

---

ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA POR MOVIMIENTOS  
EN MASA PARA EL MUNICIPIO DE CUÍTIVA BOYACÁ A ESCALA 1:25.000

JUAN CAMILO ESTEPA ROJAS  
YENNY ANDREA TALERO RODRIGUEZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO  
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA  
SOGAMOSO-BOYACÁ  
2016

---

ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD Y AMENAZA POR MOVIMIENTOS  
EN MASA PARA EL MUNICIPIO DE CUÍTIVA BOYACÁ A ESCALA 1:25.000

JUAN CAMILO ESTEPA ROJAS  
YENNY ANDREA TALERO RODRIGUEZ

Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de: Ingeniero  
Geólogo

ING.ESPECIALISTA ERNESTO GUTIERREZ GUTIERREZ  
Director del proyecto

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO  
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA  
SOGAMOSO-BOYACÁ  
2016

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del director del proyecto

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Sogamoso, 10 de Mayo de 2016

*A Dios primero que todo, por estar pendiente en todos los momentos de mi vida y quien me ayudo a que este proyecto saliera adelante.*

*A mi familia quienes me dieron las fuerzas para seguir adelante y en especial a mis padres quienes con sus consejos y ayuda me brindaron los medios para poder estudiar y realizar este proyecto.*

*A mis compañeros, con los que compartí toda mi carrera, y que siempre estuvieron ahí ayudándome a no perder la fe con sus consejos y apoyo emocional.*

*Y a todas las personas que de una manera u otra manera estuvieron a mi lado dando el apoyo y el espacio para la realización de este proyecto.*  
*Camilo Estepa*

*A mis padres y a la memoria de mi  
amigo Camilo Sacristán  
Quien por circunstancias de la vida  
hoy no está con nosotros, pero para  
quien también el sueño de ser  
ingeniero geólogo fue muy valioso.  
Yenny Talero*

---

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a la universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, por permitirnos ser parte de ella; así como también a los docentes de la escuela de Ingeniería Geológica por compartirnos sus experiencias y conocimientos.

Agradecemos a nuestro director de proyecto Ing. Ernesto Gutiérrez y al Ing. Oscar Gavidia por sus conocimientos, tiempo, paciencia y apoyo brindado en el desarrollo del proyecto; también a la compañera Angélica quién siempre estuvo dispuesta a ofrecernos su ayuda y colaboración.

Agradezco a Dios y a mis padres por haberme ayudado a lo largo de mi carrera profesional.

A mi querida UPTC por ser el lugar donde estude mi carrera y a los profesores que con su conocimiento me brindaron las herramientas para ser quien soy.

*Camilo Estepa*

A Dios y mi Ángel de la guarda por darme fortaleza y permitirme alcanzar esta meta.

A mi madre, Orlanda; y mi padre Lisandro, gracias por darme la vida, educarme y confiar siempre en mí, he encontrado mi camino, mi razón de ser.

A todos mis amigos (as) y compañeros (as) del Hospital Regional de Sogamoso en especial al servicio de pediatría, por su apoyo incondicional por darme una voz de aliento en los momentos difíciles y a todos los que me ayudaron a construir este camino infinitas mil gracias.

A mi amiga ANGELICA por compartir cientos de horas de estudio, así como momentos importantes de la vida y de aprendizaje mutuo.

Al Ing. Oscar Armando Gavidia por su apoyo y comprensión.

*Yenny Talero*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>1. TEMATICA DEL PROBLEMA.....</b>	<b>19</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE ESTUDIO.....	19
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	19
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
<b>3. MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>21</b>
3.1. GENERALIDADES.....	21
3.1.1. Localización del área de estudio.....	21
3.1.2. Extensión.....	21
3.1.3. Límites.....	22
3.2. MARCO LEGAL.....	22
3.3. MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	23
3.4. MARCO METODOLÓGICO.....	25
3.5. ESTUDIOS ANTERIORES.....	25
<b>4. METODOLOGÍA EMPLEADA.....</b>	<b>27</b>
4.1. EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP).....	28
4.2. METODOLOGÍA PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS.....	29
4.3. METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS EN ZONAS DE AMENAZA ALTA A MOVIMIENTOS EN MASA.....	30
4.4. ETAPAS O PROCEDIMIENTOS PARA CUMPLIR CON LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	31
4.4.1. Insumos generales.....	33
<b>5. EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRENO A MOVIMIENTOS EN MASA.....</b>	<b>34</b>
5.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL MUNICIPIO DE CUÍTIVA.....	34
5.1.1. Geología Estratigráfica.....	35
5.1.2. Geología estructural.....	43
5.2. METODOLOGÍA APLICADA A LA TEMÁTICA DE GEOLOGÍA.....	45
5.2.1. Valoración de la Susceptibilidad por Geología.....	45

5.3. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DEL MUNICIPIO DE CUÍTIVA..	57
5.3.1.    Unidades geomorfológicas .....	58
5.4. METODOLOGÍA APLICADA A LA TEMÁTICA DE GEOMORFOLOGÍA .....	68
5.4.1.    Valoración de la Susceptibilidad por geomorfología .....	68
5.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DEL MUNICIPIO DE CUÍTIVA .....	87
5.5.1.    Unidades de suelos .....	87
5.6. METODOLOGÍA APLICADA A LA TEMÁTICA DE SUELOS. ....	92
5.6.1.    Valoración de la susceptibilidad por Suelos.....	92
5.7. CARACTERÍSTICAS DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA EN EL MUNICIPIO DE CUÍTIVA .....	108
5.7.1.    Unidades de cobertura vegetal .....	109
5.8. METODOLOGÍA APLICADA A LA TEMÁTICA DE COBERTURAS. ....	120
5.8.1.    Valoración de la susceptibilidad por cobertura.....	120
<b>6. RESEULTADO DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS Y COBERTURAS. ....</b>	<b>135</b>
6.1. SUSCEPTIBILIDAD POR GEOLOGÍA. ....	135
6.2. SUSCEPTIBILIDAD POR GEOMORFOLOGÍA .....	137
6.3. SUSCEPTIBILIDAD POR SUELOS .....	139
6.4. SUSCEPTIBILIDAD POR COBERTURA DE LA TIERRA .....	141
<b>7. SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA EL MUNICIPIO DE CUÍTIVA - BOYACÁ.....</b>	<b>144</b>
8. ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS .....	148
8.1. EVALUACIÓN DE DETONANTES .....	148
8.1.1.    Factor Clima .....	148
8.1.2.    Detonante clima.....	152
8.1.3.    Factor Sismo .....	153
8.1.4.    Escenarios de Amenaza Relativa .....	155
8.2. AMENAZA RELATIVA TOTAL .....	160
9. ELEMENTOS EXPUESTOS .....	164
9.1. IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS. ....	165
9.1.1.    Bienes físicos .....	166
<b>10. CONCLUSIONES.....</b>	<b>173</b>
<b>11. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>175</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>176</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Coordenadas UTM del municipio de Cuítiva .....	21
<b>Tabla 2.</b> Área en Km <sup>2</sup> por veredas .....	21
<b>Tabla 3.</b> Normatividad.....	23
<b>Tabla 4.</b> Insumos generales.....	33
<b>Tabla 5.</b> Coordenadas UTM del área de estudio.....	34
<b>Tabla 6.</b> Textura/Fabrica de las rocas. (Tomado de INGEOMINAS, 2004) .....	48
<b>Tabla 7.</b> Calificación propuesta tipo de fábrica. Tomado INGEOMINAS (2009). ....	48
<b>Tabla 8.</b> Clasificación de las unidades cartográficas del municipio de Cuítiva dependiendo de la fábrica y/o Textura de las rocas. ....	49
<b>Tabla 9.</b> Propuesta de calificación de las rocas dependiendo de su resistencia.....	51
<b>Tabla 10.</b> Categorías de resistencia a la compresión simple de las rocas, según Hoke, 1996. 52	52
<b>Tabla 11.</b> Clasificación de las unidades cartográficas presentes en el municipio de Cuítiva dependiendo de la resistencia de las rocas. ....	53
<b>Tabla 12.</b> Valoración de la susceptibilidad de algunos depósitos geológicos.....	55
<b>Tabla 13.</b> Calificación de los depósitos geológicos presentes en el Municipio de Cuítiva. 56	56
<b>Tabla 14.</b> Susceptibilidad de la pendiente. Tomado INGEOMINAS 2011. ....	70
<b>Tabla 15.</b> Calificación de la variable Acuenca. ....	73
<b>Tabla 16.</b> Calificación de la Rugosidad.....	74
<b>Tabla 17.</b> Atributos para la calificación de las unidades geomorfológicas.....	77
<b>Tabla 18.</b> Calificaciones de las unidades morfogénicas presentes en el Municipio de Cuítiva. 78	78
<b>Tabla 19.</b> Susceptibilidad por Índice de Relieve Relativo. ....	80
<b>Tabla 20.</b> Calificación de la Inclinación de Ladera. ....	82
<b>Tabla 21.</b> Susceptibilidad por Inclinación de ladera. ....	82
<b>Tabla 22.</b> Inventario de movimientos en masa del Municipio de Cuítiva. ....	84
<b>Tabla 23.</b> Tipos de Movimientos registrados. ....	84
<b>Tabla 24.</b> Unidades de Suelo presentes en el Municipio de Cuítiva. ....	91
<b>Tabla 25.</b> Calificación de la textura de los suelos .....	93
<b>Tabla 26.</b> Clasificación textural de las unidades cartograficas presentes en el municipio de Cuítiva. ....	94
<b>Tabla 27.</b> Orden de suelos .....	96
<b>Tabla 28.</b> Calificación de la taxonomía de suelos a nivel de Orden. ....	97
<b>Tabla 29.</b> Clasificación taxonómica de las unidades de suelos. ....	97
<b>Tabla 30.</b> Calificación del drenaje natural del suelo. Tomado y modificado de INAT, 1.996. IDEAM, 2009. ....	99
<b>Tabla 31.</b> Clasificación Drenaje Natural de las unidades cartograficas presentes en el municipio de Cuítiva.....	100
<b>Tabla 32.</b> Calificación de profundidad total, tomado IDEAM, 2009. ....	102
<b>Tabla 33.</b> Clasificación profundidad total de las unidades cartográficas presentes en el municipio de Cuítiva.....	102

<b>Tabla 34.</b>	Clases de suelos en la categoría Orden. Tomado de IGAC, 1.995. ....	105
<b>Tabla 35.</b>	Calificación del tipo de arcilla a partir de su génesis y evolución. ....	105
<b>Tabla 36.</b>	Clasificación por tipo de arcilla de las unidades cartograficas presentes en el municipio de Cuítiva. ....	106
<b>Tabla 37.</b>	Categorización y calificación de la profundidad efectiva. ....	121
<b>Tabla 38.</b>	Calificación de la profundidad Radicular de las unidades de Coberturas presentes en el Municipio de Cuítiva. ....	122
<b>Tabla 39.</b>	Categorización y calificación de la variable Drenaje Profundo. ....	124
<b>Tabla 40.</b>	Calificación de la variable Drenaje Profundo de las unidades de Coberturas de la tierra ....	125
<b>Tabla 41.</b>	Coeficiente de cultivo kc. ....	127
<b>Tabla 42.</b>	Categorización y calificación de la variable evapotranspiración. ....	128
<b>Tabla 43.</b>	Calificación de la variable evatranspiración ....	129
<b>Tabla 44.</b>	Categorización y calificación de la variable Número de Estratos. ....	131
<b>Tabla 45.</b>	Calificación de la variable número de estratos. ....	132
<b>Tabla 46.</b>	Calificación de la zonificación climática (precipitación media anual y temperatura media anual nacional) con base en su contribución a los movimientos en masa. ....	149
<b>Tabla 47.</b>	Precipitación Media Anual. ....	149
<b>Tabla 48.</b>	Precipitación Maxima Diaria en 24 Horas. ....	151
<b>Tabla 49.</b>	Calificación de la Lluvia Maxima Diaria según su contribución a los movimientos en masa. ....	151
<b>Tabla 50.</b>	Calificación del detonante sismo según su contribución a los movimientos en masa . ....	154
<b>Tabla 51.</b>	Amenaza alta por área para cada vereda. ....	165
<b>Tabla 52.</b>	Edificaciones rurales cartografiadas en el municipio de Cuítiva y edificaciones rurales expuestas en amenaza alta por FRM. ....	167
<b>Tabla 53.</b>	Tipo de vía. ....	169
<b>Tabla 54.</b>	Longitud en metros por tipo de vía expuesta en zona de amenaza alta a movimientos en masa por cada vereda. ....	170

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Localización del área de estudio.....	22
<b>Figura 2.</b> Diagrama metodológico para zonificación de la amenaza nacional por movimientos en masa escala 1:100.000. ....	28
<b>Figura 3.</b> Diagrama de jerarquía para elaboración del mapa de susceptibilidad, con sus respectivos porcentajes.....	29
<b>Figura 4.</b> Diagrama de variables dentro de la temática unidad geológica, con sus respectivos pesos. ....	45
<b>Figura 5.</b> Diagrama de atributos dentro de la variable Geomorfología, con sus respectivos porcentajes. ....	69
<b>Figura 6.</b> Diagrama de atributos dentro de la variable Morfometría, con sus respectivos porcentajes. ....	70
<b>Figura 7.</b> Diagrama de atributos de calificación del variable suelo, con sus respectivos porcentajes .....	92
<b>Figura 8.</b> Atributos de la variable cobertura, con sus respectivos porcentajes ....	120
<b>Figura 9.</b> Susceptibilidad Total por Geología en porcentaje de área.....	136
<b>Figura 10.</b> Susceptibilidad total de los suelos en porcentaje de área.....	140
<b>Figura 11.</b> Susceptibilidad total de la cobertura de la tierra en porcentaje de área. 141	
<b>Figura 12.</b> Amenaza sísmica .....	154
<b>Figura 13.</b> Distribución de las categorías de Amenaza Relativa Total por movimientos en masa. ....	160
<b>Figura 14.</b> Distribución espacial de la amenaza relativa por movimientos en masa por veredas. 164	
<b>Figura 15.</b> Distribución espacial de la amenaza alta por fenómenos de remoción en masa por porcentaje de área. ....	165
<b>Figura 16.</b> Relación edificaciones rurales cartografiadas vs edificaciones rurales expuestas a amenaza alta por FRM. ....	168
Relación longitud en ruta por tipo de vía expuesta en zona de amenaza alta a movimientos en masa por cada vereda. ....	170
<b>Figura 17.</b> Relación longitud de vía tipo tres y cuatros expuesta en zona de amenaza alta a movimientos en masa vs veredas.....	171

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	<b>Pág.</b>
<b>Fotografía 1.</b> Formación Conejo margen izquierdo vía Cuítiva-Tota Km 2.....	36
<b>Fotografía 2.</b> Formación Plaeners vía Cuítiva – Iza sector Canoas. ....	37
<b>Fotografía 3.</b> Formación Labor y tierna vía Cuítiva – Iza sector Canoas puente vehicular.....	38
<b>Fotografía 4.</b> Formación Labor y Tierna via Cuítiva – Llano de Alarcón Km 5.....	39
<b>Fotografía 5.</b> Formación Guaduas Cerro Chiguata - vereda Caracoles .....	40
<b>Fotografía 6.</b> Cuaternario Aluvial finca Las Veguitas vereda La Vega.....	41
<b>Fotografía 7.</b> Cuaternario Coluvial vereda La Vega .....	42
<b>Fotografía 8.</b> Cuaternario Coluvio-Aluvial finca El Pencal vereda La Vega. ....	42
<b>Fotografía 9.</b> Cuaternario Glacial Km 0,5 via Cuítiva - Tota .....	43
<b>Fotografía 10.</b> Cantera explotación de recebo sector El Túnel. ....	59
<b>Fotografía 11.</b> Mina de explotación de roca fosfórica vereda La Vega.....	59
<b>Fotografía 12.</b> Escarpe de Erosión Menor Vereda Caracoles. ....	60
<b>Fotografía 13.</b> Loma Denuada Vereda La Vega – Loma Guatapé. ....	61
<b>Fotografía 14.</b> Ladera Erosiva Vereda Caracoles. ....	61
<b>Fotografía 15.</b> Ladera Ondulada Vereda Lagunitas. ....	62
<b>Fotografía 16.</b> Lomerios poco desectados Vereda Buitreros .....	63
<b>Fotografía 17.</b> Llanura de inundación Sector Llano de Alarcon.....	64
<b>Fotografía 18.</b> Cauce Aluvial del Río Tota Vereda La Vega.....	64
<b>Fotografía 19.</b> Ladera de contrapendiente anticlinal glaciada Vereda Buitreros.....	65
<b>Fotografía 20.</b> Lago de Tota .....	66
<b>Fotografía 21.</b> Ladera Contrapendiente via La Vega-Cuítiva .....	67
<b>Fotografía 22.</b> Ladera estructural vereda Caracoles.....	67
<b>Fotografía 23.</b> Ladera de contrapendiente sinclinal – Cuchilla Diagota.....	68
<b>Fotografía 24.</b> Casco Urbano Cuítiva .....	110
<b>Fotografía 25.</b> Red vial La Vega - Cuítiva .....	110
<b>Fotografía 26.</b> Zona minería roca Fosfórica Vereda La Vega.....	111
<b>Fotografía 27.</b> Cultivos de Cebolla Junca Sector Llano de Alarcón.....	112
<b>Fotografía 28.</b> Cultivo de papa Vereda Lagunitas.....	112
<b>Fotografía 29.</b> Pastos limpios – Panorámica Vereda La Vega .....	113
<b>Fotografía 30.</b> Mosaico de cultivos Vereda Arbolocos .....	114
<b>Fotografía 31.</b> Mosaico de pastos y cultivos Vereda Boquerón .....	114
<b>Fotografía 32.</b> Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales vereda Amarillos .....	115
<b>Fotografía 33.</b> Bosques fragmentados Vereda Cordoncillos. ....	116
<b>Fotografía 34.</b> Bosque de galería y ripario Vereda Lagunitas .....	117
<b>Fotografía 35.</b> Plantación forestal Vereda Boquerón .....	117
<b>Fotografía 36.</b> Herbazal abierto rocoso Vereda Amarillos.....	118
<b>Fotografía 37.</b> Afloramientos rocosos Vereda La Vega – Sector Canoas .....	118
<b>Fotografía 38.</b> Tierras desnudas y degradadas vereda La Vega – Alto La Salvadora .....	119

