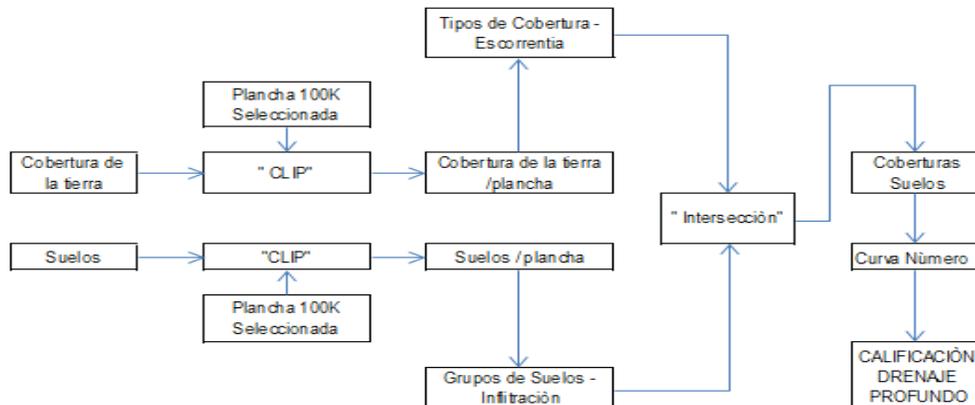
**Cuadro 7. Valor de curva número para las coberturas.**

DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE COBERTURA		GRUPOS TEXTURALES DE SUELOS (CN)			
CÓDIGO	UNIDAD	A	B	C	D
111	Tejido urbano continuo	98	98	98	98
112	Tejido urbano discontinuo	77	86	91	94
121	Zonas industriales o comerciales	85	90	92	94
124	Aeropuertos	98	98	98	98
231	Pastos limpios	68	79	86	89
233	Pastos enmalezados	39	61	74	80
242	Mosaico de pastos y cultivos	68	79	86	89
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	49	69	79	84
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	39	61	74	80
314	Bosque de galería y ripario	30	55	70	77
323	Vegetación secundaria o en transición	36	60	73	79
334	Zonas quemadas	96	96	96	96
411	Zonas pantanosas	90	90	90	90
511	Ríos (50m)	98	98	98	98
512	Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	98	98	98	98
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	43	65	76	82
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	32	58	72	79
3221	Arbustal denso	30	48	65	73
31111	Bosque denso alto de tierra firme	30	55	70	77
31112	Bosque denso alto inundable	70	45	30	23
321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado	41	62	74	85

Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

Dentro del drenaje natural se aplica el método de curva número (CN), que incluye coberturas, suelos y modelo de elevación digital.

**Figura 7. Diagrama de flujo de obtención de la variable drenaje profundo.**



Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

**Especialización del modelo de curva número (CN):** para el caso de la generación de la información geográfica en Arcgis, fue necesario tener:

- ✓ Capa de Suelos con los atributos de Infiltración o drenaje natural
- ✓ Capa de Coberturas
- ✓ Modelo digital de elevación (DEM)
- ✓ Archivo de excel CNLookTable.xls
- ✓ Extensión HEC-geo-HMS previamente instalada en Arcgis

Para obtener los porcentajes en los cuatro tipos de suelo; se obtuvo el porcentaje de dicha unidad en los cuatro tipos de suelos; como no es posible tener información detallada de la infiltración de cada una de las unidades edafológicas, se pretende generar una compatibilización entre el drenaje profundo que es una de las variables de suelos, con los grupos contemplados por el método CN. Esto es posible a que un drenaje excesivo o moderado por lo general se da en texturas gruesas como arenas y el drenaje pobre en texturas muy finas o arcillosas. Ver Cuadro 8.

**Cuadro 8. Clasificación del coeficiente de cultivo (Kc).**

COMPONENTE DE SUELOS		CURVA NUMERO (CN)**		
DRENAJE NATURAL (D)*		TIPOS DE SUELOS**		
CLASE	CATEGORÍA DE SUSCEPTIBILIDAD	CATEGORÍA**	DESCRIPCIÓN	TASAS DE INFILTRACIÓN (MM.H-1)
Excesivo	1 - 1,9	A	Arenas profundas, loes, Limos agregados	7,62 - 11,43
Moderado Excesivo				
Bueno (Bien)	2 - 2,9	B	Loes superficial, Suelos franco-arenoso	3,81 - 7,62
Moderado	3 - 3,9			
Imperfecto	4 - 4,9	C	Suelos franco-arcillosos, franco arenosos superficiales, bajos en materia orgánica, y usualmente altos en arcilla	1,27 - 3,81
Pobre				
Muy pobre	5	D	Suelos que escurren muy bien, arcillas plásticas pesadas, y ciertos suelos salinos	0 - 1,27
Pantanosos				

Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

Como obtener el valor de curva número (CN), para obtener el valor de Curva Numero se creó el último elemento que es un archivo de Excel vinculante denominado CNLookTable.xls; la cual tendrá como datos la tabla de valores de curva numero para coberturas y a su vez se generara otro archivo de Excel que se llamara CNLookUp.xls.

Se procede a generar la grilla de CN (Curva Número), utilizando la extensión HEC-geo-HMS previamente instalada en Arcgis; haciendo clic en el menú Utility – Generate CN grid.

La calificación del drenaje profundo. Para el desarrollo de la calificación del drenaje profundo, se genera un nuevo atributo llamado CalDrenProf el cual se carga directamente en el Shape; y califica de acuerdo al siguiente cuadro.

**Cuadro 9. Valores utilizados para la obtención de la calificación de la variable Drenaje Profundo**

DRENAJE PROFUNDO (DP)					
CLASES DE DRENAJE PROFUNDO	CURVA NÚMERO	DRENAJE PROFUNDO	SUSCEPTIBILIDAD	CATEGORIZACIÓN	COBERTURAS ASOCIADAS
Muy profundo	30 -40	Excelente	1	Muy baja	Bosques
profundo	41 - 60	Bueno	2	Baja	Arbustales densos
Moderada/ profundo	61 - 80	Moderada/ bueno	3	Media	Herbazales
Superficial	81 - 90	Regular	4	Alta	Áreas Agrícolas
Muy superficial	91 98	Malo	5	Muy alta	Pastos

Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

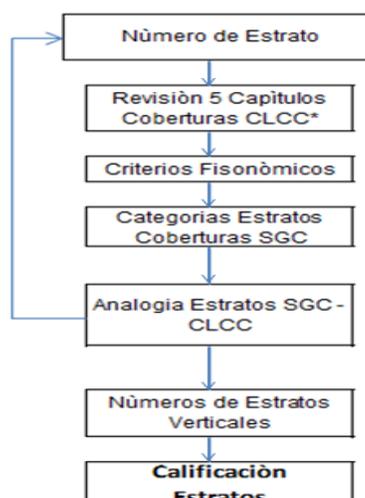
**4.2.5 Número estrato:** la información se obtiene a partir de la metodología planteada por el SGC y de la capa oficial de coberturas, CORINE LAND COVER COLOMBIA (CLCC) IDEAM, a partir de la descripción de las Unidades Cartográficas de Cobertura de la Tierra, expresadas en la planchas asignadas al Bloque a escala 1:100.000 (IDEAM, 2010) según Leyenda del Sistema de Clasificación analizando las asociaciones y consociaciones que indican la estratificación presente en dichas unidades.

Las coberturas de la tierra proporcionan información fundamental para diversos procesos nacionales como los mapas de ecosistemas, conflictos de uso del territorio, ordenación de cuencas y del territorio, seguimiento a la deforestación de los bosques, y los inventarios forestales, sólo por citar algunos.

La leyenda nacional para la zonificación de las coberturas de la tierra a escala 1:100.000 adaptada al territorio colombiano proporciona las características temáticas que el país requiere para el conocimiento de sus recursos naturales, para la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como para la actualización permanente de la información, con lo cual se facilitan los procesos de seguimiento de los cambios y la evaluación de la dinámica de las coberturas terrestres.

La leyenda nacional fue estructurada de manera jerárquica, derivando las unidades de coberturas de la tierra con base en “*criterios fisonómicos de altura y densidad*” y aplicables a todas las unidades consideradas para un grupo de coberturas del mismo tipo.

**Figura 8. Diagrama de flujo de obtención de la variable número estrato.**



Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

**Cuadro 10. Valores utilizados para la obtención de la calificación de la variable número estratos.**

NÚMERO DE ESTRATOS		
ESTRATOS DE LA COBERTURA	RANGO (Nº DE ESTRATOS VERTICALES)	SUSCEPTIBILIDAD
No presenta	0	5
Baja Densidad Estructural	1	4
Media Densidad Estructural	2	3
Moderadamente Alta	3	2
Alta Densidad Estructural	4	1

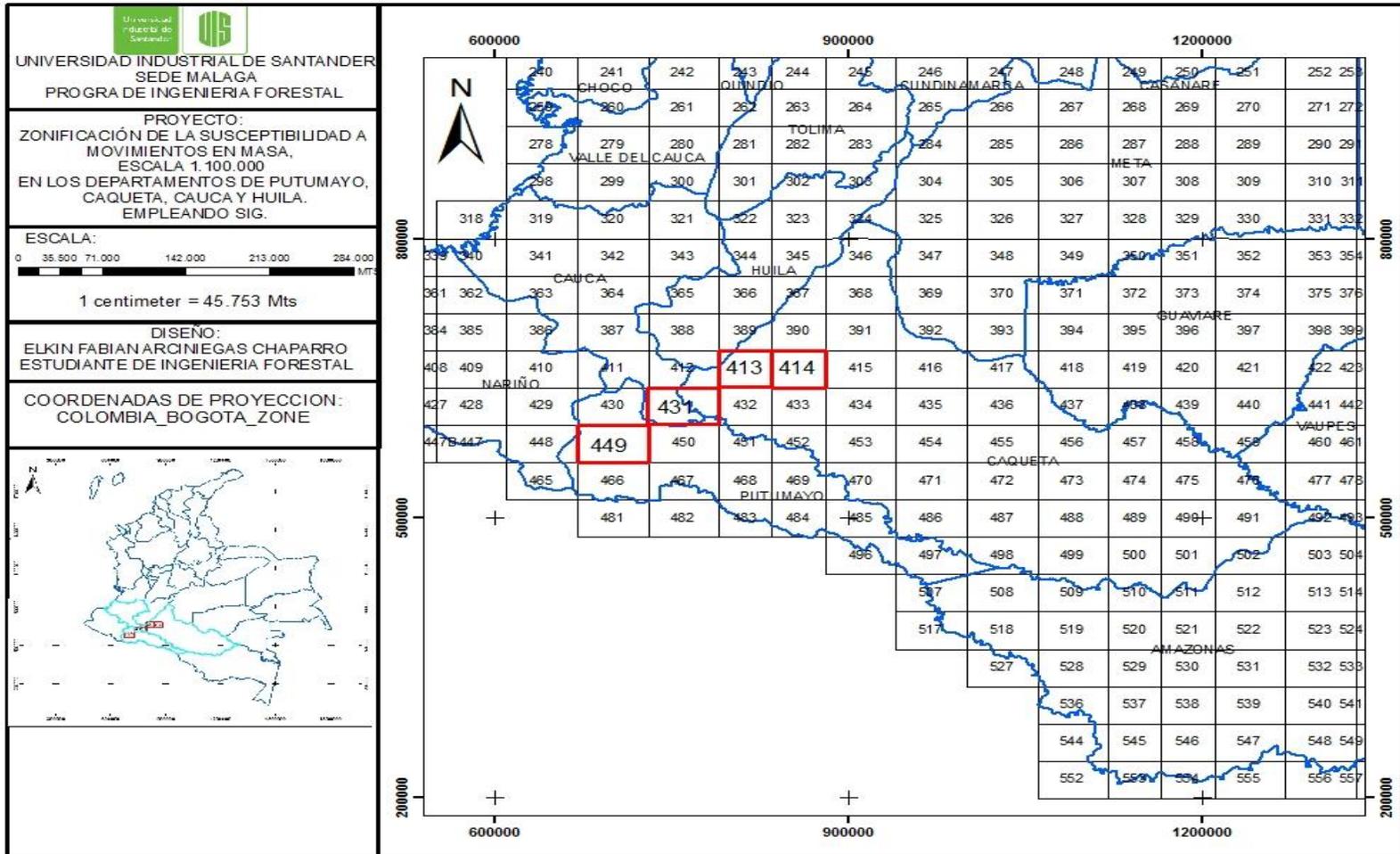
Fuente. Servicio Geológico Colombiano.

## **5. ANALISIS DE RESULTADOS**

### **5.1 MAPA DE LOCALIZACIÓN.**

Para la elaboración del mapa de localización, se obtuvo en base a las grillas suministradas por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), donde muestra las planchas a trabajar (413, 414, 431, 449), seguido se montó los Shape de Departamentos y Municipios de Colombia como lo muestra en la figura 9.

Figura 9. Mapa de localización de planchas



## **5.2 ANALISIS DE SUSCEPTIBILIDAD DE LA TIERRA.**

En el análisis de susceptibilidad de la tierra se dispuso del material brindado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), que constituye: la capa de suelos, esta capa fue entregada en formato Geodatabase tipo archivo por la Subdirección de Agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC al Servicio Geológico Colombiano SGC que a su vez fue suministrada a la Universidad Industrial de Santander UIS, esta se le dio calificación que el Profesional temático de suelos le asignó al drenaje natural y la profundidad efectiva.

La capa de cobertura nacional es la capa generada por el IDEAM y entregada por el SGC a la UIS, oficialmente publicadas en el año 2010 con interpretación entre los años 2005 y 2007. Las planchas representan el nivel de levantamiento general a escala 1:100.000. El Modelo Digital de Elevación (DEM), SRTM de 30 metros, facilitado por la UIS. El modelo de elevación digital representa el nivel de levantamiento general entre escalas 1:90.00 y 1:100.000.

En los datos de evapotranspiración (ETP), se utilizaron los datos de las estaciones meteorológicas generadas por el IDEAM, las capas de ETP del IDEAM y del DEM ya mencionado.

Se realiza el proceso de digitalización tomando como base la capa de coberturas donde asocia la leyenda nacional de coberturas CORINE Land cover adaptada para Colombia a escala 1:100000.

Para el presente estudio “Zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000” en la variable de coberturas se evaluaron cuatro atributos: Profundidad radicular, drenaje profundo, evapotranspiración y número de estratos, que aportaron a la construcción del modelo de susceptibilidad a la amenaza de remoción en masa.

**5.2.1 Análisis de susceptibilidad plancha 413:** espacialmente la plancha 413 contextualizada en la Proyección Transverse Mercator, se localiza completamente en el departamento del Caquetá, la cual forma parte del bloque 14 del proyecto de “Zonificación de la Susceptibilidad a Movimientos en Masa”. Ver figura 9.

### 5.2.2 Tipos de unidades de cobertura encontrada en la plancha 413.

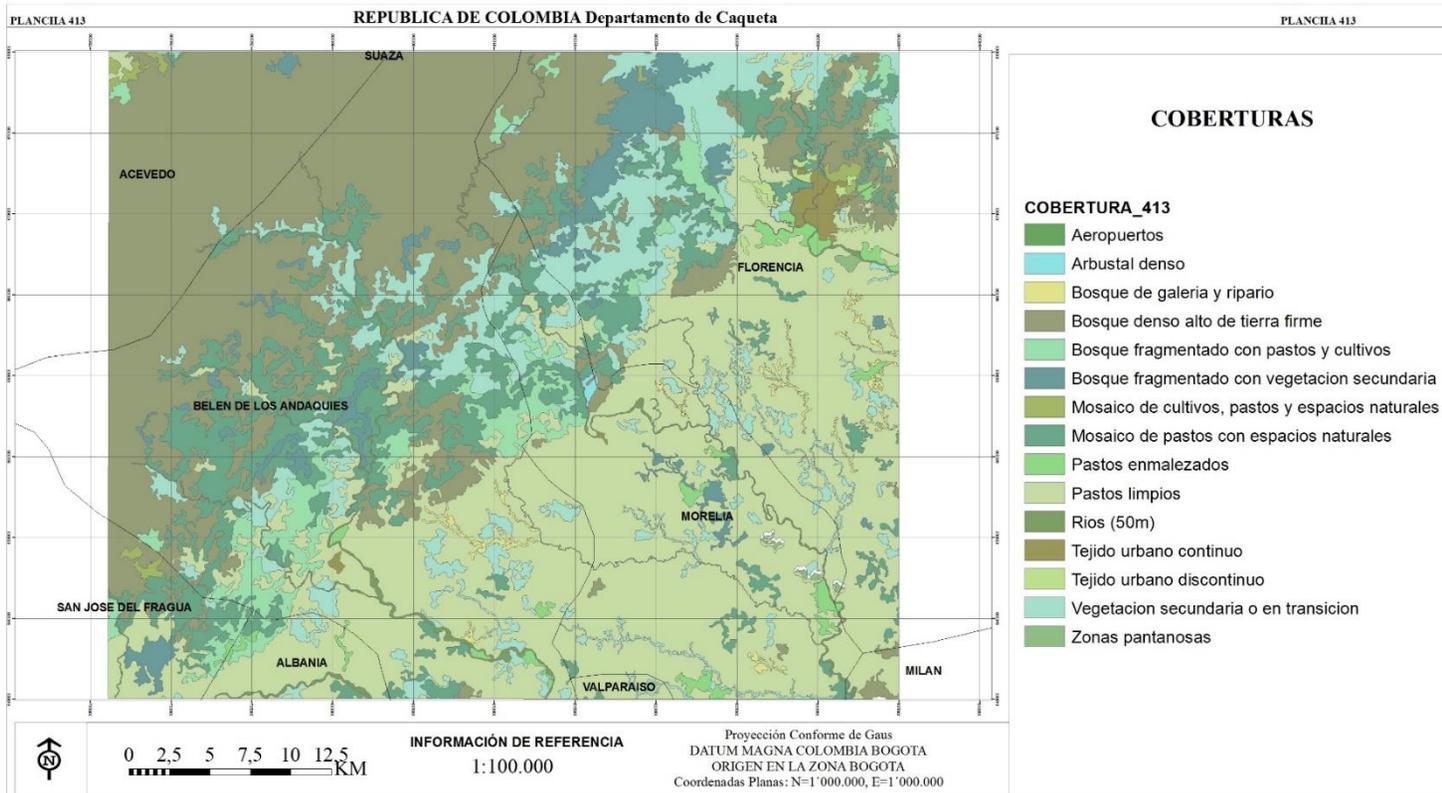
**Cuadro 11. Cuantificación de las coberturas de la tierra presentes en la plancha 413**

CÓDIGO	UNIDAD	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
111	Tejido urbano continuo	952,725393	0,49
112	Tejido urbano discontinuo	415,066051	0,21
124	Aeropuertos	8,13640693	0,004
231	Pastos limpios	70206,3461	35,90
233	Pastos enmalezados	2049,40476	1,05
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	734,369355	0,38
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	24285,0082	12,42
314	Bosque de galería y ripario	1043,14351	0,53
323	Vegetación secundaria o en transición	20193,8708	10,33
411	Zonas pantanosas	192,037116	0,098
511	Ríos (50m)	2516,77295	1,29
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	7100,30476	3,63
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	6478,04645	3,31
3221	Arbustal denso	107,747608	0,06
31111	Bosque denso alto de tierra firme	59284,1134	30,3
	TOTAL	195567,093	100

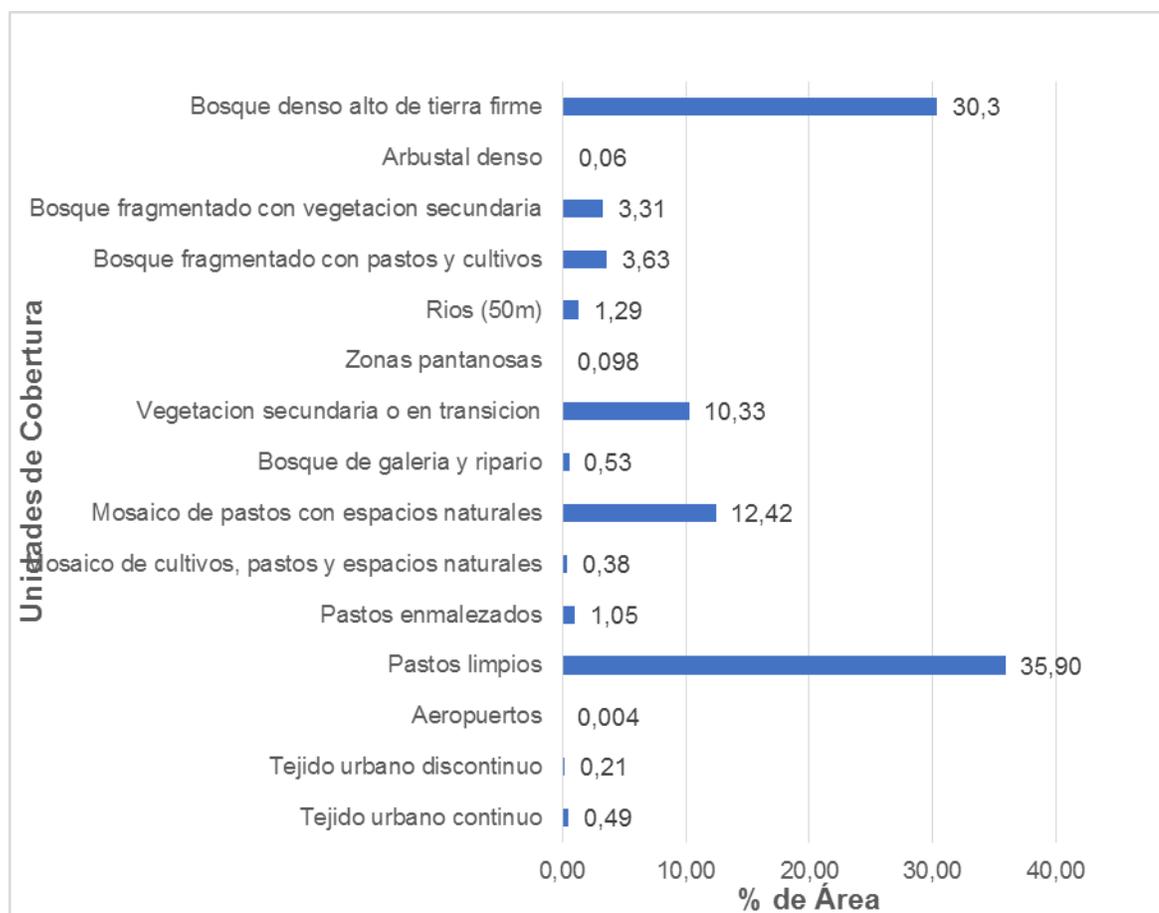
Las unidades de cobertura presentes en la plancha 413, se definen en el cuadro 11, encontrando un total de 15 unidades de cobertura.

De este total de unidades de cobertura, las de mayor representatividad son: Pastos limpios (35,9%), Bosque denso alto de tierra firme (30,3 %), Mosaico de pastos con espacios naturales (12,42%) y Vegetación secundaria o en transición (10,33 %). Unidades de cobertura como pastos enmalezados, pastos limpios, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, son producto de la intervención antrópica y conversión de los ecosistemas naturales que existían en la zona, dicha intervención genera o contribuye a la aparición de diferentes procesos como afectación en la evolución de las especies, deterioro de ecosistemas, cambios en el patrón de ciclos hidrológicos, cambios en la forma del relieve (en gran número de casos en forma negativa produciendo movimientos en masa, flujos, avalanchas, erosión).

Figura 10. Mapa con las unidades de coberturas de la tierra, plancha 413.



**Figura 11. Unidades de coberturas de la tierra de la plancha 413 en función del porcentaje de área.**



**5.2.3 Profundidad Radicular:** el atributo de profundidad radicular se muestra en el cuadro 12, asignando la calificación según metodología del SGC, tomando como referencia la profundidad efectiva de los suelos presentes en la plancha 413, indicando que una misma unidad de cobertura no tiene igual calificación de profundidad radicular ya que está relacionada directamente con la unidad de suelos presente.

Para la calificación que se le da a este atributo en los cuadros de cada plancha, se obtuvo sacando un promedio por cada plancha de la calificación profundidad

radicular, debido a que en la capa de suelos le daban diferentes valores a la misma cobertura para el cálculo de este atributo. Por ende habrá planchas con diferente calificación para la misma cobertura.

**Cuadro 12. Calificación del atributo Profundidad Radicular de la plancha 413.**

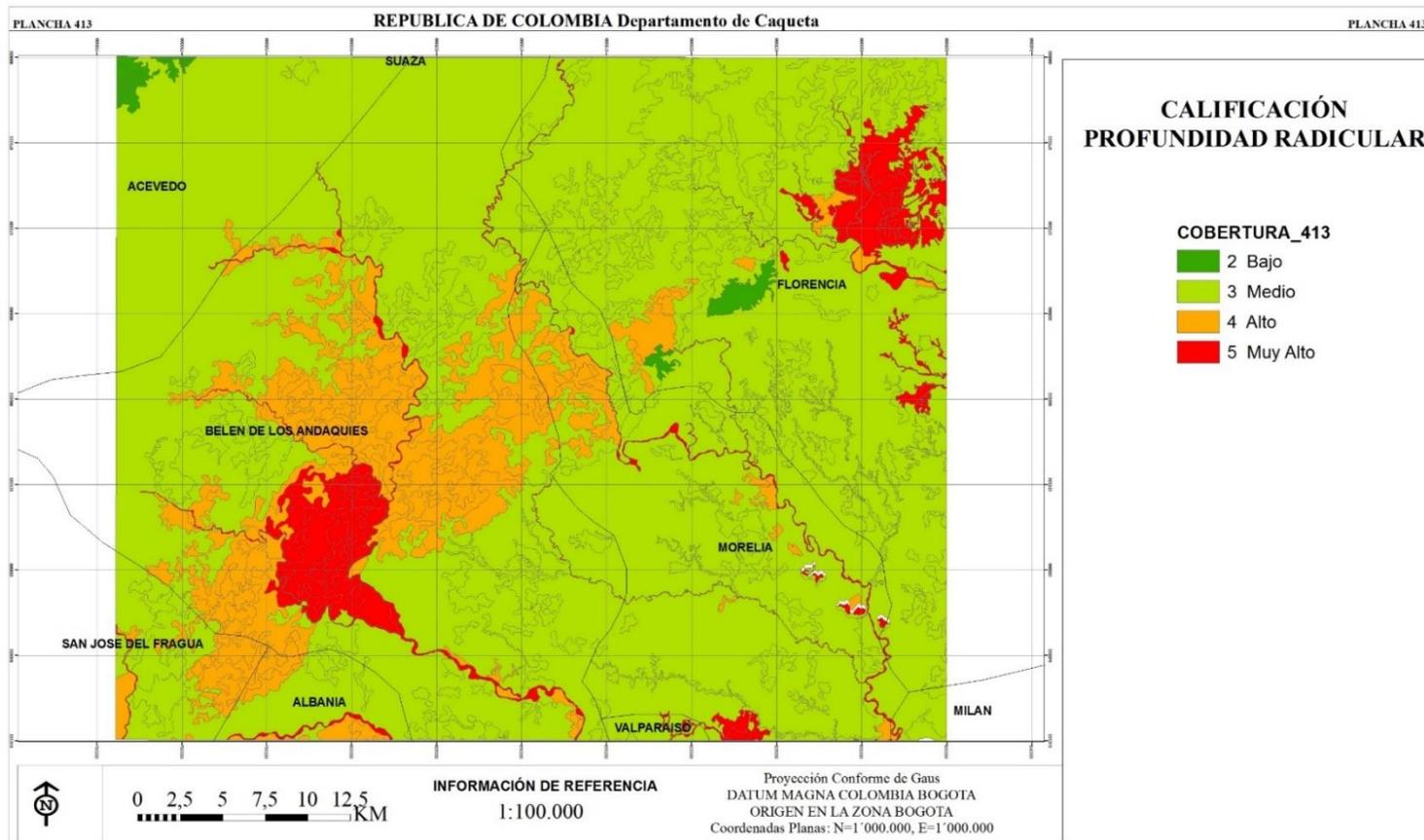
CÓDIGO	UNIDAD	PROFUNDIDAD RADICULAR	CALIFICACIÓN PROFUNDIDAD RADICULAR	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
111	Tejido urbano continuo	1	5	952,725393	0,49
112	Tejido urbano discontinuo	1	5	415,066051	0,21
124	Aeropuertos	1	5	8,13640693	0,004
231	Pastos limpios	2,9	4	70206,3461	35,90
233	Pastos enmalezados	2,9	4	2049,40476	1,05
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2,7	4	734,369355	0,38
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	3,1	3	24285,0082	12,42
314	Bosque de galería y ripario	3,1	3	1043,14351	0,53
323	Vegetación secundaria o en transición	3	3	20193,8708	10,33
411	Zonas pantanosas	1	5	192,037116	0,098
511	Ríos (50m)	1	5	2516,77295	1,29
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	3	3	7100,30476	3,63
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3,2	3	6478,04645	3,31
3221	Arbustal denso	3,7	3	107,747608	0,06
31111	Bosque denso alto de tierra firme	3,1	3	59284,1134	30,3
TOTAL				195567,0929	100

En el área de cubrimiento de la plancha 413, se presenta una calificación que va desde Media susceptibilidad (3), a Muy Alta susceptibilidad (5). Las unidades de cobertura como Bosque denso alto de tierra firme, Arbustal denso, Bosque fragmentado con vegetación secundaria, Bosque fragmentado con pastos y cultivos, Vegetación secundaria o en transición, Bosque de galería y ripario,

Mosaico de pastos con espacios naturales, en total expresan un 60.58% de la plancha a una susceptibilidad Media. Se califican de Alta (4) susceptibilidad con una representatividad de coberturas de Pastos limpios, Pastos enmalezados y Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, en cuanto a su expresión espacial en la plancha es del 37.33%.