## LISTA DE MAPAS

	<b>Pág.</b>
<b>Mapa 1.</b> Geología municipio de Cuítiva escala 1:25000.....	35
<b>Mapa 1.</b> Susceptibilidad por densidad de fracturamiento .....	46
<b>Mapa 2.</b> Susceptibilidad por fábrica y estructura de las rocas.....	50
<b>Mapa 3.</b> Susceptibilidad por resistencia de las rocas.....	54
<b>Mapa 4.</b> Susceptibilidad por depósitos.....	56
<b>Mapa 5.</b> Mapa Geomorfológico del municipio de Cuítiva escala 1:25000.....	58
<b>Mapa 6.</b> Susceptibilidad por pendientes.....	71
<b>Mapa 7.</b> Susceptibilidad por Acuenca.....	73
<b>Mapa 8.</b> Susceptibilidad por rugosidad.....	75
<b>Mapa 9.</b> Susceptibilidad por morfometría.....	76
<b>Mapa 10.</b> Susceptibilidad por morfogénesis.....	79
<b>Mapa 11.</b> Susceptibilidad por relieve relativo.....	81
<b>Mapa 12.</b> Susceptibilidad por inclinación de ladera.....	83
<b>Mapa 13.</b> Susceptibilidad por relaincli.....	85
<b>Mapa 14.</b> Susceptibilidad por morfodinámica.....	86
<b>Mapa 15.</b> Suelos municipio de Cuítiva escala 1:25000.....	88
<b>Mapa 16.</b> Susceptibilidad por textura de los suelos.....	95
<b>Mapa 17.</b> Susceptibilidad por taxonomía de los suelos.....	98
<b>Mapa 18.</b> Susceptibilidad por drenaje natural de los suelos.....	101
<b>Mapa 19.</b> Susceptibilidad por profundidad de los suelos.....	103
<b>Mapa 20.</b> Susceptibilidad por tipo de arcilla.....	107
<b>Mapa 21.</b> Cobertura de la tierra municipio de Cuítiva escala 1:25.000 .....	109
<b>Mapa 22.</b> Susceptibilidad por profundidad radicular de la cobertura de la tierra ..	123
<b>Mapa 23.</b> Susceptibilidad por drenaje profundo de la cobertura de la tierra.....	126
<b>Mapa 24.</b> Susceptibilidad por evapotranspiración .....	130
<b>Mapa 25.</b> Susceptibilidad por números de estratos .....	133
<b>Mapa 26.</b> Susceptibilidad por geología.....	135
<b>Mapa 27.</b> Susceptibilidad por geomorfología.....	137
<b>Mapa 28.</b> Susceptibilidad de los suelos.....	139
<b>Mapa 29.</b> Susceptibilidad por cobertura de la tierra.....	142
<b>Mapa 30.</b> Susceptibilidad por movimientos en masa.....	144
<b>Mapa 31.</b> Precipitación Media Anual.....	150
<b>Mapa 32.</b> Precipitación máxima diaria en 24 horas.....	152
<b>Mapa 33.</b> Factor detonante clima.....	153
<b>Mapa 34.</b> Factor detonante Sismo.....	155
<b>Mapa 35.</b> Amenaza relativa por clima.....	156
<b>Mapa 36.</b> Amenaza Relativa por Sismo.....	158
<b>Mapa 37.</b> Mapa amenaza relativa por movimientos en masa para el municipio de Cuítiva – Boyacá.....	160

---

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 1.</b> Mapa Geológico municipio de Cuítiva – Boyacá a escala 1:25000. ....	180
<b>Anexo 2.</b> Mapa Geomorfológico municipio de Cuítiva – Boyacá a escala 1:25000. .....	181
<b>Anexo 3.</b> Mapa Suelos municipio de Cuítiva - Boyacá a escala 1:25000. ....	182
<b>Anexo 4.</b> Mapa Coberturas de la tierra municipio de Cuítiva – Boyacá a escala 1:25.000.....	183
<b>Anexo 5.</b> Mapa Zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa para el municipio de Cuítiva - Boyacá a escala 1:25.000.....	184
<b>Anexo 6.</b> Mapa Zonificación de la amenaza relativa a movimientos en masa para el municipio de Cuítiva – Boyacá a escala 1:25.000.....	185
<b>Anexo 7.</b> Formato ejemplar del inventario de fenómenos de remoción en masa para el municipio de Cuítiva – Boyacá. ....	186

## RESUMEN

En este documento se presenta la zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa para el municipio de Cuítiva – Boyacá, que corresponde a un área de 44,28 km<sup>2</sup>, de la cual el estudio abarcó un área de 36,38 Km<sup>2</sup> excluyendo 7,9 Km<sup>2</sup> que pertenece al área ocupada por el espejo de agua del Lago Tota. Para tal fin, se siguió como guía el documento metodológico para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100.000, SGC 2014.

En la evaluación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa, se empleó el método heurístico de análisis jerárquico, propuesto por el Servicio Geológico colombiano; empleando y calificando, variables cualitativas como geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra y variables cuantitativas como pendiente, rugosidad y acuenca.

Para la estimación de la amenaza, se sumaron los detonantes sismo y lluvia a la susceptibilidad FRM, obteniendo la zonificación de la amenaza relativa por movimientos en masa, delimitada en tres categorías (Alta, Media y Baja). Entre los resultados más significativos se puede indicar que, la amenaza Alta con un 39,11% del área municipal, se debe en parte a la ausencia de coberturas vegetales que ayuden a controlar la erosión y a factores antrópicos por las prácticas agropecuarias y la ausencia de planes o políticas de reforestación y buen uso del suelo, también cabe anotar que bajo esta amenaza se encuentran la gran mayoría de procesos morfodinámicos, la amenaza media es la de mayor ocurrencia con un 44,39 % y la amenaza baja con un 16,49%.

Finalmente teniendo en cuenta la ley 1523 de 2012 la cual promulga que todos los municipios del país deben realizar estudios de riesgos naturales como parte esencial de las políticas encaminadas a la planificación del desarrollo seguro y a la gestión ambiental territorial sostenible y de acuerdo con el decreto 1807 de 2014, la primera etapa general que se debe seguir para evaluar la vulnerabilidad es la identificación y localización de los elementos expuestos; por lo anterior el presente estudio se permitió identificar los bienes físicos (edificaciones y redes viales) expuestos en amenaza alta con el fin de priorizar los estudios a detalle.

**Palabras Claves:** Zonificación, Susceptibilidad, Amenazas, Movimientos de Masa, elementos expuestos.

---

## ABSTRACT

This document shows the zoning of susceptibility and relative threat by mass movements for Cuítiva - Boyacá, which belongs to an area of 44.28 km<sup>2</sup>, of which the study covered an area of 36.38 Km<sup>2</sup> excluding 7.9 Km<sup>2</sup> that belongs to an area occupied by the water mirror of Tota Lake. For this objective, which was developed following the guidelines given in the " Methodological guide for zoning of mass movements susceptibility and threat, nationwide scale 1: 100.000, SGC 2014.

In the qualification of susceptibility and landslide threat, the heuristic method of hierarchical analysis proposed by the Colombian Geological Survey was used; using and rating , qualitative variables as geology, geomorphology, soils and land cover and quantitative variables such as slope, roughness and acuenca.

For the estimation of the threat, earthquake and rain as detonating factors were joined to the landslide susceptibility, obtaining a zoning of the relative threat by mass movements, defined in three categories (High, Medium and Low). Among the most significantly results, we can infer that the highest threat with a 39.11% of the municipal area, is due in part to the absence of vegetation cover that help to control erosion and anthropogenic factors by agricultural practices and the absence of reforestation plans or policies and a good land use, also should be noted that under this threat , we can find the most of morphodynamic processes, the medium threat has the biggest occurrence with a 44.39% and the low threat belongs to a 16.49 %.

Finally considering the Ley 1523 de 2012 which says that all towns of Colombia should apply studies of natural hazards as an essential part of policies that leads the development planning and environmental management in territories and according to Decreto 1807 de 2014, the first stage that must be followed to assess the vulnerability is the identification and location of the exposed elements; by the way , the present study is focusing to identify physical goods (buildings and road networks) exposed in highest threat in order to prioritize detailed studies .

---

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de grado tiene por objetivo realizar la zonificación de amenazas por movimientos en masa para el municipio de Cuítiva Boyacá a escala 1:25.000, con lo cual es importante contar con la información geológica, geomorfológica, suelos y de cobertura de la tierra, para la identificación de zonas donde pueden suscitarse movimientos en masa, al intervenir un factor detonante como el sismo y/o la lluvia.

Para esto se utilizó como guía el documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano SGC que consiste en la generación y cruce de mapas temáticos.

Así pues el proyecto se dividió en etapas que consistieron en una recopilación sistemática de información existente, toma de datos en visitas a campo, seguido de un procesamiento de información para una correcta clasificación de la zona según su grado de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa, identificando los elementos físicos expuestos en zonas de amenaza alta a movimientos en masa; con el fin de que el documento técnico de este proyecto sirva de insumo para el reconocimiento de las zonas más vulnerables a fenómenos de remoción en masa y así priorizar los estudios a detalles en dichas zonas, aclarando que tal documento no se recomienda como insumo para escalas a mayor detalle o evaluación de problemáticas locales.

## **1. TEMATICA DEL PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE ESTUDIO**

El componente urbano y rural del ordenamiento territorial municipal, en términos legales, puntualiza la Ley 388 de 1997 la cual define al ordenamiento como un instrumento para la administración del desarrollo y la ocupación del espacio físico; el cual debe indicar las áreas que presentan riesgos para la ocupación humana y el manejo que ha de darse a estas áreas; así como los planes de recuperación y control para la prevención de desastres, la relocalización de la población y actividades ubicadas en las áreas críticas. Una vez catalogada estas zonas se clasificara el territorio en suelo urbano, rural y de expansión urbana, delimitando las áreas de conservación y protección de los recursos naturales, paisajísticos, históricos y culturales.

En la actualidad el municipio de Cuítiva no cuenta con una zonificación de susceptibilidad y amenaza por FRM que permita determinar áreas de riesgo y con ello proponer mediante los proyectos de desarrollo municipal la destinación de recursos económicos con miras prevenir, mitigar o solucionar los efectos causados que se presenten por ese tipo de amenaza.

### **1.2. JUSTIFICACIÓN**

La ley 1523 de 2012 Gestión el riesgo y el decreto 1807 de 2014 incorpora la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial; por lo que se pretende mediante el análisis de información existente y el inventario de elementos expuestos. Hacer un modelamiento del componente de amenaza por FRM basado en una aproximación metodológica para producir un mapa de reclasificación de zonas susceptibles con el objeto de identificar zonas que representen algún grado de amenaza y así contribuir en la toma de decisiones para la ejecución de proyectos futuros.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar la zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa en el municipio de Cuítiva Boyacá.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Realizar la revisión de la información existente, mapas de geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra, así como las memorias respectivas, contenidas en el EOT Municipal del año 2005.
- ❖ Ajustar la cartografía geológica a escala 1:25.000 y hacer el inventario de FRM
- ❖ Recopilar información anexa para el desarrollo del proyecto como datos meteorológicos y sísmicos, Procesar la información mediante el documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 del servicio Geológico Colombiano 2014 con la ayuda del Software ArcGis 9.3
- ❖ Evaluar y determinar la zonificación de áreas susceptibles a FRM.
- ❖ Evaluar y determinar la zonificación de Amenaza por FRM caracterizando el grado desde muy alta a baja
- ❖ Identificarlos elementos expuestos encontrados dentro de las áreas de amenaza alta con miras a establecer la realización de los estudios a detalle, planes de desarrollo territorial y la incorporación de los resultados en los esquemas de ordenamiento territorial.
- ❖ Implementar el uso de estándares de presentación cartográfica, y temática bajo las directrices promulgadas en el la ley 1523 de 2012 como aporte a la estandarización de información geográfica espacial, y así facilitar su divulgación y articulación con órganos de control central “corporaciones autónomas regionales” CORPOBOYACÁ.

### 3. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1. GENERALIDADES

##### 3.1.1. Localización del área de estudio<sup>1</sup>

El Municipio de Cuítiva está localizado en el Departamento de Boyacá a aproximadamente 233 kilómetros de la ciudad de Bogotá y a 20 kilómetros de Sogamoso, posee altitudes que van desde los 2.727 hasta los 3.200 m.s.n.m. Sus coordenadas UTM se pueden apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Coordenadas UTM del municipio de Cuítiva

Coordenadas UTM	
Norte	Este
1109000	1123100

Fuente: Datos de estudio.

##### 3.1.2. Extensión

El municipio de Cuítiva comprende un área de 44,28 Km<sup>2</sup>, dividida en once (11) veredas: Arbolocos, Lagunitas, Cordoncillos, La Vega, Amarillos, Balcones, Boquerón, Macías, Tapias, Caracoles y Buitreros. Para efectos de este estudio se consideró un área de 36,38 Km<sup>2</sup> excluyendo 7,9 Km<sup>2</sup> que corresponde al área ocupada por el espejo de agua del Lago Tota.

**Tabla 2.** Área en Km<sup>2</sup> por veredas

VEREDA	AREA Km <sup>2</sup>
Amarillos	3,56
Arbolocos	1,68
Balcones	1,76
Boquerón	2,35
Buitreros	6,58
Caracoles	4,74
Cordoncillos	2,50
La vega	4,44
Lagunitas	2,97
Macías	3,96
Tapias	1,84

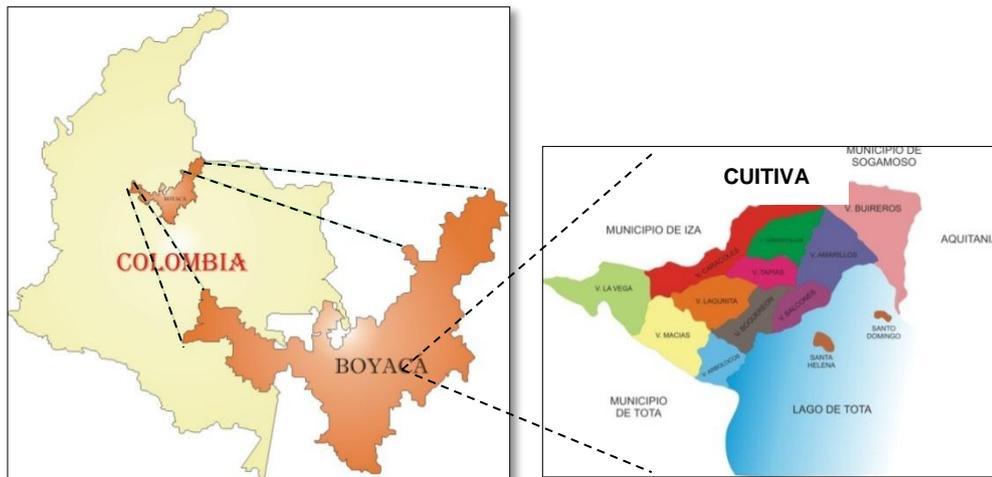
Fuente: Datos de estudio.

<sup>1</sup>EOT, Municipio de Cuítiva, 2005.

### 3.1.3. Límites

Norte: Municipio de Iza y Sogamoso  
 Sur: Municipio de Tota  
 Este: Municipio de Aquitania  
 Oeste: Municipio de Pesca, Iza y Tota

**Figura 1.** Localización del área de estudio.



Fuente: Municipio de Cúitiva, Boyacá. [En línea] Disponible desde internet en: <http://www.Cúitiva-boyaca.gov.co/>.

## 3.2. MARCO LEGAL

Para el desarrollo del presente proyecto se tuvo en cuenta apartes de la normatividad relacionada a continuación:

**Tabla 3.** Normatividad

<b>MARCO LEGAL</b>	
<b>Ley 1523 de 2012</b>	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres. A partir de la expedición de esta la ley todos los municipios del país deben realizar estudios de riesgos naturales como parte esencial de las políticas encaminadas a la planificación del desarrollo seguro y a la gestión ambiental territorial sostenible.
<b>Ley 388 de 1997</b>	Define al ordenamiento como un instrumento para la administración del desarrollo y la ocupación del espacio físico; el cual debe indicar las áreas que presentan riesgos para la ocupación humana y el manejo que ha de darse a estas áreas; así como los planes de recuperación y control para la prevención de desastres, la relocalización de la población y actividades ubicadas en las áreas críticas
<b>Decreto 1807 del 19 de septiembre de 2014</b>	Determinó que el Gobierno Nacional reglamentaría las condiciones y escalas de detalle para la delimitación y zonificación de las áreas de amenaza y de las áreas con condiciones de riesgo además de la determinación de las medidas específicas para su mitigación teniendo en cuenta la denominación de los planes de ordenamiento territorial, prevista en el artículo 9 de la Ley 388 de 1997

Fuente: (Servicio Geológico Colombiano y Ministerio de Minas). Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa - Escala Detallada. Capítulo 1. Generalidades, p. 11.

### 3.3. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

#### TERMINOLOGIA<sup>2</sup>

**Fenómenos de Remoción en Masa (FRM):** Se denomina así a todo movimiento ladera o cauce abajo de material geológico debido a la fuerza de la gravedad. Entre ellos se encuentran los comúnmente llamados derrumbes o

<sup>2</sup> Servicio Geológico Colombiano, SGC, 2014. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000. p.15.

desprendimientos, los deslizamientos, las caídas de bloques, las avalanchas y los flujos de suelos o escombros –también llamados avenidas o flujos torrenciales- aunque en estos dos últimos casos suele haber no solo el movimiento debido a la fuerza de la gravedad sino también el transporte del material por el agua de las quebradas y ríos. Estos fenómenos obedecen por una parte a una serie de características intrínsecas o de condición interna de una ladera particular y por otra a la ocurrencia de eventos externos que detonan el movimiento. Entre esas causas intrínsecas se pueden mencionar la pendiente del terreno, la forma, las características de resistencia del material de suelo o roca que conforma la ladera, las condiciones del agua subterránea, el uso y cobertura vegetal. Entre las causas externas o eventos detonantes se encuentran las lluvias –o mejor el agua lluvia que se infiltra, los sismos, las erupciones volcánicas y el mismo hombre.

**Zonificación:** Varnes (1984) 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.

**Susceptibilidad de 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, pero pueden viajar de regreso hacia o desde ésta área. Fell, *et al.* (2008)

**Inventario y catálogo de movimientos en masa:** Base de datos que contenga información de localización, clasificación, volumen, actividad, fecha de ocurrencia y otras características de los movimientos en masa en un área. Fell, *et al.* (2008)

**Amenaza:** Se refiere a la probabilidad de que durante cierto periodo ocurra un fenómeno con una magnitud capaz de causar daño a los elementos que en el sitio se encuentran expuestos a él.

**Elementos expuestos:** se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza.

### 3.4. MARCO METODOLÓGICO

#### **Método Heurístico**

Los métodos heurísticos se basan en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad según la influencia esperada de éstos en la generación de movimientos en masa (Brabb et al., 1972; Nilsen et al., 1979; Anbalagan, 1992). Son métodos conocidos como indirectos, los resultados de los cuales se pueden extrapolar a zonas sin movimientos en masa con una combinación de factores similar.<sup>3</sup>

Aquí se tuvo en cuenta el análisis heurístico mediante el mapa de combinación cuantitativa.

#### **Mapa de Combinación Cuantitativa**

En estos mapas los científicos de la tierra usan su experiencia para asignar pesos en una serie de mapas de parámetros. Las condiciones del terreno de un gran número de sitios se suman de acuerdo con estos pesos para obtener valores de amenaza que se puedan agrupar en clases. Sobre la base de su conocimiento sobre las causas de la inestabilidad se asignan pesos para diferentes clases o número de mapas de parámetros.<sup>4</sup>

### 3.5. ESTUDIOS ANTERIORES

El Servicio Geológico Colombiano (SGC) en cumplimiento de su misión institucional, generó en el año 2001 el Mapa nacional de amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:1.500.000, con el fin de mostrar la distribución espacial de los movimientos en masa en el territorio colombiano. En el año 2009 el instituto realiza la actualización de este mapa, mejorando la resolución a escala 1:500.000; al mismo tiempo el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), decide actualizar el mapa de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra, efectuado en el año 2000, de tal manera que las dos entidades decidieron aunar sus esfuerzos mediante el convenio interinstitucional firmado en el año 2009, para realizar la actualización de los

<sup>3</sup>Servicio Geológico Colombiano (SGC). Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000, 2014. p. 21.

<sup>4</sup>Ibíd., p. 22.

dos mapas, obteniéndose el Mapa de susceptibilidad y el Mapa de Amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:500.000.<sup>5</sup>

En el año 2005 se ejecutó el plan de ordenación y manejo de la cuenca del lago de Tota Convenio número 038 de 2004. CORPOBOYACA – PUJ capítulo XII “Zonificación de Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgos” a cargo del Geólogo. Esp. Derecho Ambiental. Consultor Uriel Sánchez el cual se basó en la interpretación y análisis de los insumos temáticos para determinar la zonificación de amenazas en la Cuenca del Lago de Tota, con el aporte establecido por los POT municipales de Aquitania, Tota, Cuítiva y Sogamoso.<sup>6</sup>

Aunque dicho estudio no abarca en su totalidad el municipio de Cuítiva si toma una parte importante al occidente a la cual se refieren como zona D donde describen que; hacia el sector de Belencito y Llano Alarcón se cataloga como de amenaza alta por ocurrencia de incendios, producto de la continuidad de eventos que se viene presentando en épocas de sequía, involucrando plantaciones forestales. Como fenómeno asociado, se detecta una creciente erosión laminar, consecuencia de la desprotección del suelo ante carencia de vegetación, sin llegar a involucrar grandes deslizamientos. No obstante, en algunos tramos de la vía que conduce del Crucero a Llano Alarcón se cartografiaron puntualmente una serie de movimientos en masa consistentes en caídas de rocas, asociados con los cortes de taludes subverticales en unidades litológicas altamente meteorizadas y con fuertes plegamientos, sobrecarga en algunos taludes por árboles de porte alto y por la presencia de grandes cantos rodados embebidos en matrices con avanzado estado de delezabilidad.<sup>7</sup>

---

<sup>5</sup> SGC, Memoria explicativa del mapa de amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000 PLANCHA 207 – HONDA, Departamento de Tolima, Caldas y Cundinamarca, 2013. p. 16.

<sup>6</sup> SANCHEZ, Uriel. Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca del Lago de Tota –POMCA– Convenio número 038 de 2004. Capítulo XII, 2005. p.23.

<sup>7</sup> *Ibíd.*, p. 30.

#### 4. METODOLOGÍA EMPLEADA

“Este estudio se desarrolló teniendo como guía el Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000” del SGC 2014. Cabe resaltar que dicha metodología se adaptó a la escala de trabajo, haciendo uso de insumos a escala 1:25.000 y evaluando cada variable a mayor detalle.

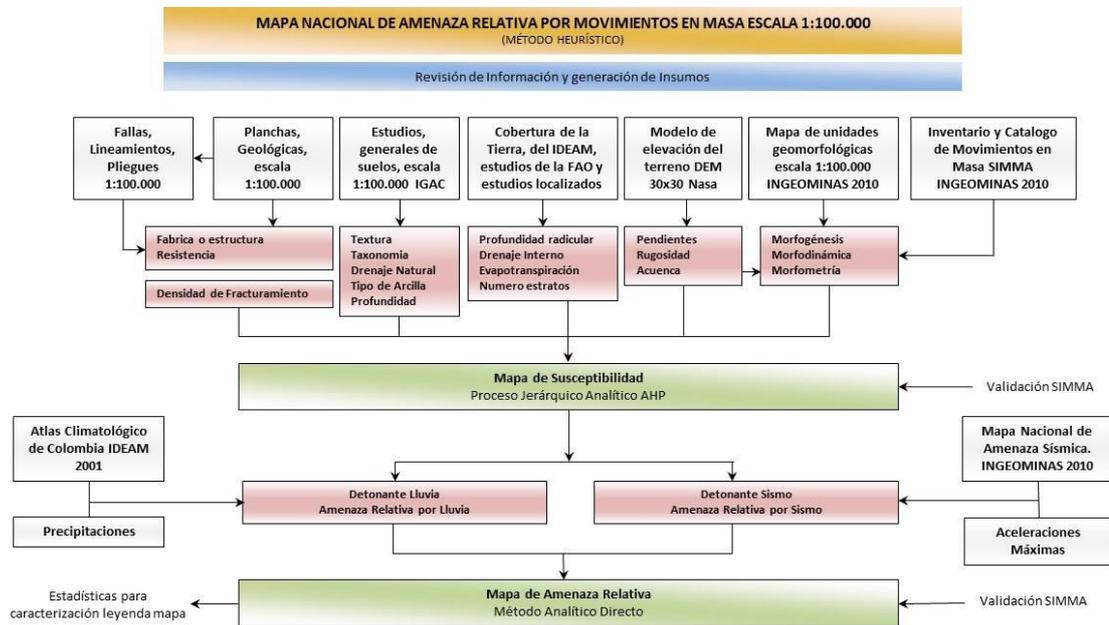
Para la generación del mapa de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa se emplearon variables cualitativas y cuantitativas, dentro de las variables cualitativas se encuentra la geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra y dentro las variables cuantitativas se encuentran la pendiente, longitud de la pendiente, rugosidad y acuenca, las cuales se derivan del modelo digital de elevación (DEM). Se aplicó un enfoque heurístico a partir del trabajo realizado en la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:500.000 del año 2009 realizado entre el Servicio Geológico Colombiano, antes INGEOMINAS y el IDEAM. Se aplica un análisis multicriterio que involucra la utilización de datos geográficos, debiendo establecer las preferencias y combinaciones (o agregaciones) de los datos, de acuerdo a reglas de decisiones específicas que han sido implementados en ambiente SIG (Malczewsky, 2006).

Para efectos de los análisis heurísticos para determinar el Índice de Susceptibilidad de Movimientos en masa (ISD), se propone la utilización de procesos de análisis jerárquicos (AHP, por sus siglas en inglés).<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup>Servicio Geológico Colombiano (SGC). Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000, 2014. p. 22.

**Figura 2.** Diagrama metodológico para zonificación de la amenaza nacional por movimientos en masa escala 1:100.000.



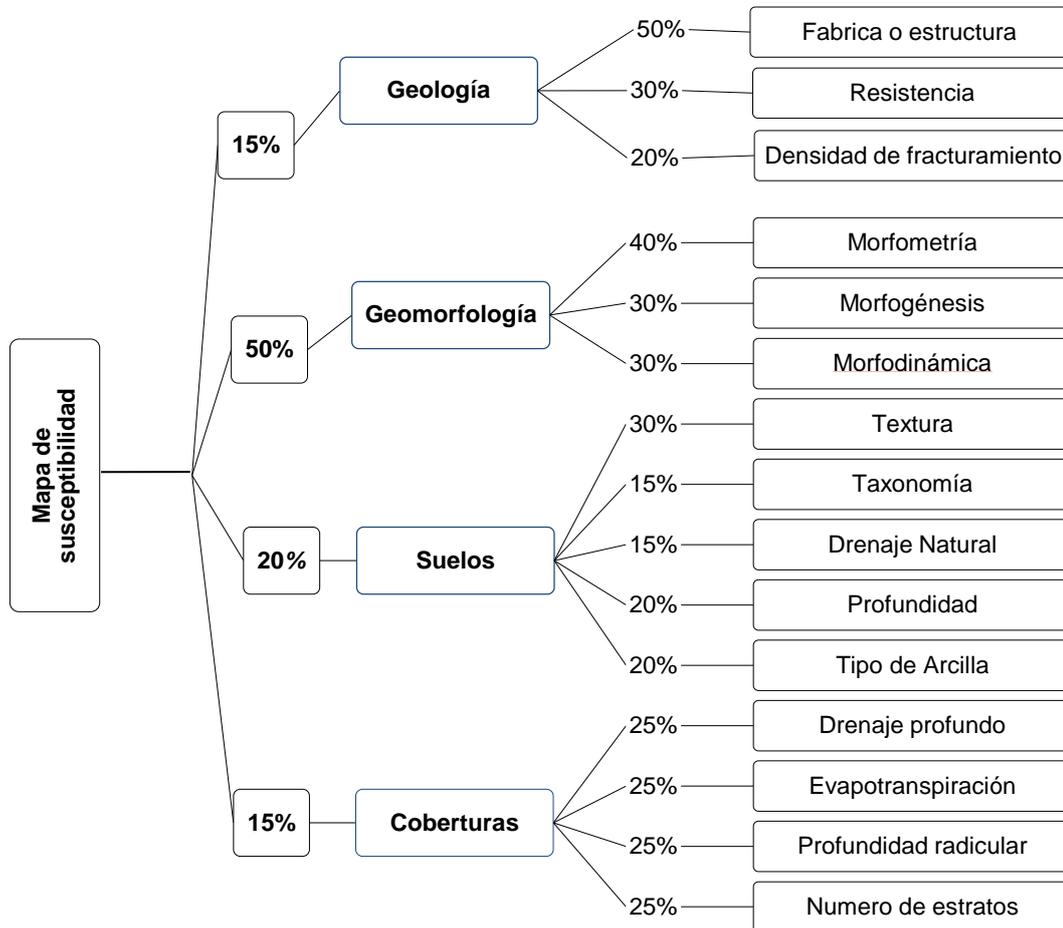
Fuente: Estudio de Zonificación de la amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. INGEOMINAS2010.

#### 4.1. EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP)

Es un método desarrollado por Thomas L. Saaty en 1980, como una ayuda a la toma de decisiones, consiste en dividir una situación compleja y poco estructurada en sus partes que la componen; arreglando estas partes, o variables, en un orden jerárquico; asignando valores numéricos a juicios subjetivos sobre la importancia relativa de cada variable y sintetizando los juicios para determinar cuál variable tiene la mayor importancia y deben actuar bajo la influencia del resultado de la situación.<sup>9</sup>

<sup>9</sup>Ibíd., p. 102.

**Figura 3.** Diagrama de jerarquía para elaboración del mapa de susceptibilidad, con sus respectivos porcentajes



Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2014). Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Versión No. 3. Capítulo 6. Zonificación de la susceptibilidad, p. 104.

#### 4.2. METODOLOGÍA PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS

“Los mapas de zonificación de amenazas por movimientos en masa a nivel nacional son importantes como insumo en la toma de decisiones sobre políticas nacionales para la gestión y reducción del riesgo, siendo además de utilidad para generar acciones que conduzcan a la planificación, el desarrollo de infraestructura y la prevención de los desastres.

A partir de la zonificación de susceptibilidad realizada, se propone una metodología heurística para la zonificación de amenazas, para lo cual fueron definidos los factores inherentes al clima (temperatura media anual,

precipitación media anual y lluvia máxima diaria) y el sismo como detonantes de los movimientos en masa.

Inicialmente, la evaluación de la amenaza debida a los eventos detonados por factores climáticos se obtiene mediante la suma de los pesos que contiene cada celda para el detonante y la susceptibilidad, así:

$$Ac = S + Fc$$

Donde:

**Ac** = Amenaza por factores climáticos

**S** = Susceptibilidad del terreno a los movimientos en masa

**Fc** = Factor clima

De forma similar, el cálculo de la amenaza por sismo, se obtiene mediante la suma de los pesos que contiene cada celda para el detonante sismo y la susceptibilidad, así:

$$As = S + Fs$$

Donde:

**As** = Amenaza por detonante sismo

**S** = Susceptibilidad del terreno a los movimientos en masa

**Fs** = Factor sismo

El cálculo de la amenaza total se obtiene mediante la suma de la amenaza por lluvia y la amenaza por sismo, así:

$$AT = Ac + As$$

Donde:

**AT** = Amenaza Total

**Ac** = Amenaza por detonante clima

**As** = Amenaza por detonante sismo”<sup>10</sup>

#### **4.3. METODOLOGÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS EN ZONAS DE AMENAZA ALTA A MOVIMIENTOS EN MASA**

Para la identificación y localización de los elementos expuestos tales como edificaciones y red vial se tiene como insumo el mapa de amenaza relativa por

---

<sup>10</sup>Ibid., p. 130.

movimientos en masa, mapa municipal de veredas y la base topográfica a escala 1:25.000 del IGAC actualizada a la imagen satelital de Google Earth 2015 con resolución 1m por pixel; la cual facilita su representación y análisis espacial con SIG. A partir de allí con el algoritmo intersect de Arc Toolbox se genera un shapefile que cumpla con los atributos; categoría de amenaza, tipo de edificación, vías (tipo y longitud) y vereda, con lo que se identificara de forma cuantitativa (unidad y longitud) los elementos físicos expuestos.

#### 4.4. ETAPAS O PROCEDIMIENTOS PARA CUMPLIR CON LA METODOLOGÍA PROPUESTA

**Recopilación y análisis de la Información existente:** Se hizo recopilación de información Bibliográfica, cartográfica (Base cartográfica, la imagen satelital de Google Earth 2015, Modelo digital de elevación) y de datos meteorológicos. Se revisó la guía metodológica (Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 SGC, 2014) para determinar áreas de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa; así como el EOT municipal 2005, memorias geológicas de las planchas 192 Laguna de Tota y 172 Paz del Río, Geología del domo volcánico de Iza y sus alrededores, sector Pesca e Iza SGC, 2009; propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 SGC Bogotá, Mayo 2013; Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000 (IDEAM, IGAC, et al) 2010. Y toda la parte conceptual referente al presente estudio. También se revisaron trabajos y páginas web referentes al tema que sirvieron como modelo. Con respecto a la información cartográfica se tomaron como base cuatro planchas (191-II-B, 191-II-D, 192-I-A y 192-I-C) las cuales se actualizaron a partir de la imagen satelital de Google Earth 2015 con resolución 1m por pixel.