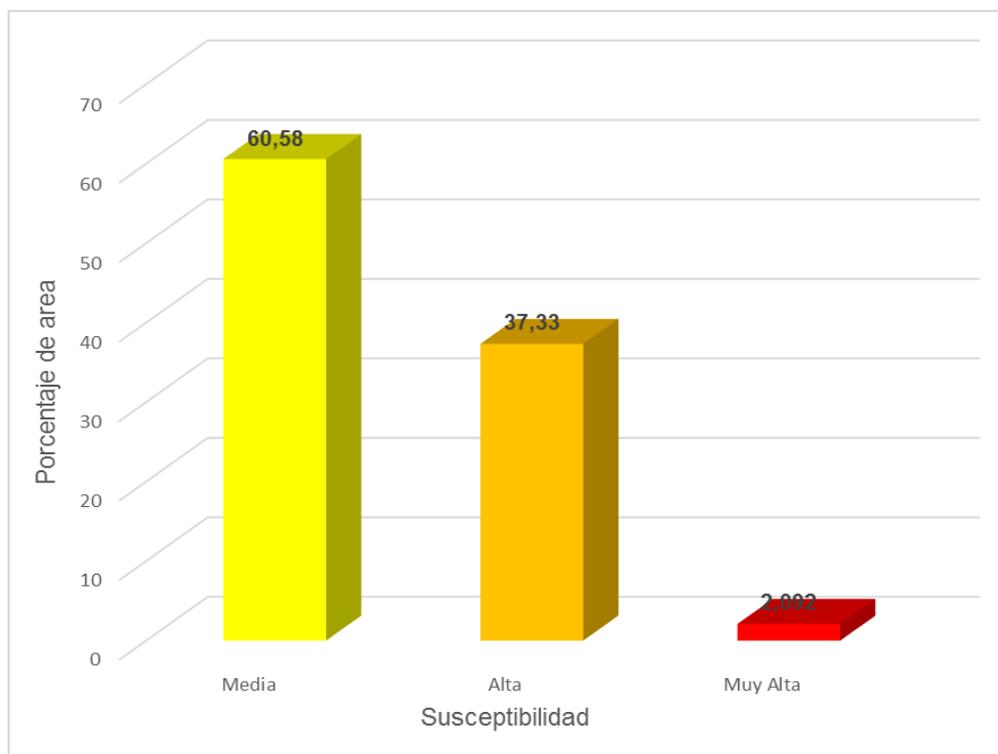
Finalmente, con una susceptibilidad muy alta (5) se encuentran unidades de cobertura de la tierra como Zonas pantanosas, Ríos, que junto con otras unidades menores se expresan de forma espacial en un 2.092% del área de estudio.

Figura 12. Mapa calificación del atributo profundidad radicular para la plancha 413



En el área de estudio de la plancha 413, se presenta un mayor porcentaje de área una susceptibilidad media en los municipios de Morelia, Belén de los Andaquies, Albania, Florencia y San José de Fragua del departamento del Caquetá. Con referencia a la susceptibilidad alta se localiza en gran parte en el municipio de Belén de los Andaquies. Que debido a las fuentes de presión generadas por causa de la intervención antrópica, altera la dinámica de las comunidades vegetales naturales así como las características físicas – mecánicas de los suelos, generando tendencias de incremento a las calificaciones de muy alta susceptibilidad.

**Figura 13. Calificación de la susceptibilidad variable profundidad radicular en la plancha 413.**



**5.2.4 Evapotranspiración:** en este atributo se tomaron los datos de las estaciones meteorológicas suministrados por el IDEAM, esta se especializo,

revisando específicamente los atributos, en especial el dato de Evapotranspiración.

Con el fin de conocer de manera aproximada la cantidad de agua que las coberturas extraen del suelo, se toman datos principalmente de la FAO y otros referentes bibliográficos, se consultan los Kc, que se emplearan como una variable derivada de la evapotranspiración del cultivo y la evapotranspiración de referencia en condición estándar.

**Cuadro 13. Calificación del atributo evapotranspiración de la plancha 413.**

CÓDIGO	UNIDAD	KC	EVAPO TRANSPIRACIÓN	CALIFICACIÓN EVAPO TRANSPIRACIÓN	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
111	Tejido urbano continuo	0,2	0,075	5	952,725	0,49
112	Tejido urbano discontinuo	0,4	0,15	5	415,066	0,21
124	Aeropuertos	0,2	0,07	5	8,13640	0,004
231	Pastos limpios	1	0,375	3	70206,35	35,90
233	Pastos enmalezados	0,88	0,33	3	2049,405	1,05
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0,75	0,24161	4	734,3694	0,38
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	0,75	0,28125	4	24285,01	12,42
314	Bosque de galería y ripario	0,5	0,1875	5	1043,144	0,53
323	Vegetación secundaria o en transición	0,6	0,225	4	20193,87	10,33
411	Zonas pantanosas	1,5	0,5625	2	192,0371	0,098
511	Ríos (50m)	1	0,54844	3	2516,773	1,29
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	0,8	0,3	4	7100,305	3,63
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	0,67	0,25125	4	6478,046	3,31
3221	Arbustal denso	0,81	0,30375	3	107,7476	0,06
31111	Bosque denso alto de tierra firme	0,4	0,15	5	59284,11	30,3
TOTAL					195567,1	100

Con una susceptibilidad Media (3), unidades de cobertura como Pastos limpios, Pastos enmalezados con un área del 38.24%. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Mosaico de pastos con espacios naturales, Vegetación secundaria o en transición y con unas superficies pequeñas de otras coberturas ocupan un área del 30.07%; presentan una calificación de Alta (4) susceptibilidad. Finalmente, con una susceptibilidad Muy Alta (5), se encuentran unidades de coberturas como Bosque denso alto de tierra firme, Bosque de galería y ripario, entre otras que representan un 31.534% del área de estudio.

En el área de estudio de la plancha 413, se presenta un mayor porcentaje de área una susceptibilidad Muy Alta, en los municipios de Belén de los Andaquies, Florencia y San José de Fragua. Con referencia a la susceptibilidad Alta en gran parte de los municipios de Belén de los Andaquies, Florencia y San José de Fragua en el departamento de Caquetá. Debido a las condiciones de clima y las coberturas presentes, se condicionan ambientes sujetos a los procesos de evapotranspiración que es afectada por la alteración de la dinámica ecológica de las comunidades vegetales propias del área.

**Figura 14. Calificación de la susceptibilidad variable evapotranspiración de la plancha 413.**

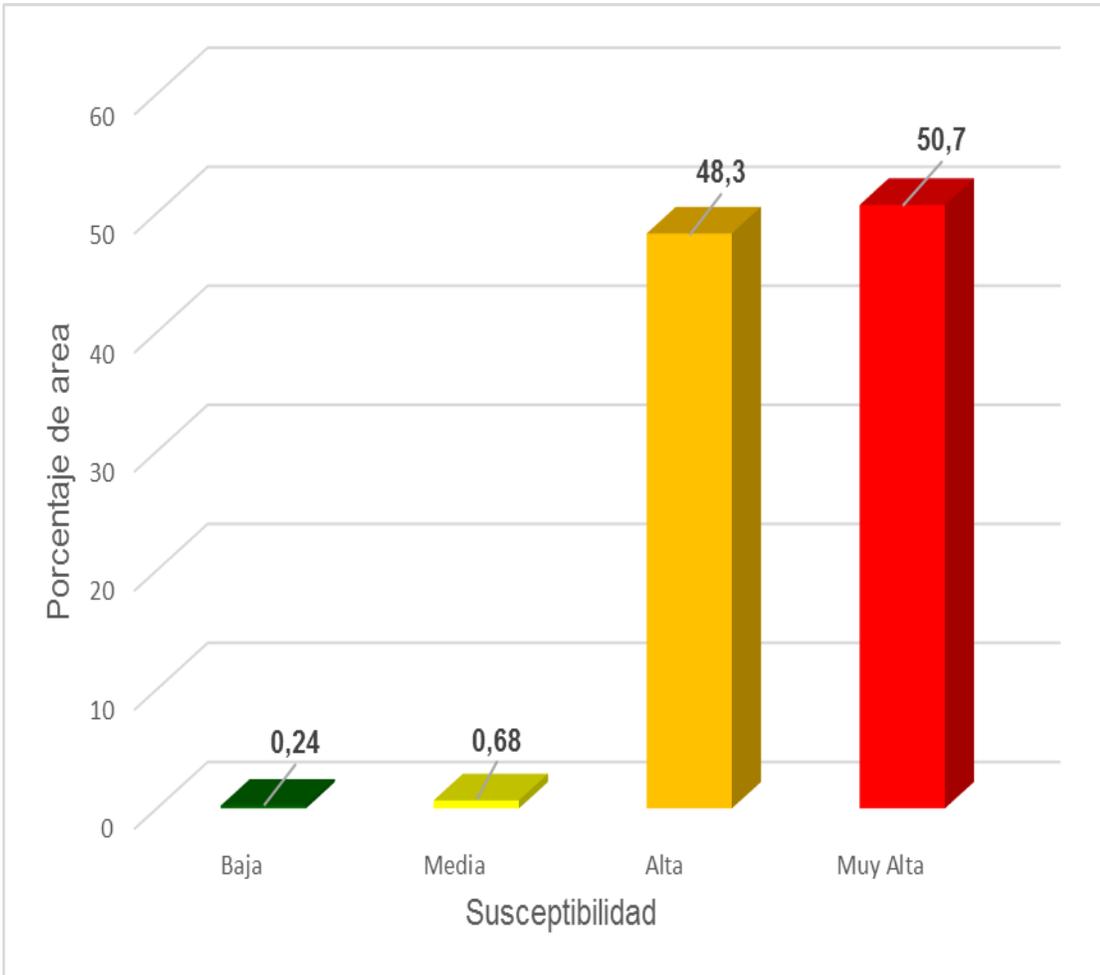
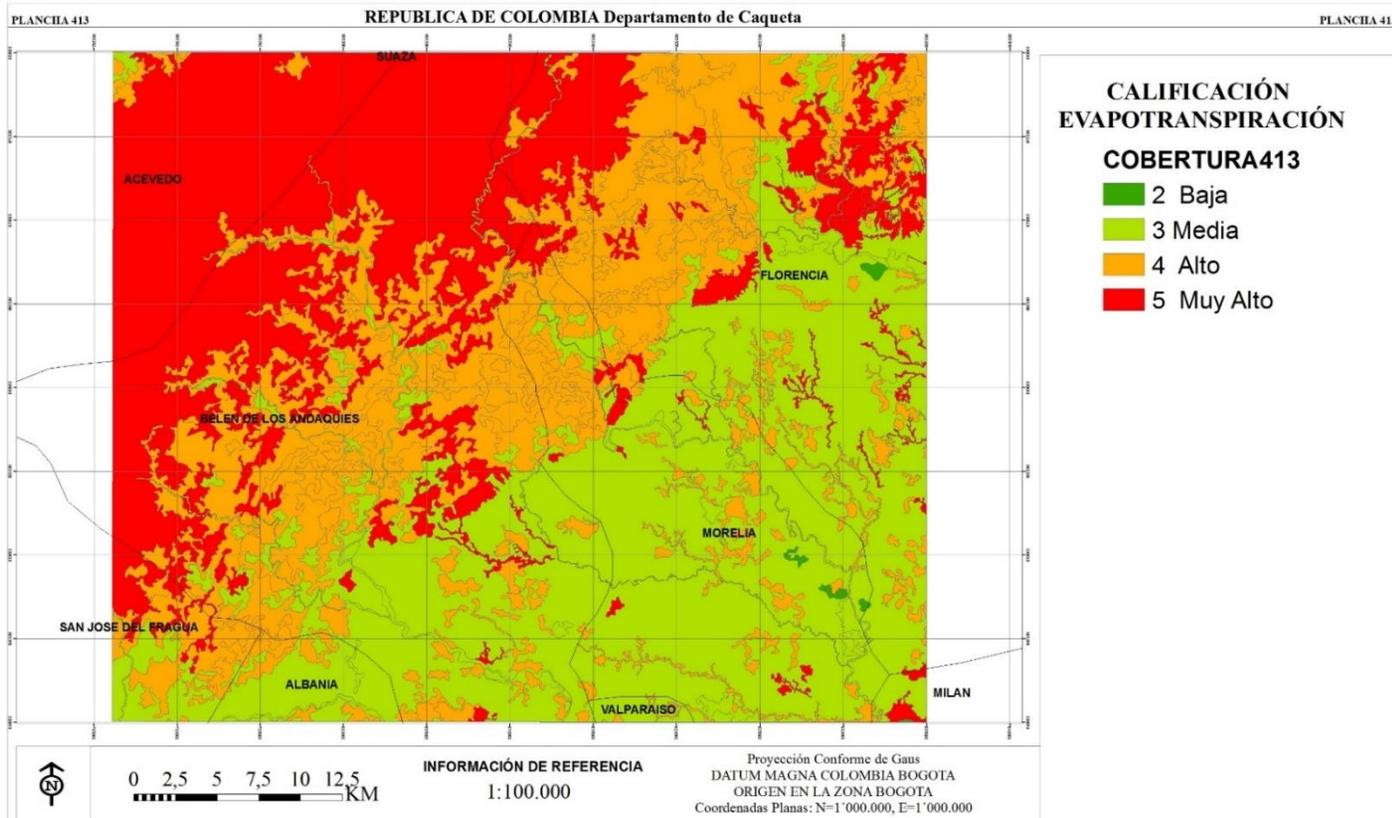


Figura 15. Mapa calificación del atributo evapotranspiración para la plancha 413.



**5.2.5 Drenaje profundo:** la definición de drenaje profundo, implica la capacidad de las coberturas a la interceptación del volumen caído de precipitación, hasta llegar al suelo, donde comienza el proceso llamado infiltración. Las coberturas boscosas son las que más dificultan el camino de la lluvia hacia el suelo, debido a su composición y estructura.

A partir de la extensión HEC-geo-HMS, que trabaja sobre la plataforma ArcGIS 9.3, y que se puede manejar y desplegar en ArcMap, donde se genera una capa resultante donde califica el valor de una cobertura en cada unidad de suelo, dando un valor entre 30 y 98.

**Cuadro 14. Calificación del atributo Drenaje Profundo, plancha 413.**

CÓDIGO	UNIDAD	DRENAJE PROFUNDO	CALIFICACION DRENAJE PROFUNDO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
111	Tejido urbano continuo	98	5	952,725393	0,49
112	Tejido urbano discontinuo	86	4	415,066051	0,21
124	Aeropuertos	98	5	8,13640693	0,004
231	Pastos limpios	79	3	70206,3461	35,90
233	Pastos enmalezados	61	3	2049,40476	1,05
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	69	3	734,369355	0,38
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	61	3	24285,0082	12,42
314	Bosque de galería y ripario	55	2	1043,14351	0,53
323	Vegetación secundaria o en transición	60	2	20193,8708	10,33
411	Zonas pantanosas	90	4	192,037116	0,098
511	Ríos (50 m)	98	5	2516,77295	1,29
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	65	3	7100,30476	3,63
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	58	2	6478,04645	3,31
3221	Arbustal denso	48	2	107,747608	0,06
31111	Bosque denso alto de tierra firme	55	2	59284,1134	30,3
<b>TOTAL</b>				<b>195567,093</b>	<b>100</b>

Al tener estas características se obtiene un valor que oscila entre 30 y 98, siendo 30 un valor el cual representa una cobertura que posee la mayor posibilidad de infiltración. En este rango se encuentran los bosques con una buena condición de conservación y 98 es un valor el cual representa coberturas impermeables, las cuales no poseen la cualidad de infiltración, por ejemplo los cuerpos de agua, ríos, zonas urbanizadas, zonas degradadas, entre otras. En la figura 17 de la plancha 413 se relaciona el mapa de calificaciones de las coberturas a susceptibilidad para el atributo de drenaje profundo. En la plancha 413 se presenta una calificación de Baja (2) susceptibilidad a las unidades de cobertura como Bosque denso alto de tierra firme, Bosque fragmentado con vegetación secundaria; son las más representativas, sin embargo con otras coberturas estas se especializan, en un área de 44.5% de la plancha.

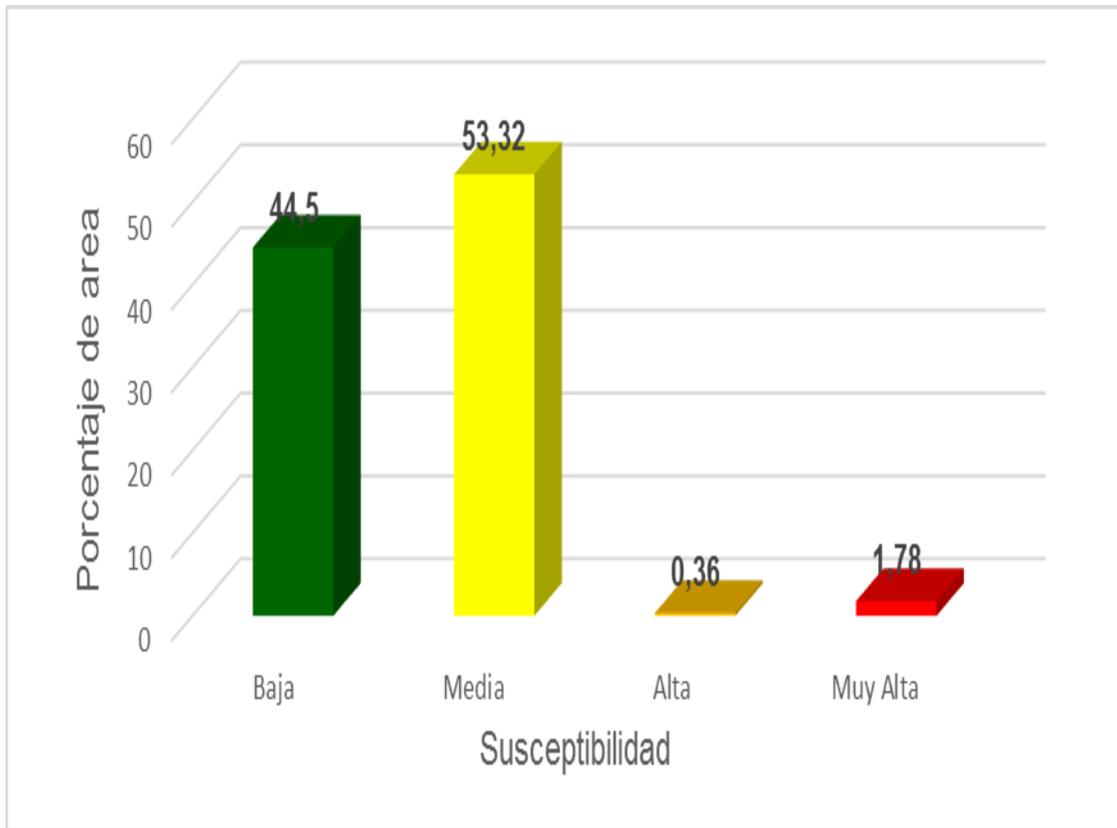
Se encuentran que para las coberturas de Media (3) susceptibilidad están con mayor representatividad Pastos limpios, Mosaico de pastos con espacios naturales; con un área en la plancha del 53.32%.

En el área de estudio de la plancha 413, se presenta un mayor porcentaje de área una susceptibilidad Baja, en los municipios de Belén de los Andaquies, Florencia, del departamento del Caquetá.

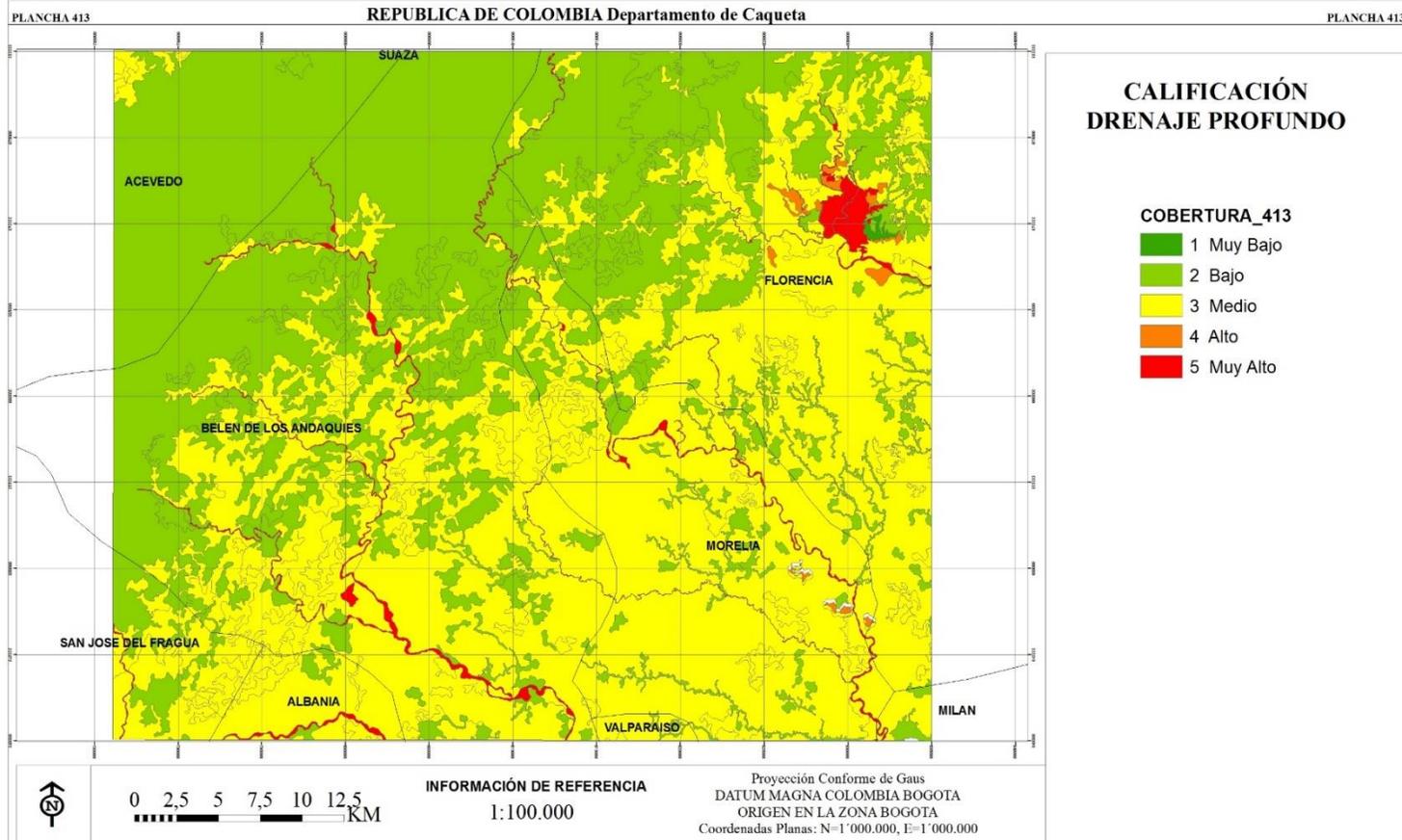
Con relación a la susceptibilidad media se localiza en gran parte en los municipios de Morelia, Albania, Valparaíso, Milán, Florencia y Belén de los Andaquies.

Con respecto a la susceptibilidad alta, resalta la incidencia de los Tejidos urbanos continuos, Tejido urbano discontinuo y Ríos; lo cual no enmarca incidencia a la ocurrencia de dichos fenómenos.

**Figura 16. Calificación de la susceptibilidad variable drenaje profundo de la plancha 413.**



**Figura 17. Mapa calificación del atributo Drenaje Profundo para la plancha 413.**



**5.2.6 Número estrato:** la leyenda nacional para la zonificación de las coberturas de la tierra a escala 1:100.000 adaptada al territorio colombiano proporciona las características temáticas que el país requiere para el conocimiento de sus recursos naturales, para la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como para la actualización permanente de la información, con lo cual se facilitan los procesos de seguimiento de los cambios y la evaluación de la dinámica de las coberturas terrestres.

En la plancha 413 se relacionan las calificaciones de susceptibilidad para el atributo número de estratos.

**Cuadro 15** Calificación del atributo número estrato, plancha 413.

CÓDIGO	UNIDAD	NÚMERO ESTRATO	CALIFICACIÓN NÚMERO ESTRATO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
111	Tejido urbano continuo	0	5	952,72539	0,49
112	Tejido urbano discontinuo	0	5	415,06605	0,21
124	Aeropuertos	0	5	8,1364069	0,004
231	Pastos limpios	1	4	70206,346	35,899
233	Pastos enmalezados	1	4	2049,4048	1,048
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3	2	734,36936	0,376
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	2	3	24285,008	12,418
314	Bosque de galería y ripario	4	1	1043,1435	0,533
323	Vegetación secundaria o en transición	2	3	20193,871	10,326
411	Zonas pantanosas	1	4	192,03712	0,098
511	Ríos (50m)	0	5	2516,773	1,287
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	3	2	7100,3048	3,631
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3	2	6478,0465	3,312
3221	Arbustal denso	2	3	107,74761	0,055
31111	Bosque denso alto de tierra firme	4	1	59284,113	30,314
<b>TOTAL</b>				<b>195567,09</b>	<b>100</b>

En la plancha 413 se observa la unidad de cobertura, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Bosque fragmentado con pastos y cultivos y Bosque fragmentado con vegetación secundaria; a una calificación de Baja (2) susceptibilidad representada con el 7,31% en la plancha. De igual manera se observa a las unidades de cobertura como Mosaico de pastos con espacios naturales, Vegetación secundaria o en transición con una área del 22.8% formando parte de la susceptibilidad Media (3). En una calificación Alta (4) susceptibilidad se encuentran unidades como Pastos limpios, Pastos enmalezados, otras coberturas de menor representatividad con un área del 37.04%.

En la plancha 413, se presenta un mayor porcentaje de área una susceptibilidad Alta, en los municipios de Belén de Andaquies, Albania, Morelia, Valparaíso, Milán y San José de Fragua del departamento de Caquetá.

Con relación a la susceptibilidad Media gran parte de los municipios de Belén de Andaquies, Morelia y Florencia.

Y finalmente con una representatividad de la susceptibilidad Muy baja y Baja se encuentran los municipios de Belén de Andaquies y Florencia del departamento del Caquetá.

Como se indicó en el método de cálculo, la calificación está dada por la metodología del SGC y directamente relacionada con la unidad de cobertura según CORINE land Cover Colombia.

**Figura 18. Calificación de la susceptibilidad variable número estrato en la plancha 413.**

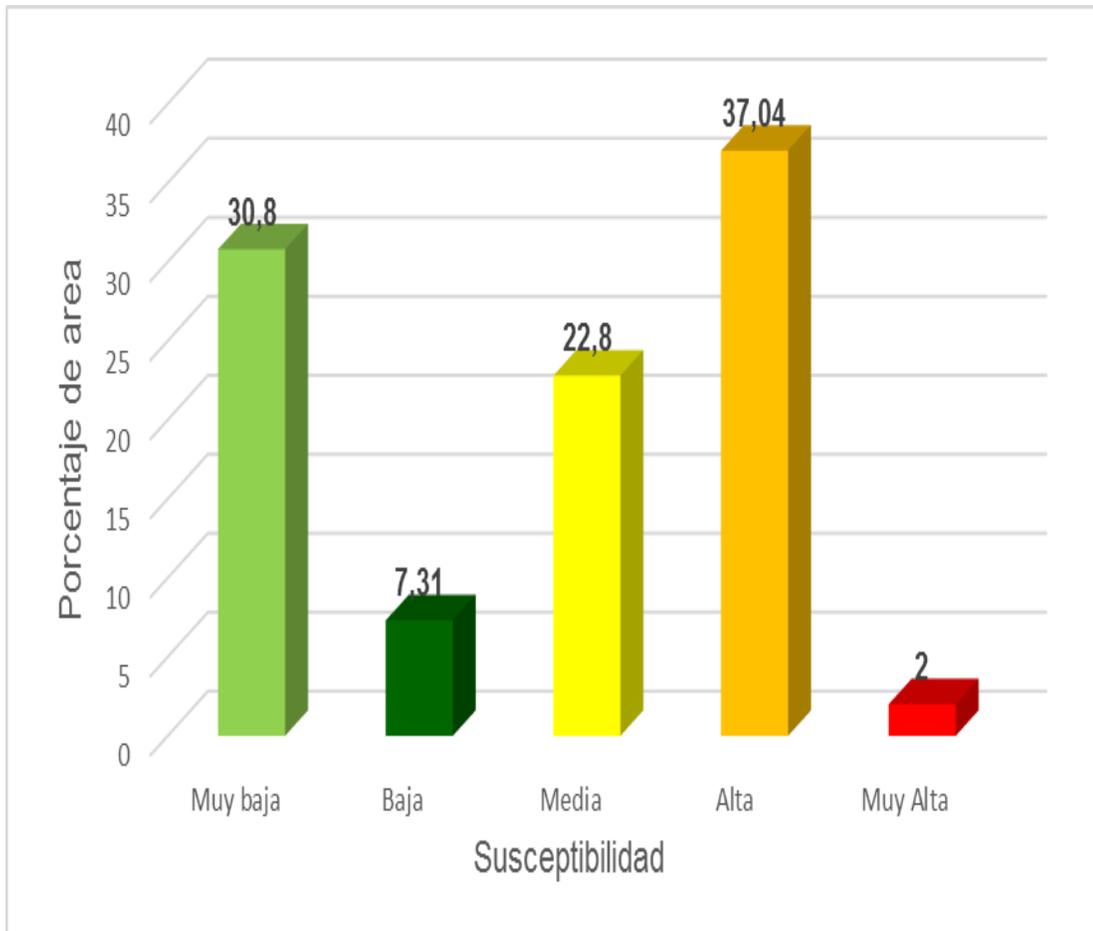
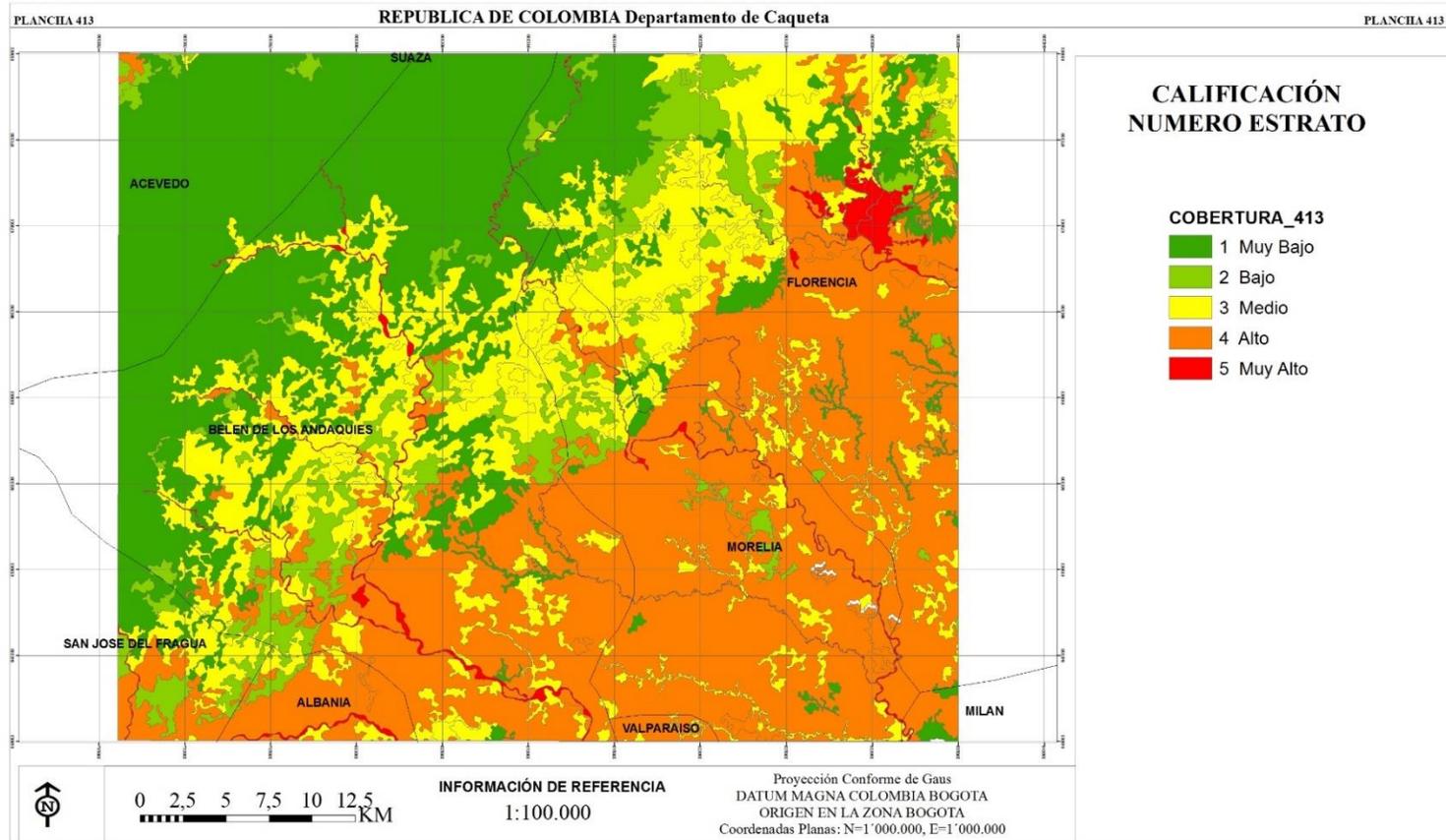


Figura 19. Mapa calificación del atributo número estrato para la plancha 413.