**Reconocimiento del área de estudio:** Se realizaron varias visitas a campo con el objetivo de conocer e identificar variables que se debían tener en cuenta para el cálculo de áreas susceptibles a fenómenos de remoción en masa; también nos permitió ajustar la información sobre la geología, hacer inventario de movimientos en masa y tener una visión amplia para la fotointerpretación y generación de mapas temáticos.

**Fotointerpretación y elaboración de mapas temáticos:** Se elaboraron tres mapas digitalizados en el software ArcGis 9,3, a saber, mapa Geológico (mapa 1) se realizó a partir de la modificación de la plancha 192 Laguna de Tota a escala 1:100.000 del SGC y el mapa geológico del estudio "Geología del domo

volcánico de Iza y sus alrededores, sector Pesca e Iza” del SGC a escala 1:25.000 y ajustes en campo; El mapa Geomorfológico (mapa 2) con fotointerpretación y visitas a campo a partir de los conceptos de la propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 SGC Bogotá, Mayo2013 y el mapa de Coberturas de la tierra (mapa 3) se generó con fotointerpretación y visitas a campo, siguiendo los criterios, definiciones y clasificación de unidades que utilizaron las entidades para hacer el levantamiento de las coberturas de la tierra a escala 1:100.000 que pueden ser consultadas en el documento “Leyenda nacional de coberturas de la tierra metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000 (IDEAM, IGAC, et al) 2010.

**Evaluación de las variables para la zonificación por susceptibilidad a FRM:** A partir de los tres mapas temáticos elaborados (Geología, Geomorfolología y Coberturas) y el mapa de suelos del EOT municipal 2005 se hizo la calificación o asignación de pesos de uno a cinco teniendo en cuenta la definición de cada una y su influencia en el área de estudio.

**Elaboración del mapa total de zonificación de áreas susceptibles a FRM:** Siguiendo el diagrama de jerarquía para elaboración del mapa de susceptibilidad, con sus respectivos porcentajes, se hizo el procesamiento en el software ArcGis 9,3; y se obtuvo el mapa de susceptibilidad a FRM para el municipio de Cuítiva a escala 1:25.000, posteriormente se interpretó según su grado de susceptibilidad (Muy Alta, Alta, Media, Baja y Muy Baja).

**Elaboración de mapa total de Amenaza a FRM:** A partir de la zonificación de susceptibilidad realizada, se sigue la metodología heurística para la zonificación de amenazas, para lo cual se tiene en cuenta los factores detonantes como son, factor climático generado con los datos meteorológicos y el factor sismo; obteniendo así los escenarios de amenaza relativa por cada uno, seguido a esto se calcula la amenaza total mediante la suma de las amenazas relativas y posteriormente se hace la interpretación.

**Identificación de los elementos físicos expuestos encontrados dentro de las zonas de amenaza alta:** A partir del shapefile generado con el algoritmo intersec de Arc Toolbox se procedió a hacer un análisis cuantitativo de los elementos físicos expuestos en zonas de amenaza alta, por unidad en el caso de las edificaciones y longitud para la red vial.

#### 4.4.1. Insumos generales

**Tabla 4.** Insumos generales

<b>INSUMOS</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FORMATO</b>	<b>FUENTE</b>
Modelo digital de Elevación (DEM)	30 x 30 metros	raster	Misión STRM año 2000
Mapa topográfico	1:25.000	digital	IGAC
Plancha geológica 192 laguna de tota y memoria explicativa	1:100.000	raster	IGAC
Imagen Satelital	-	raster	Google Earth
estaciones pluviométricas y climatológicas		digital	IDEAM
Mapa de suelos	1:25.000	vector	EOT CUÍTIVA
Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000	-	digital	SGC
Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000	-	digital	SGC
Libro coberturas de uso y tierra del departamento Quindío	-	digital	SGC
Guía de estándares de presentación cartográfica	1:25.000	digital	SGC
Software ArcGis 9.3	-	EXE	ESRI

Fuente: Datos de estudio.

## 5. EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DEL TERRENO A MOVIMIENTOS EN MASA

La zona de estudio se encuentra dentro de las coordenadas:

**Tabla 5.** Coordenadas UTM del área de estudio

Coordenadas UTM		
Punto	Norte	Este
1	1'113.100	1'119.000
2	1'113.100	1'131.000
3	1'106.000	1'13.1000
4	1'106.000	1'119.000

Fuente: Datos de estudio.

Para realizar este análisis se hizo uso de las bases cartográficas de las planchas 191-II-B, 191-II-D, 192-I-A y 192-I-C actualizadas a partir de la imagen satelital de Google Earth 2015 con resolución 1m por pixel, en el programa ArcGis 9.3 las cuales tienen definidas las curvas de nivel con sus respectivas alturas, drenajes, vías, casas, centro poblado, municipio entre otros; dicha información se encuentra almacenada en una Geodatabase para su respectivo montaje.

### 5.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL MUNICIPIO DE CUÍTIVA

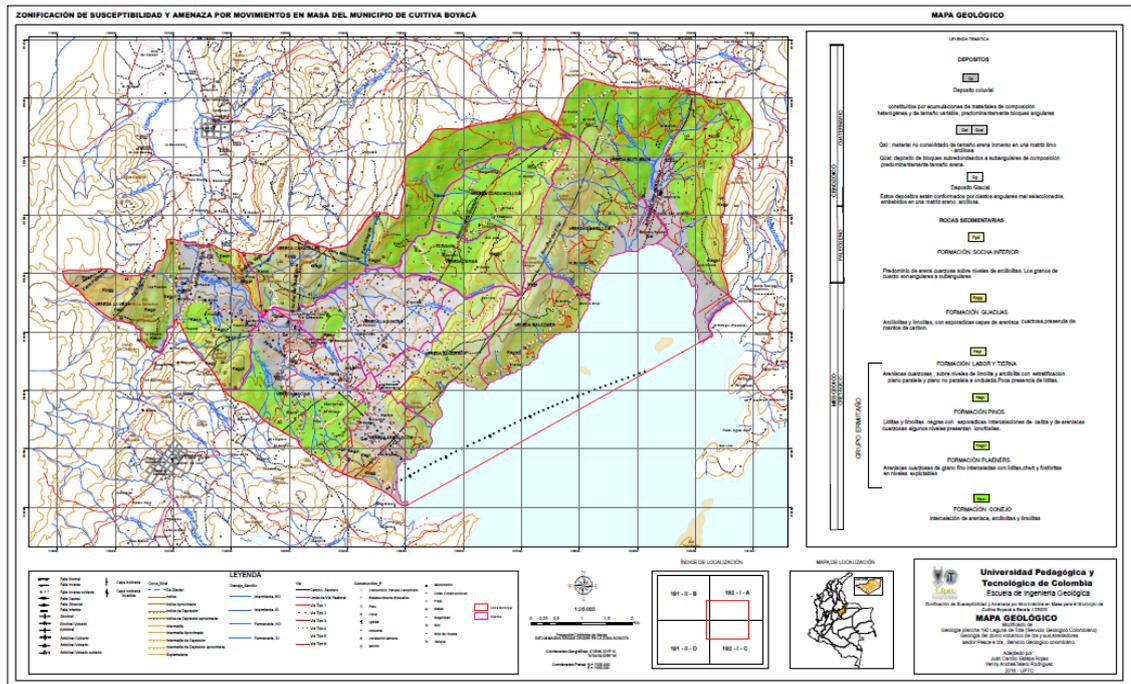
“El área de estudio hace parte de la serie Neocretácica Terciaria de la cordillera oriental de los Andes Colombianos, formada por rocas sedimentarias plegadas dominadas por importantes sistemas de fallas regionales tales como los sistemas del Borde Llanero al oriente y el sistema de fallas de Soapaga al oeste” <sup>11</sup>.

En el municipio de Cuítiva afloran rocas sedimentarias de edad Cretácico – Terciario cuya litología predominante consta de lutitas, limolitas, arcillolitas y areniscas, de acuerdo a la nomenclatura usada por el SGC en la Plancha 192 – Laguna de Tota, corresponden de base a techo a las formaciones Conejo (Kscn), Plaeners (Ksgpl), Pinos (Ksgp), Labor y Tierna (Ksgt), Guaduas (Kpgg) y Socha Inferior (Pgsi), con presencia de depósitos cuaternarios en algunos sectores del municipio. Estas formaciones constituyen destacadas estructuras de plegamiento como el Sinclinal de San Miguel, Anticlinal De Tota, Guatapé y

<sup>11</sup> ETAYO et al. 1969. Mapa Geológico de Colombia, Memoria Explicativa. INGEOMINAS.

Llano de Alarcón, Sinclinal Del Pilar y se encuentran afectadas por fallas de tipo inverso y de desplazamiento de rumbo que provocan fracturamiento de las rocas, disminuyendo su resistencia mecánica y favoreciendo la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

**Mapa 1.** Geología municipio de Cuítiva escala 1:25000



Fuente: Datos de estudio

### 5.1.1. Geología Estratigráfica

**Formación Conejo (Kscn):** Renzoni, 1990 denominó así, a “la sucesión estratigráfica bien expuestas en el carretable Oicatá-Chivata, la cual consiste de una sucesión de 7 niveles de areniscas (de 3 a 8m, formando crestas) intercalados en niveles de shales grises o amarillentos, hacia la parte alta ocurren esporádicos estratos de calizas”.<sup>12</sup>

En el área de estudio esta formación aflora al NE de la población de Cuítiva en la vereda Cordoncillos y en la vía Cuítiva - Tota haciendo parte del anticlinal de Guatapé y sinclinal del Pilar y al NW en el sinclinal de San Miguel.

<sup>12</sup>SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Geología del domo volcánico de Iza y sus alrededores, sector Pesca e Iza, 2009. P. 26 y 27.

Se caracteriza por una intercalación de arenisca, arcillolitas y limolitas con predominio de estas últimas, alcanzando espesores hasta de 3m. Las arcillolitas y limolitas son de color gris claro a medio con tonos de alteración naranja a amarillento moderado, se caracterizan por su fisibilidad.

“Cronológicamente la formación es ubicada entre el Coniciano-Santoniano y su ambiente de deposición es típicamente marino” (Renzoni, 1981 en Rincón & Romero, 1990).

**Fotografía 1.** Formación Conejo margen izquierdo vía Cuítiva-Tota Km 2.



Fuente: Datos de estudio.

**Formación Plaeners (Ksgpl):** Según Acosta *et al* (2001), “es una secuencia de limolitas silíceas con partición romboidal intercaladas con lodolitas gris oscuras, areniscas cuarzosas y esporádicos niveles de chert”. “En esta unidad se han observado varios niveles de areniscas fosfáticas de 0,3 a 1,5m de espesor y varios niveles con foraminíferos y vertebras de peces. El espesor al oriente de la Laguna de Tota fue de 144m y en la quebrada canoas de 100m” (Acosta *et al*, 2001). “La formación Plaeners fue depositada en un ambiente marino poco profundo dentro de un ambiente de aguas tranquilas, la abundancia de foraminíferos, de fosfatos y de sílice (chert) son característicos de zonas de influencia de corrientes ascendentes ” (Martínez, 1989).<sup>13</sup>

<sup>13</sup>Ibíd., p. 30.

En el área de estudio aflora vía al Batán, sector canoas y vía Cuítiva – El túnel.

**Fotografía 2.** Formación Plaeners vía Cuítiva – Iza sector Canoas.



Fuente: Datos de estudio.

**Formación Pinos (Ksgp):** Según Díaz & Sotelo (1995), “la Formación Pinos está compuesta por paquetes blandos de limolitas negras a verdes en capas medias a muy gruesas con intercalaciones de areniscas cuarzosas en capas medias a delgadas en estratificación ondulosa paralela y algunos niveles presentan icnofósiles. También presenta capas delgadas a muy delgadas de liditas silíceas de color gris claro, arcillolitas y limolitas laminadas color crema a gris; niveles esporádicos de calizas lumaquéllicas e impregnadas de sales. La poca exposición de la unidad no permite un cálculo de su espesor, pero se infiere 100m en la zona a partir de variaciones”.

La Unidad según Vergara & Rodríguez (1995), “fue acumulada en un ambiente de frente de playa inferior para su segmento más bajo y plataforma somera para el segmento superior”. Fabre (1985) considera “un ambiente de aguas marinas poco profundas en zona de plataforma, con desarrollo de biostromas”<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup>Ibíd., p. 33.

La Formación Pinos aflora en la loma Guatapé y en el sector canoas vía Cuítiva - Iza

**Fotografía 3.** Formación Labor y tierna vía Cuítiva – Iza sector Canoas puente vehicular.



Fuente: Datos de estudio.

**Formación Labor y Tierna (Ksgt):** Según Garzón (2003), “la base de esta unidad está compuesta por una secuencia de arcillolitas y limolitas grises claras a blancuzcas con intercalaciones de areniscas grises claras de grano fino, hacia el techo hay areniscas grises, blancuzcas y amarillentas de grano fino a medio, se intercalan delgados niveles de arcillolitas y limolitas grises claras, de acuerdo a la cartografía efectuada por Acosta et al (2001) la estratificación es plano paralela y plano no paralela a ondulada, estratos con láminas inclinadas, algunos estratos están bioperturbados”.

Según Martínez, 1989 “Esta formación se originó en un ambiente de litoral. Presenta una morfología de lomas alargadas que contrasta con la morfología de bajas topografías de la suprayacente Guaduas”<sup>15</sup>.

Esta unidad también hace parte del sinclinal de San Miguel y además aflora en la vía El Túnel – Llano de Alarcón.

---

<sup>15</sup>Ibíd., p. 34.

**Fotografía 4.** Formación Labor y Tierna via Cuítiva – Llano de Alarcón  
Km 5.



Fuente: Datos de estudio.

**Formación Guaduas (KPgg):** Alvarado & Sarmiento (1944) (citado en Acosta et al, 2001) denominan “Formación Guaduas en la región de Paz de Río a la sucesión litológica comprendida entre las areniscas calcáreas fosilíferas del tope del Grupo Ermitaño y el primer conjunto grueso de areniscas de la Formación Socha inferior”. Rincón y Romero 1990 subdividen la Formación Guaduas en dos miembros, el miembro inferior constituido por arcillas grises, fisibles con delgadas intercalaciones de arenitas de grano medio y el miembro superior conformado por una alternancia de arenitas amarillas cuarzosas de grano medio a grueso, arcillolitas grises y mantos de carbón los cuales representan espesores entre uno y tres metros.

Las lodolitas ricas en materia orgánica, sugieren un depósito en lagunas litorales y el segmento que corresponde a lodolitas con intercalaciones de arenitas y mantos de carbón sugieren un ambiente de pantanos con influencia de barras costeras, indicando esto la tendencia regresiva de la sedimentación, que continua con el depósito de la Formación Arenisca de Socha (Acosta et al, 2001). Van der Hammen & Garcia (1955) asigna a esta formación una edad Maestrichtiano Superior con base en el análisis palinológico de los mantos de carbón.<sup>16</sup>

La unidad en el área de estudio hace parte del núcleo del sinclinal de San Miguel.

---

<sup>16</sup>Ibíd., p. 38.

**Fotografía 5.** Formación Guaduas Cerro Chiguata - vereda Caracoles



Datos de estudio.

**Formación Socha Inferior (Pgsi):** Esta Formación fue propuesta por Alvarado & Sarmiento (1944) la cual representa una gruesa secuencia de areniscas que reposan sobre la Formación Guaduas. La descripción se hace con base en la columna medida en el sur de Sogamoso, donde presenta un espesor de 140m y está compuesta por una sucesión de arenitas de grano fino a grueso, con niveles conglomeráticos de granos fino a grueso, con niveles conglomeráticos con granos de cuarzo principalmente; los planos de estratificación son planoparalelos a ondulados no paralelos. El color de la arenisca es amarillo rojizo; los granos de cuarzo son angulares a subangulares con una moderada selección. Entre las areniscas se observan delgadas intercalaciones de lodolitas gris oscuro y gris parduzco (Acosta *et al.*, 2001)

El ambiente de formación es continental de baja energía asociada a medios fluviales (Martínez, 1989).<sup>17</sup>

Esta formación aflora al Occidente en un área pequeña y se caracteriza por predominio de pendientes suaves y presencia procesos de carcavamientos.

---

<sup>17</sup>Ibíd., p. 40.

## DEPOSITOS CUATERNARIOS

**Cuaternario Aluvial:** Corresponde a las acumulaciones acontecidas por flujos torrenciales de las quebradas y los ríos. Las terrazas aluviales (Qal) corresponden a acumulaciones detríticas en las márgenes de las quebradas y los ríos de mayor caudal acusando partes planas de fácil sedimentación, cubriendo las rocas y las estructuras del subsuelo; tienen mucho que ver con la acción de las glaciaciones, manifestándose en enormes crecidas de los cauces transportando grandes cantidades de materiales a altas velocidades, que son acumulados por pérdida de energía, y que posteriormente son erodados parcialmente ya que su falta de consolidación los hace presa fácil de la erosión fluvial.<sup>18</sup>

En la zona de estudio se concentran hacia los valles, dando una morfología de zonas planas ligeramente onduladas, hacia las márgenes del cauce del Río Tota y proximidades del Lago Tota sector Llano de Alarcón.

**Fotografía 6.** Cuaternario Aluvial finca Las Veguitas vereda La Vega.



Fuente: Datos de estudio

**Cuaternario Coluvial:** Con el término coluviales se incluyen los depósitos de talud y derrubios; están constituidos por acumulaciones de materiales de composición heterogénea y de tamaño variable, predominantemente bloques subangulares; se localizan en el casco urbano, veredas Macías y La Vega.