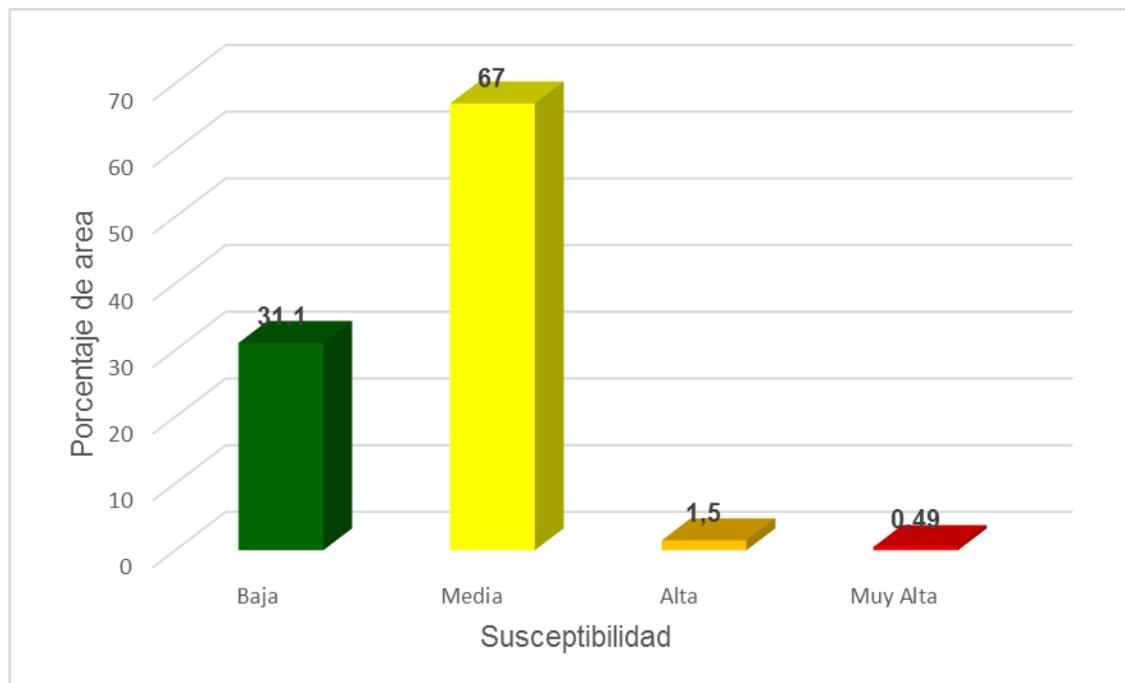


Mapa de susceptibilidad total de la variable cobertura 413. Para el cálculo de la Susceptibilidad a los movimientos en masa, se aplicó la ecuación matemática, dada por la metodología del SGC.

Los atributos Profundidad radicular, Drenaje profundo, Evapotranspiración y Numero de estratos de la variable de coberturas se calificaron según metodología del SGC, obteniendo una variabilidad en los resultados, ya que se han relacionado con suelos, altitud y las mismas coberturas presentes en el área de estudio, así como también tratan de presentar un acercamiento a la realidad de la dinámica ambiental del área de estudio.

El área de la plancha 413 presenta en su mayoría una susceptibilidad Baja y Media (ver figura 20), por presencia de unidades de coberturas como bosques y mosaicos con espacios naturales, que garantiza indirectamente la conservación de la vegetación natural y conservación de suelos. Así mismo, por las actividades agropecuarias y de explotación minera, se afecta la dinámica de las coberturas vegetales que pueden presentar tendencias a incrementar los fenómenos de remoción en masa.

**Figura 20. Categoría de la susceptibilidad de la variable coberturas de la tierra de la plancha 413.**



Para la calificación Baja (2) susceptibilidad, se encuentran unidades como el Bosque denso bajo de tierra firme, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales. Las unidades denotadas con código 511 (Ríos), 112 (Tejido urbano discontinuo), están incluidas en la calificación de susceptibilidad (4), por efectos de modelación según directriz del SGC; se tiene un área del 1,5%.

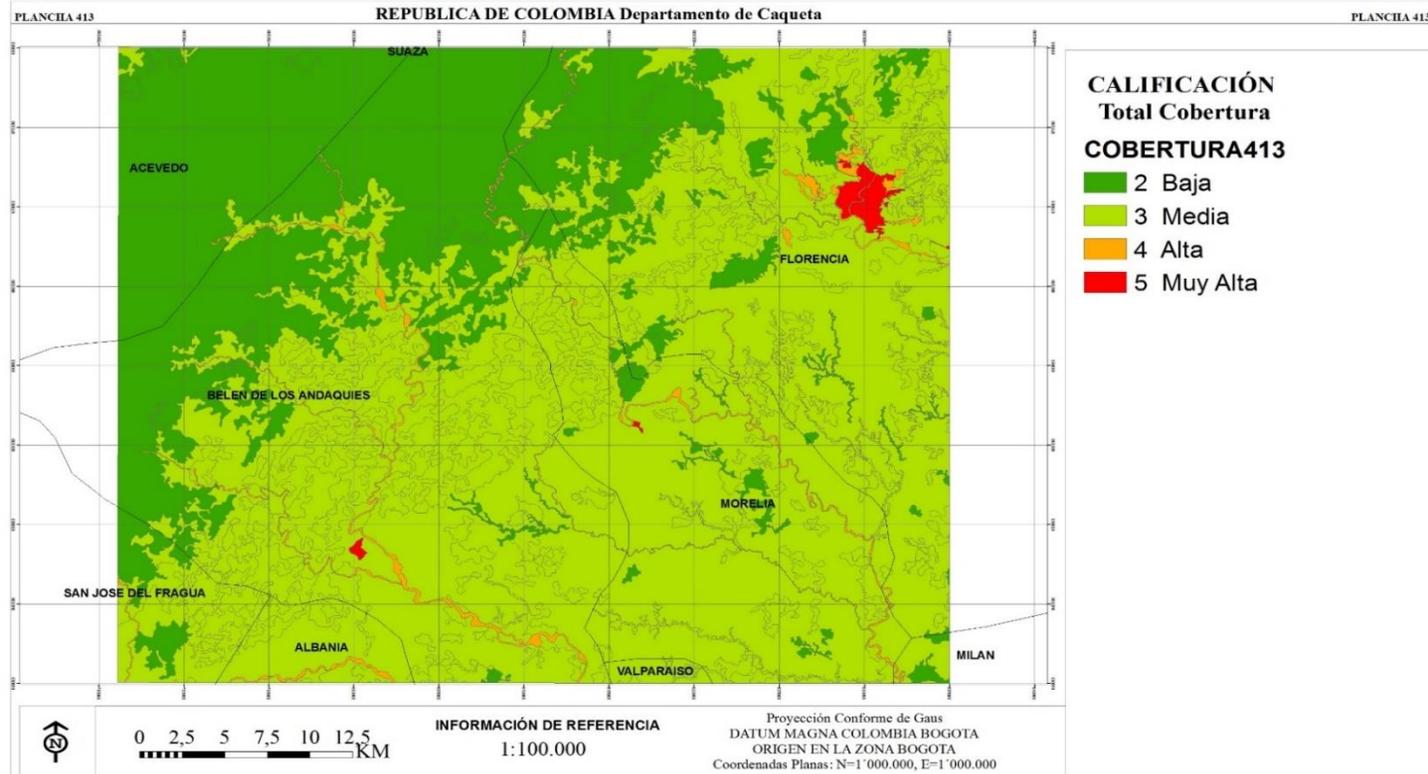
Se indica que la susceptibilidad muy alta (5) se encuentra unidades de cobertura definidas como Aeropuertos y Tejido urbano continuo con el 0.53% para el área de recubrimiento de la plancha 413. En la figura 21, se presenta la susceptibilidad final de la variable cobertura de la tierra.

La plancha 413, en todo su contexto predomina una susceptibilidad Media (3); con un porcentaje del 67%, seguido de la susceptibilidad Baja (2); con porcentaje del 31.1% contextualizada en la plancha 413; predominando para estas

susceptibilidad las unidades de cobertura de Bosque denso alto de tierra firme con un área de 30,314% y Pastos limpios con una expresión de área del 35.899%. Este resultado se ve influenciado por la presencia de la reserva forestal de la Amazonia, parque Alto Fragua Indiwasi y resguardos indígenas perteneciente a los municipios de Belén de los Andaquies y San José del Fragua. Y para los municipios que abarca la cobertura de pastos limpios; Florencia y Morelia respectivamente predomina actividades agrícolas entre los que sobresalen los cultivos de productos tradicionales como plátano, yuca, maíz y caña panelera; actividades pecuarias como la cría de ganado vacuno, de ceba y doble propósito. El atributo profundidad radicular que por efectos de modelación según directrices del Servicio Geológico Colombiano, tiene la misma susceptibilidad Media ya que lo compone parte del bosque denso alto de tierra firme que es la cobertura con mayor influencia en la plancha, la susceptibilidad Alta tiene cobertura de ríos y Zonas pantanosas.

En el área de estudio de la plancha 413 para la susceptibilidad Media; se presenta en los municipios de Florencia, Morelia, Valparaíso, San José del Fragua y Belén de los Andaquies.

Figura 21. Mapa categorías de susceptibilidad final de la variable cobertura de la tierra, plancha 413.



**5.2.7 Análisis de susceptibilidad plancha 414:** espacialmente la plancha 414 contextualizada en la Proyección Transverse Mercator, se localiza completamente en el departamento del Caquetá, la cual forma parte del bloque 14 del proyecto de “Zonificación de la Susceptibilidad a Movimientos en Masa”. Ver figura 9.

**5.2.8 Tipos de unidades de cobertura encontrada en la plancha 414:**

**Cuadro 16. Cuantificación de las coberturas de la tierra presentes en la plancha 414.**

CÓDIGO	UNIDAD	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
111	Tejido urbano continuo	206,433862	0,11
112	Tejido urbano discontinuo	39,6604669	0,02
121	Zonas industriales o comerciales	227,846932	0,13
124	Aeropuertos	28,5373478	0,02
231	Pastos limpios	109728,89	60,96
233	Pastos enmalezados	4284,31467	2,38
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1045,59808	0,58
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	19485,1006	10,83
314	Bosque de galería y ripario	1793,35312	1,00
323	Vegetación secundaria o en transición	14723,1861	8,18
334	Zonas quemadas	88,9199676	0,05
411	Zonas pantanosas	623,703824	0,35
511	Ríos (50m)	2280,58298	1,27
512	Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	97,5850669	0,05
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	2767,5059	1,54
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	1507,49125	0,84
3221	Arbustal denso	38,5477499	0,02
31111	Bosque denso alto de tierra firme	21032,5992	11,68
	TOTAL	179999,857	100,00

Las unidades de cobertura presentes en la plancha 414, se definen en el cuadro 16, encontrando un total de 18 unidades de cobertura.

De este total de unidades de cobertura, las de mayor representatividad son: Pastos limpios (60,96%), Bosque denso alto de tierra firme (11,68 %), Mosaico de pastos con espacios naturales (10,83%).

Unidades de cobertura como Bosque fragmentado con vegetación secundaria, Arbustal denso, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales no superan en área el 1% de representatividad de plancha.

**Figura 22 . Unidades de coberturas de la tierra de la plancha 414 en función del porcentaje.**

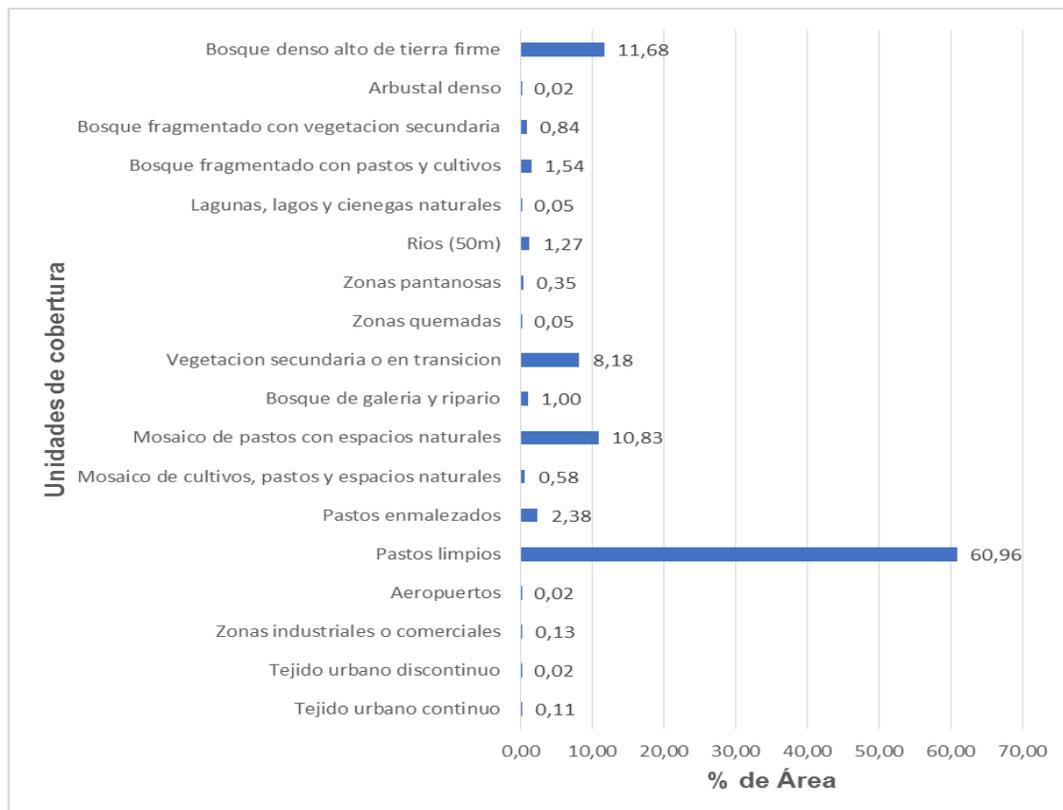
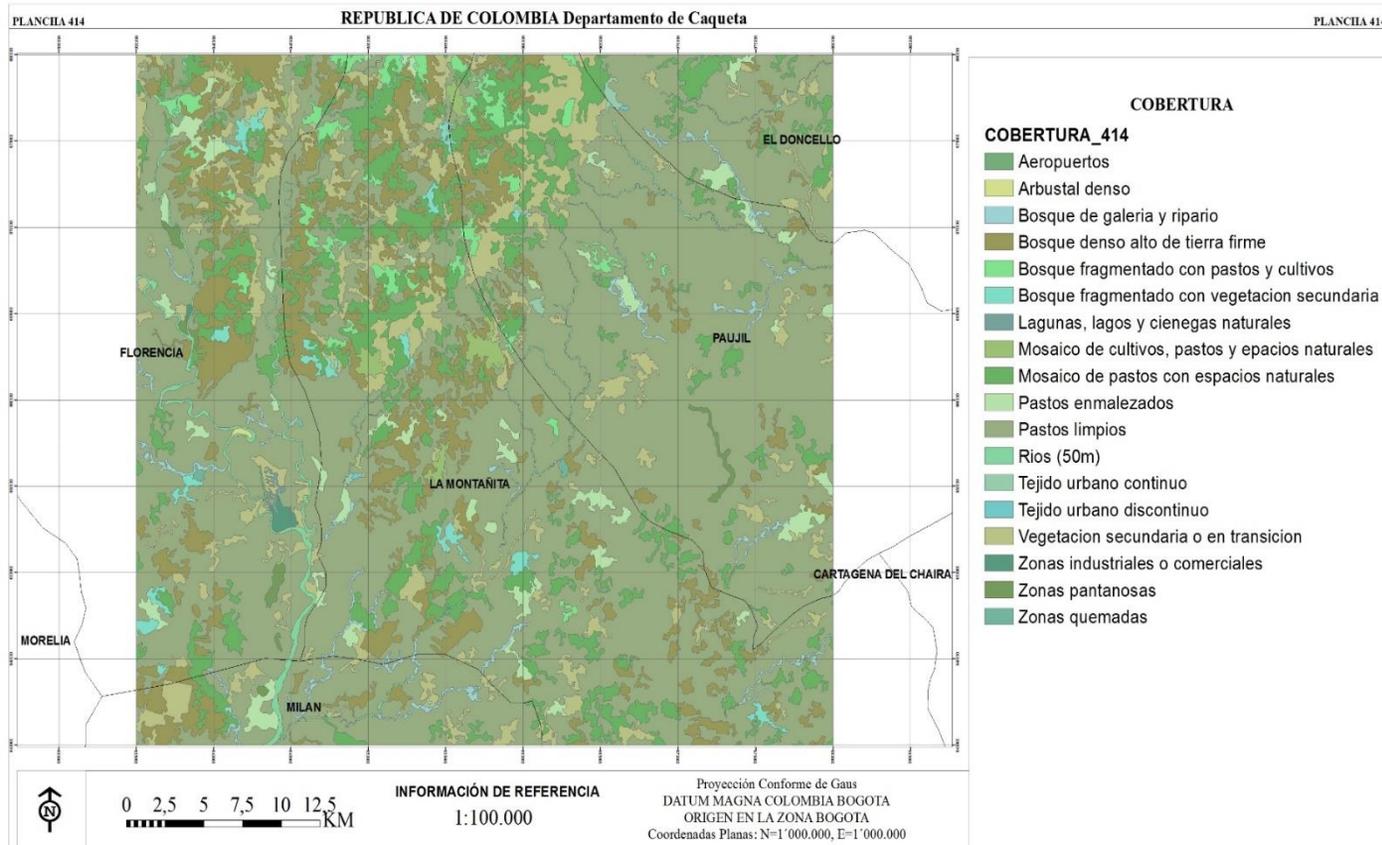


Figura 23. Mapa con las unidades de coberturas de la tierra, plancha 414.



## 5.2.9 Profundidad radicular:

**Cuadro 17. Calificación del atributo Profundidad Radicular de la plancha 414.**

CÓDIGO	UNIDAD	PROFUNDIDAD RADICULAR	CALIFICACIÓN PROFUNDIDAD RADICULAR	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
111	Tejido urbano continuo	1	5	206,433862	0,11
112	Tejido urbano discontinuo	1	5	39,6604669	0,022
121	Zonas industriales o comerciales	1	5	227,846932	0,127
124	Aeropuertos	1	5	28,5373478	0,016
231	Pastos limpios	3,2	3	109728,89	60,96
233	Pastos enmalezados	2,9	4	4284,31467	2,38
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2,7	4	1045,59808	0,581
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	3,1	3	19485,1006	10,83
314	Bosque de galería y ripario	3,1	3	1793,35312	1,00
323	Vegetación secundaria o en transición	3	3	14723,1861	8,18
334	Zonas quemadas	3,2	3	88,9199676	0,05
411	Zonas pantanosas	1	5	623,703824	0,35
511	Ríos (50m)	1	5	2280,58298	1,27
512	Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	1	5	97,5850669	0,05
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	3	3	2767,5059	1,54
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3,2	3	1507,49125	0,84
3221	Arbustal denso	3,7	3	38,5477499	0,021
31111	Bosque denso alto de tierra firme	2,8	4	21032,5992	11,68
TOTAL				179999,857	100

En el área de cubrimiento de la plancha 414, se presenta una calificación que va desde Media susceptibilidad a Muy Alta susceptibilidad. Las unidades de cobertura como Pastos limpios, Bosque fragmentado con vegetación secundaria, Bosque fragmentado con pastos y cultivos, Vegetación secundaria o en transición, Bosque de galería y ripario, Mosaico de pastos con espacios naturales y Arbustal denso en total expresan un 83,421% de la plancha a una susceptibilidad Media (3).

Se califica de Alta (4) susceptibilidad con una representatividad de coberturas de Pastos enmalezados, Bosque denso alto de tierra firme y Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, en cuanto a su expresión espacial en la plancha es del 14,641%. Finalmente, con una susceptibilidad Muy Alta (5) se encuentran unidades de cobertura de la tierra como Zonas industriales o comerciales Zonas pantanosas, Ríos y Aeropuertos que junto con otras unidades menores se expresan de forma espacial en un 1,945% del área de estudio.

**Figura 24. Calificación de la susceptibilidad, variable profundidad radicular en la plancha 414.**

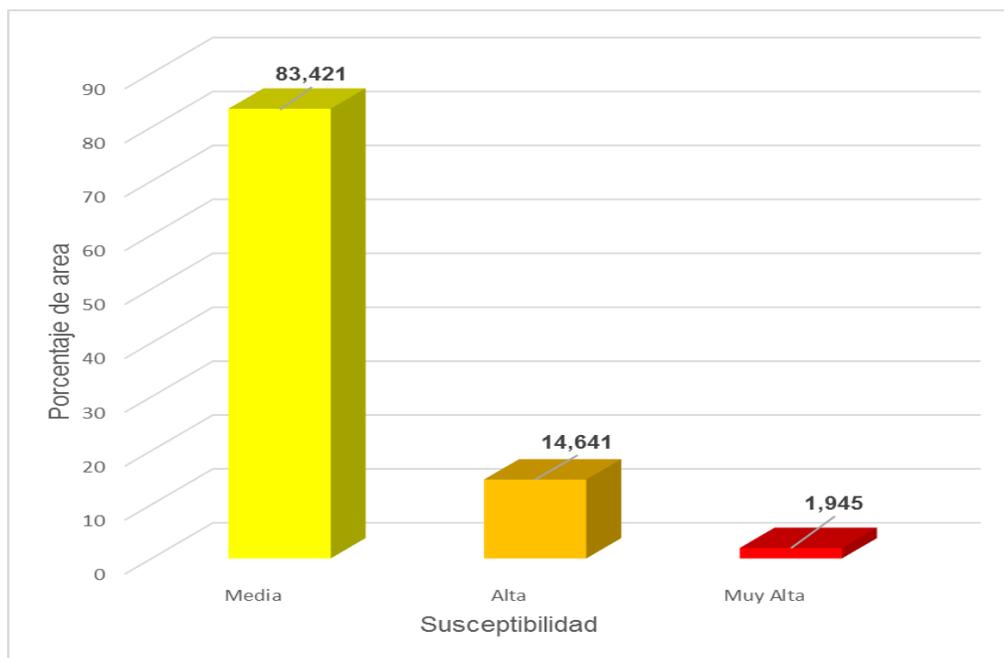
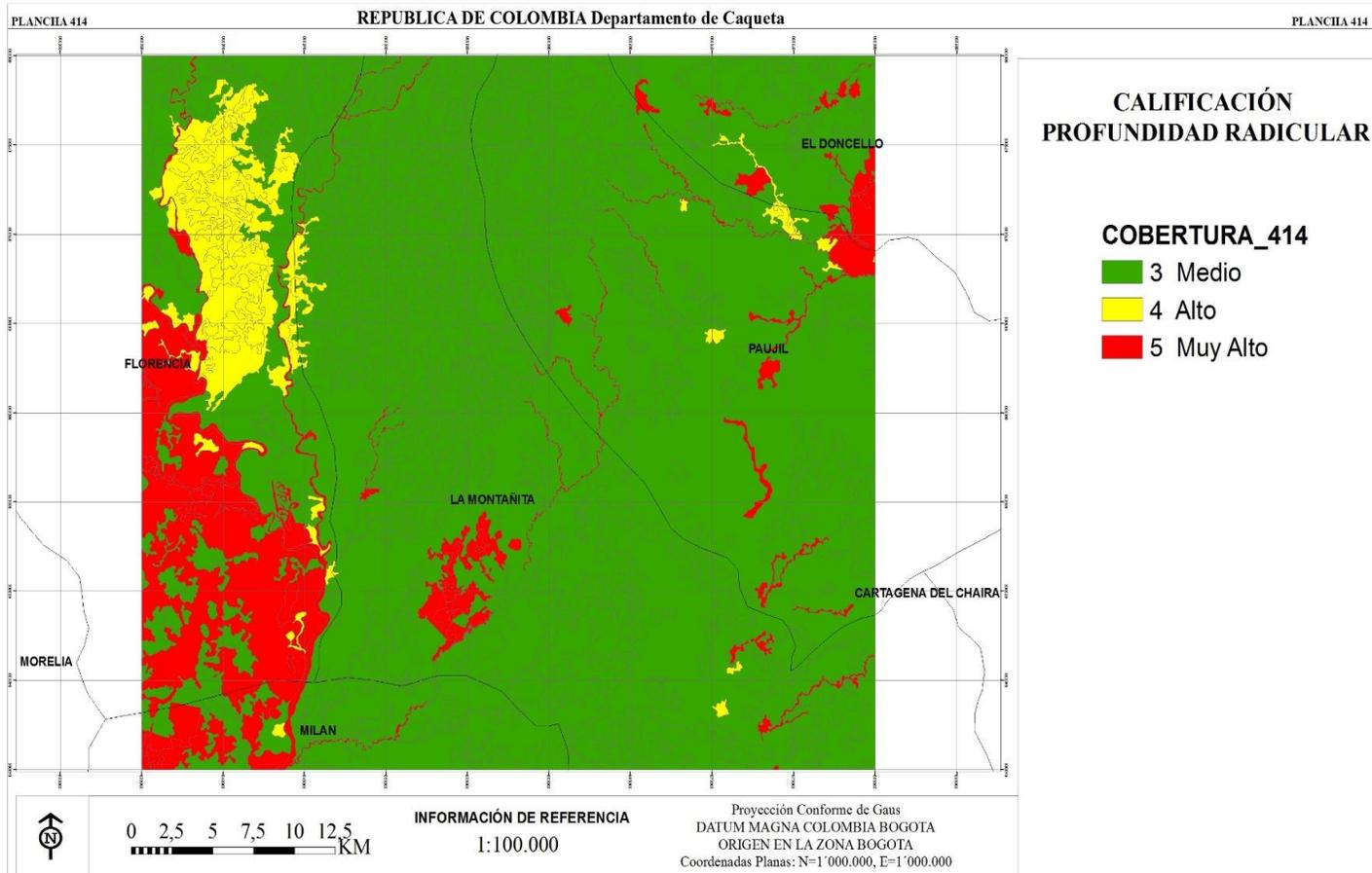


Figura 25. Mapa calificación del atributo profundidad radicular para la plancha 414.



En el área de estudio de la plancha 414, se presenta un mayor porcentaje de área una susceptibilidad media en los municipios de Milán, La Montañita, Cartagena del Chaira, Paujil, El Doncello del departamento del Caquetá. Con referencia a la susceptibilidad alta se localiza en gran parte en el municipio de Florencia. Las áreas de susceptibilidad de Muy alta (5), se localizan principalmente en unidades de cobertura de Zonas industriales y comerciales, Tejido urbano continuo, Tejido urbano discontinuo, Lagunas, lagos y ciénagas naturales principalmente en el municipio de Florencia y la Montañita.