<sup>18</sup> SANCHEZ, Uriel. Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca del lago de Tota –POMCA– Convenio número 038 de 2004. Capítulo XII, 2005. p.8.

**Fotografía 7.** Cuaternario Coluvial vereda La Vega



Fuente: Datos de estudio

**Cuaternario Coluvio–Aluvial:** Se trata de un depósito de bloques subredondeados a subangulares de composición predominantemente de areniscas que naturalmente constituyen las paredes bajas de los valles; se encuentra a las márgenes de las quebradas El Túnel y El Gonce.

**Fotografía 8.** Cuaternario Coluvio-Aluvial finca El Pencal vereda La Vega.



Fuente: Datos de estudio

**Cuaternario Glacial:** Depósitos no estratificados constituidos por bloques de arenisca de diferentes tamaños provenientes de las formaciones rocosas más resistentes (de las partes altas), embebidos en una matriz areno-limosa de color amarillo y gris.<sup>19</sup>

Se presentan en el municipio de Cúitiva predominantemente en las veredas, Lagunitas y Macías. Se reconocen morfológicamente por su forma de cerros de baja altura, que dan un aspecto ondulado al terreno y posiblemente corresponden a relictos de morrenas; en afloramiento estos depósitos están conformados por clastos angulares mal seleccionados, embebidos en una matriz areno – arcillosa.

**Fotografía 9.** Cuaternario Glacial Km 0,5 via Cúitiva - Tota



Fuente: Datos de estudio

## 5.1.2. Geología estructural

### 5.1.2.1. Fallas

**Falla de Cúitiva-Tota.** Atraviesa todo el municipio, es una gran falla de cabalgamiento con dirección NE - SW y buzamiento al SW.

**Falla Carbonera:** Es una falla con continuidad regional, de tipo cabalgamiento y localmente con componente de rumbo sinetral, presenta una dirección que cambia de N70E a N25E con vergencia al NW.

---

<sup>19</sup>Ibíd., p. 8.

**Falla Diagotá:** Falla de cabalgamiento con dirección N20E con vergencia al NW. Se presenta en la Cuchilla Diagotá.

**Falla Matamora:** Falla normal, posee una dirección aproximada de N65W. Se observa en el desplazamiento de la secuencia de las formaciones Pinos y Labor y Tierna en la Cuchilla de San Miguel.

**Falla Palenque:** Es una falla de cabalgamiento con una dirección aproximada de N60E y vergencia al SE. Se presenta en la parte alta de vereda La Vega afectando tectónicamente a la formación Socha Inferior.<sup>20</sup>

**Falla La Vega:** Falla local inversa con dirección aproximada N40-50E y vergencia al SE, se presenta en el sector Las Pilitas vereda La Vega desplazando la formación Plaeners.

#### 5.1.2.2. Pliegues

**Anticlinal Volcado de Guatapé:** se define por encontrarse la secuencia estratigráfica desde la formación Conejo (más antigua) hasta la formación Labor y Tierna (más joven), completamente invertidas en el flanco Oeste. Los flancos del anticlinal buzan en sentido SE, su núcleo lo conforma la formación Conejo<sup>21</sup>.

**Anticlinal de Tota:** Situado al occidente del área de estudio, su eje se encuentra sobre el depósito Aluvial del río Tota. Su núcleo se presume está conformado por la formación Conejo<sup>22</sup>.

**Sinclinal Del Pilar:** esta estructura está compuesta por la secuencia estratigráfica que va de la formación Labor y Tierna (más joven), hasta la formación Plaeners (más antigua), además posee tramos invertidos en sus flancos.

**Sinclinal Volcado de San Miguel:** Localizado al N del municipio de Cuítiva, entre las cuchillas de San Miguel y Diagotá; es una estructura sinclinal con el flanco invertido, en su núcleo se presenta la formación Guaduas su eje tiene una dirección NE- SW.

<sup>20</sup>SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Geología del domo volcánico de Iza y sus alrededores, sector Pesca e Iza, 2009. p. 86 - 89.

<sup>21</sup>Ibíd., p. 90.

<sup>22</sup>Ibíd., p. 90.

**Anticlinal Llano de Alarcón:** Tiene su eje cubierto por el depósito aluvial del lago de Tota en la vereda Buitreros, este incluye la secuencia estratigráfica que va desde la formación Conejo (más antigua) hasta la formación Labor y Tierna (más joven).

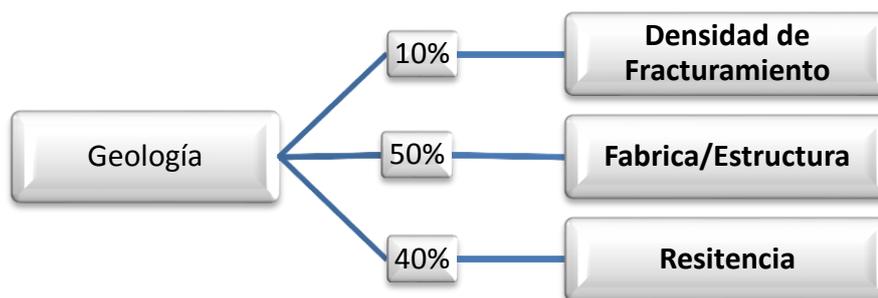
## 5.2. METODOLOGÍA APLICADA A LA TEMÁTICA DE GEOLOGÍA

### 5.2.1. Valoración de la Susceptibilidad por Geología

Para el proceso de zonificación de susceptibilidad por el componente geológico; se utilizó el mapa geológico levantado en campo a escala 1:25.000, teniendo como base el mapa a escala 1:100.000 del SGC y el mapa geológico del estudio del SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. “Geología del domo volcánico de Iza y sus alrededores, sector Pesca e Iza” a escala 1:25.000, con sus respectivas memorias; las cuales en general contienen información litológica a nivel de formación y estructuras.

Dentro de este componente los parámetros que se evalúan dada su incidencia en la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, son la densidad de fracturamiento de las rocas, resistencia y fábrica o estructura. A cada variable se le asignó un peso como se muestra a continuación:

**Figura 4.** Diagrama de variables dentro de la temática unidad geológica, con sus respectivos pesos.



Fuente: SGC.Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014 p 33.

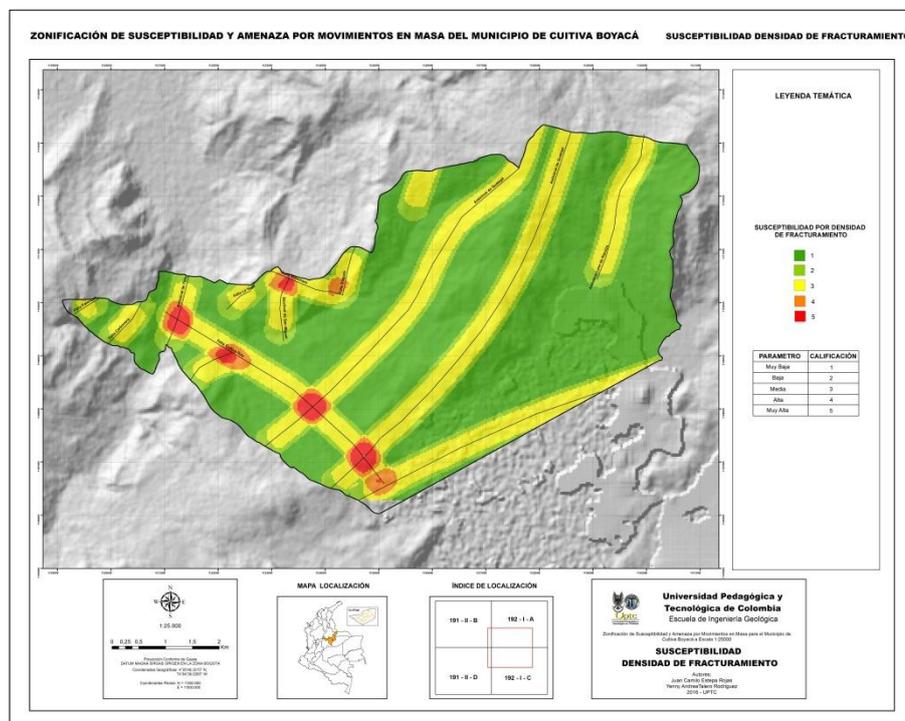
### 5.2.1.1. Densidad de fracturamiento

El método utilizado para calcular la densidad de fracturamiento es el algoritmo line Density de ArcInfo, el cual es expresado en metros por kilómetro cuadrado, este método calcula la densidad de líneas en la vecindad de cada pixel definida por un radio de búsqueda, para esto a partir de cada centro se dibuja un círculo de radio R, se toma la longitud de la línea de falla que cae dentro de este círculo y se multiplica por el peso de la actividad, la suma total se divide entre el área del círculo<sup>23</sup>.

La variable densidad de fracturamiento se generó a partir de las fallas y pliegues digitalizadas en el mapa geológico a escala 1:25.000; utilizando un tamaño de pixel de 30 metros y un radio de 300 metros.

Debido a que no se contó con información bibliográfica de registros de las tasas de desplazamiento de las estructuras con deformaciones en el Cuaternario, la cual indica que a mayor tasa de desplazamiento hay un mayor grado de fracturamiento, se asignó un peso de 7 a fallas y 6 a pliegues como lo recomienda el Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 SGC.

**Mapa 1.** Susceptibilidad por densidad de fracturamiento



Fuente: Datos de estudio.

<sup>23</sup>SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.2014, p. 49.

### **Susceptibilidad Muy Alta y Alta**

Estas corresponden a las mayores densidades de fracturamiento. Las susceptibilidad Muy alta se presentan en los cruces de trazos de fallas con fallas y en fallas con ejes de pliegues, por ejemplo se puede apreciar en el sinclinal de San Miguel, la falla Matamora de tipo normal y el eje de este sinclinal sobre la formación Guaduas (Kpgg) y en las fallas Diagota de tipo inverso y Matamora de tipo normal sobre la formación Plaeners (Ksgpl), También entre el contacto entre las fallas Cuítiva- Tota y el eje del anticlinal de Guatapé. La susceptibilidad Alta se presenta en la falla La Vega de tipo inverso.

### **Susceptibilidad Media.**

Se localiza en los trazos de las fallas y los ejes de los pliegues en el cual la densidad de fracturamiento es media.

### **Susceptibilidad Baja.**

Esta se presenta bordeando cada una de las fallas y pliegues en la cual la densidad de fracturamiento es baja, posiblemente por las características litológicas de las formaciones.

### **Susceptibilidad Muy Baja.**

Asociada a densidades de fracturamiento Muy bajas. Se puede encontrar a lo largo del municipio, más representativamente en las veredas La Vega sobre las Formaciones Conejo, Plaeners y Pinos, Balcones y Amarillos sobre las formaciones Plaeners y Pinos, Buitreros sobre el cuaternario aluvial y sobre las formaciones Conejo y Plaeners.

#### **5.2.1.2. Fabrica y/o estructura**

Según Mitchel el término fábrica “se refiere al arreglo de las partículas, grupos de partículas y espacios vacíos en un suelo”. La orientación de las partículas o fábrica, define el comportamiento de suelos y rocas bajo las fuerzas a las que pueden estar sometidos, dado que controla la anisotropía de las propiedades geomecánicas.

La fábrica tiene gran influencia en el comportamiento de los suelos y rocas, la clasificación de las rocas según su fábrica/estructura, puede servir para establecer diferencias de las rocas en cuanto a su resistencia y direccionalidad de las propiedades mecánicas.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> *Ibíd.*, p. 52.

**Tabla 6.** Textura/Fabrica de las rocas.(Tomado de INGEOMINAS, 2004)

TEXTURA/FABRICA	CARACTERISTICAS
<b>Cristalina Masiva</b>	En rocas de cualquier origen (ígneo, metamórfico o sedimentario) cuyas partículas minerales están entrelazadas y con orientación aleatoria. Corresponde a las rocas más resistentes y menos deformables, salvo las rocas volcánicas cuya calidad es un poco dispersa según sean porosas o no lo sean. Ejemplos: granitos, basaltos, calizas, chert, cuarcitas y mármoles.
<b>Cristalina Foliada y Rocas de falla</b>	En rocas cuyas partículas minerales están mecánicamente entrelazadas, con una orientación preferencial a lo largo de la cual las rocas son menos resistentes. Su calidad se dispersa como consecuencia de su fábrica orientada, es decir, por los planos de esquistosidad y foliación. Ejemplos: Pizarras, filitas, esquistos, milonitas.
<b>Crsitalinas Bandeadas</b>	En rocas cuyas partículas minerales están mecánicamente entrelazadas, conformando bandas composicionales con alguna influencia direccional. Ejemplo: Neis.
<b>Clasticas Cementadas</b>	En rocas con partículas cementadas, con resistencia y deformación variable, dependiendo de la calidad del material cementante, la relación matriz-clastos y el grado de empaquetamiento general que posea. Ejemplos: areniscas, conglomerados.
<b>Clasticas Consolidadas</b>	En estas rocas se presenta comportamiento variable esfuerzo-deformación, con direccionalidad de sus propiedades mecánicas. La resistencia se acrecienta con el grado de consolidación diagenética. Ejemplos: arcillolitas, lodolitas, shales.

Fuente: SGC.Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 53.

**Tabla 7.** Calificación propuesta tipo de fábrica. Tomado INGEOMINAS (2009).

ATRIBUTO	PROPUESTA DE CALIFICACIÓN
N/A	0
Cristalina Masiva	1
Cristalina Bandeadas	2
Clasticas Cementadas	3
Clasticas Consolidadas	4
Cristalina Foliada y Rocas de falla	5

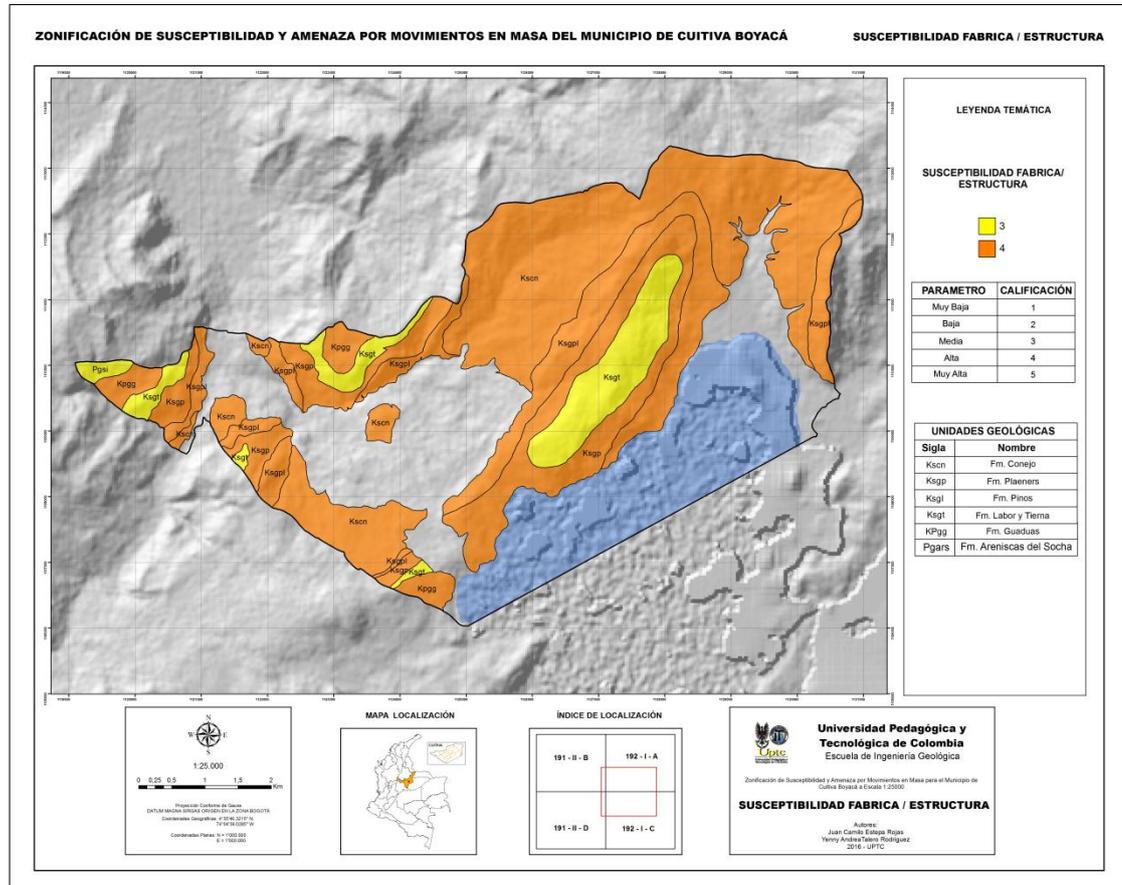
Fuente: SGC.Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 53.

**Tabla 8.** Clasificación de las unidades cartográficas del municipio de Cuítiva dependiendo de la fábrica y/o Textura de las rocas.