### 5.2.10 Evapotranspiración:

**Cuadro 18. Calificación del atributo evapotranspiración de la plancha 414.**

CÓDIGO	UNIDAD	KC	EVAPO TRANSPIRACIÓN	CALIFICACIÓN EVAPO TRANSPIRACIÓN	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
111	Tejido urbano continuo	0,2	0,075	5	206,4338	0,11
112	Tejido urbano discontinuo	0,4	0,15	5	39,66046	0,022
121	Zonas industriales o comerciales	0,2	0,075	5	227,8469	0,127
124	Aeropuertos	0,2	0,075	5	28,53734	0,016
231	Pastos limpios	1	0,375	3	109728,8	60,96
233	Pastos enmalezados	0,88	0,33	3	4284,31467	2,38
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0,75	0,284	4	1045,598	0,581
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	0,75	0,281	4	19485,10	10,83
314	Bosque de galería y ripario	0,5	0,188	5	1793,353	1,00
323	Vegetación secundaria o en transición	0,6	0,225	4	14723,18	8,18
334	Zonas quemadas	0,37	0,141	5	88,91996	0,05
411	Zonas pantanosas	1,5	0,563	2	623,7038	0,35
511	Ríos (50m)	1	0,563	3	2280,582	1,27
512	Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	1,1	0,413	2	97,58506	0,05
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	0,8	0,3	4	2767,50	1,54
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	0,67	0,251	4	1507,491	0,84
3221	Arbustal denso	0,81	0,304	3	38,54774	0,021
31111	Bosque denso alto de tierra firme	0,4	0,15	5	21032,59	11,68
			TOTAL		179999,8	100

Con una susceptibilidad media (3) unidades como Pastos limpios, Pastos enmalezados y algunas otras con un área del 64.631%. Para unidades como Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Mosaico de pastos con espacios naturales, Vegetación secundaria o en transición y con unas superficies pequeñas de otras coberturas ocupa un área del 21.971%, presentan una calificación del alta (4) susceptibilidad.

Finalmente, con una susceptibilidad muy alta (5) se encuentran unidades de coberturas como Bosque denso alto de tierra firme, Bosque de galería y ripario, entre otras que representan un 12,812% del área de estudio.

En el área de estudio de la plancha 414, se presenta un mayor porcentaje de área una susceptibilidad Muy Alta, en los municipios Florencia, La Montañita, Milán y Paujil en el departamento de Caquetá. Con referencia a la susceptibilidad Alta y Media, en gran parte de los municipios de Florencia, La Montañita, Milán, Paujil y el Doncello; Debido a las condiciones de clima y las coberturas presentes, se condicionan ambientes sujetos a los procesos de evapotranspiración que es afectada por la alteración de la dinámica ecológica de las comunidades vegetales propias del área.

**Figura 26. Calificación de la susceptibilidad variable evapotranspiración en la plancha 414.**

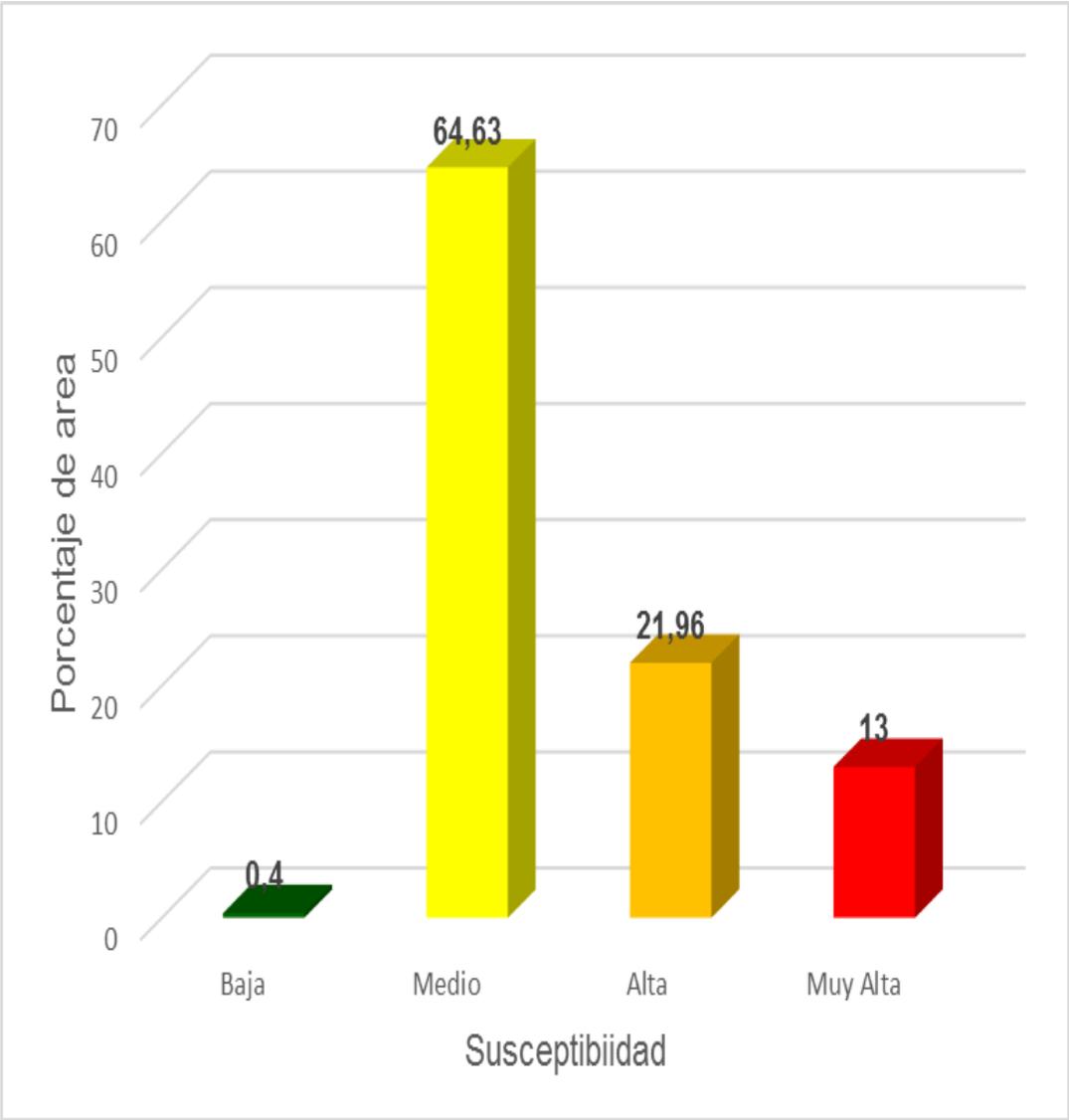
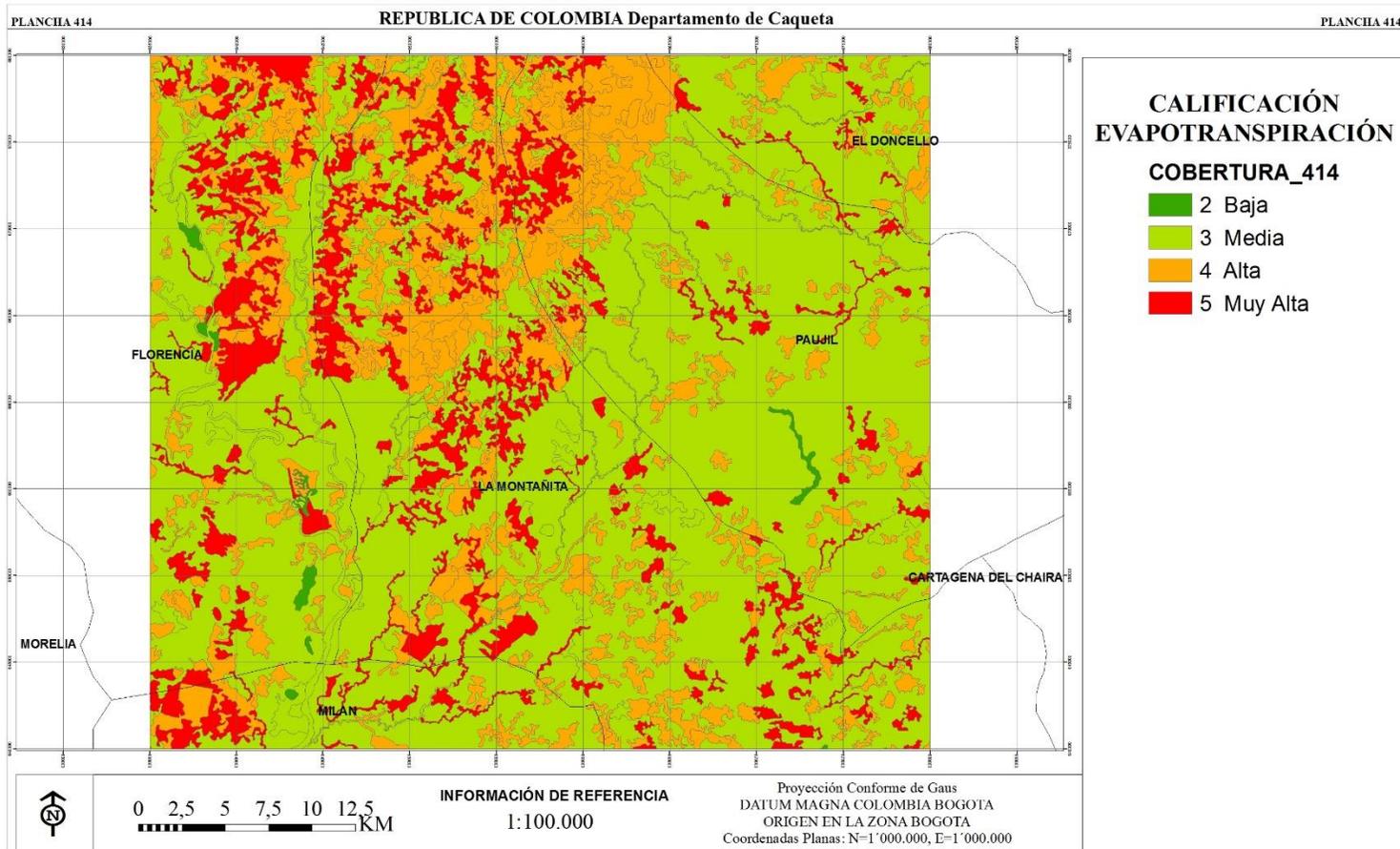


Figura 27. Mapa de calificación del atributo evapotranspiración para la plancha 414.



## 5.2.10 Drenaje profundo.

**Cuadro 19. Calificación del atributo drenaje profundo, plancha 414.**

CÓDIGO	UNIDAD	DRENAJE PROFUNDO	CALIFICACIÓN DRENAJE PROFUNDO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
111	Tejido urbano continuo	98	5	206,43386	0,11
112	Tejido urbano discontinuo	86	4	39,660466	0,022
121	Zonas industriales o comerciales	90	4	227,84693	0,127
124	Aeropuertos	98	5	28,537347	0,016
231	Pastos limpios	79	3	109728,89	60,96
233	Pastos enmalezados	61	3	4284,3146	2,38
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	69	3	1045,5980	0,581
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	61	3	19485,100	10,83
314	Bosque de galería y ripario	55	2	1793,3531	1,00
323	Vegetación secundaria o en transición	60	2	14723,186	8,18
334	Zonas quemadas	96	5	88,919967	0,05
411	Zonas pantanosas	90	4	623,70382	0,35
511	Ríos (50m)	98	5	2280,5829	1,27
512	Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	98	5	97,585066	0,05
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	65	3	2767,5059	1,54
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	58	2	1507,4912	0,84
3221	Arbustal denso	48	2	38,547749	0,021
31111	Bosque denso alto de tierra firme	55	2	21032,599	11,68
		TOTAL		179999,85	100

En la plancha 414 se presenta una calificación de baja (2) susceptibilidad a las unidades de cobertura como Bosque denso alto de tierra firme, Bosque fragmentado con vegetación secundaria, son las más representativas, sin embargo con otras coberturas estas especializan, en un área de 21,721% de la plancha.

Se encuentran que para las coberturas de media (3) susceptibilidad están con mayor representatividad Pastos limpios, Mosaico de pastos con espacios naturales, con un área en la plancha del 76.291%, como lo indica la figura 28.

En el área de estudio de la plancha 413, se presenta un mayor porcentaje de área una susceptibilidad Baja del 21,7%, representado en los municipios de Florencia, la Montañita y Paujil departamento del Caquetá.

Con relación a la susceptibilidad media con el 76,28%, se extiende alrededor de la plancha ubicando los municipios de Florencia, la Montañita, Paujil, Milán y Doncello. Con respecto a la susceptibilidad alta, resalta la incidencia de los Tejidos urbanos continuos, Tejido urbano discontinuo, Ríos lo cual no enmarca incidencia a la ocurrencia de dicho fenómeno.

**Figura 28. Calificación de la susceptibilidad variable drenaje profundo en la plancha 414.**

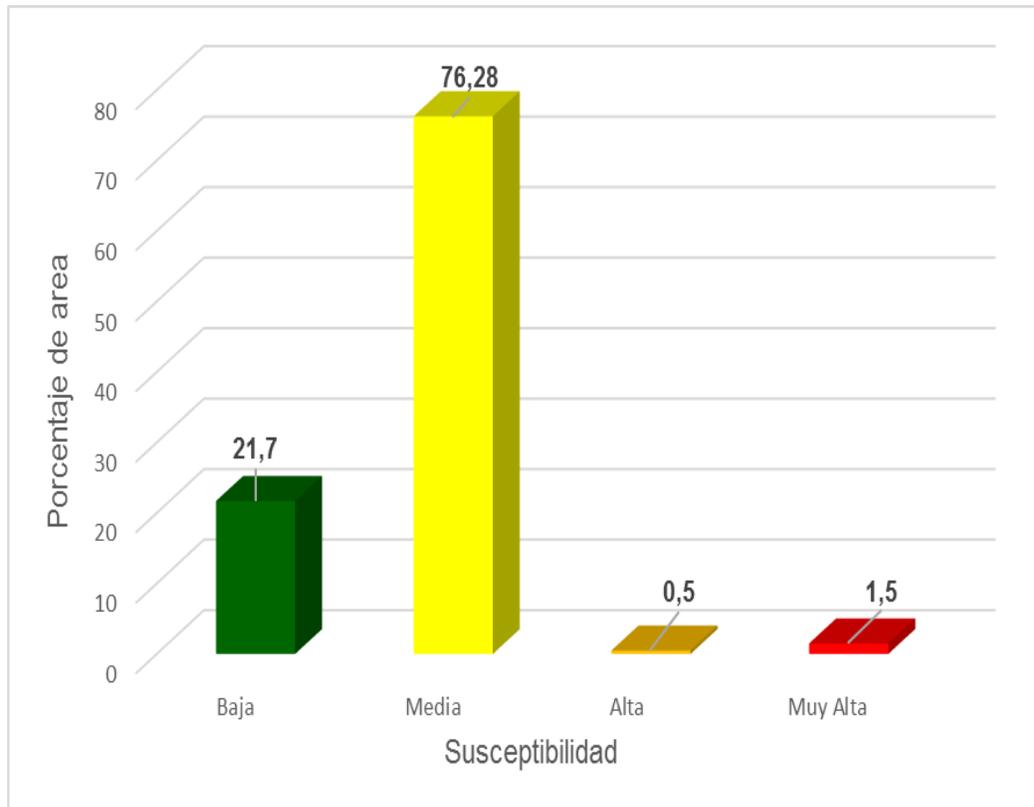
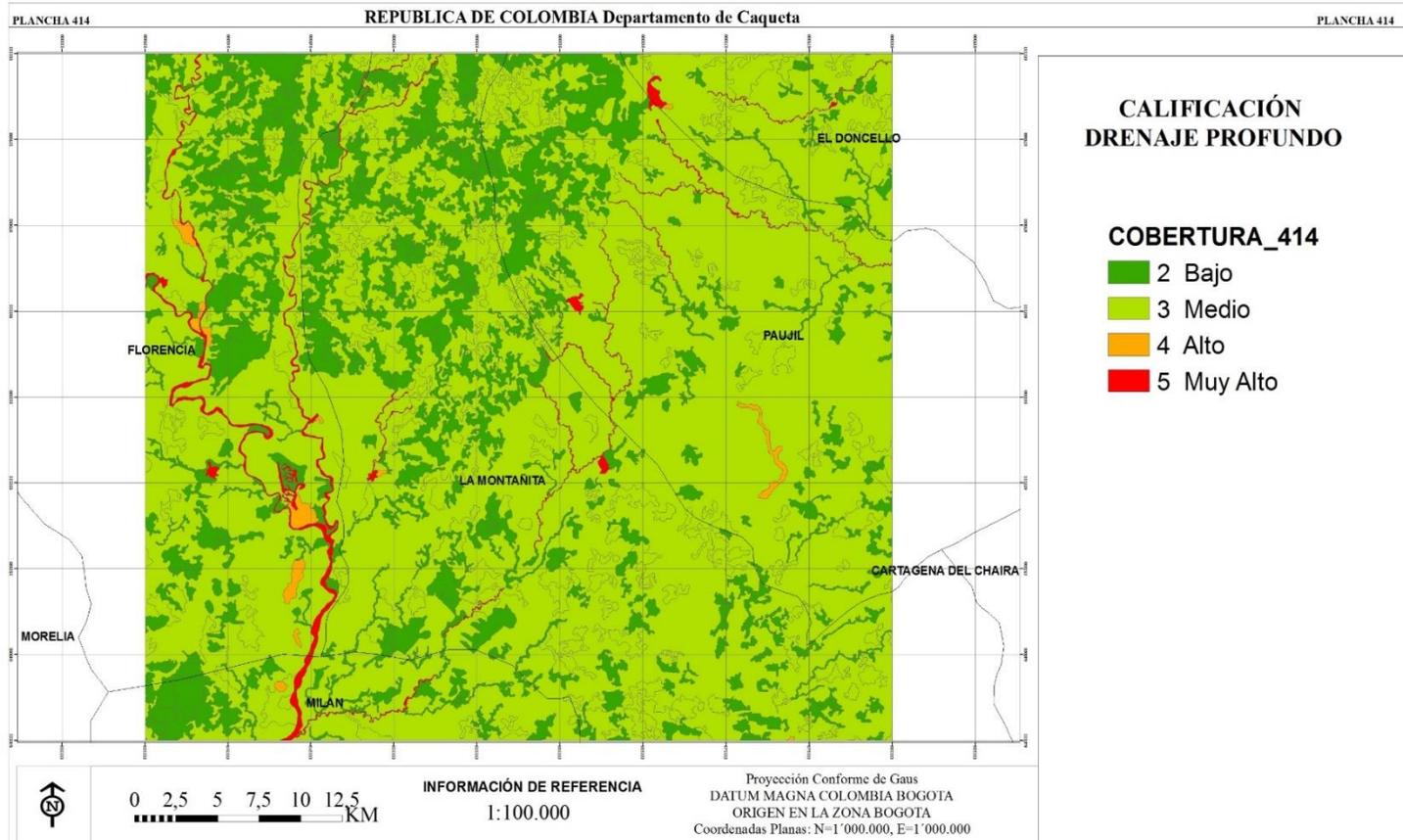


Figura 29. Mapa calificación del atributo drenaje profundo, plancha 414.



### 5.2.11 Número estrato:

**Cuadro 20. Calificación del atributo número estrato, plancha 414.**

CÓDIGO	UNIDAD	NÚMERO ESTRATO	CALIFICACIÓN NÚMERO ESTRATO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
111	Tejido urbano continuo	0	5	206,433862	0,11
112	Tejido urbano discontinuo	0	5	39,6604669	0,022
121	Zonas industriales o comerciales	0	5	227,8469323	0,127
124	Aeropuertos	0	5	28,5373478	0,016
231	Pastos limpios	1	4	109728,8895	60,96
233	Pastos enmalezados	1	4	4284,314674	2,38
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3	2	1045,598084	0,581
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	2	3	19485,10058	10,83
314	Bosque de galería y ripario	4	1	1793,353119	1,00
323	Vegetación secundaria o en transición	2	3	14723,18611	8,18
334	Zonas quemadas	0	5	88,91996762	0,05
411	Zonas pantanosas	1	4	623,7038241	0,35
511	Ríos (50m)	0	5	2280,582975	1,27
512	Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	0	5	97,5850669	0,05
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	3	2	2767,505898	1,54
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3	2	1507,491247	0,84
3221	Arbustal denso	2	3	38,5477499	0,021
31111	Bosque denso alto de tierra firme	4	1	21032,59923	11,68
		TOTAL		179999,8566	100

En la plancha 414 se observa la calificación de estratos, al Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Bosque fragmentado con pastos y cultivos y Bosque fragmentado con vegetación secundaria, que representa un porcentaje en el mapa de 2,961 de susceptibilidad Baja (2). De igual manera se observa a las unidades de cobertura como Mosaico de pastos con espacios naturales, Vegetación secundaria o en transición con una área del 19,031% formando parte de la susceptibilidad media (3).

En una calificación alta (4) susceptibilidad se encuentran unidades como Pastos limpios, Pastos enmalezados, otras coberturas de menor representatividad con una área del 63,69%.

En la plancha 414, se presenta un mayor porcentaje de área una susceptibilidad Alta del 63,7%, en los municipios de Florencia, Paujil, Doncello, Milán y la Montañita del departamento de Caquetá.

Con relación a la susceptibilidad Media que representa el 19,02% ocurre en gran parte de los municipios de Florencia, La Montañita y Paujil.

Y finalmente con una representatividad de la susceptibilidad Muy baja y Baja con porcentajes del 12,68% y del 3%; se encuentran los municipios de Florencia, Paujil, Doncello, Milán y la Montañita del departamento de Caquetá

**Figura 30. Calificación de la Susceptibilidad Variable número estrato en la plancha 414.**

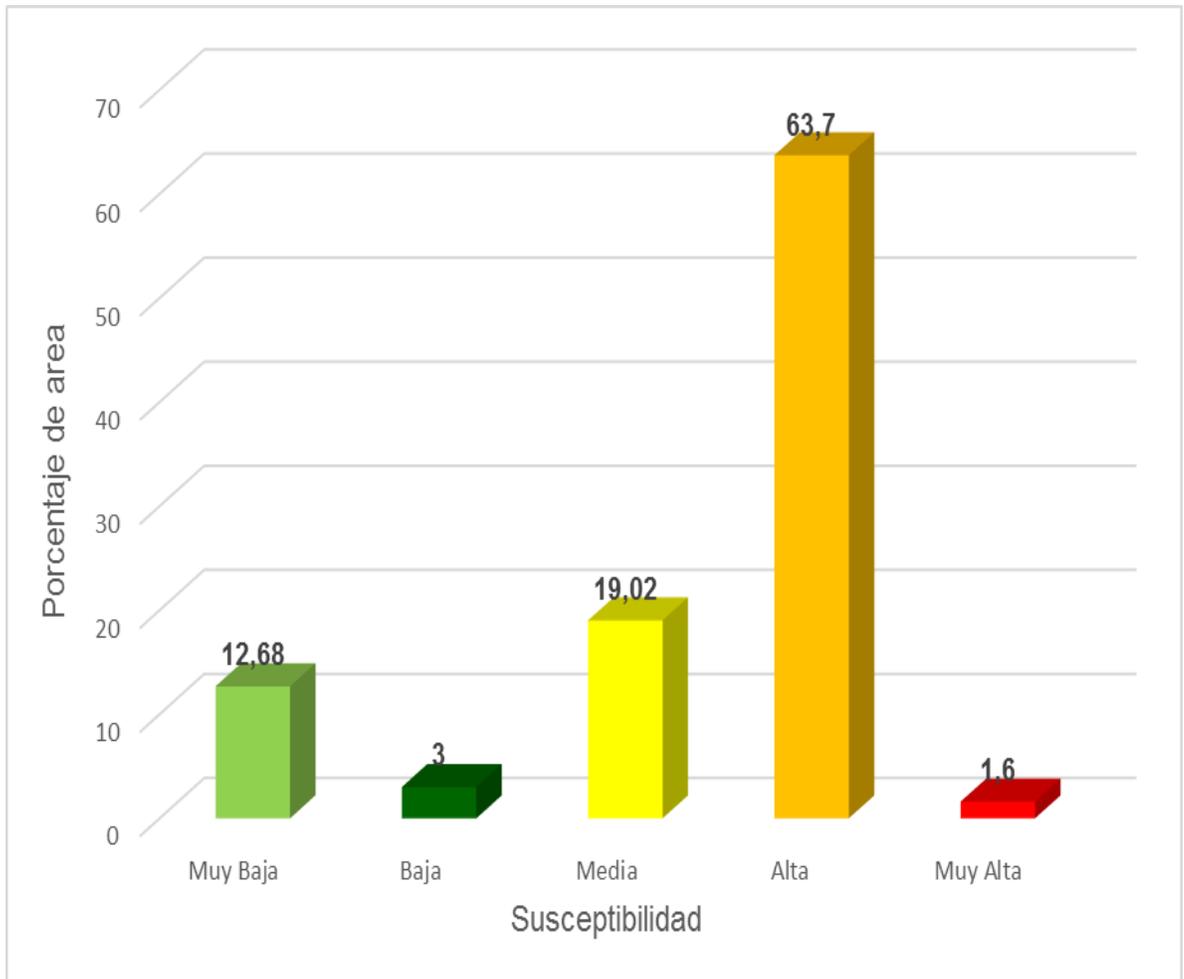
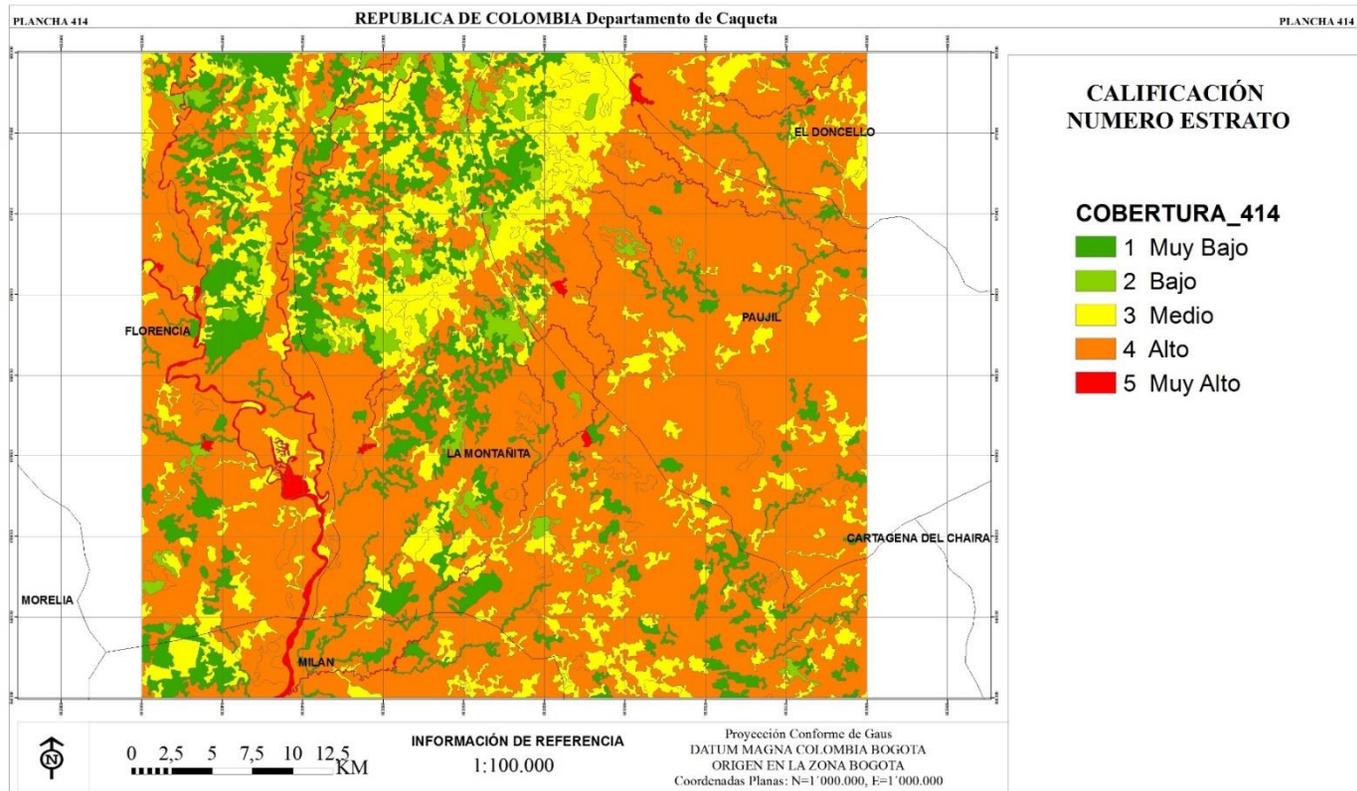


Figura 31. Mapa calificación del atributo número estrato, plancha 414.

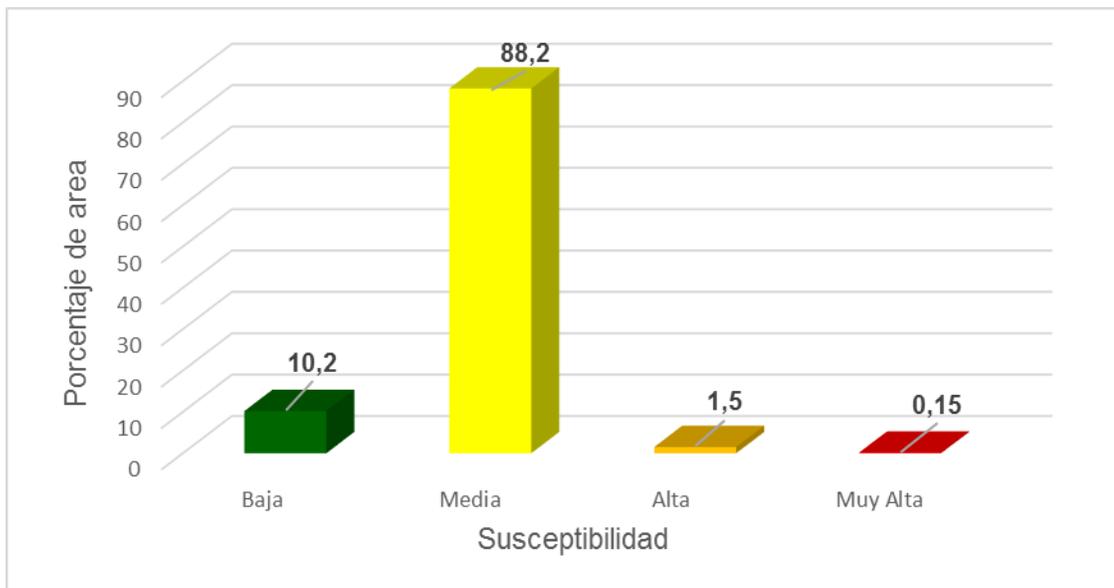


Mapa de susceptibilidad total de la variable cobertura 414. Los atributos profundidad radicular, drenaje profundo, evapotranspiración y número de estratos de la variable de coberturas se calificaron según metodología del SGC, obteniendo una variabilidad en los resultados, ya que se han relacionado con suelos, pendiente, altitud y las mismas coberturas presentes en el área de estudio, así como también tratan de presentar un acercamiento a la realidad de la dinámica ambiental del área de estudio.