PERIODO	FORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	TEXTURA/ FABRICA	CAL. TEX
CRETÁCEO	<b>Conejo (Kscn)</b>	Se caracteriza por una intercalación de arenisca, arcillolitas y limolitas con predominio de estas últimas. Las arcillolitas y limolitas son de color gris claro a medio con tonos de alteración naranja a amarillento moderado, se caracterizan por su fisibilidad.	Clásticas consolidadas	4
	<b>Plaeners (Ksgp)</b>	Secuencia de limolitas silíceas intercaladas con lodolitas gris oscuras, areniscas cuarzosas y esporádicos niveles de chert. En esta unidad se han observado varios niveles de areniscas fosfáticas y varios niveles con foraminíferos y vertebras de peces.	Clásticas consolidadas	4
	<b>Pinos (Ksgpi)</b>	Compuesta por paquetes blandos de limolitas negras a verdes en capas medias a muy gruesas con intercalaciones de areniscas cuarzosas en capas medias a delgadas en estratificación ondulosa paralela y algunos niveles presentan icnofósiles.	Clásticas consolidadas	4
	<b>Labor y Tierna (Ksgt)</b>	areniscas cuarzosas, macizas, de grano fino a grueso, con delgadas intercalaciones de lodolitas grises, formando lomas alargadas	Clásticas cementadas	3
	<b>Guaduas (KPgg)</b>	Miembro inferior constituido por arcillas grises, fisibles con delgadas intercalaciones de arenitas de grano medio	Clásticas consolidadas	4
TERCIARIO	<b>Socha Inferior (Pgars)</b>	Compuesta por areniscas de color amarillo rojizo, grano fino a grueso, con delgadas intercalaciones de limolitas.	Clásticas cementadas	3

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 2.** Susceptibilidad por fábrica y estructura de las rocas.



Fuente: Datos de estudio

### Susceptibilidad Alta.

Comprende la textura clástica consolidada; la cual corresponde a la gran mayoría de las formaciones, localizándose sobre el sinclinal de San Miguel, sinclinal El Pilar, el Anticlinal de Guatapé y el Anticlinal de Tota asociadas a las formaciones Conejo (Kscn), Plaeners (Ksgp), Pinos (Ksgpi) y Guaduas (KPgg).

### Susceptibilidad Media.

Esta corresponde a la textura clástica cementada, la cual se presenta en las formación Labor y tierna, ubicada en el sinclinal de San Miguel, sinclinal del Pilar y la formación Socha Inferior en la vereda La Vega sobre la falla Carbonera.

### 5.2.1.3. Resistencia

Las propiedades mecánicas incluyen la resistencia a la compresión, impacto y penetración por otro cuerpo, estas propiedades que en última instancia resultan de la composición química y mineralógica de los materiales, de su textura y de su estructura, permiten caracterizar la resistencia de los materiales a los agentes de deterioro.<sup>25</sup>

Tomando el mapa Geológico generado a escala 1:25.000, se caracterizó la Resistencia de las rocas aflorantes en el municipio de Cuítiva, a partir de la recopilación bibliográfica de la Resistencia de las rocas Colombianas determinada por ensayos de compresión simple; los rangos de referencia utilizados son los de Hooke 1996.

**Tabla 9.** Propuesta de calificación de las rocas dependiendo de su resistencia.

GRADO	TERMINO	PROPUESTA DE CALIFICACIÓN
R6	Extremadamente dura	1
R5	Muy dura	1
R4	Dura	2
R3	Moderadamente dura	3
R2	Blanda	4
R1	Muy blanda	5
R0	Extremadamente blanda	5

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 36.

<sup>25</sup>Ibid., p. 34.

**Tabla 10.** Categorías de resistencia a la compresión simple de las rocas, según Hoke, 1996.

GRADO	DEFINICIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAxIAL (MPa)	INDICE DE CARGA PUNTUAL (MPa)	ESTIMACIÓN EN TERRENO DE LA RESISTENCIA	EJEMPLOS
R6	Extremadamente Dura	>250	>10	Al golpear con el martillo geológico la muestra sólo puede causar astillamiento superficial	Basalto fresco, Chert, Diabasa, Gneis, Granito, Cuarzita
R5	Muy Dura	100 - 250	4 - 10	La muestra requiere mas de un golpe con el martillo geológico para fracturarse	Anfibolita, Arenisca, Basalto, Gabro, Gneis, Granodiorita, Caliza, Marmol, Riolita, Toba.
R4	Dura	50 - 100	2 - 4	La muestra requiere mas de un golpe con el martillo geológico para que se fracturarse	Caliza, Marmol, Filita, Arenisca, Esquisto, Shale
R3	Medianamente Dura	25 - 50	1 - 2	La muestra puede fracturarse con un unico golpe del martillo geológico, pero no es posible rayar la roca con la navaja	Arcillolita, Carbón, Concreto, Esquisto, Shale, Limonita
R2	Débil	5 - 25	**	Al golpear la muestra una sola vez con la punta del martillo geológico deja una hendidura superficial. La roca puede ser rayada con una navaja pero con dificultad	Caliche, Halita, Potasa
R1	Muy Débil	1 - 5	**	La roca se disgrega al ser golpeada con la punta del martillo geológico. La roca puede ser rayada con una navaja	Roca muy alterada o muy meteorizada.
R0	Extremadamente Débil	0.25 - 1	**	La muestra puede hundirse con la uña del pulgar	Harina de falla dura

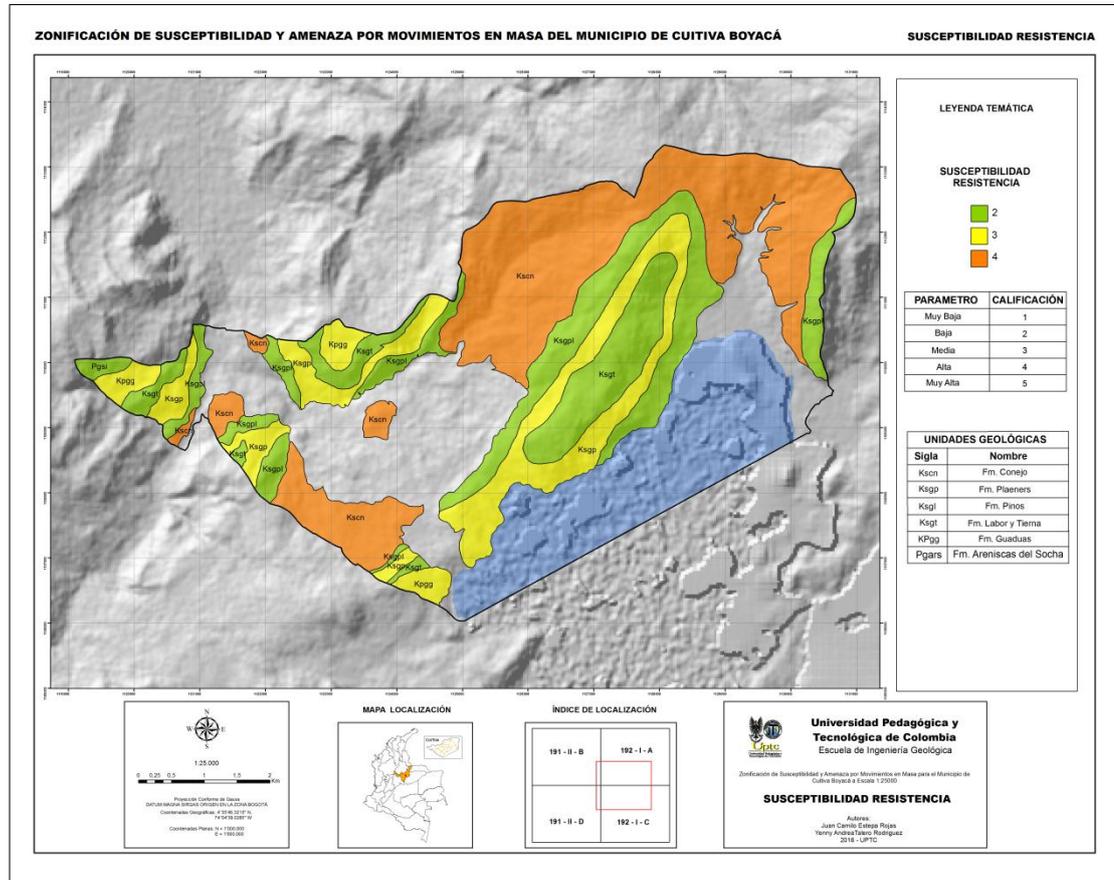
Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 35.

**Tabla 11.** Clasificación de las unidades cartográficas presentes en el municipio de Cuítivade dependiendo de la resistencia de las rocas.

PERIODO	FORMACIÓN	DESCRIPCIÓN	GRADO	TERMINO	CAL.RESIST
CRETÁCEO	<b>Conejo (Kscn)</b>	Se caracteriza por una intercalación de arenisca, arcillolitas y limolitas con predominio de estas últimas. Las arcillolitas y limolitas son de color gris claro a medio con tonos de alteración naranja a amarillento moderado, se caracterizan por su fisibilidad.	R2	Blanda	4
	<b>Plaeners (Ksgp)</b>	Secuencia de limolitas silíceas intercaladas con lodolitas gris oscuras, areniscas cuarzosas y esporádicos niveles de chert. En esta unidad se han observado varios niveles de areniscas fosfáticas y varios niveles con foraminíferos y vertebras de peces.	R4	Dura	2
	<b>Pinos (Ksgpi)</b>	Compuesta por paquetes blandos de limolitas negras a verdes en capas medias a muy gruesas con intercalaciones de areniscas cuarzosas en capas medias a delgadas en estratificación ondulosa paralela y algunos niveles presentan icnofósiles.	R3	Moderadamente Dura	3
	<b>Labor y Tierna (Ksgt)</b>	areniscas cuarzosas, macizas, de grano fino a grueso, con delgadas intercalaciones de lodolitas grises, formando lomas alargadas	R4	Dura	2
	<b>Guaduas (KPgg)</b>	Miembro inferior constituido por arcillas grises, fisibles con delgadas intercalaciones de arenitas de grano medio	R2	Moderadamente Dura	3
TERCIARIO	<b>Socha Inferior (Pgars)</b>	Compuesta por areniscas de color amarillo rojizo, grano fino a grueso, con delgadas intercalaciones de limolitas.	R3	Dura	2

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 3.** Susceptibilidad por resistencia de las rocas.



Fuente: Datos de estudio

### Susceptibilidad Alta

Predomina sobre rocas de la formación Conejo (Kscn), localizadas en el anticlinal de Guatapé y en las veredas de La Vega y Buitreros; debido a su composición litológica brinda un término de resistencia blanda.

### Susceptibilidad Media

Corresponde a rocas de las formaciones Pinos (Ksgpi), Guaduas (KPgg) y Socha Inferior (Pgars); con una resistencia moderadamente dura, localizadas en el sinclinal de San Miguel, sinclinal Del Pilar y en la vereda La Vega.

### Susceptibilidad Baja.

Incluye rocas de las formaciones; Plaeners (Ksgp), Labor y Tierna (Ksqt) y Socha Inferior (Pgars) de resistencias duras; localizadas en el sinclinal de San Miguel, sinclinal Del Pilar, además en la vereda La Vega y cuchilla del Buitrero. Corresponde a una Resistencia dura, situada en el Sinclinal Del Pilar, Sinclinal de San Miguel y en la vereda La Vega, relacionada con la formación Plaeners.

## DEPOSITOS

Dado que los depósitos cuaternarios poseen una distribución caótica, mala selección y no han sufrido procesos diagenéticos de consolidación, cementación y carecen de fábrica, por tanto se califican teniendo en cuenta el concepto de Hoek.

Hoek, le atribuye a los depósitos en general una resistencia menor de 10 Kg/cm<sup>2</sup>, lo cual parece muy razonable. Para la ponderación de los depósitos se tiene en cuenta esta frontera de resistencia y su comportamiento en taludes y laderas del país y se presenta la calificación de las unidades litológicas (Depósitos) a partir de la información contenida en la “Clasificación regional de amenaza relativa por movimientos en masa en Colombia”.<sup>26</sup>

**Tabla 12.** Valoración de la susceptibilidad de algunos depósitos geológicos.

ORIGEN - MECANISMO	NOMBRE DEL DEPÓSITO	SUSCEPTIBILIDAD
<b>Aluvial</b>	Depósitos de cauce y llanuras aluviales	No se involucran en problemas de estabilidad de taludes y laderas
	Depósitos de Terrazas aluviales	De estos tipos de depósitos las terrazas sobre – elevadas se involucran con frecuencia en movimientos en masa
	Depósitos de Abanicos aluviales	Presentes en el fondo de muchos ríos; por lo general son depósitos retrabajados y muy susceptibles a inestabilidad en general y a socavación lateral
<b>Gravitacional</b>	Depósitos coluviales	Se les considera los tipos de depósitos más inestables en taludes y laderas
<b>Lacustre</b>	Depósitos paludales	No se involucran en problemas de estabilidad de taludes y laderas
<b>Glacial</b>	Depósitos glaciales y glacio-fluviales	Estos tipos de depósito se involucran con frecuencia en movimientos en masa en las partes altas de las cordilleras
<b>Volcánico</b>	Depósitos de cenizas y lapilli	Cubren extensas zonas de la región cafetera y en muchos lugares estas sobre-elevados son muy inestables
	Flujos vulcanoclásticos	Se involucran frecuentemente procesos de inestabilidad, y son producto de explosiones volcánicas que arrastran gran cantidad de bloques formando depósitos de tipo lahar; en ocasiones se desarrollan abanicos extensos, ejemplo Glascis del Quindío.
<b>Eólico</b>	Depósitos eólicos (dunas)	Generalmente son susceptibles a la erosión, pueden estar afectados por tubificación.
<b>Marino</b>	Depósitos de gravas y arenas, lodos ricos en materia orgánica	Son susceptibles a movimientos en masa en el caso que estén expuestos, lo cual no es frecuente.

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 46.

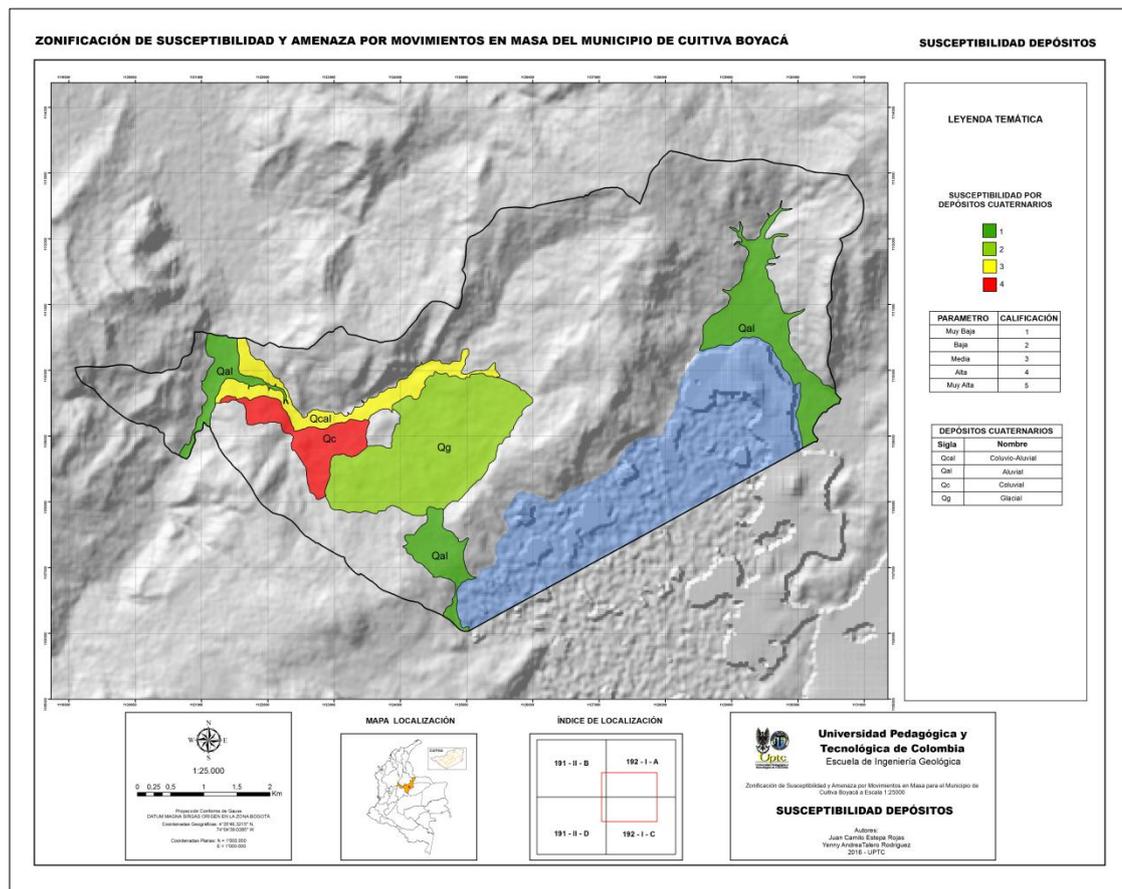
<sup>26</sup>Ibíd., p 34.

**Tabla 13.** Calificación de los depósitos geológicos presentes en el Municipio de Cuítiva.

AMBIENTE	DEPOSITO	CALIFICACIÓN
Denudacional	Depositos coluviales	5
	Depositos Coluvio - aluviales	3
Fluvial y Lagunar	Depositos Aluvial	1
Glacial y Periglacial	Depósitos glacial	2

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 4.** Susceptibilidad por depósitos.



Fuente: Datos de estudio

### **Susceptibilidad Muy Alta**

Se presenta en el Depósito Coluvial (Qc), El cual se extiende de la vereda Macías pasando por el casco urbano hasta la vereda La Vega, contribuye en mayor medida a la inestabilidad de las laderas.

### **Susceptibilidad Media**

Se evidencia en el Depósito Coluvio – Aluvial (Qcal) a las márgenes de las quebradas El Túnel y El Goncede inestabilidad media en laderas.