El área de la plancha 414 presenta en su mayoría una susceptibilidad baja y media (ver figura 32), donde muestra valores de porcentaje del 10,2% y 88,2%, por presencia de unidades de coberturas como bosques, mosaicos con espacios naturales, pastos limpios y mosaico de pastos; que garantiza indirectamente la conservación de la vegetación natural y conservación de suelos. Así mismo, por las actividades agropecuarias y de explotación minera, se afecta la dinámica de las coberturas vegetales que pueden presentar tendencias a incrementar los fenómenos de remoción en masa.

Para efectos de modelamiento de la susceptibilidad por movimientos en masa, se asigna una calificación de muy baja (1) susceptibilidad a tejidos urbanos continuos, según metodología del SGC, con un área muy poco significativa (0,11%)

**Figura 32. Categoría de la susceptibilidad final de la variable coberturas de la tierra en la plancha 414.**



Para la calificación baja (2) susceptibilidad con porcentaje del 10,2%; se encuentran unidades como el Bosque denso bajo de tierra firme, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Las unidades denotadas con código 511 (Ríos), 112 (Tejido urbano discontinuo), están incluidas en la calificación de susceptibilidad (5), por efectos de modelación según directriz del SGC; se tiene un área del 0,369%.

Las unidades como Pastos limpios, Vegetación Secundaria, el mosaico de pastos con espacios naturales y Bosque denso alto de tierra firme; que son las coberturas más representativas de esta susceptibilidad entre otros, ocupan un área del 91.65%.

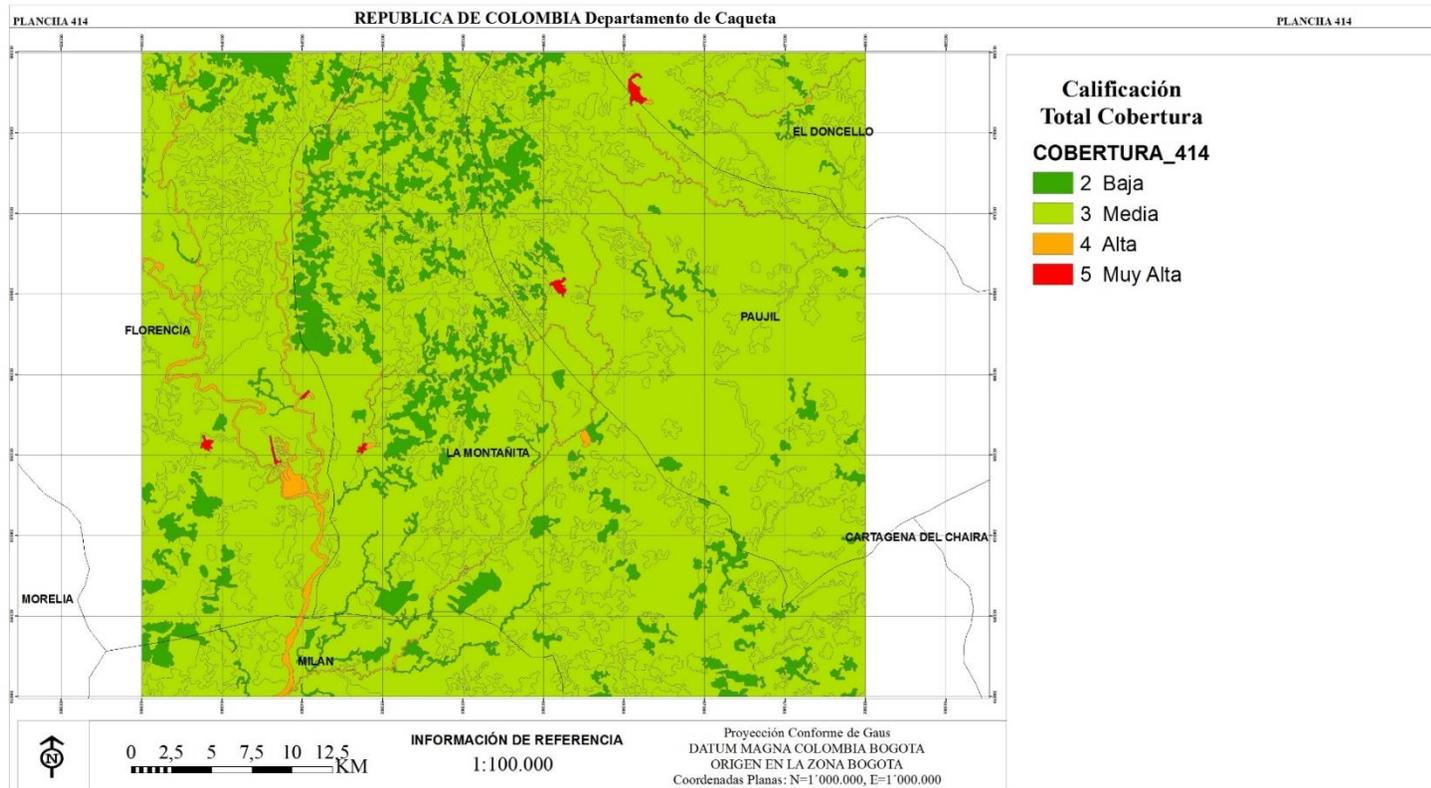
Se indica que la susceptibilidad muy alta (5) se encuentra unidades de cobertura definidas como Aeropuertos y tejido urbano continuo con el 0.53% para el área de

recubrimiento de la plancha 414. Y solo se tiene en cuenta para el modelamiento de la misma de acuerdo a las directrices del Servicio Geológico Colombiano.

La plancha 414, presenta rangos de susceptibilidad; que inician de una susceptibilidad media (3) con un porcentaje del 88,2%, seguido de la susceptibilidad baja (2) con porcentaje del 10,2% contextualizada en toda la plancha, y las componen las unidades de cobertura predominante de bosque denso alto de tierra firme con un área de 11,68% y pastos limpios con una expresión de área del 60,96%.

Este resultado se ve influenciado por las intervenciones antrópicas de ampliación de las fronteras agrícolas imponiéndose actividades pecuarias, porcicultura, avicultura y la piscicultura pertenecientes a los municipios de la Montañita, Paujil, Florencia y el Doncello. Y áreas de reservas forestales pertenecientes a la reserva forestal de la amazonia con el 11,68% de recubrimiento de la plancha 414.

Figura 33. Mapa categorías de susceptibilidad final de la variable cobertura de la tierra, plancha 414.



**5.2.12 Análisis de susceptibilidad plancha 431:** espacialmente la plancha 431 contextualizada en la Proyección Transverse Mercator, se localiza completamente en los departamentos del Putumayo (8%), Caquetá (30%) y Cauca (62%), la cual forma parte del bloque 14 del proyecto de “Zonificación de la Susceptibilidad a Movimientos en Masa”. Ver figura 9.

**5.2.13 Tipos de unidades de cobertura encontrada en la plancha 431**

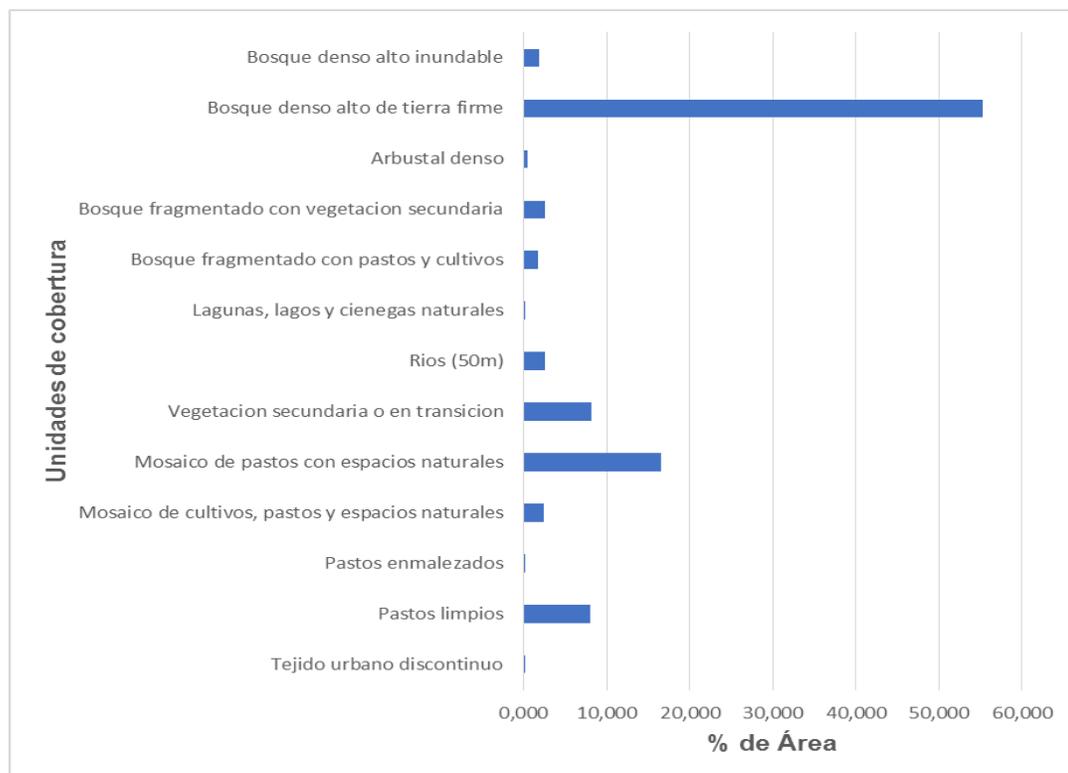
**Cuadro 21. . Cuantificación de las coberturas de la tierra presentes en la plancha 431**

CÓDIGO	UNIDAD	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
112	Tejido urbano discontinuo	27,275798	0,011
231	Pastos limpios	19382,946	8,066
233	Pastos enmalezado	378,31742	0,157
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5865,4757	2,441
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	39940,625	16,621
323	Vegetación secundaria o en transición	19645,819	8,18
511	Ríos (50m)	6185,6282	2,57
512	Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	43,950337	0,018
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	4160,9374	1,73
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	6146,2026	2,56
3221	Arbustal denso	1198,5956	0,50
31111	Bosque denso alto de tierra firme	132720,91	55,23
31112	Bosque denso alto inundable	4607,9524	1,92
	TOTAL	240304,64	100

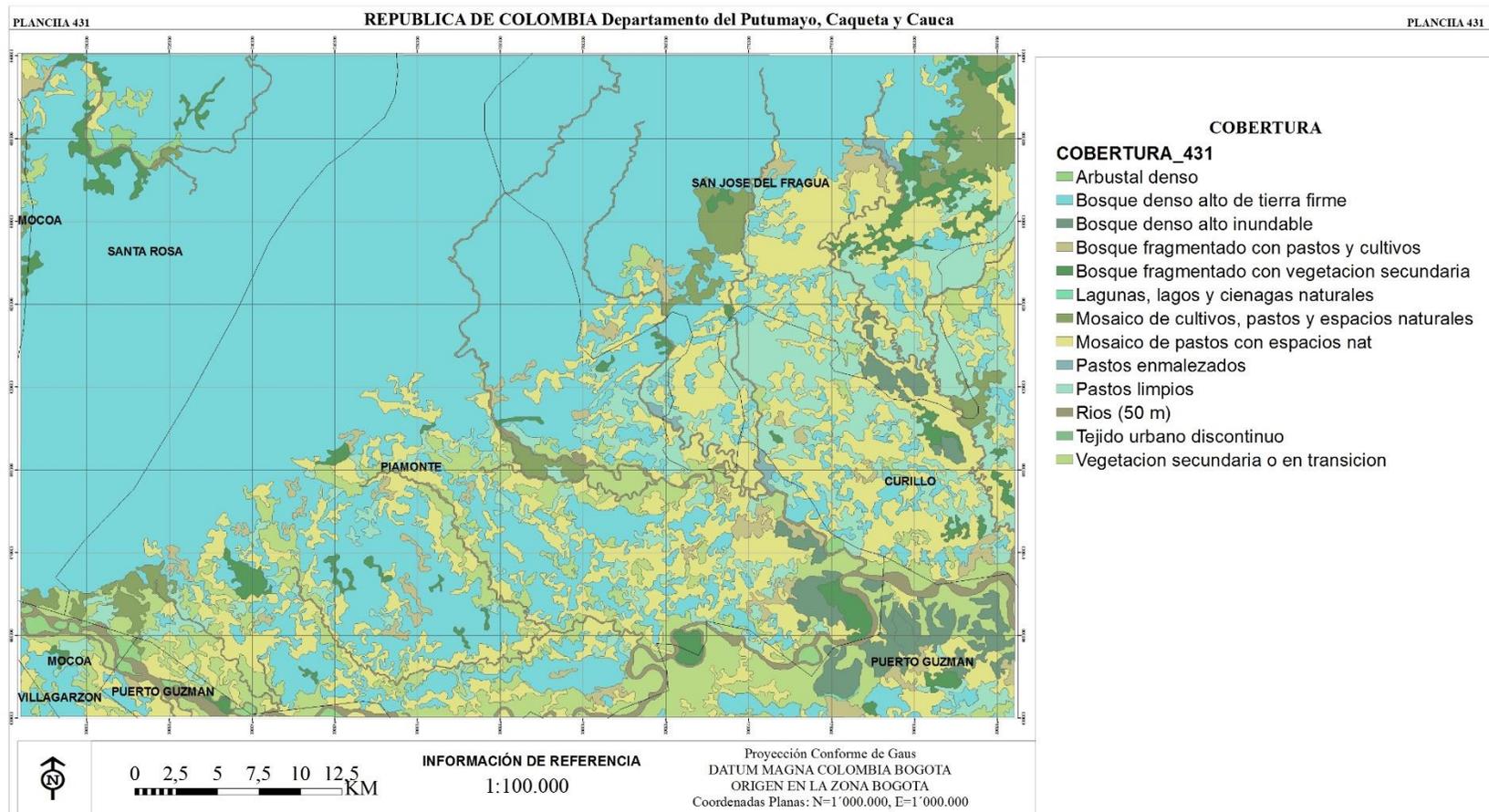
Las unidades de cobertura presentes en la plancha 431, se definen en el cuadro 21, encontrando un total de 13 unidades de cobertura.

Los tipos de coberturas presentes en la plancha 431, se observa que la cobertura de mayor presencia son los Bosques denso alto de tierra firme con un 55,23%, seguido del Mosaico de pastos con espacios naturales en 16,621%, Vegetación secundaria o en transición con el 8,18%, en Pastos limpios 8,066%, los Mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales con el 2,441%, los Bosques fragmentados con pastos y cultivos el 1,73%, los Bosques fragmentados vegetación secundaria el 2,56%, mientras que el Tejido urbano discontinuo, Pastos enmalezados, Arbustal denso tienen valores que no superan el 1% del área analizada.

**Figura 34. Unidades de coberturas de la tierra de la plancha 431 en función del porcentaje de área.**



**Figura 35. Mapa con las unidades de coberturas de la tierra, plancha 431**



## 5.2.14 Profundidad radicular.

**Cuadro 22. Calificación del atributo profundidad radicular, plancha 431**

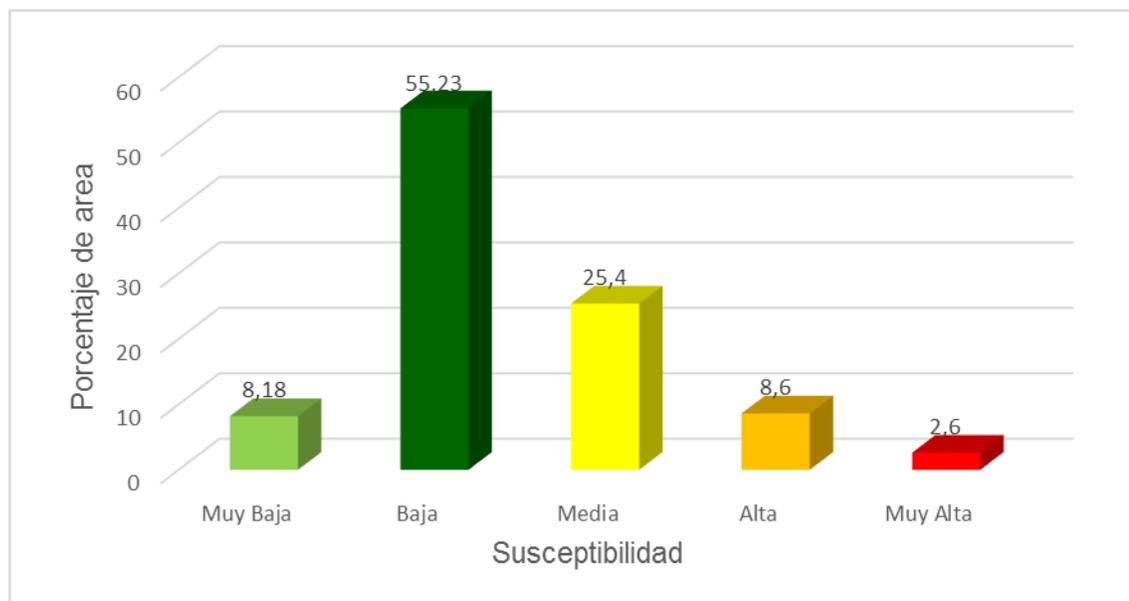
CÓDIGO	UNIDAD	PROFUNDIDAD RADICULAR	CALIFICACION PROFUNDIDAD RADICULAR	ÁREA (HA)	AREA (HA EN %)
112	Tejido urbano discontinuo	1	5	27,2757981	0,011
231	Pastos limpios	2,9	4	19382,9461	8,066
233	Pastos enmalezados	3,4	3	378,31742	0,157
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3,9	3	5865,47574	2,441
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	3,1	3	39940,6254	16,621
323	Vegetación secundaria o en transición	5	1	19645,8194	8,18
511	Ríos (50m)	1	5	6185,62819	2,57
512	Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	1	5	43,950337	0,018
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	3,5	3	4160,93738	1,73
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3,2	3	6146,20257	2,56
3221	Arbustal denso	2,8	4	1198,59558	0,50
31111	Bosque denso alto de tierra firme	4	2	132720,909	55,23
31112	Bosque denso alto inundable	3,2	3	4607,95241	1,92
		TOTAL		240304,636	100

La unidad de cobertura Vegetación secundaria o en transición presenta una susceptibilidad Muy Baja (1), con un porcentaje del 8,18% en el área de estudio; a su vez la cobertura de Bosque denso alto de tierra firme presenta una susceptibilidad Baja (2), con un porcentaje del 55,23%.

Coberturas como, Pastos enmalezados, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Mosaico de pastos con espacios naturales, Bosque fragmentado con pastos y cultivos, Bosque fragmentado con vegetación secundaria y Bosque denso alto inundable; presentan una calificación a la susceptibilidad Media (3) con un porcentaje del 25,4%. Mientras que las unidades de cobertura Arbustal denso y Pastos limpios tiene una susceptibilidad Alta (4) y se expresan de forma espacial en un 8,6% de la plancha.

Finalmente, con una susceptibilidad Muy Alta (5) se encuentran unidades de cobertura de la tierra como Tejidos urbano discontinuo, Ríos, lagunas, lagos y ciénagas naturales; que representan el 10,37% del área de la plancha.

**Figura 36. Calificación de la susceptibilidad, variable profundidad radicular en la plancha 431.**



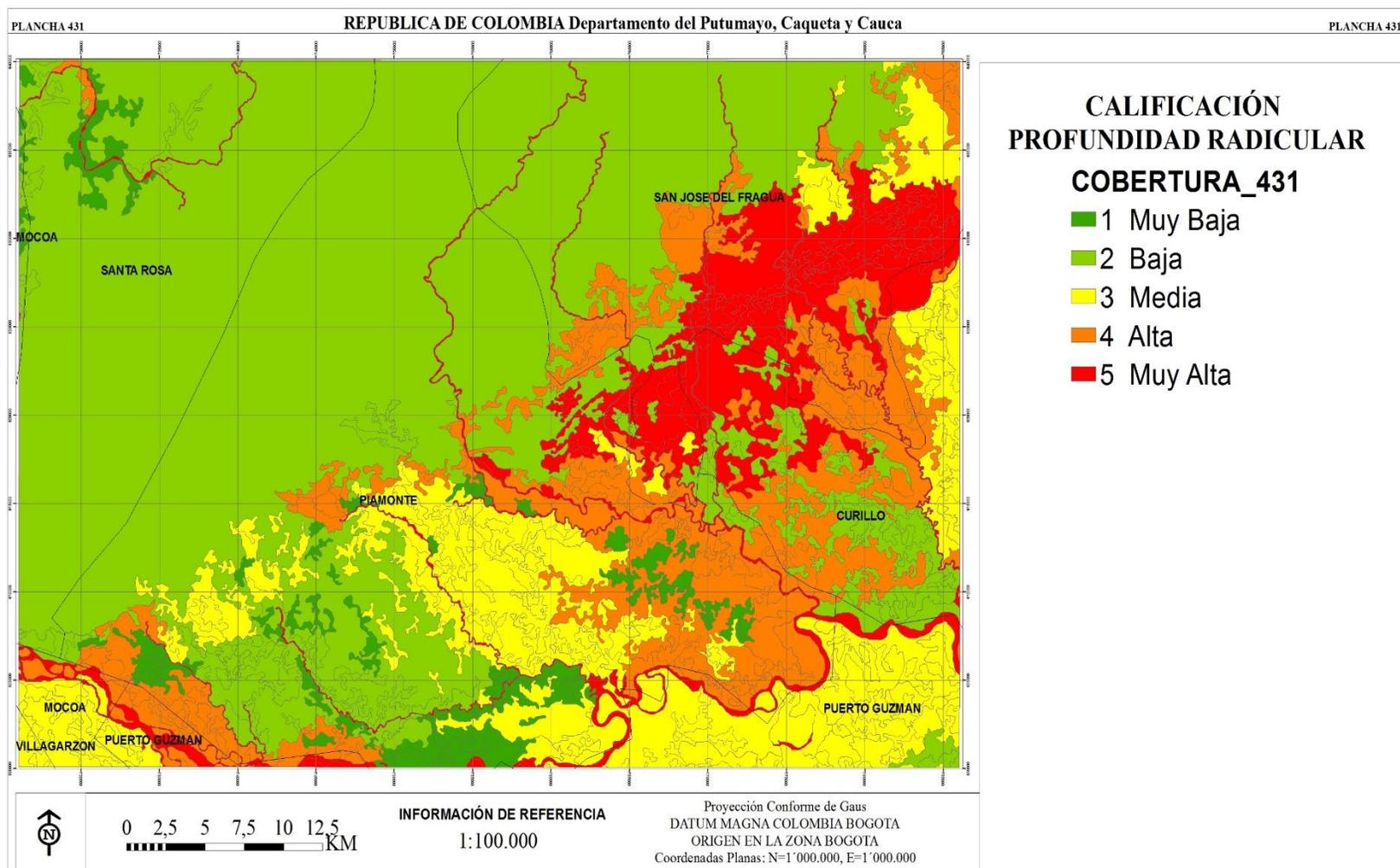
En el área de estudio de la plancha 431, se presenta un mayor porcentaje de área a una susceptibilidad Baja (2), en los municipios de Santa Rosa, Piamonte del

departamento del Cauca; San José de Fragua y Currillo del departamento del Caquetá.

Municipios como Puerto Guzmán, Mocoa, Villa Garzón del departamento del Putumayo y Piamonte del departamento del cauca, se localizan en áreas que presentan una susceptibilidad Media (3). Y áreas con susceptibilidad Alta (4), se encuentran los municipios de Piamonte y San José del Fragua con mayor representatividad.

Las áreas de susceptibilidad de Muy Alta (5), se localizan principalmente en los municipios de San José del Fragua, Curillo, Piamonte, Puerto Guzmán, Mocoa y Santa Rosa. Las coberturas que se observan en esta categoría adicional a la de ríos, Tejidos urbano discontinuo, lagunas, lagos y ciénagas naturales; están incluidos en esta calificación por efectos de modelación según directrices del Servicio Geológico Colombiano.

Figura 37. Mapa calificación del atributo profundidad radicular para la plancha 431.



## 5.2.14 Evapotranspiración:

**Cuadro 23. Calificación del atributo evapotranspiración, plancha 431**

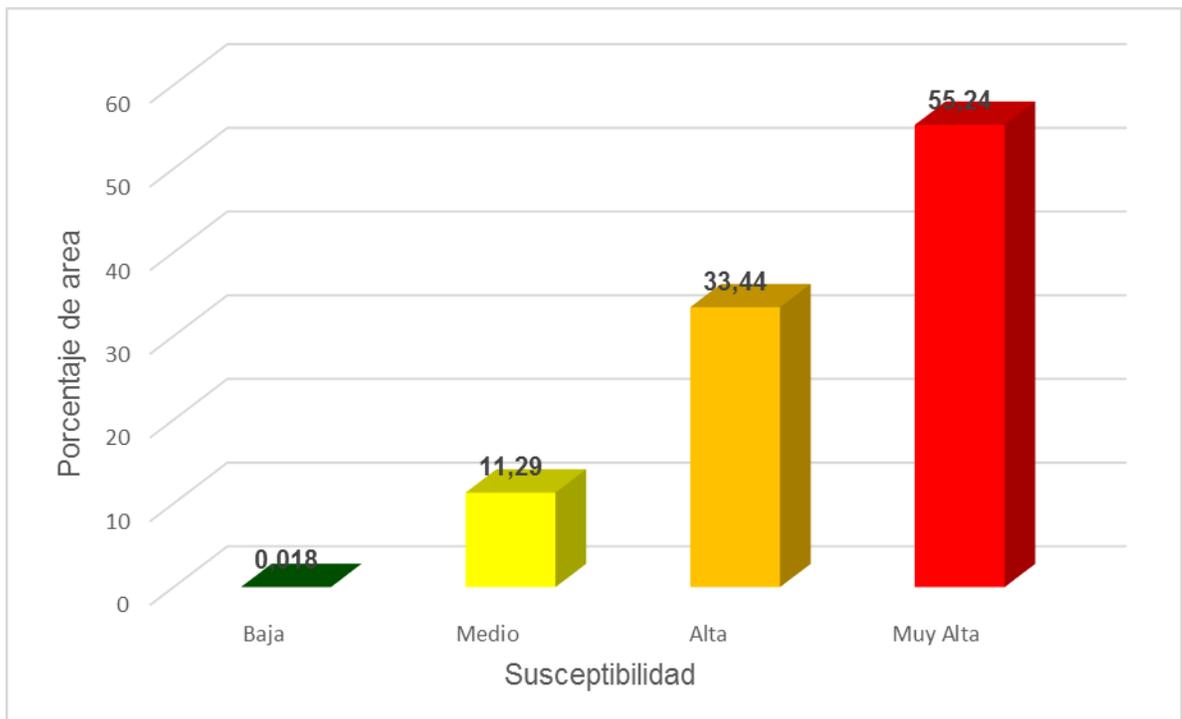
CÓDIGO	UNIDAD	KC	EVAPO TRANSPIRACIÓN	CALIFICACIÓN EVAPO TRANSPIRACIÓN	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
112	Tejido urbano discontinuo	0,4	0,15	5	27,27579	0,011
231	Pastos limpios	1	0,375	3	19382,94	8,066
233	Pastos enmalezados	0,88	0,33	3	378,3174	0,157
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0,75	0,24161	4	5865,475	2,441
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	0,75	0,28125	4	39940,62	16,621
323	Vegetación secundaria o en transición	0,6	0,225	4	19645,81	8,18
511	Ríos (50m)	1	0,54844	3	6185,628	2,57
512	Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	1,1	0,413	2	43,95033	0,018
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	0,8	0,3	4	4160,937	1,73
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	0,67	0,25125	4	6146,202	2,56
3221	Arbustal denso	0,81	0,30375	3	1198,595	0,50
31111	Bosque denso alto de tierra firme	0,4	0,15	5	132720,9	55,23
31112	Bosque denso alto inundable	0,6	0,225	4	4607,952	1,92
			TOTAL		240304,6	100

Las unidades de cobertura como pastos limpios, pastos enmalezados, ríos, y arbustal denso; presentan una calificación a la susceptibilidad Media (3) con un porcentaje del 11,29%.

Para la cobertura Lagunas, lagos y ciénagas naturales tienen una susceptibilidad baja (2) con un porcentaje del 0,018%. Mientras que los mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, vegetación secundaria o en transición, bosque denso alto inundable, bosque fragmentado con pastos y cultivos, bosque fragmentado con vegetación secundaria; tiene una susceptibilidad alta (4) y se expresan de forma espacial en un 33,44% de la plancha.

Finalmente, con una susceptibilidad muy alta (5) se encuentran unidades de cobertura de la tierra como tejido urbano discontinuo, y bosque denso alto de tierra firme; que representan el 55,24% del área de estudio.