### **Susceptibilidad Baja**

Se localiza en el Depósito Glacial, al NE del municipio predominantemente en las veredas, Lagunitas y Macías que corresponde a susceptibilidad baja ya que en este sitio no se presentan laderas de pendientes altas.

### **Susceptibilidad Muy Baja**

Corresponde al cuaternario aluvial el cual se encuentra hacia las márgenes del cauce del Río Tota y zonas próximas al Lago Tota sector Llano de Alarcón.

## **5.3. CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DEL MUNICIPIO DE CUÍTIVA**

La forma actual del paisaje enuncia SGC [1] es producto de diversos procesos geológicos y morfodinámicos que modifican el terreno dando lugar a la erosión, transporte y acumulación de sedimentos, destrucción del relieve o construcción de nuevas geoformas; eventos que de forma natural o con intervención antrópica dan origen a fenómenos de remoción en masa y deben ser observados detenidamente como una manera de prevenir posibles amenazas sobre la comunidad.<sup>27</sup>

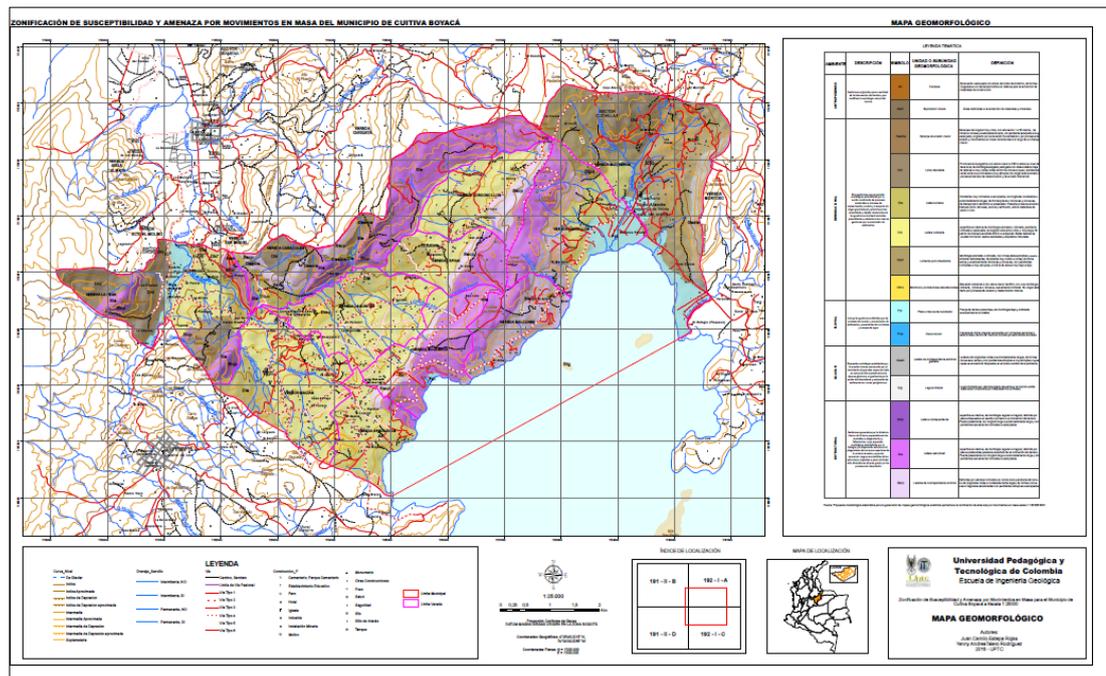
La estabilidad de laderas está directamente relacionada con los procesos morfodinámicos que tienen lugar en la superficie terrestre y su afectación a las distintas geoformas presentes. Ya que cada unidad geomorfológica tiene una respuesta diferente a los procesos morfodinámicos, se hace necesario identificar cada una teniendo en cuenta su origen, historia evolutiva, morfometría, composición litológica y procesos erosivos que la afectan potencialmente.

---

<sup>27</sup>SGC [1] Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.(2014); p. 66

En general, para el Municipio de Cúitiva se cartografiaron 15 unidades geomorfológicas, de origen antropogénico, denudacional, fluvial, glacial y estructural, teniendo como guía la propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 SGC Bogotá, Mayo2013, se generó el mapa geomorfológico a escala 1:25.000.

**Mapa 5.** Mapa Geomorfológico del municipio de Cúitiva escala 1:25000.



Fuente: Datos de estudio

### 5.3.1. Unidades geomorfológicas

#### 5.3.1.1. Origen Antropogénico

“Geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre, que modifican la morfología natural del terreno”<sup>28</sup>

**Canteras (Ac):** Excavación escarpada con altura del orden decimétrico, de formas irregulares o en terracedos hechos en laderas para la extracción de materiales de construcción.

<sup>28</sup>SGC. Metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 SGC Bogotá, Anexo A, Mayo2013

**Fotografía 10.** Cantera explotación de recebo sector El Túnel.



Fuente: Datos de estudio.

**Explotación minera (Aem):** Áreas dedicadas a la extracción de materiales y minerales.

**Fotografía 11.** Mina de explotación de roca fosfórica vereda La Vega.



Fuente: Datos de estudio.

### 5.3.1.2. Origen Denudacional

“Son geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geoformas morfoestructurales preexistentes y además crean nuevas geoformas por acumulación de sedimentos”<sup>29</sup>.

**Escarpe de erosión menor (Deeme):** Escarpes de longitud muy corta, con alturas de 1 a 20 metros, de forma cóncavo convexa y eventualmente recta, con pendiente escarpada a muy escarpada, originado por socavación fluvial lateral o por procesos de erosión y movimientos en masa remontantes a lo largo de un drenaje menor.

**Fotografía 12.** Escarpe de Erosión Menor Vereda Caracoles.



Fuente: Datos de estudio.

**Loma denudada (Dld):** Prominencia topográfica con altura menor a 200 m sobre su nivel de base local de morfología alargada y elongada con relieve relativo baja de laderas a muy cortas de forma convexa cuyas pendientes varían entre muy inclinadas a muy abruptas. Su origen está asociado a procesos intensos de meteorización y de erosión diferencial.

<sup>29</sup>SGC. Metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 SGC Bogotá, Anexo A, Mayo 2013

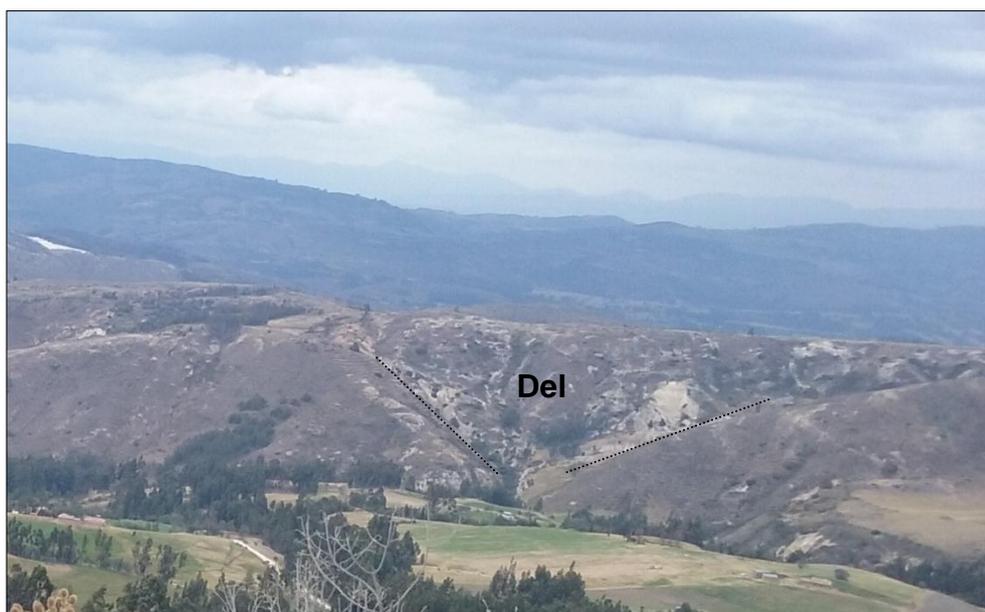
**Fotografía 13.** Loma Denudada Vereda La Vega – Loma Guatapé.



Fuente: Datos de estudio.

**Ladera erosiva (Del):** Pendientes muy inclinadas a escarpadas, de longitudes moderadas a extremadamente largas, de formas planas, cóncavas y convexas, patrón de drenaje típico dendrítico a subparalelo. Presenta procesos erosivos intensos como cárcavas, surcos y solifluxión, sobre materiales de suelo o roca.

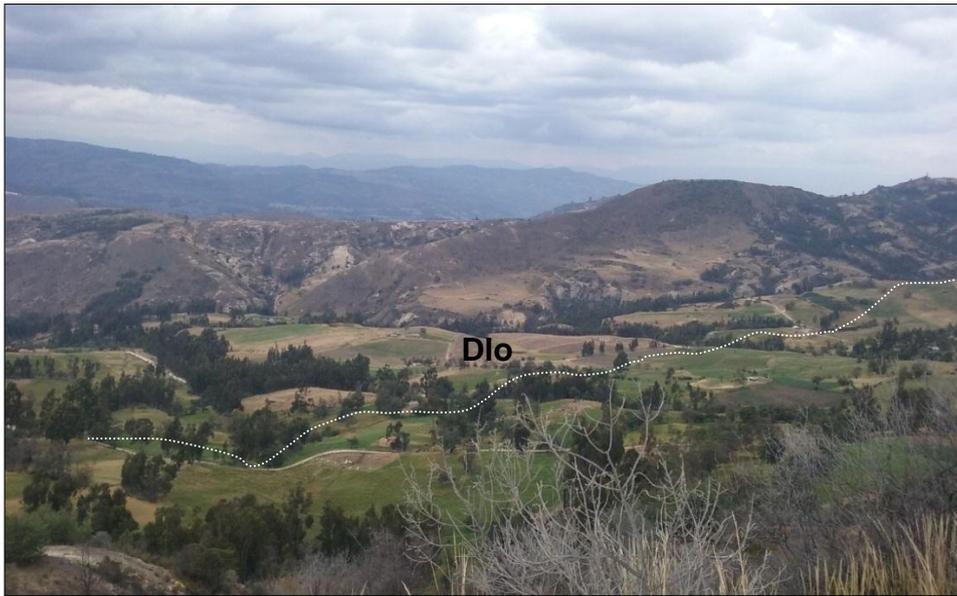
**Fotografía 14.** Ladera Erosiva Vereda Caracoles.



Fuente: Datos de estudio.

**Ladera ondulada (Dlo):** Superficie en declive de morfología alomada o colinada, pendiente inclinada a escarpada, la longitud varía entre corta y muy larga. El patrón de drenaje es subdendrítico a subparelo. Estas laderas se pueden formar en suelos residuales y depósitos coluviales.

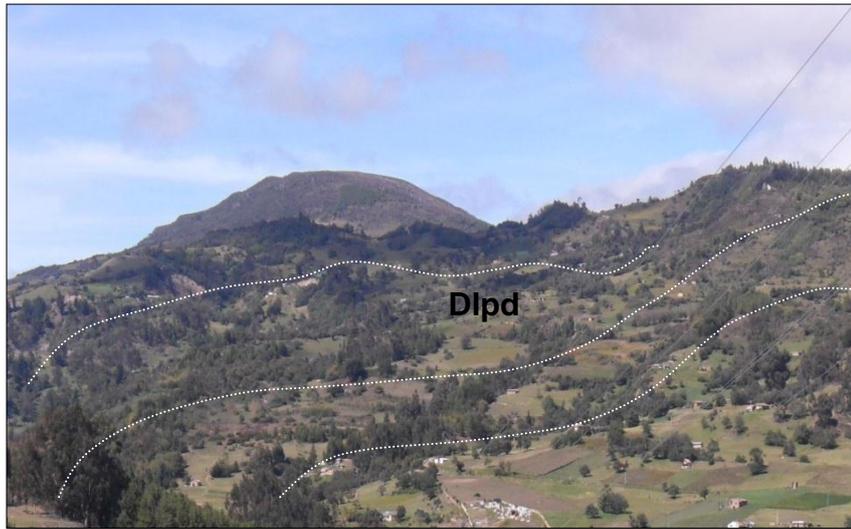
**Fotografía 15.** Ladera Ondulada Vereda Lagunitas.



Fuente: Datos de estudio.

**Lomeríos poco disectados (Dlpd):** Morfología alomada o colinada, con cimas planas amplias y eventualmente redondeadas, de laderas muy cortas a cortas, de forma rectas y eventualmente cóncavas y convexas, con pendientes inclinadas a muy abruptas e índice de relieve muy bajo a bajo.

**Fotografía 16.** Lomerios poco desectados Vereda Buitreros



Fuente: Datos de estudio.

**Montículo y ondulaciones denudacionales (Dmo):** Elevación del terreno con altura menor de 50m, con una morfología colinada, cóncava o convexa, suavemente inclinada. Su origen está dado por procesos de erosión y meteorización intensa.

**5.3.1.3. Origen Fluvial**

“Incluye las geoformas definidas por de procesos de erosión y acumulación de sedimentos, provenientes de corrientes y cuerpos de agua”<sup>30</sup>.

**Plano o llanura de inundación (Fpi):** Franja de terreno plana baja, de morfología baja y ondulada eventualmente inundable.

<sup>30</sup>SGC. Metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 SGC Bogotá, Anexo A, Mayo 2013

**Fotografía 17.** Llanura de inundación Sector Llano de Alarcon.



Fuente: Datos de estudio.

**Cauce aluvial (Fca):** Canales de forma irregular excavados por corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales.

**Fotografía 18.** Cauce Aluvial del Río Tota Vereda La Vega



Fuente: Datos de estudio.

#### 5.3.1.4. Origen Glaciar

“Expresión morfológica establecida por la erosión intensa ocasionada por el movimiento de grandes masas de hielo en zonas de alta montaña durante épocas glaciares, o igualmente por la acción del intermitente y saturación de sedimentos en zonas periglaciares”<sup>31</sup>.

**Ladera de contrapendiente anticlinal glaciada (Gsalc):** Laderas de longitudes cortas a extremadamente largas, de formas convexas a rectas y con pendientes abruptas a muy abruptas cuyas capas se encuentran dispuestas en el mismo sentido de la pendiente.

**Fotografía 19.** Ladera de contrapendiente anticlinal glaciada Vereda Buitreros



Fuente: Datos de estudio.

**Laguna Glacial (Glg):** Lagos formados en planicies glacio-lacustrinas, la fracción sólida suele estar constituida por materiales finos arcillosos.

<sup>31</sup>SGC. Metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 SGC Bogotá, Anexo A, Mayo 2013

## Fotografía 20. Lago de Tota



Fuente: Datos de estudio.

### 5.3.1.5. Origen Estructural

“Geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente las asociadas a plegamientos y fallamientos, cuya expresión morfológica está definida por la litología y la disposición estructural al plegamiento de las rocas superiores de la corteza terrestre y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en diverso grado por procesos de denudación”<sup>32</sup>.

**Ladera contrapendiente (Slcp):** Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno. Puede presentarse con longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas.

---

<sup>32</sup>SGC. Metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 SGC Bogotá, Anexo A, Mayo 2013

**Fotografía 21.** Ladera Contrapendiente via La Vega-Cuítiva



Fuente: Datos de estudio.

**Ladera estructural (Sle):** Superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes paralelos al sentido de la inclinación del terreno. Puede presentarse con longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas.

**Fotografía 22.** Ladera estructural vereda Caracoles



Fuente: Datos de estudio.

**Laderas de contrapendiente sinclinal (Sscp):** Definidas por estratos inclinados en contra de la pendiente del terreno, de longitudes cortas a moderadamente largas, de formas convexas a irregulares escalonadas con pendientes abruptas a escarpadas.

**Fotografía 23.** Ladera de contrapendiente sinclinal – Cuchilla Diagota.



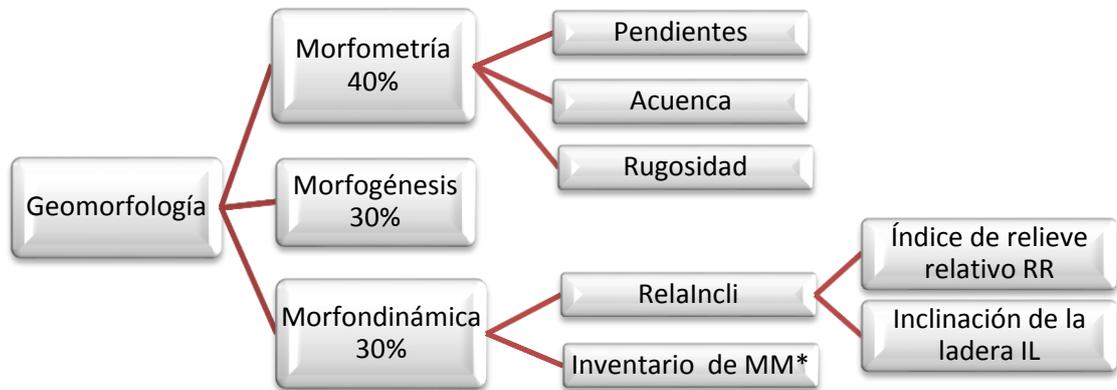
Fuente: Datos de estudio.

## **5.4. METODOLOGÍA APLICADA A LA TEMÁTICA DE GEOMORFOLOGÍA**

### **5.4.1. Valoración de la Susceptibilidad por geomorfología**

Para el Municipio de Cuítivase evaluó el mapa Geomorfológico a escala 1:25.000, donde se tomaron tres parámetros; Morfometría, Morfogénesis y Morfodinámica; cada uno muestra las formas del relieve presentes en el Municipio.