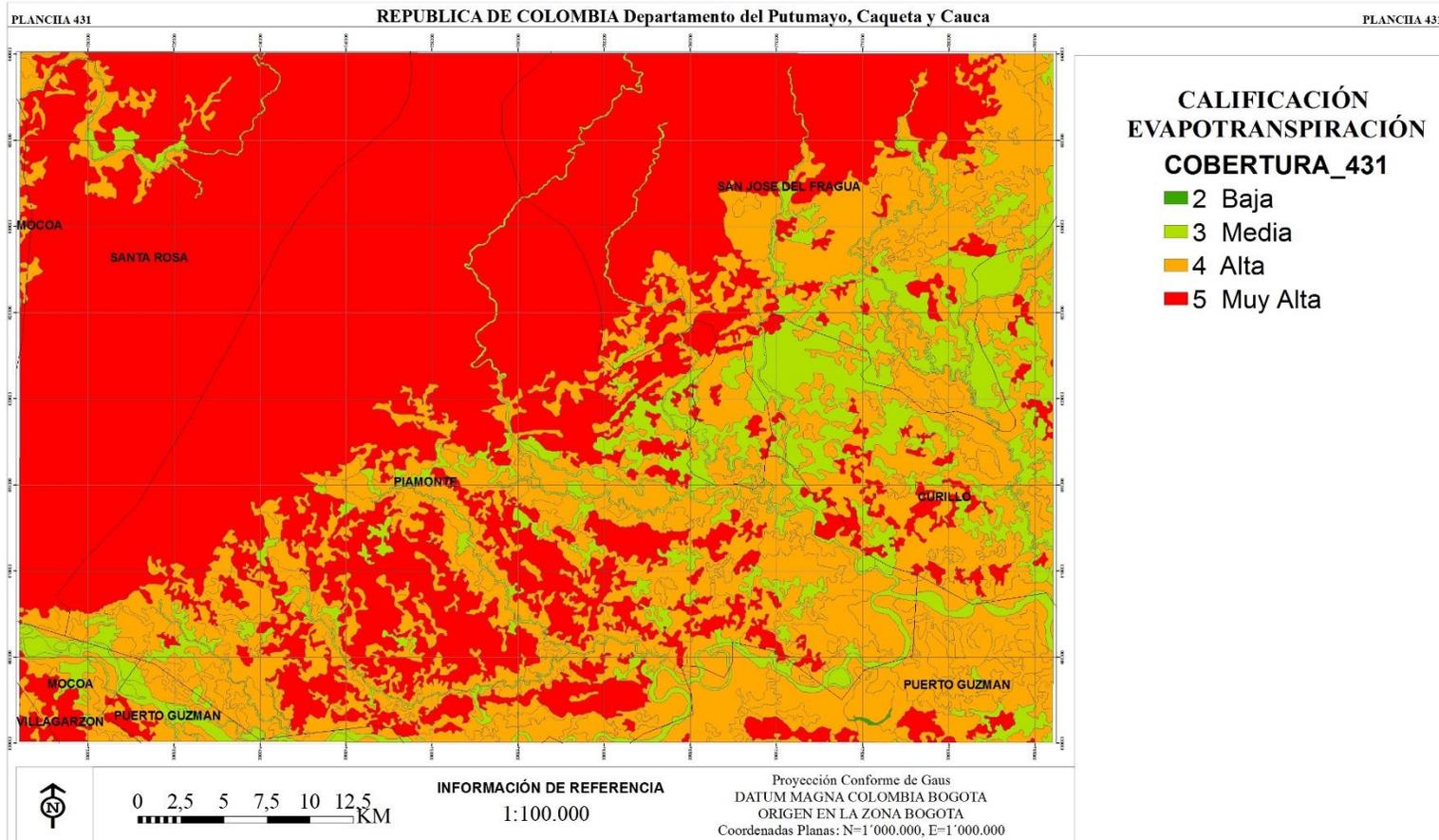
**Figura 38. Calificación de la susceptibilidad, variable evapotranspiración en la plancha 431**



En el área de estudio de la plancha 431, se presenta un mayor porcentaje de área a una susceptibilidad Muy Alta (5), en los municipios de Santa Rosa, Piamonte, Mocoa y San José del Fragua.

Municipios como Puerto Guzmán, Piamonte, Villa Garzón y San José del Fragua se localizan en áreas que presentan una susceptibilidad Alta (4). Y áreas con susceptibilidad Media (3), se encuentran los municipios de Piamonte y San José del Fragua, Curillo y Puerto Guzmán con mayor representatividad.

Figura 39. Mapa calificación del atributo evapotranspiración, plancha 431



### 5.2.15 Drenaje profundo:

**Cuadro 24. Calificación del atributo Drenaje Profundo, plancha 431**

CÓDIGO	UNIDAD	DRENAJE PROFUNDO	CALIFICACIÓN DRENAJE PROFUNDO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
112	Tejido urbano discontinuo	86	4	27,2757981	0,011
231	Pastos limpios	79	3	19382,9461	8,066
233	Pastos enmalezados	61	3	378,31742	0,157
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	69	3	5865,47574	2,441
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	61	3	39940,6254	16,621
323	Vegetación secundaria o en transición	60	2	19645,8194	8,18
511	Ríos (50m)	98	5	6185,62819	2,57
512	Lagunas, lagos y ciénegas naturales	98	5	43,950337	0,018
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	65	3	4160,93738	1,73
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	58	2	6146,20257	2,56
3221	Arbustal denso	48	2	1198,59558	0,50
31111	Bosque denso alto de tierra firme	55	2	132720,909	55,23
31112	Bosque denso alto inundable	45	2	4607,95241	1,92
			<b>TOTAL</b>	<b>240304,636</b>	<b>100</b>

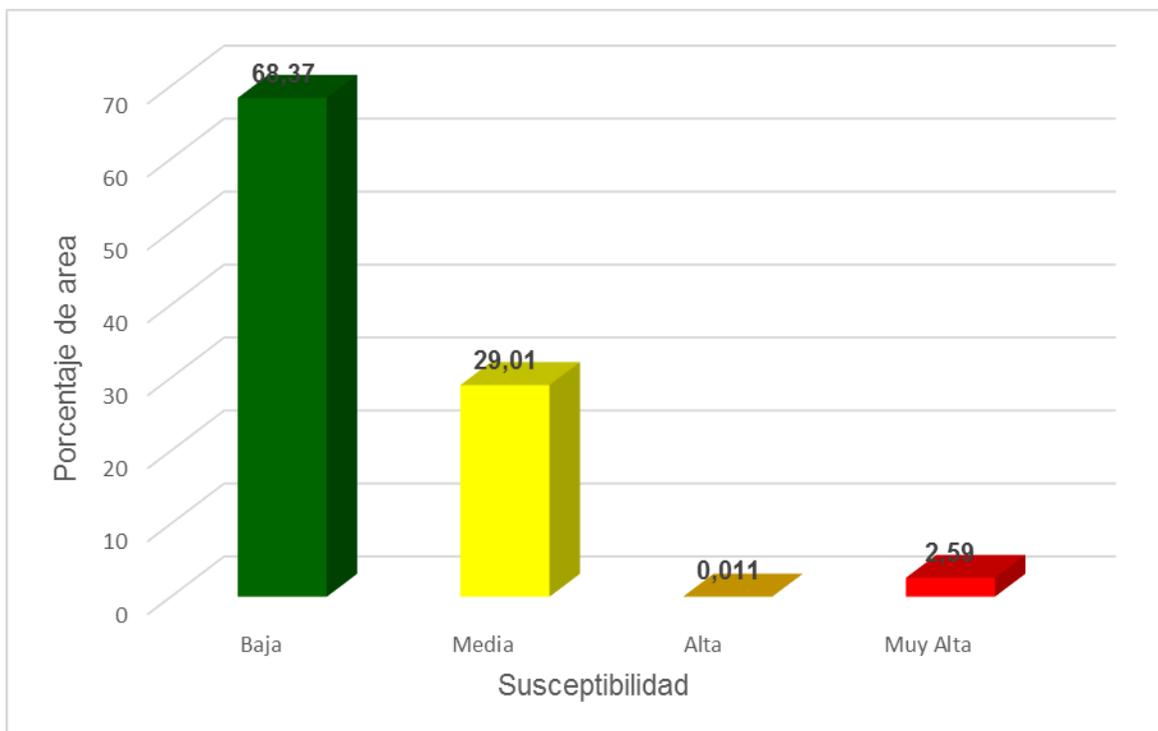
Las unidades de cobertura como Pastos limpios, Pastos enmalezados, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Mosaico de pastos con espacios naturales y Bosque fragmentado con pastos y cultivos; presentan una calificación a la susceptibilidad media (3) con un porcentaje del 29,01%.

Para las coberturas Bosque fragmentado con vegetación secundaria, Arbustal denso, Bosque denso alto de tierra firme y Bosque denso alto inundable; tienen una susceptibilidad Baja (2) con un porcentaje del 68,37%. Mientras que para la

cobertura de tejido urbano discontinuo; tiene una susceptibilidad Alta (4) y se expresa de forma espacial en un 0,011% de la plancha.

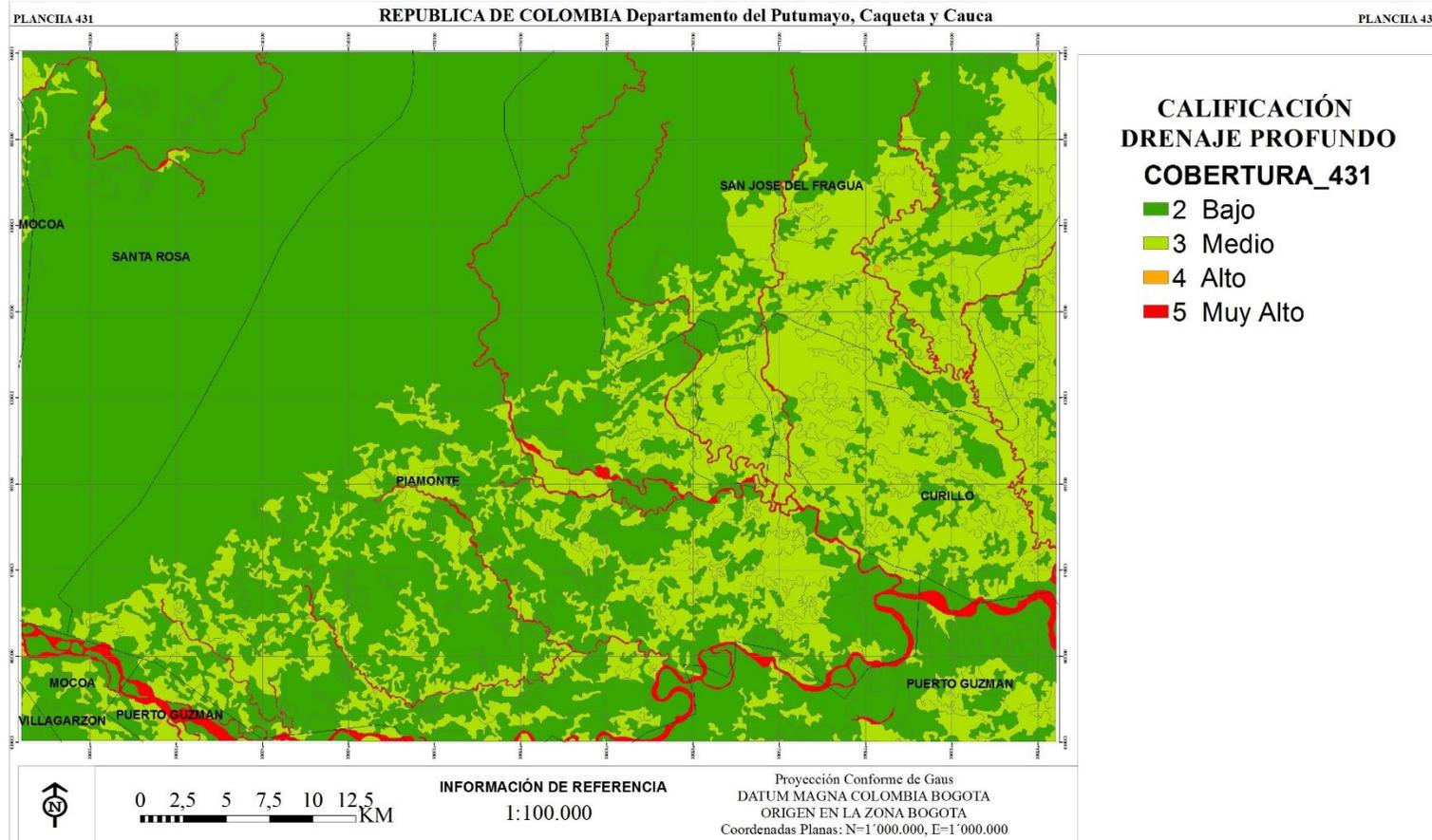
Finalmente, con una susceptibilidad Muy Alta (5) se encuentran unidades de cobertura de la tierra como Ríos, lagunas, lagos y Ciénegas naturales; que representan el 2,59% del área de estudio.

**Figura 40. Calificación de la susceptibilidad, variable drenaje profundo de la plancha 431**



En el área de estudio de la plancha 431, se presenta un mayor porcentaje de área a una susceptibilidad Baja (2), en los municipios de Santa Rosa, Piamonte, Mocoa, San José del Fragua, Puerto Guzmán, Curillo y Villa Garzón. Municipios como Puerto Guzmán, Piamonte, San José del Fragua y Curillo; se localizan en áreas que presentan una susceptibilidad Media (3). Y áreas con susceptibilidad Muy Alta (5), se encuentran a lo largo de la plancha de estudio.

**Figura 41. Mapa calificación del atributo drenaje profundo, plancha 431**



## 5.2.16 Número estrato:

**Cuadro 25. Calificación del atributo número estrato, plancha 431**

CÓDIGO	UNIDAD	NUMERO ESTRATO	CALIFICACIÓN NUMERO ESTRATO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
112	Tejido urbano discontinuo	0	5	27,2757981	0,011
231	Pastos limpios	1	4	19382,9461	8,066
233	Pastos enmalezados	1	4	378,31742	0,157
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3	2	5865,47574	2,441
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	2	3	39940,6254	16,621
323	Vegetación secundaria o en transición	2	3	19645,8194	8,18
511	Ríos (50m)	0	5	6185,62819	2,57
512	Lagunas, lagos y Ciénegas naturales	0	5	43,950337	0,018
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	3	2	4160,93738	1,73
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3	2	6146,20257	2,56
3221	Arbustal denso	2	3	1198,59558	0,50
31111	Bosque denso alto de tierra firme	4	1	132720,909	55,23
31112	Bosque denso alto inundable	4	1	4607,95241	1,92
		<b>TOTAL</b>		<b>240304,636</b>	<b>100</b>

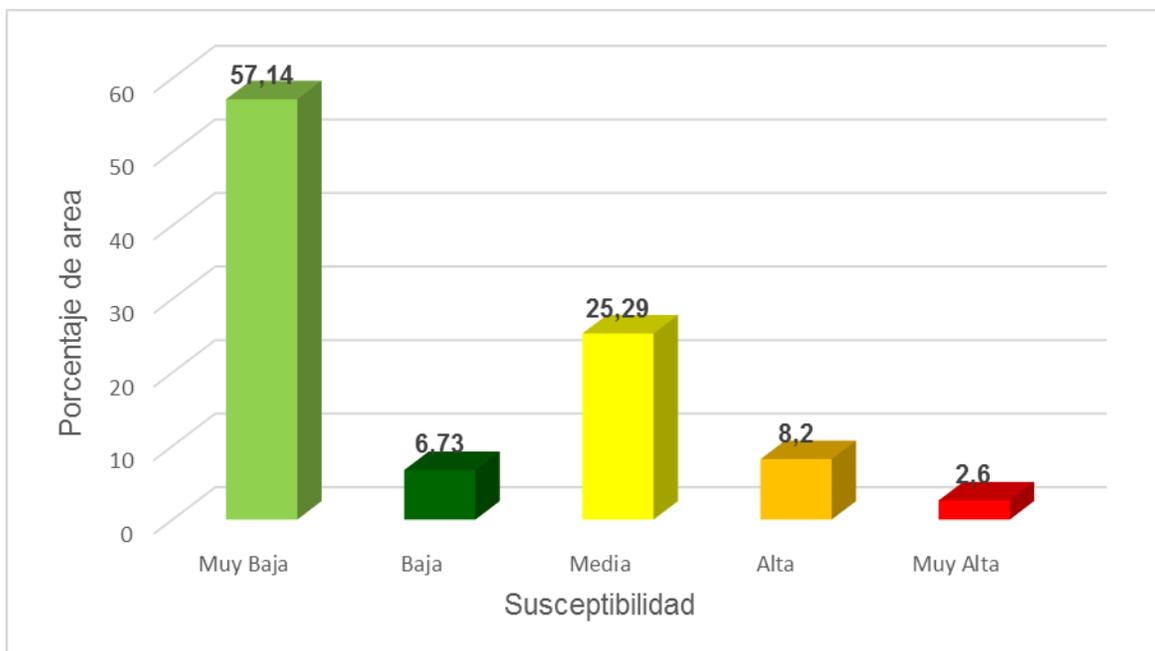
Las unidades de cobertura como Bosque denso alto de tierra firme, Bosque denso alto inundable; presentan una calificación a la susceptibilidad Muy Baja (1) con un porcentaje del 57,14%.

Para las coberturas Bosque fragmentado con vegetación secundaria, Bosque fragmentado con pastos y cultivos y Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; tienen una susceptibilidad Baja (2) con un porcentaje del 6,73%.

Mientras que para las coberturas de Mosaico de pastos con espacios naturales, Vegetación secundaria o en transición y Arbustal denso; tiene una susceptibilidad Media (3) y se expresa de forma espacial en un 25,29% de la plancha.

Finalmente, con una susceptibilidad alta (4), se encuentran coberturas de pastos limpios y pastos enmalezados que representan en la plancha el 8,2%; y susceptibilidad muy alta (5) se encuentran unidades de cobertura de la tierra como Ríos, lagunas, lagos y Ciénegas naturales y Tejido urbano discontinuo que representan el 2,6% del área de estudio.

**Figura 42. Calificación de la susceptibilidad, variable número estrato de la plancha.**

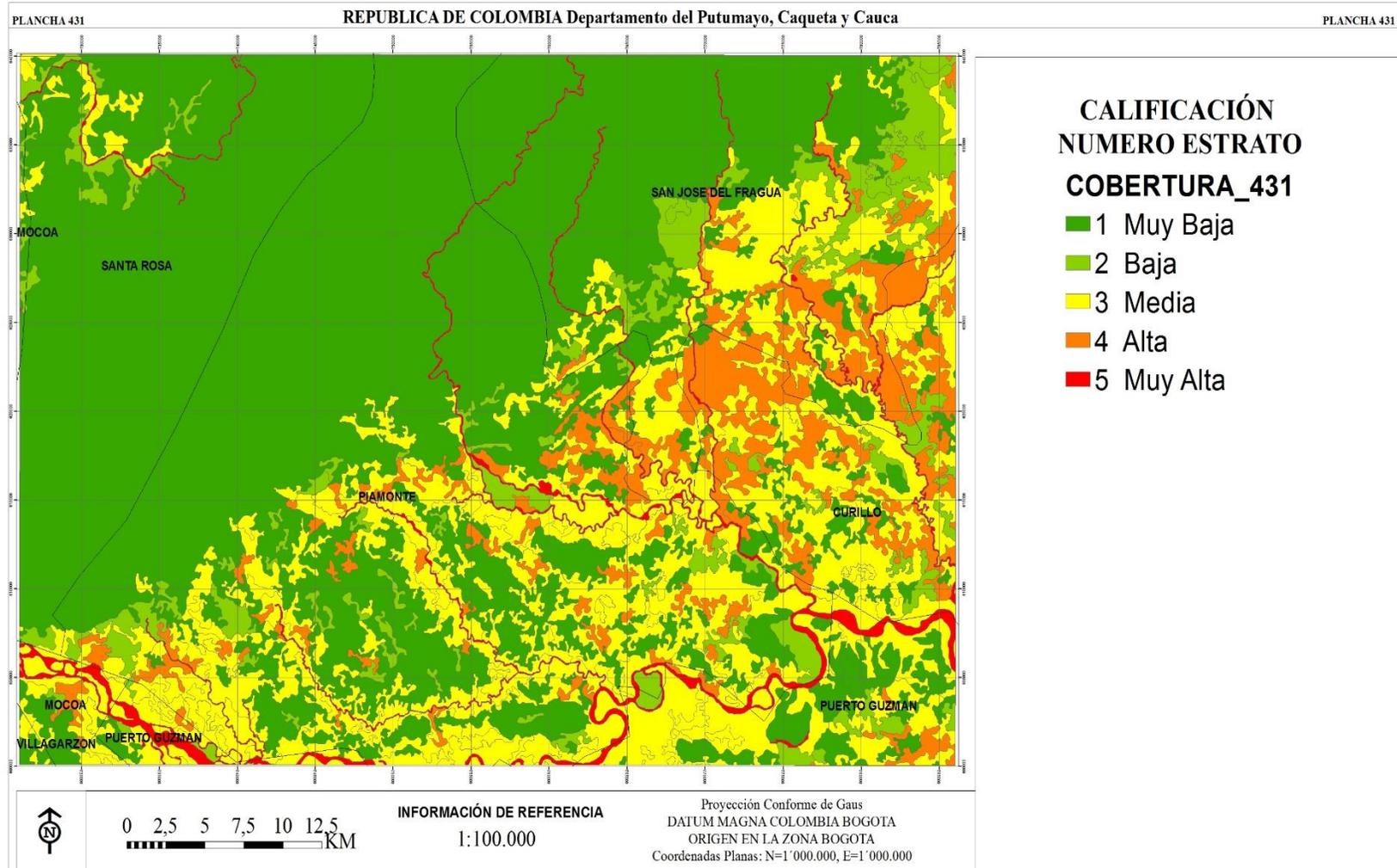


En el área de estudio de la plancha 431, se presenta un mayor porcentaje de área a una susceptibilidad muy baja (1), en los municipios de Santa Rosa, Piamonte, Mocoa, San José del Fragua y Puerto Guzmán.

Municipios como Puerto Guzmán, Villa Garzón, Piamonte, San José del Fragua, Curillo y Mocoa; se localizan en áreas que presentan una susceptibilidad Media (3). Áreas con susceptibilidad Alta (4), se encuentran Puerto Guzmán, Villa Garzón, Piamonte, San José del Fragua, Curillo y Mocoa.

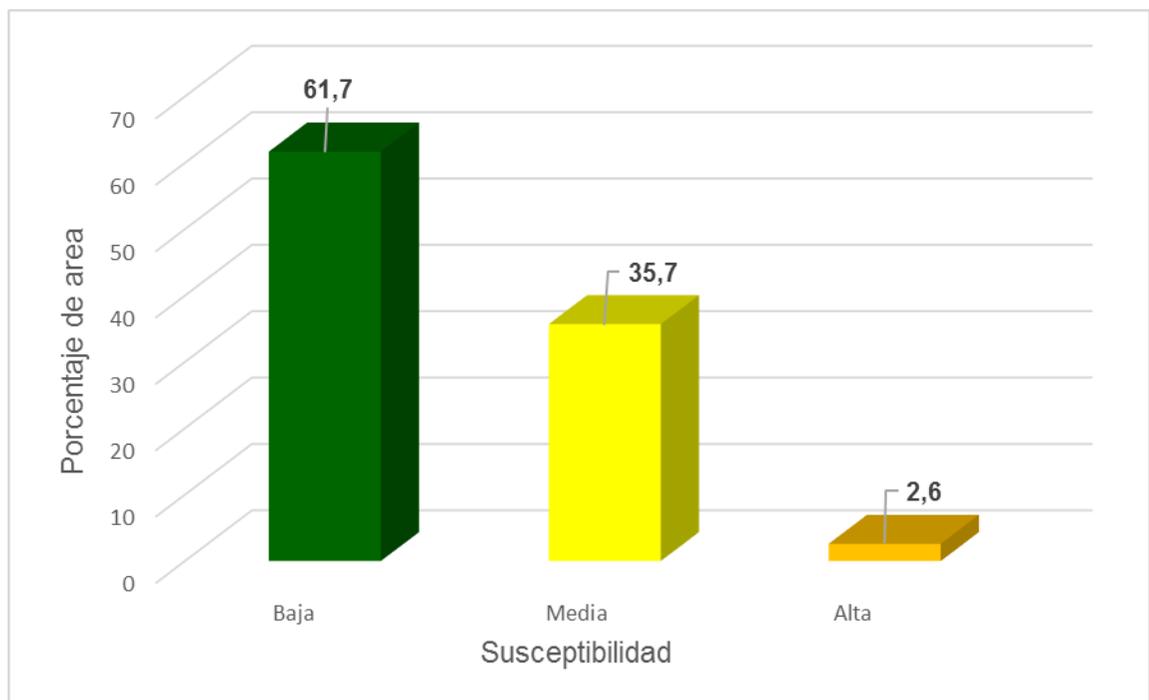
Finalmente áreas con susceptibilidad muy alta (5), se encuentran a lo largo de la plancha de estudio.

Figura 43. Mapa calificación del atributo número estrato, plancha 431.



Mapa de susceptibilidad total de la variable cobertura 431. El área de la plancha 431 presenta en su mayoría una susceptibilidad Baja y Media (ver figura 44), por presencia de unidades de coberturas como Bosque denso alto de tierra firme, pastos limpios y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; que garantiza indirectamente la conservación de la vegetación natural y conservación de suelos. Así mismo, por las actividades agropecuarias y de explotación minera que se vienen realizando, generan el cambio en las coberturas y pueden incrementar la tendencia a susceptibilidad en remoción en masa.

**Figura 44. Categoría de la susceptibilidad final de la variable coberturas de la tierra de la plancha.**



Para la calificación susceptibilidad Baja (2), con porcentaje del 61,7%; se encuentran unidades de cobertura como el Bosque denso bajo de tierra firme, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Unidades de cobertura como Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Bosque fragmentado con vegetación secundaria, Bosque denso alto inundable y Vegetación secundaria o en transición; tienen una calificación de susceptibilidad Media (3) y un porcentaje de área del 35,7%.

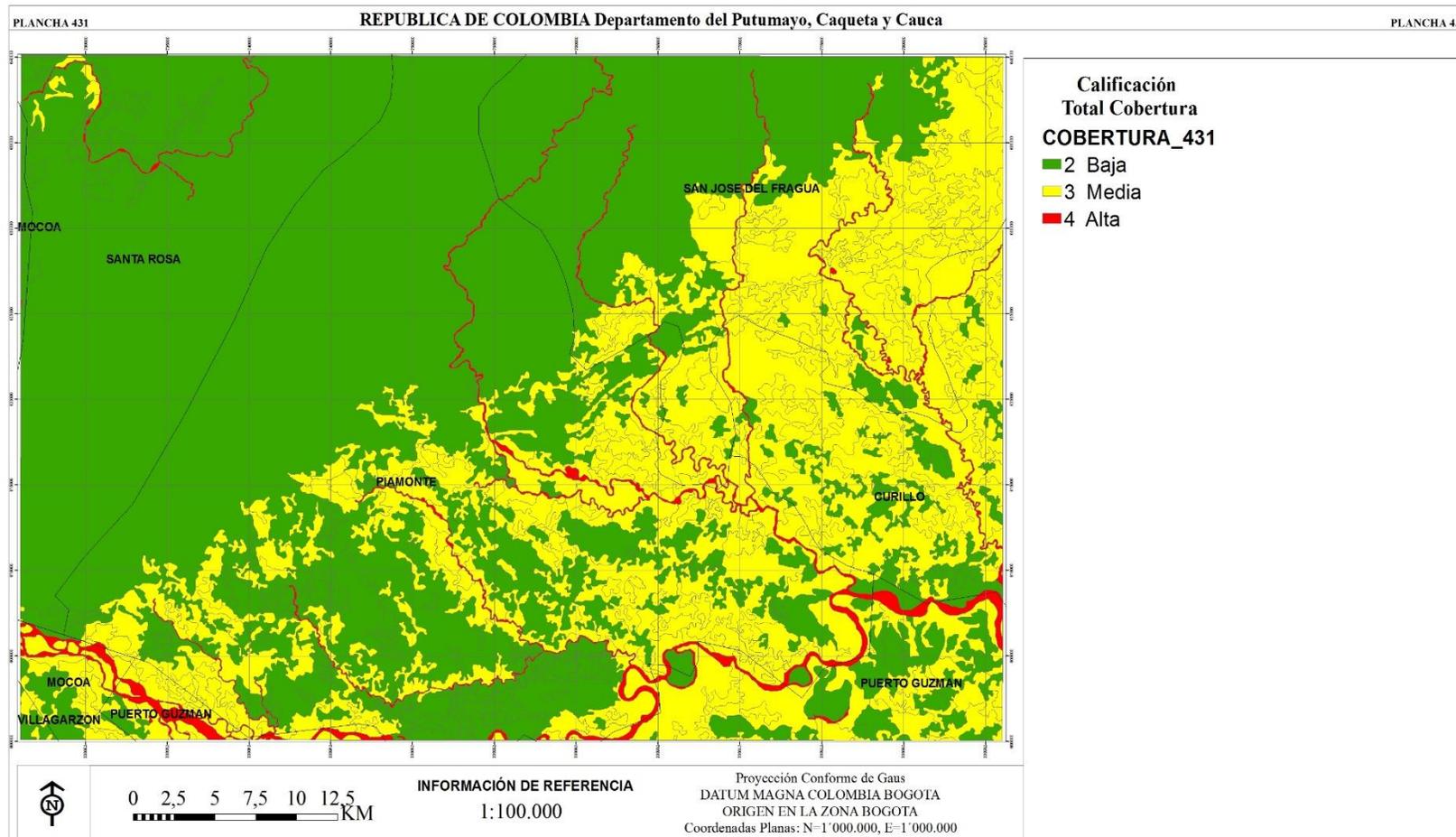
Se indica que la susceptibilidad Alta (5) se encuentra unidades de cobertura definidas como Tejido urbano continuo con el 0.53%

En la plancha 431, se presenta un mayor porcentaje de área una susceptibilidad Baja (2), en los municipios de Santa Rosa y Piamonte del departamento del Cauca; en el departamento del Putumayo, se determina el municipio de Mocoa; y en el departamento del Caquetá el municipio de San José del Fragua.

Con relación a la susceptibilidad Media (3), en gran parte de los municipios de San José del Fragua y Curillo en el departamento del Caquetá; en el departamento del Cauca, se observa el municipio de Piamonte con dicha susceptibilidad; con respecto al departamento del Putumayo esta se localiza en Villa Garzón y Puerto Guzmán.

Este resultado se ve netamente influencia por la presencia de grandes masas boscosas o reservas forestales de la amazonia para el municipio de San José del Fragua; para el municipio de Piamonte por la presencia de la serranía de Churumbelos como patrimonio natural de la región; Villagarzón constituido por los resguardos indígenas Albania, Chaluayaco, Wasipongo y áreas forestales protectora – productora Mecaya – Sencella y San Juan. Para el municipio de Puerto Guzmán presencia de resguardo indígenas como Aguaditas, Calenturas y el descanso. Para cada uno de los municipios como actividades primarias están representados por actividades agrícolas entre los que sobresalen los cultivos de productos tradicionales y frutales como plátano, yuca, maíz, caña panelera, chontaduro, piña y palmito; actividades pecuarias con la cría de ganado vacuno, porcicultura, avicultura y piscicultura.

Figura 45. Mapa categorías de susceptibilidad final de la variable cobertura de la tierra, plancha 431



**5.2.17 Análisis de susceptibilidad plancha 449:** espacialmente la plancha 449 contextualizada en la Proyección transverse mercator, se localiza completamente en el departamento del Putumayo, la cual forma parte del bloque 14 del proyecto de “Zonificación de la susceptibilidad a Movimientos en Masa”. Ver figura 9.

### 5.2.18 Tipos de unidades de cobertura encontrada en la plancha 449.

**Cuadro 26. Cuantificación de las coberturas de la tierra presentes en la plancha 449.**

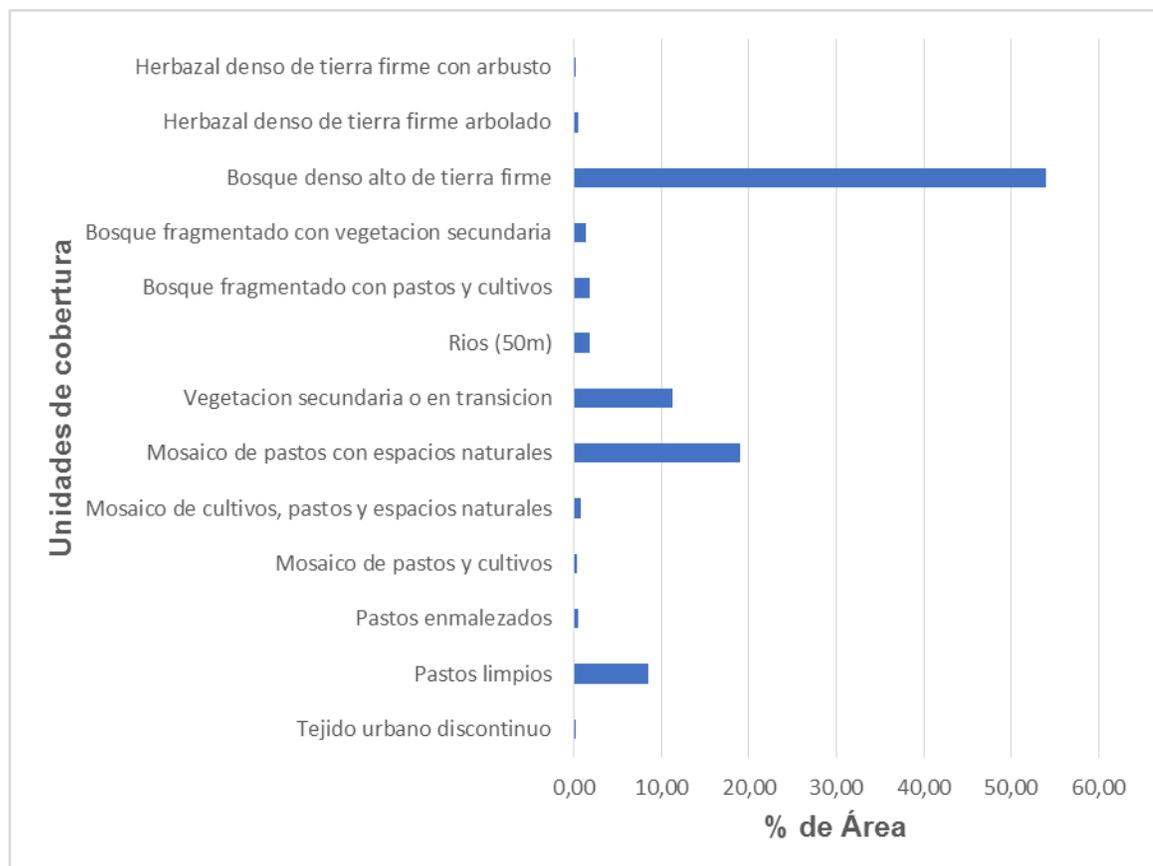
CÓDIGO	UNIDAD	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
112	Tejido urbano discontinuo	326,122346	0,14
231	Pastos limpios	20621,8674	8,57
233	Pastos enmalezados	1034,77769	0,43
242	Mosaico de pastos y cultivos	713,242158	0,30
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1777,87516	0,74
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	45606,3008	18,96
323	Vegetación secundaria o en transición	27108,9946	11,27
511	Ríos (50m)	4515,0976	1,88
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	4205,69286	1,75
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3432,95415	1,43
31111	Bosque denso alto de tierra firme	129845,637	53,98
321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado	1353,93178	0,56
321113	Herbazal denso de tierra firme con arbusto	0,93923772	0
	<b>TOTAL</b>	<b>240543,433</b>	<b>100</b>

Las unidades de cobertura presentes en la plancha 449, se definen en el cuadro 23, encontrando un total de 13 unidades de cobertura.

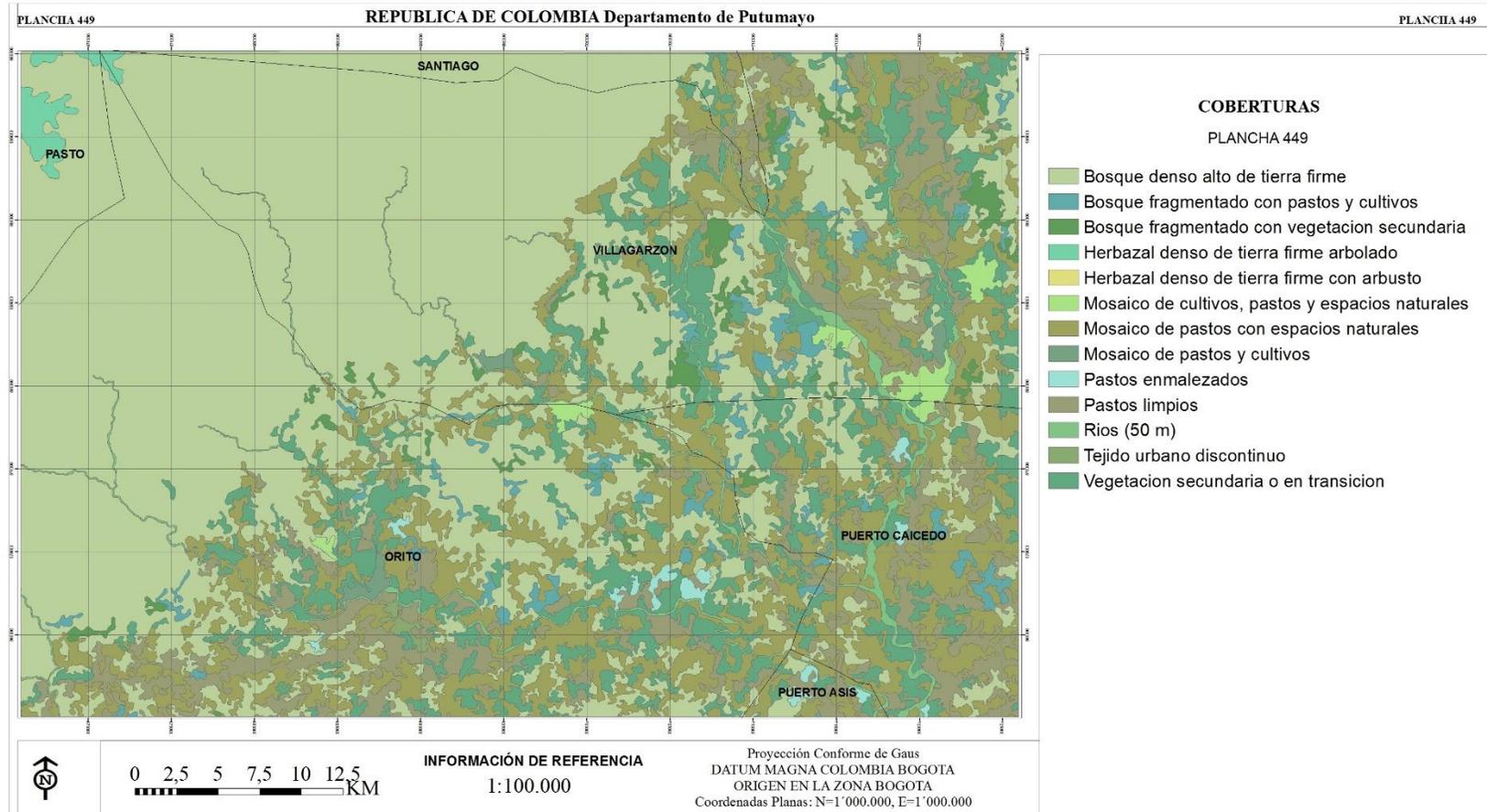
Los tipos de coberturas presentes en la plancha 449, se observa que la cobertura de mayor presencia son los bosques denso alto de tierra firme con un 53,98%,

seguido del mosaico de pastos con espacios naturales en 18,96%, vegetación secundaria o en transición con el 11,27%, en pastos limpios 8,57%, los mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales con el 0,74%, los bosques fragmentados con pastos y cultivos el 1,75%, los bosques fragmentados con vegetación secundaria el 1,43%, mientras que el tejido urbano discontinuo, pastos enmalezados, Mosaico de pastos y cultivos y herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos; tienen valores que no superan el 1% del área analizada.

**Figura 46. Unidades de coberturas de la tierra, plancha 449, en función del porcentaje de área.**



**Figura 47. Mapa con las unidades de coberturas de la tierra, plancha 449**



### 5.2.19 Profundidad radicular.

**Cuadro 27. Calificación del atributo profundidad radicular, plancha 449.**

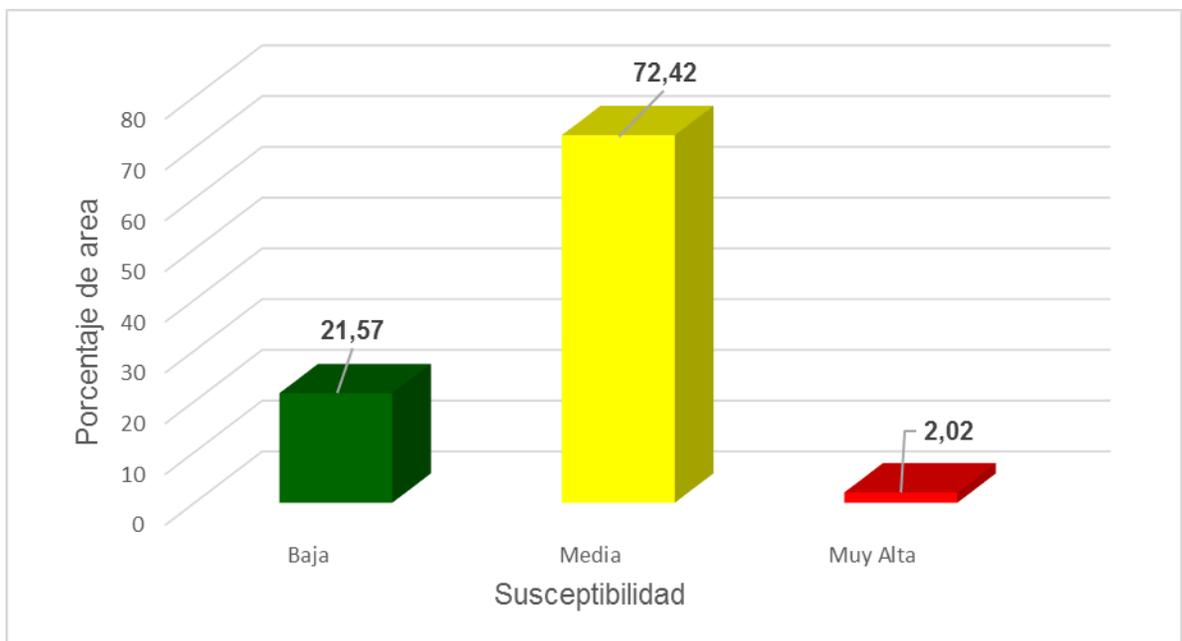
CÓDIGO	UNIDAD	PROFUNDIDAD RADICULAR	CALIFICACION PROFUNDIDAD RADICULAR	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
112	Tejido urbano discontinuo	1	5	326,12234	0,14
231	Pastos limpios	3,96	3	20621,867	8,57
233	Pastos enmalezados	3,92	3	1034,7776	0,43
242	Mosaico de pastos y cultivos	4	2	713,24215	0,30
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3,95	3	1777,8751	0,74
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	4	2	45606,300	18,96
323	Vegetación secundaria o en transición	3,96	3	27108,994	11,27
511	Ríos (50m)	1	5	4515,0976	1,88
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	4	2	4205,6928	1,75
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3,94	3	3432,9541	1,43
31111	Bosque denso alto de tierra firme	3,9	3	129845,63	53,98
321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado	4,3	2	1353,9317	0,56
321113	Herbazal denso de tierra firme con arbusto	4	2	0,9392377	0
	<b>TOTAL</b>			<b>240543,43</b>	<b>100</b>

Las unidades de cobertura mosaico de pastos y cultivos, mosaico de pastos con espacios naturales, bosque fragmentado con pastos y cultivos, herbazal denso de tierra firme arbolado y herbazal denso de tierra firme con arbusto; presenta una susceptibilidad baja (2), con un porcentaje del 21,57% en el área de estudio;

coberturas como, pastos limpios, Pastos enmalezados, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, bosque fragmentado con vegetación secundaria, bosque denso alto de tierra firme y vegetación secundaria o en transición; presentan una calificación a la susceptibilidad media (3) con un porcentaje del 72,42.

Finalmente, con una susceptibilidad muy alta (5) se encuentran unidades de cobertura de la tierra como Tejidos urbano discontinuo y Ríos; que representan el 2,02% del área de la plancha.

**Figura 48. Calificación de la susceptibilidad, variable profundidad radicular de la plancha 449.**

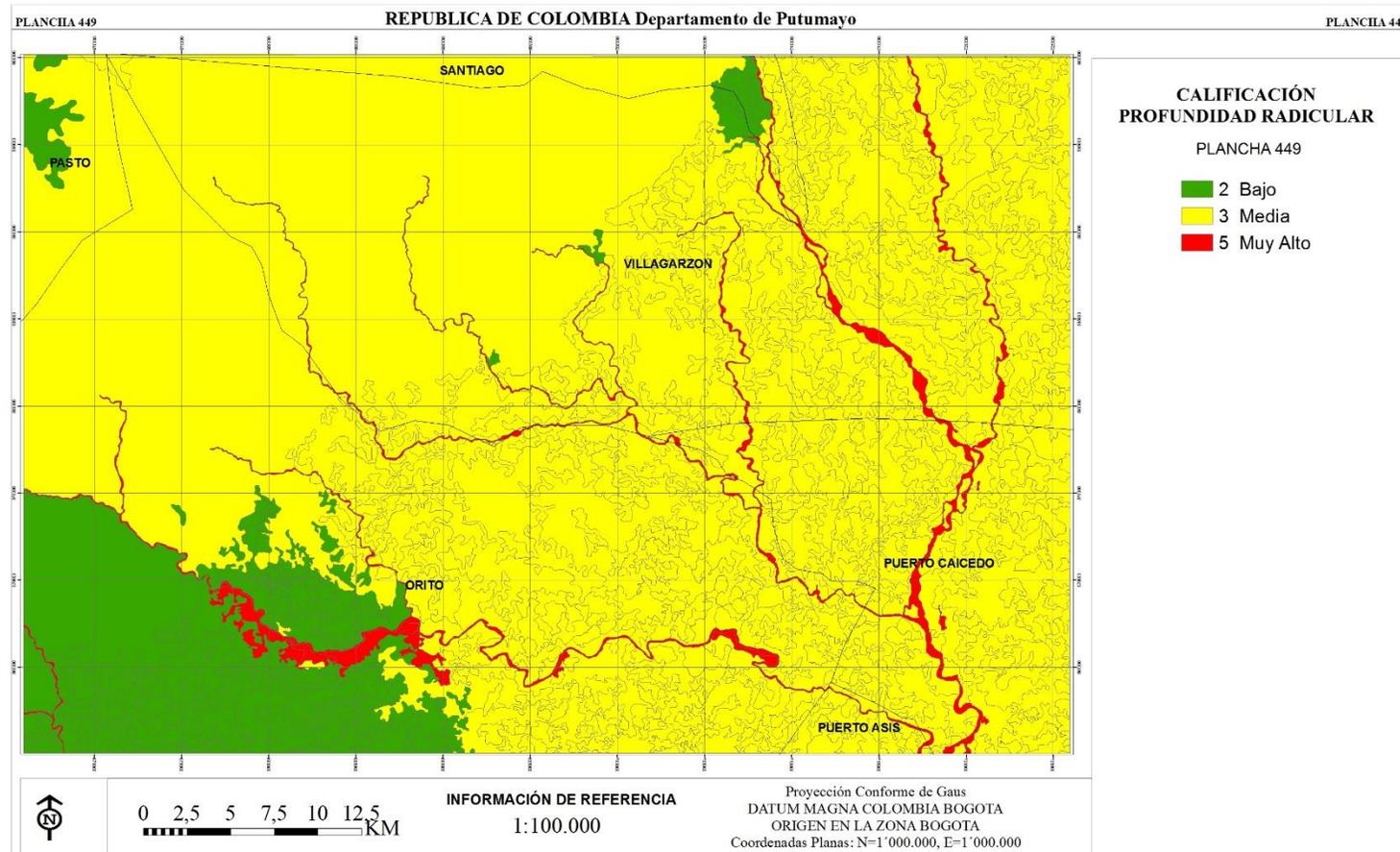


En el área de estudio de la plancha 449, se presenta un mayor porcentaje de área a una susceptibilidad Media (3), en los municipios de Santiago, Villagarzon, Puerto Caicedo, Puerto Asís y Orito.

Municipios como Orito y Santiago, se localizan en áreas que presentan una susceptibilidad Baja (2).

Las áreas de susceptibilidad Muy Alta (5), se localizan principalmente en los municipios de Santiago, Orito, Puerto Asís, Puerto Caicedo y Villagarzon. Las coberturas que se observan en esta categoría adicional a la de ríos, Tejidos urbano discontinuo; están incluidos en esta calificación por efectos de modelación según directrices del Servicio Geológico Colombiano.

Figura 49. Mapa calificación del atributo profundidad radicular, plancha 449



## 5.2.20 Evapotranspiración:

**Cuadro 28. Calificación del atributo evapotranspiración, plancha 449.**

CÓDIGO	UNIDAD	KC	EVAPO TRANSPI RACIÓN	CALIFICACI ÓN EVAPO TRANSPIRA CIÓN	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
112	Tejido urbano discontinuo	0,4	0,15	5	326,1223	0,14
231	Pastos limpios	1	0,375	3	20621,86	8,57
233	Pastos enmalezados	0,88	0,33	3	1034,777	0,43
242	Mosaico de pastos y cultivos	0,931	0,349	3	713,2421	0,30
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0,75	0,24161	4	1777,875	0,74
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	0,75	0,28125	4	45606,30	18,96
323	Vegetación secundaria o en transición	0,6	0,225	4	27108,99	11,27
511	Ríos (50 m)	1	0,54844	3	4515,097	1,88
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	0,8	0,3	4	4205,692	1,75
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	0,67	0,25125	4	3432,954	1,43
31111	Bosque denso alto de tierra firme	0,4	0,15	5	129845,6	53,98
321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado	0,9	0,17	3	1353,931	0,56
321113	Herbazal denso de tierra firme con arbusto	0,88	0,165	3	0,939237	0
	TOTAL				240543,4	100

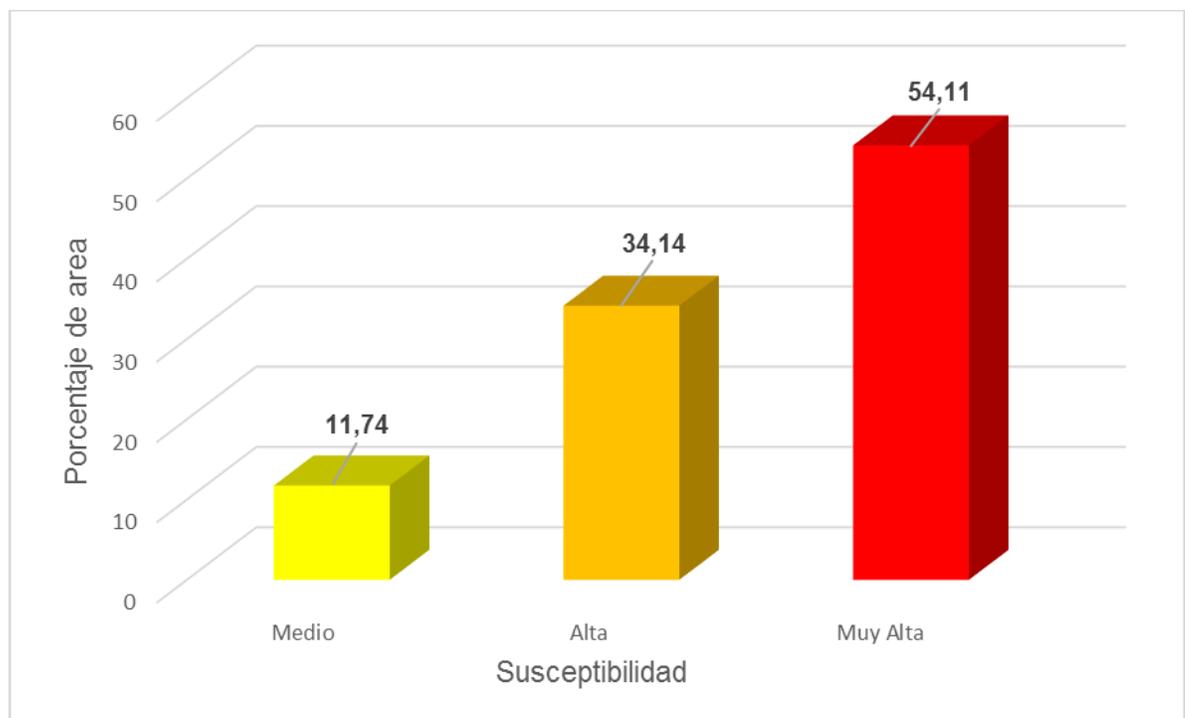
Las unidades de cobertura como Pastos limpios, Pastos enmalezados, Mosaico de pastos y cultivos, Herbazal denso de tierra firme arbolado, Herbazal denso de

tierra firme con arbustos y los Ríos; presentan una calificación a la susceptibilidad Media (3) con un porcentaje del 11,74%.

Para las coberturas Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Mosaico de pastos con espacios naturales, Vegetación secundaria o en transición, Bosque fragmentado con pastos y cultivos y Bosque fragmentado con vegetación secundaria; tiene una susceptibilidad Alta (4) y se expresan de forma espacial en un 34,14% de la plancha.

Finalmente, con una susceptibilidad Muy Alta (5) se encuentran unidades de cobertura de la tierra como Tejidos urbano discontinuo, y Bosque denso alto de tierra firme; que representan el 54,11% del área de estudio.

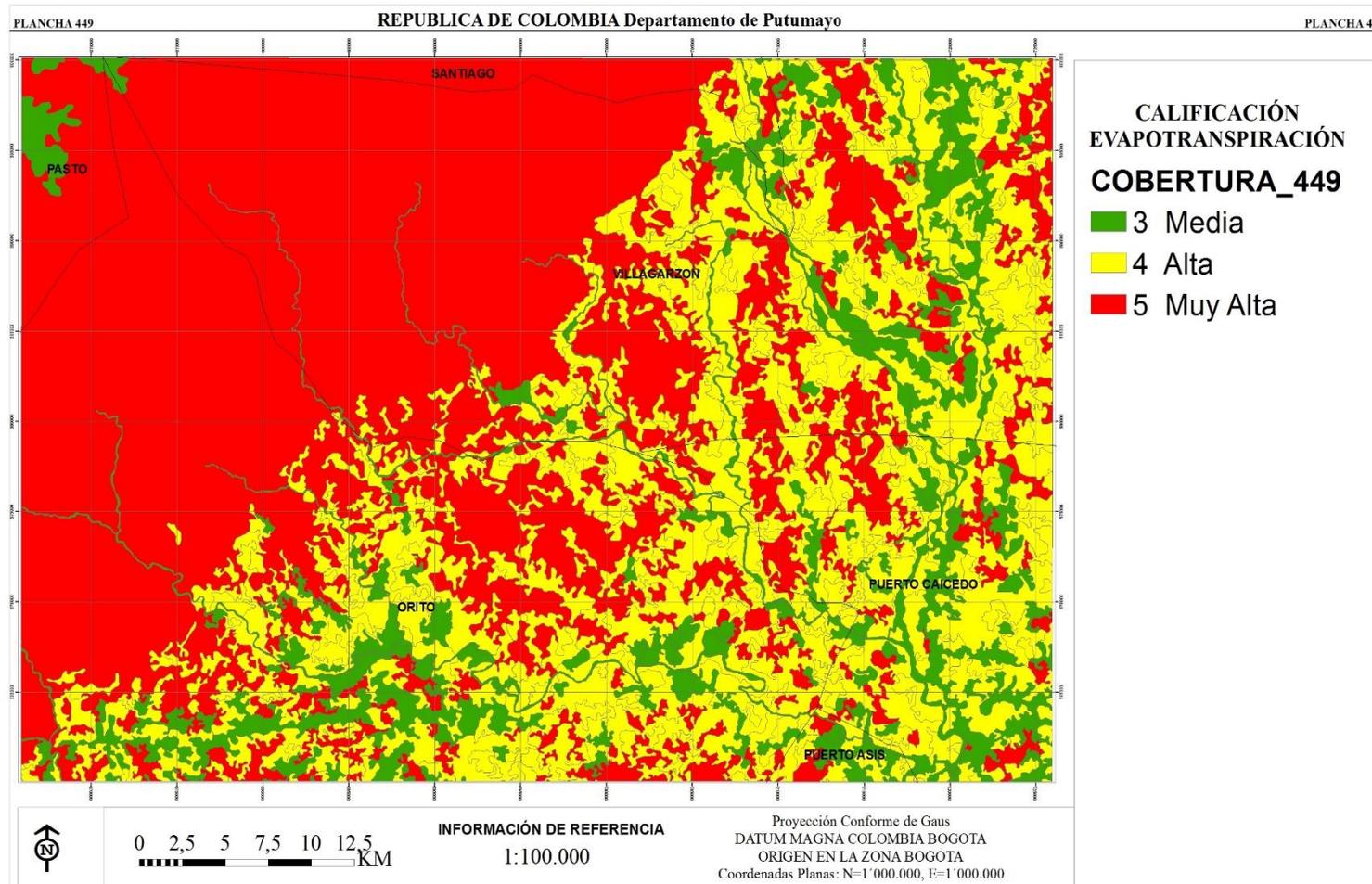
**Figura 50. Calificación de la susceptibilidad, variable evapotranspiración de la plancha 449.**



En el área de estudio de la plancha 449, se presenta un mayor porcentaje de área a una susceptibilidad Muy Alta (5), en los municipios de Santiago, Orito y Villagarzon.

Municipios como Villagarzon, Puerto Caicedo, Puerto Asís y Orito; se localizan en áreas que presentan una susceptibilidad Alta (4). Y áreas con susceptibilidad Media (3), se encuentran los municipios de como Villagarzon, Puerto Caicedo, Puerto Asís y Orito.

Figura 51. Mapa calificación del atributo evapotranspiración, plancha 449



### 5.2.21 Drenaje profundo.

**Cuadro 29. Calificación del atributo drenaje profundo, plancha 449.**

CÓDIGO	UNIDAD	DRENAJE PROFUNDO	CALIFICACIÓN DRENAJE PROFUNDO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
112	Tejido urbano discontinuo	86	4	326,122346	0,14
231	Pastos limpios	79	3	20621,8674	8,57
233	Pastos enmalezados	61	3	1034,77769	0,43
242	Mosaico de pastos y cultivos	79	3	713,242158	0,30
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	69	3	1777,87516	0,74
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	61	3	45606,3008	18,96
323	Vegetación secundaria o en transición	60	2	27108,9946	11,27
511	Ríos (50m)	98	5	4515,0976	1,88
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	65	3	4205,69286	1,75
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	58	2	3432,95415	1,43
31111	Bosque denso alto de tierra firme	55	2	129845,637	53,98
321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado	62	3	1353,93178	0,56
321113	Herbazal denso de tierra firme con arbusto	62	3	0,93923772	0
	<b>TOTAL</b>			<b>240543,433</b>	<b>100</b>

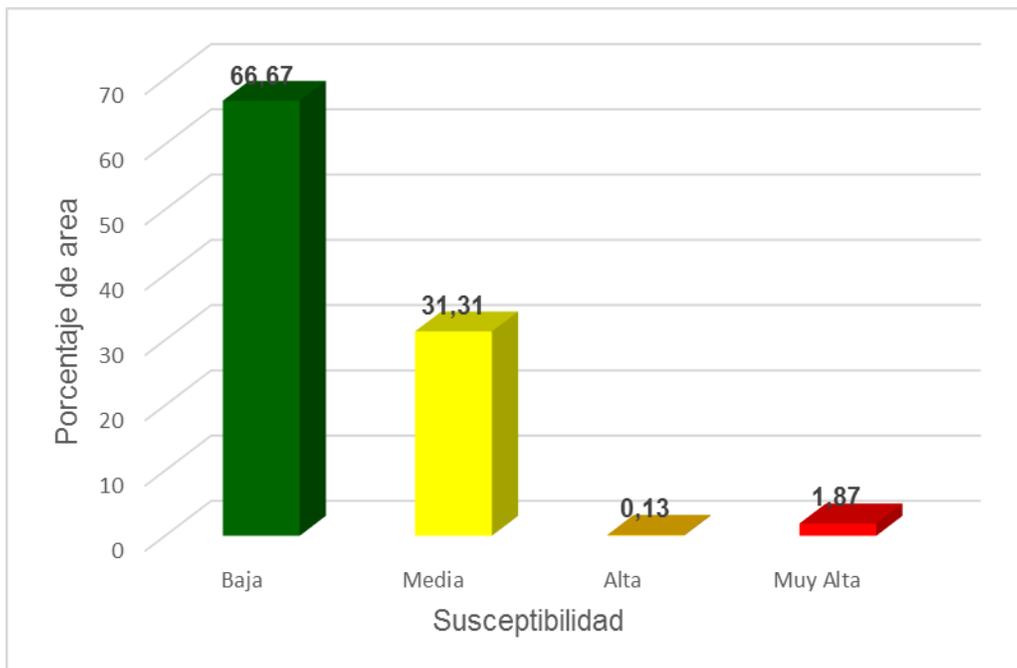
Las unidades de cobertura como Pastos limpios, Pastos enmalezados, Mosaico de pastos y cultivos, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Mosaico de pastos con espacios naturales, Bosque fragmentado con pastos y cultivos, Herbazal denso de tierra firme arbolado y Herbazal denso de tierra firme con

arbusto; presentan una calificación a la susceptibilidad Media (3) con un porcentaje del 31,31%.

Para las coberturas Bosque fragmentado con vegetación secundaria, Vegetación secundaria o en transición y Bosque denso alto de tierra firme; tienen una susceptibilidad Baja (2) con un porcentaje del 66,67%. Mientras que para la cobertura de tejido urbano discontinuo; tiene una susceptibilidad Alta (4) y se expresa de forma espacial en un 0,14% de la plancha.

Finalmente, con una susceptibilidad Muy Alta (5) se encuentra la unidad de cobertura de la tierra Ríos; que representan el 1,87% del área de estudio.

**Figura 52. . Calificación de la susceptibilidad, variable drenaje profundo de la plancha.**

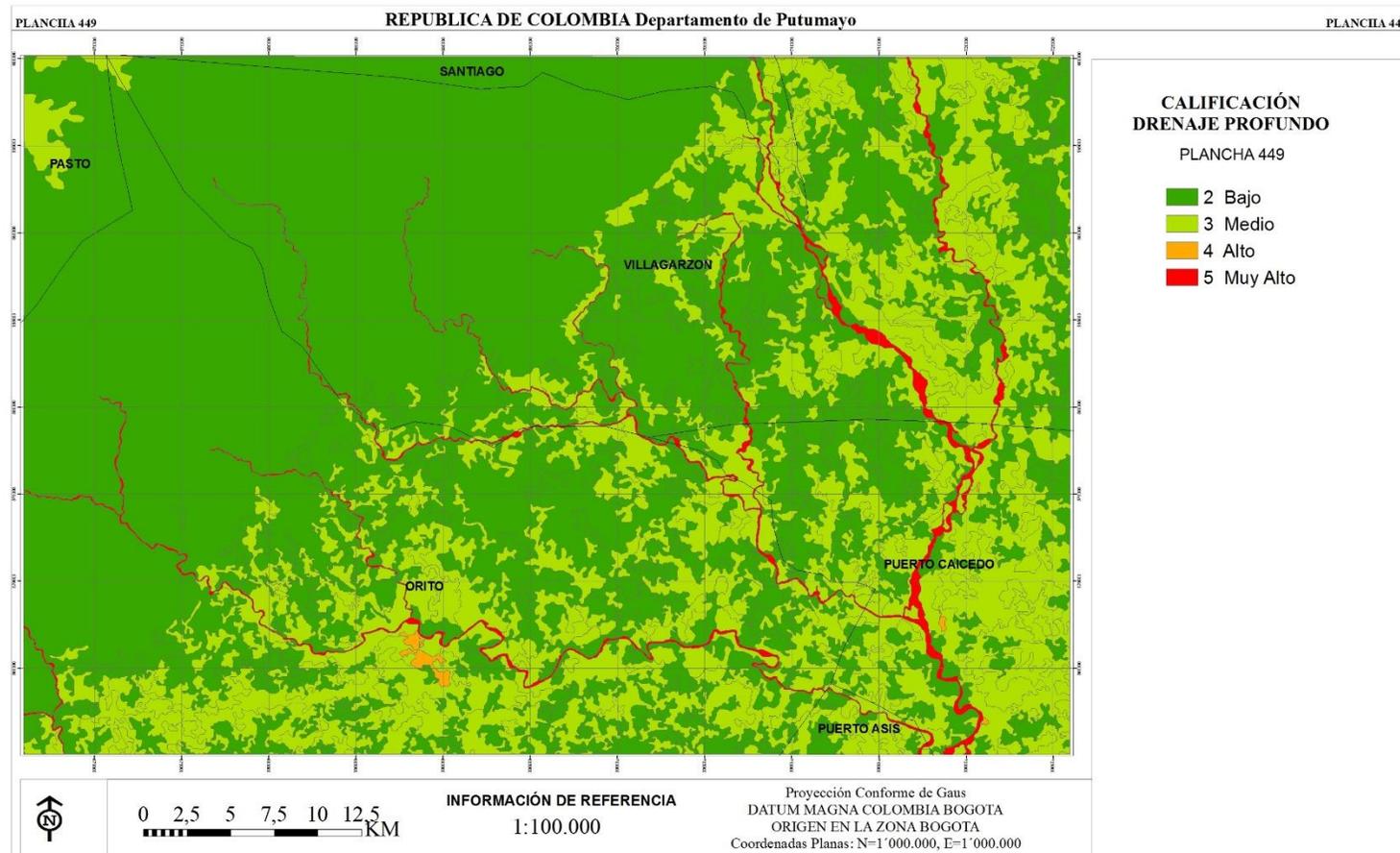


En el área de estudio de la plancha 449, se presenta un mayor porcentaje de área a una susceptibilidad Baja (2), en los municipios de Santiago, Villagarzon, Orito, Puerto Caicedo y Puerto Asís.

Municipios como Villagarzon, Orito, Puerto Caicedo y Puerto Asís; se localizan en áreas que presentan una susceptibilidad Media (3). Mientras que el municipio de Orito presenta una susceptibilidad Alta (4).

Y áreas con susceptibilidad Muy Alta (5), se encuentran a lo largo de la plancha de estudio.

Figura 53. Mapa calificación del atributo drenaje profundo, plancha 449.



## 5.2.22 Número estrato:

**Cuadro 30. Calificación del atributo número estrato, plancha 449.**

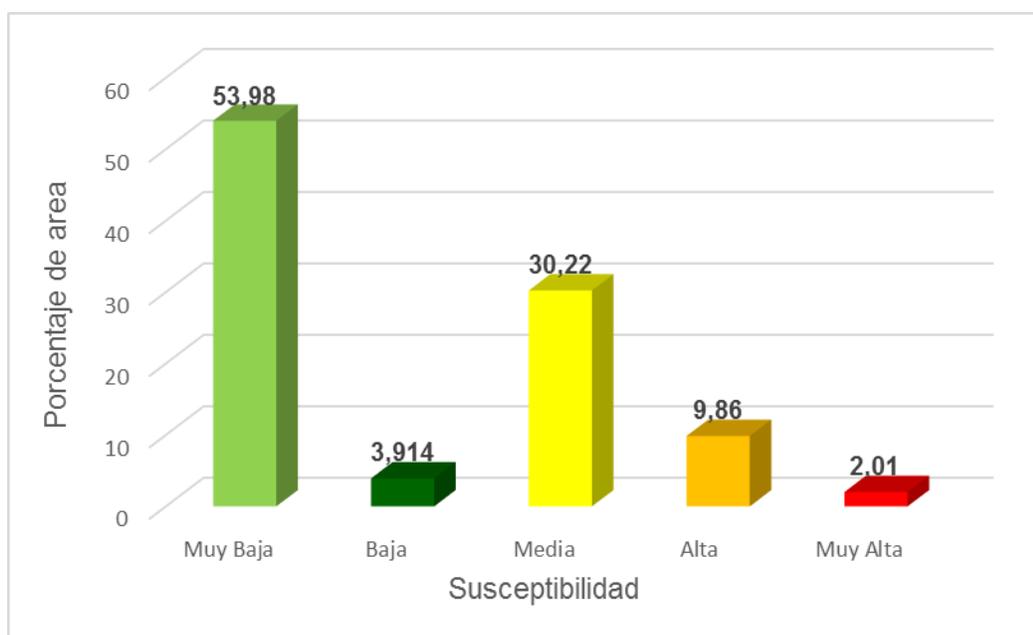
CÓDIGO	UNIDAD	NUMERO ESTRATO	CALIFICACIÓN NUMERO ESTRATO	ÁREA (HA)	ÁREA (HA EN %)
112	Tejido urbano discontinuo	0	5	326,122346	0,14
231	Pastos limpios	1	4	20621,8674	8,57
233	Pastos enmalezados	1	4	1034,77769	0,43
242	Mosaico de pastos y cultivos	1	4	713,242158	0,30
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3	2	1777,87516	0,74
244	Mosaico de pastos con espacios naturales	2	3	45606,3008	18,96
323	Vegetación secundaria o en transición	2	3	27108,9946	11,27
511	Ríos (50m)	0	5	4515,0976	1,88
3131	Bosque fragmentado con pastos y cultivos	3	2	4205,69286	1,75
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3	2	3432,95415	1,43
31111	Bosque denso alto de tierra firme	4	1	129845,637	53,98
321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado	1	4	1353,93178	0,56
321113	Herbazal denso de tierra firme con arbusto	1	4	0,93923772	0
	TOTAL			240543,433	100

La unidad de cobertura como Bosque denso alto de tierra firme; presenta una calificación a la susceptibilidad Muy Baja (1) con un porcentaje del 53,98%.

Para las coberturas Bosque fragmentado con vegetación secundaria, Bosque fragmentado con pastos y cultivos y Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; tienen una susceptibilidad Baja (2) con un porcentaje del 3,914%. Mientras que para las coberturas de Mosaico de pastos con espacios naturales y Vegetación secundaria o en transición; tiene una susceptibilidad Media (3) y se expresa de forma espacial en un 30,22% de la plancha.

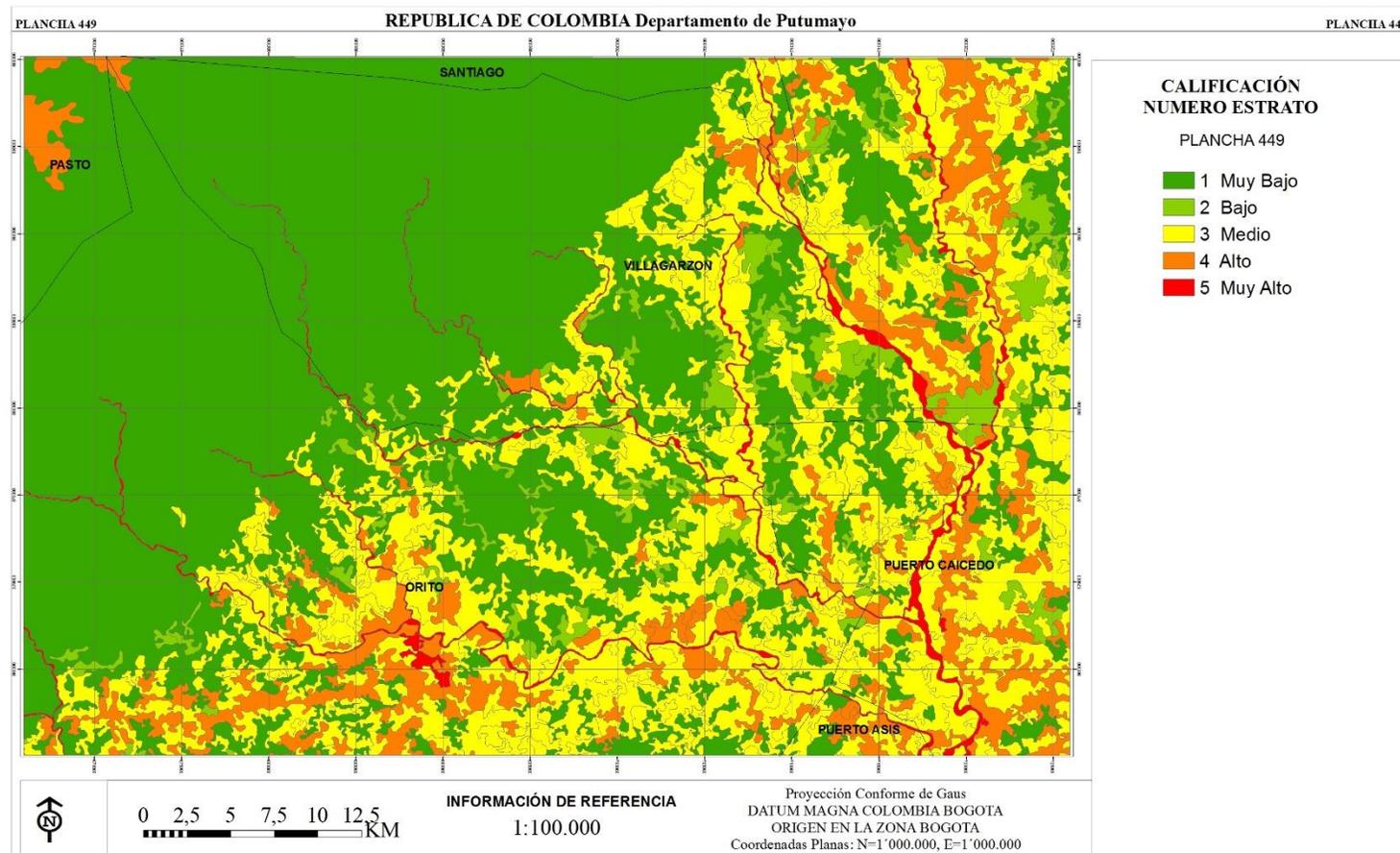
Finalmente, con una susceptibilidad Alta (4) se encuentran coberturas de Pastos limpios, Pastos enmalezados y Mosaico de pastos y cultivos; que representan en la plancha el 9,86%; y susceptibilidad Muy Alta (5) se encuentran unidades de cobertura de la tierra como Ríos y Tejido urbano discontinuo que representan el 2,01% del área de estudio.

**Figura 54. Calificación de la susceptibilidad, variable número estrato de la plancha 449.**



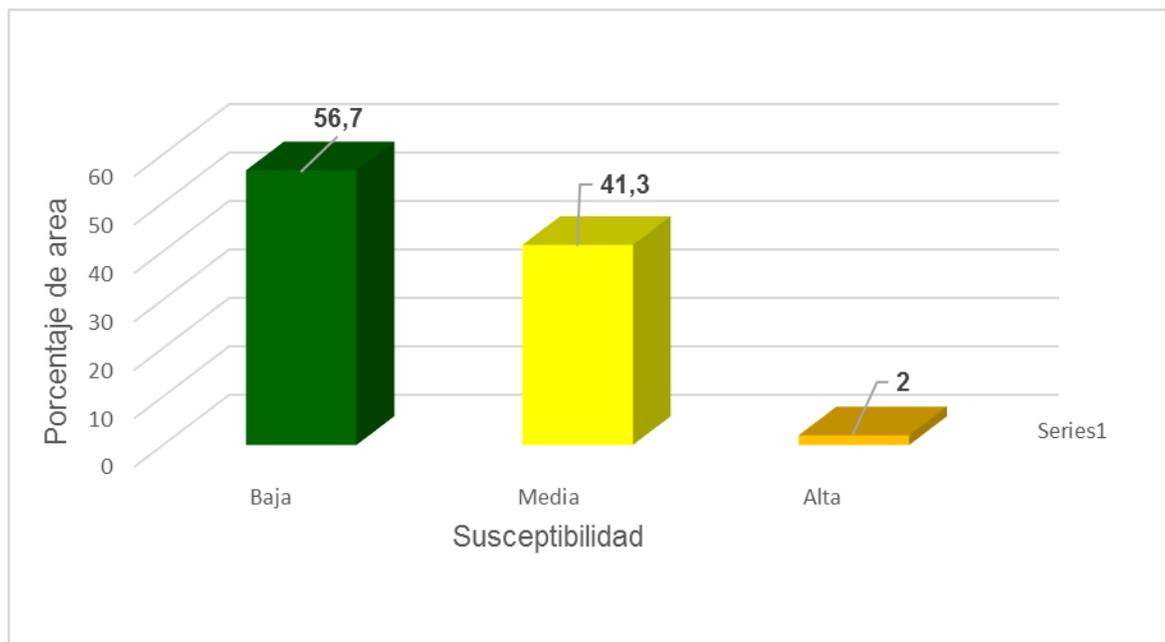
En el área de estudio de la plancha 449, se presenta un mayor porcentaje de área a una susceptibilidad Muy Baja (1), en los municipios de Santiago, Villagarzon, Orito, Puerto Caicedo y Puerto Asís. Municipios como Villagarzon, Orito, Puerto Caicedo y Puerto Asís; se localizan en áreas que presentan una susceptibilidad Media (3). Áreas con susceptibilidad Alta (4), se encuentran los municipios de Villagarzon, Orito, Puerto Caicedo y Puerto Asís. Finalmente áreas con susceptibilidad Muy Alta (5), se encuentran a lo largo de la plancha de estudio.

Figura 55. Mapa calificación del atributo número estrato, plancha 449.



Mapa de susceptibilidad total de la variable cobertura 449. El área de la plancha 449 presenta en su mayoría una susceptibilidad baja y media (ver figura 56), por presencia de unidades de coberturas como bosque denso alto de tierra firme, pastos limpios, pastos enmalezados, vegetación secundaria o en transición, bosque fragmentado con vegetación secundaria y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales; que garantiza indirectamente la conservación de la vegetación natural y conservación de suelos. Así mismo, por las actividades agropecuarias y de explotación minera que se vienen realizando, generan el cambio en las coberturas y pueden incrementar la tendencia a susceptibilidad en remoción en masa.

**Figura 56. Distribución de la susceptibilidad de la variable coberturas de la tierra de la plancha 449.**



Para la calificación susceptibilidad Baja (2), con porcentaje del 56,7%; se encuentran unidades de cobertura como el Bosque denso bajo de tierra firme, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Unidades de cobertura como Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Bosque fragmentado con vegetación secundaria, Bosque denso alto inundable y Vegetación secundaria o en transición; tienen una calificación de susceptibilidad Media (3) y un porcentaje de área del 41,3%.

Se indica que la susceptibilidad Alta (4) se encuentra unidades de cobertura definidas como Tejido urbano discontinuo con el 2%. En la plancha 449, se presenta un mayor porcentaje de área una susceptibilidad Baja (2), en los municipios de Santiago, Villagarzon, Orito y Puerto Caicedo.

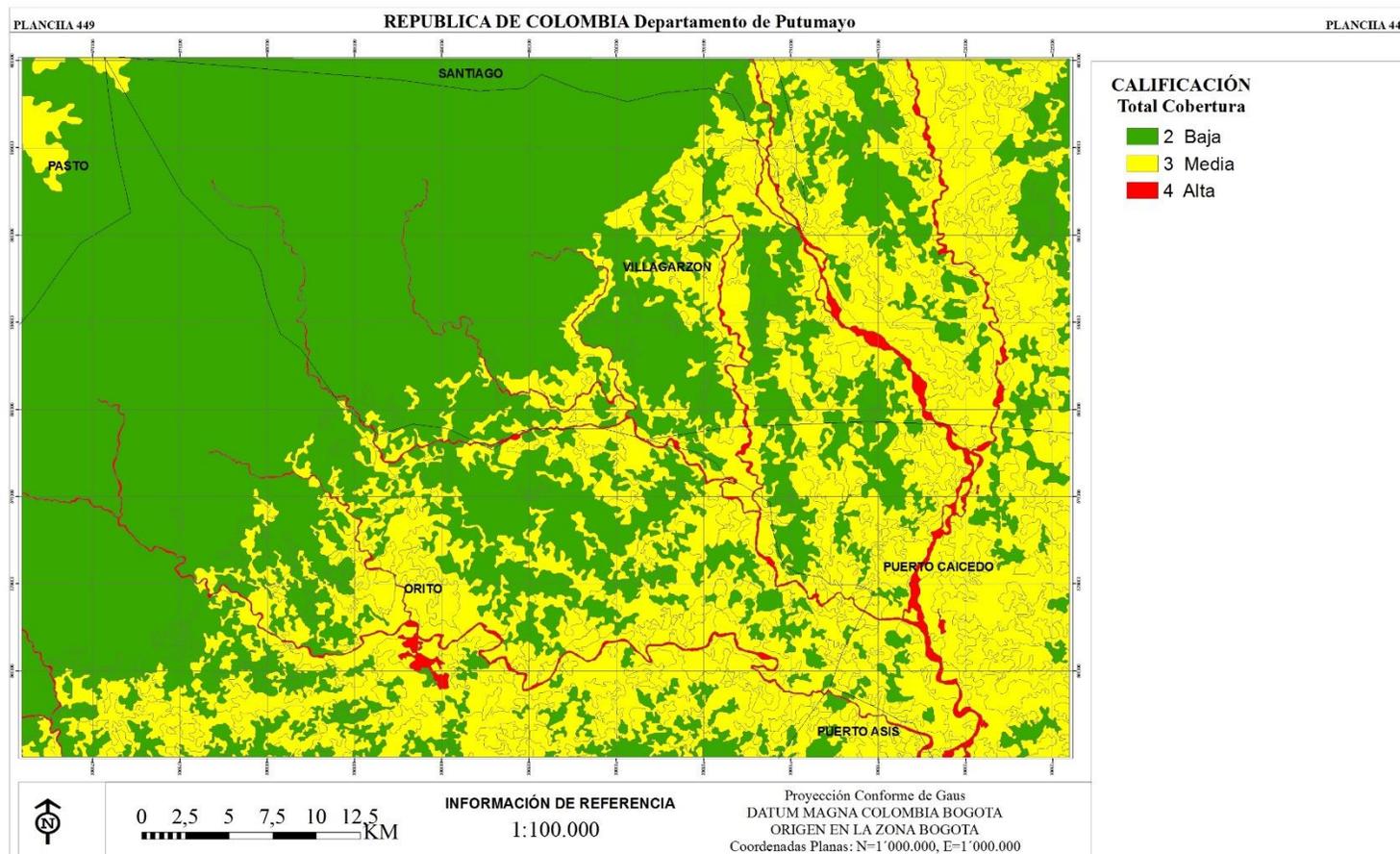
Con relación a la susceptibilidad Media (3), en gran parte de los municipios de Villagarzon, Orito, Puerto Caicedo y Puerto Asís.

Los municipios de Villagarzon, Puerto Caicedo y Puerto Asís están constituidos por la reserva forestal protectora – productora Mecaya Sencella y los resguardos indígenas Albania, Chaluayaco, Wasipongo, Damasco vides, San Andrés, Vegas, Buenavista y Santa cruz de piñuna blanco.

Para el municipio de Orito la presencia del santuario Kofan de flora y plantas medicinales Ingi – Ande; áreas de reservas forestales de Orito y San Juan, y los resguardos indígenas la Cristalina, Cañaverál – Miraflores, los Guaduales y Selva Verde. Esto obedece al 53,98% de Bosque denso alto de tierra firme de recubrimiento de la plancha 449.

Actividades primarias para cada uno de los municipios están representados por actividades agrícolas entre los que sobresalen los cultivos de productos tradicionales y frutales como plátano, yuca, maíz, caña panelera, chontaduro, piña, borojo y palmito; actividades pecuarias con la cría de ganado vacuno, porcicultura, avicultura y piscicultura; obedeciendo al 41,3% de recubrimiento de la plancha 449 con coberturas de pastos limpios y mosaico de pastos y espacios naturales.

Figura 57. Mapa categorías de susceptibilidad final de la variable cobertura de la tierra, plancha 449.



## 6. CONCLUSIONES

Mediante el análisis y edición del componente de coberturas realizado en el software Arcgis 9,3 se ponderaron cada uno de los atributos Profundidad radicular, Evapotranspiración, Drenaje profundo y Numero estrato; mediante la implementación de la metodología del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

En el área de recubrimiento de las planchas 413, 414, 431 y 449 no se presentó reinterpretación de los polígonos con código 99 (nubes) con apoyo de imágenes satelitales.

Con la elaboración de los mapas para los atributos Profundidad radicular, Evapotranspiración, Drenaje profundo y Numero de estrato en el componente de coberturas de la tierra; se calculó y elaboro el modelo de susceptibilidad a movimientos en masa que espacialmente ubica las planchas 413, 414, 431 y 449 que se localizan en los departamentos de Putumayo, Caquetá y Cauca.

A partir del modelo de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100000 que espacialmente ubica las planchas 413,414, 431 y 449 en los departamentos de Putumayo, Caquetá y Cauca; presentan que las zonas de Muy alta susceptibilidad a movimientos en masa se encuentran en las coberturas con código 111 (Tejido urbano continuo) con código 124 (Aeropuertos).

Según el modelo de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100000 que espacialmente ubica las planchas 413, 414, 431 y 449; presentan que las zonas de Alta susceptibilidad a movimiento en masa se encuentran en las coberturas con código 511 (Ríos), y con código 112 (Tejido urbano discontinuo).

La cobertura Bosque denso alto de tierra firme con código (31111); presento un área mayor al 50% del total de las coberturas en las planchas 431 y 449, por lo que se concluye que el ecosistema natural a un mantiene en buen porcentaje por la presencia de parques naturales y reservas forestales.

Las unidades de cobertura presentes en la plancha 413, se han encontrado un total de 11 unidades de cobertura. De este total de unidades de cobertura, las de mayor representatividad son: Pastos limpios (35,90%) y Bosque denso alto de tierra firme con (30,3%); para la plancha 414 se encontraron un total de 18 unidades de cobertura representadas en la cobertura de Pastos limpios (60,96%); en la plancha 431 se hallaron un total de 13 unidades de cobertura representadas con la cobertura de Bosque denso alto de tierra firme (55,23%); y para la plancha 449 se encontraron un total de 13 unidades de cobertura representada (53,98%).

La cobertura de Pastos limpios con código (231); presenta un mayor porcentaje de área 60,96% del total de las coberturas en la plancha 414, y para la plancha 413 presenta una disminución en su área del 30% del total de las coberturas , por lo que la intervención antrópica tiene mayor influencia en estas planchas.

Los municipios que presentan la susceptibilidad final muy alta son: Florencia y Belen de Andaquies para la plancha 413, el Doncello y Paujil para la plancha 414; con susceptibilidad Alta se encuentran los municipios de Villagarzon, Puerto Caicedo, Puerto Asis y Orito para la plancha 449; y municipios de Piamonte, San José del Fragua, Mocoa y Puerto Guzmán de la plancha 431.

## 7. RECOMENDACIONES

Realizar una comparación del presente trabajo con un modelamiento de capas más actuales debido que las capas que se emplearon para este trabajo es de los años 2005-2007 que corresponden a las últimas actualizaciones dadas por el IDEAM e IGAC.

Realizar una socialización de los resultados en los municipios que abarca el trabajo para que así se tengan planes de contingencia en caso de remociones en masa.

Se recomienda que en trabajos sobre la susceptibilidad a movimientos en masa se apliquen escalas menores a 1:100000 con el fin de tener más detalle y mejorar la resolución de productos nacionales de amenaza por movimientos en masa.

La estructura de las planchas entregadas por el IGAC y el IDEAM no presentan uniformidad de información debido a que cada entidad elaboro las planchas de acuerdo a su criterio por ende los resultados obtenidos no se ajustan completamente a la realidad.

Se recomienda para futuros trabajos sobre susceptibilidad a movimientos en masa consultar otro tipo de metodología que se ajuste de mejor forma a la realidad y no guiarse bajo esta metodología; ya que en esta investigación en el cálculo de los atributos Evapotranspiración y Número estrato presentan irregularidades.

Tener presente que las coberturas de mosaicos en la actualidad están siendo suprimidas ya que no son zonas representativas a tener en cuenta en grandes extensiones de área.

## BIBLIOGRAFIA

ACEVEDO, Jeeferson y ARCINIEGAS, Elkin. Análisis multitemporal de coberturas vegetales y uso del suelo en el municipio de Málaga Santander en el periodo de dos temporalidades comprendido entre los años 1992 al 2006 y 2006 al 2013. Trabajo de campamento Ingeniería Forestal. Málaga.: Universidad Industrial de Santander. Programa de Ingeniería Forestal, 2013. 101 p.

CARDOZO, Claudia. Zonación de susceptibilidad por procesos de remoción en masa en la cuenca del río Tartagal, Saita (Argentina). Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Matemáticas, Astronomía y Física, 2013. 127 p.

CORPOAMAZONIA. Región del Caquetá. [Online]. Bogotá, Colombia: CORPOAMAZONIA, 2013. 1p. [Consultado en Abril 2014]. Disponible en: [http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Caqueta/Caq\\_Natural.htm#](http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Caqueta/Caq_Natural.htm#)

CORPOAMAZONIA. Región del Putumayo. [Online]. Bogotá, Colombia: CORPOAMAZONIA, 2013. 1p. [Consultado en Abril 2014]. Disponible en: [http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Putumayo/Putumayo\\_natural.html#](http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Putumayo/Putumayo_natural.html#)

CORPORACION AUTÓNOMA REGIONAL. La gestión del riesgo en el ordenamiento territorial municipal del Valle del Cauca. Cali, Colombia: CAR, 2011. 20p.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100000. Bogotá: IDEAM, 2010. 200 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas: Proyecto Multinacional Andino. Colombia-Canadá. Bogotá D.C: El Instituto, 2007. 432p.

MARTÍNEZ, Andrés G. Departamento de Caquetá. [Online]. Bogotá, Colombia: Gobernación de Caquetá, FINAGRO, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2014. 1p. [Consultado en Abril del 2014]. Disponible en: <http://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/caqueta.html>

MARTÍNEZ, Andrés G. Departamento del Cauca. [Online]. Bogotá, Colombia: Gobernación de Cauca, FINAGRO, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2014. 1p. [Consultado en Abril del 2014]. Disponible en: <http://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cauca.html>

MARTÍNEZ, Andrés G. Departamento del Putumayo. [Online]. Bogotá, Colombia: Gobernación del Putumayo, FINAGRO, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2014. 1p. [Consultado en Abril del 2014]. Disponible en: <http://www.todacolombia.com/departamentos/putumayo.html>

RAMIREZ RICO, Usuardo. Geología y geomorfología del departamento del Cauca. Popayán, Colombia: Universidad del Cauca, 2005. 54p.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO. Documento metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100000: Subdirección de Amenazas Geológicas y Entorno Ambiental. Bogotá, D.C: Servicio Geológico Colombiano, 2013. 15p.