**Figura 5.** Diagrama de atributos dentro de la variable Geomorfología, con sus respectivos porcentajes.



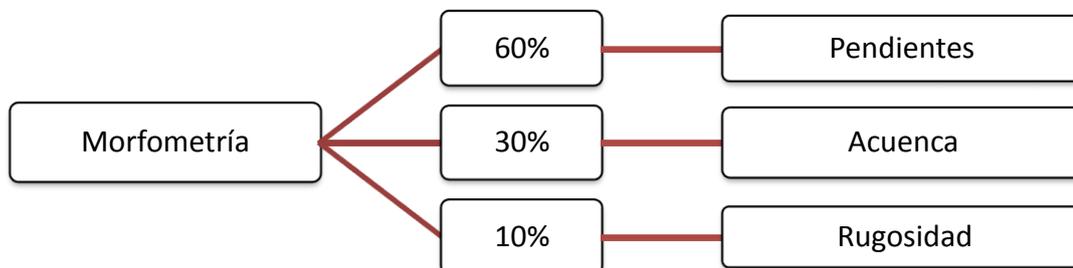
Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 55.

#### 5.4.1.1. Morfometría

Trata de aspectos cuantitativos en términos de pendientes, Rugosidad y Acuenca.

Para las variables de morfometría se empleó el modelo digital de elevaciones (DEM), el cual sirvió como insumo para la calificación de cada una de las unidades geomorfológicas.

**Figura 6.** Diagrama de atributos dentro de la variable Morfometría, con sus respectivos porcentajes.



Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 55.

### Pendientes

La pendiente se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal, expresado en grados de 0° a 90° o en porcentaje, se relaciona con los movimientos en masa de manera que a mayor el grado de pendiente aumenta la susceptibilidad a los movimientos en masa.<sup>33</sup>

A partir del Modelo Digital de Elevación (DEM) se calculan las pendientes del terreno usando el algoritmo “Slope” de ArcGis y posteriormente se reclasifican para asignar la calificación apropiada.

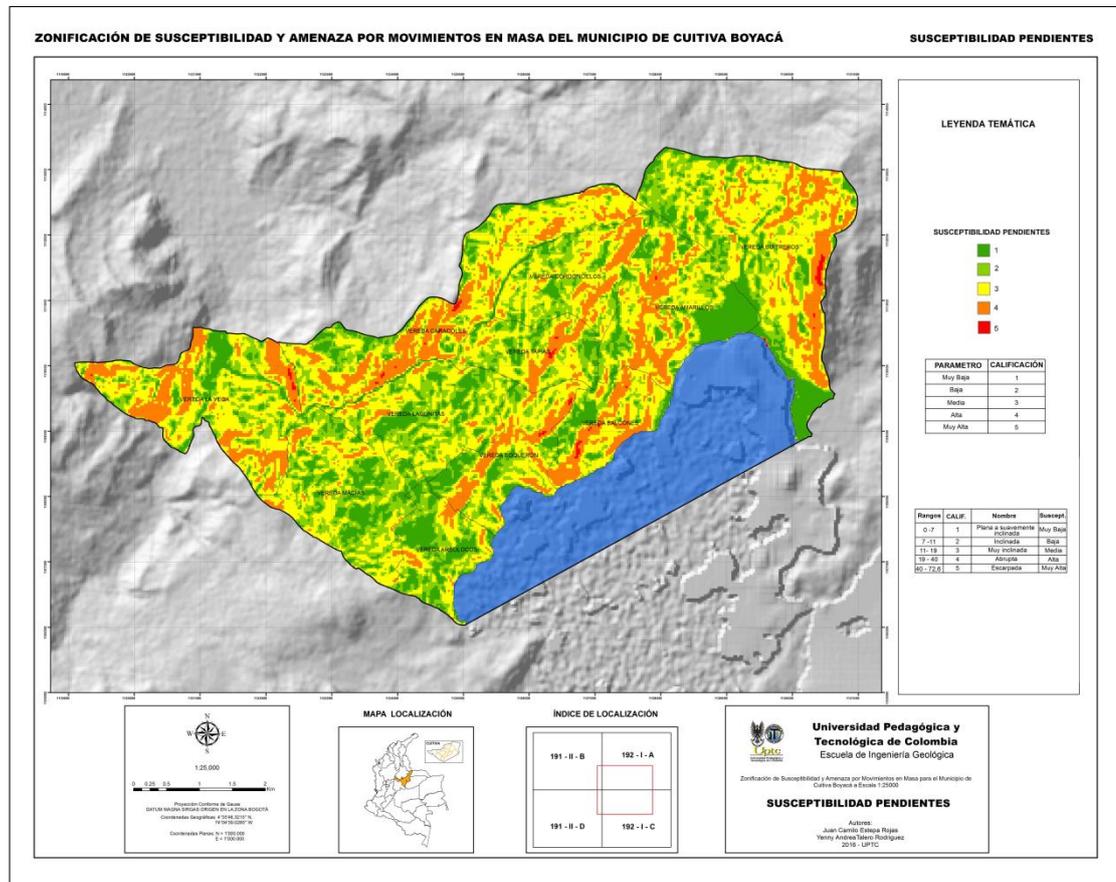
**Tabla 14.** Susceptibilidad de la pendiente. Tomado INGEOMINAS 2011.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	SUSCEPTIBILIDAD
1	Plana	Muy baja
2	Inclinada	Baja
3	Muy Inclinada	Media
4	Abrupta	Alta
5	Escarpada	Muy alta

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 57.

<sup>33</sup>SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.2014, p. 56.

**Mapa 6.** Susceptibilidad por pendientes.



Fuente: Datos de estudio.

### Susceptibilidad Muy Alta

Pendientes mayores a 40 grados las cuales se observan en las cuchillas de la formación Plaeners (Ksgpl) en las veredas Caracoles y Buitreros.

### Susceptibilidad Alta

Se presenta en la vereda Caracoles en el sinclinal de San Miguel, aquí la formación Plaeners (Ksgpl) presentapendientes abruptas entre 19 y 40 grados, favorecidas por su geoforma de ladera (estructural y contrapendiente); también se observa en el sinclinal Del Pilar y algunos sectores de las veredas Cordoncillos, Tapias, Boquerón, Balcones, Amarillos, Buitreros yLa Vega.

### Susceptibilidad Media.

Corresponde a pendientes muy inclinadas entre 11 a 19 grados, predominantes en geoformas de origen denudacional; algunos ejemplos se pueden observar en lomas poco disectadas (Dlpd) de la vereda Buitreros, loma denudada (Dld) y loma erosiva (Dle) en la vereda La Vega.

### **Susceptibilidad Baja**

Pertenece a zonas inclinadas entre 7 a 11 grados asociadas a geoformas de laderas onduladas las cuales se extienden a lo largo de las veredas Macias, Lagunitas, Tapias y Cordoncillos.

### **Susceptibilidad Muy Baja**

Zonas planas a suavemente inclinadas con pendientes entre 0 – 7 grados características de unidades geomorfológicas de origen fluvial presentes en la vereda La Vega, sector el Batán, debido a procesos fluviales del Río Tota, también en depósitos cuaternarios de la vereda Llano de Alarcón y Arbolocos.

### **Acuenca**

De acuerdo con la metodología “La variable Acuenca se relaciona con la cantidad de agua que puede recogerse e infiltrarse en un terreno; corresponde a la superficie de la cuenca, aguas arriba de la celda cuya sumatoria de la superficie vierte a una celda determinada (Cuenca Acumulada). Es decir, a mayor superficie de la cuenca, más agua infiltrada y por ende mayor probabilidad de que el terreno sea inestable.

Teniendo en cuenta que el flujo del agua sobre la superficie se da en la dirección de máxima pendiente, puede calcularse la dirección de flujo y a partir de ésta, conocer cuántas celdas fluyen hacia una celda en particular. La sumatoria de las direcciones de flujos se conoce como flujos acumulados, que al multiplicarlos por el área de la celda a la que fluyen indicaran el área de la cuenca”<sup>34</sup>.

Con el módulo de Hidrología de Arc Toolbox del Software ArcGis y sobre el Modelo Digital de Elevación (DEM), se calculan estos parámetros usando los algoritmos “flow direction” y “flow accumulation”; como resultado se tendrán las zonas donde hay mayor cantidad de agua fluyendo como ríos y quebradas, zonas donde no fluye agua como las cuchillas o divisorias de aguas y zonas donde el flujo se acumula.

---

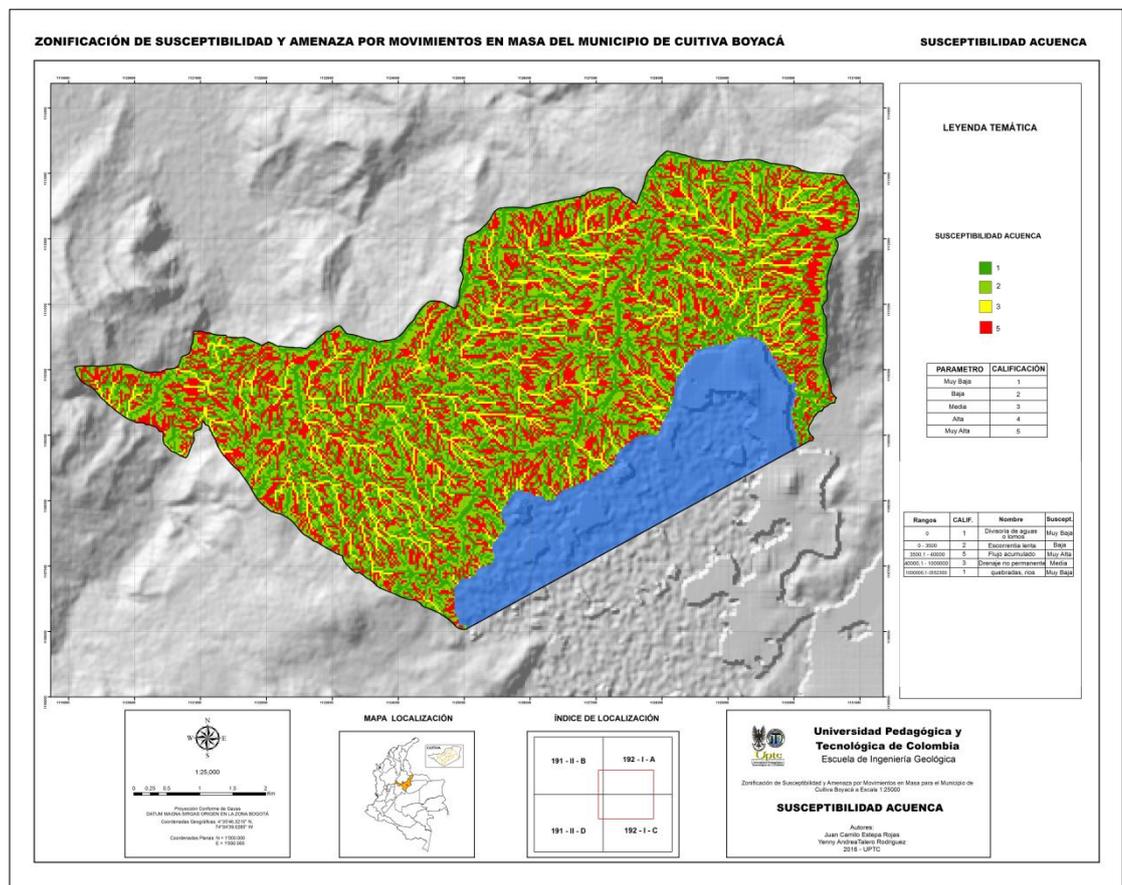
<sup>34</sup> *Ibíd.*, p. 62.

**Tabla 15.** Calificación de la variable Acuenca.

Clasificación	Rango	Descripción	Susceptibilidad
1	0	Divisoria de Aguas o Lomos	Muy Baja
2	0 – 3.500	Escorrentía Lenta	Baja
5	3.500 – 40.000	Flujo Acumulado	Muy Alta
3	40.000 – 1.000.000	Drenaje no permanente	Media
1	> 1.000.000	Quebradas , Ríos	Muy Baja

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 66.

**Mapa 7.** Susceptibilidad por Acuenca.



Fuente: Datos de estudio

### Susceptibilidad

Las tonalidades verdes representan la susceptibilidad baja a muy baja que corresponden a las divisorias de aguas y drenajes permanentes como el río Tota y la quebrada Tapias; así mismo las tonalidades amarillas indican drenajes no permanentes cuya susceptibilidad es media y los colores rojos indican la mayor susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa por esta variable morfométrica en la cual es más probable la acumulación de flujos.

### Rugosidad

En la metodología, “La rugosidad del terreno se define como la variación de la pendiente en un área y representa la desviación del vector normal a la superficie en cada celda. El valor 1 corresponde a rugosidad nula y los valores se hacen menores al aumentar la dispersión de los vectores (alta rugosidad). La rugosidad define bien las formas como los límites de taludes y laderas tanto en los valles como en las crestas (Felicísimo, 1992). Se relaciona con los movimientos en masa de manera que las laderas de rugosidad alta son más propensas a presentar movimientos en masa debido a que los cambios sucesivos de pendientes favorecen una mayor infiltración del agua en el terreno y por ende aumenta la inestabilidad del mismo”.<sup>35</sup>

Usando el algoritmo Terrain Ruggedness (VRM) de ArcGis 10.1 sobre el Modelo Digital de Elevación (DEM) se calcula el parámetro rugosidad.

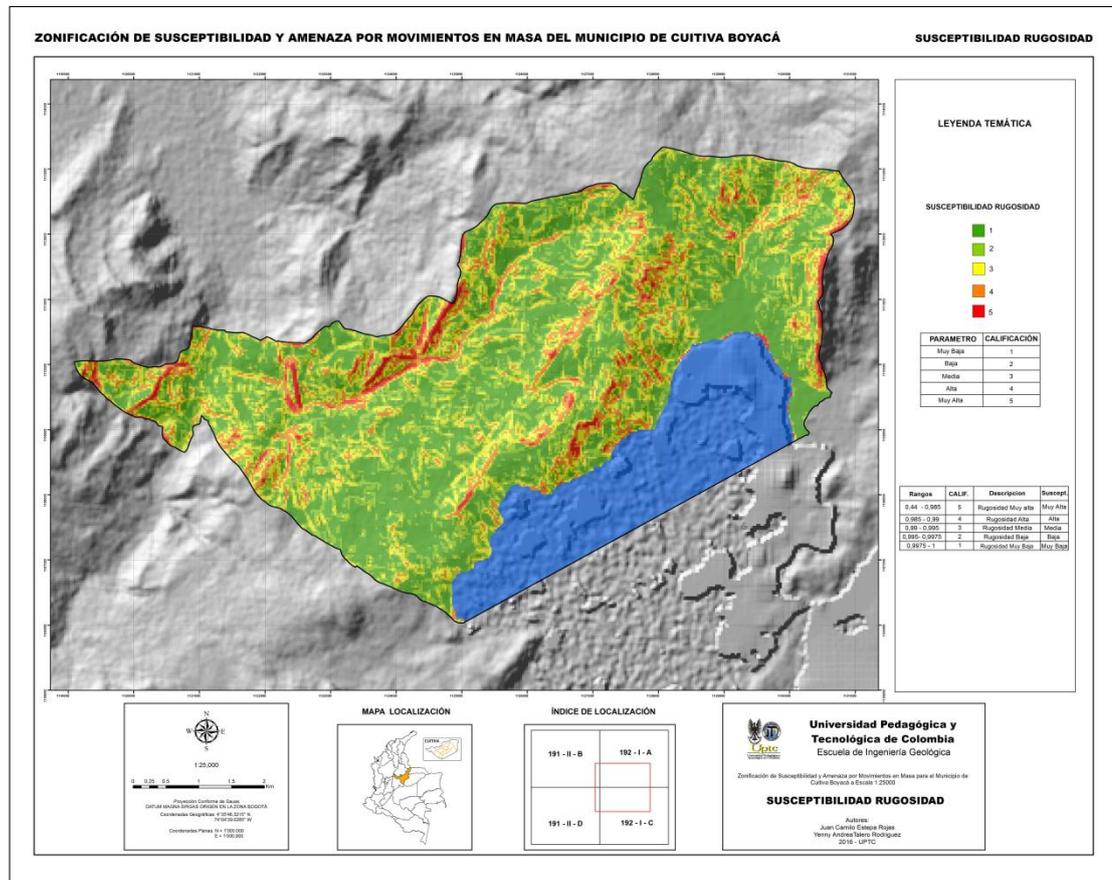
**Tabla 16.** Calificación de la Rugosidad.

Clasificación	Descripción	Susceptibilidad
1	Rugosidad Muy baja o Nula	Muy baja
2	Rugosidad Baja	Baja
3	Rugosidad Media	Media
4	Rugosidad Alta	Alta
5	Rugosidad Muy Alta	Muy Alta

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 60.

<sup>35</sup>Ibíd., p. 38.

**Mapa 8.** Susceptibilidad por rugosidad.



Fuente: Datos de estudio

### Susceptibilidad Muy Alta y Alta

Corresponde a cuchillas y laderas escarpadas de la formación Plaener (Ksgpl), Labor y Tierna (Ksgt) y zonas con cambio abrupto de pendiente como se muestra a lo largo de las quebradas De Gonce, El Túnel y El Salitre.

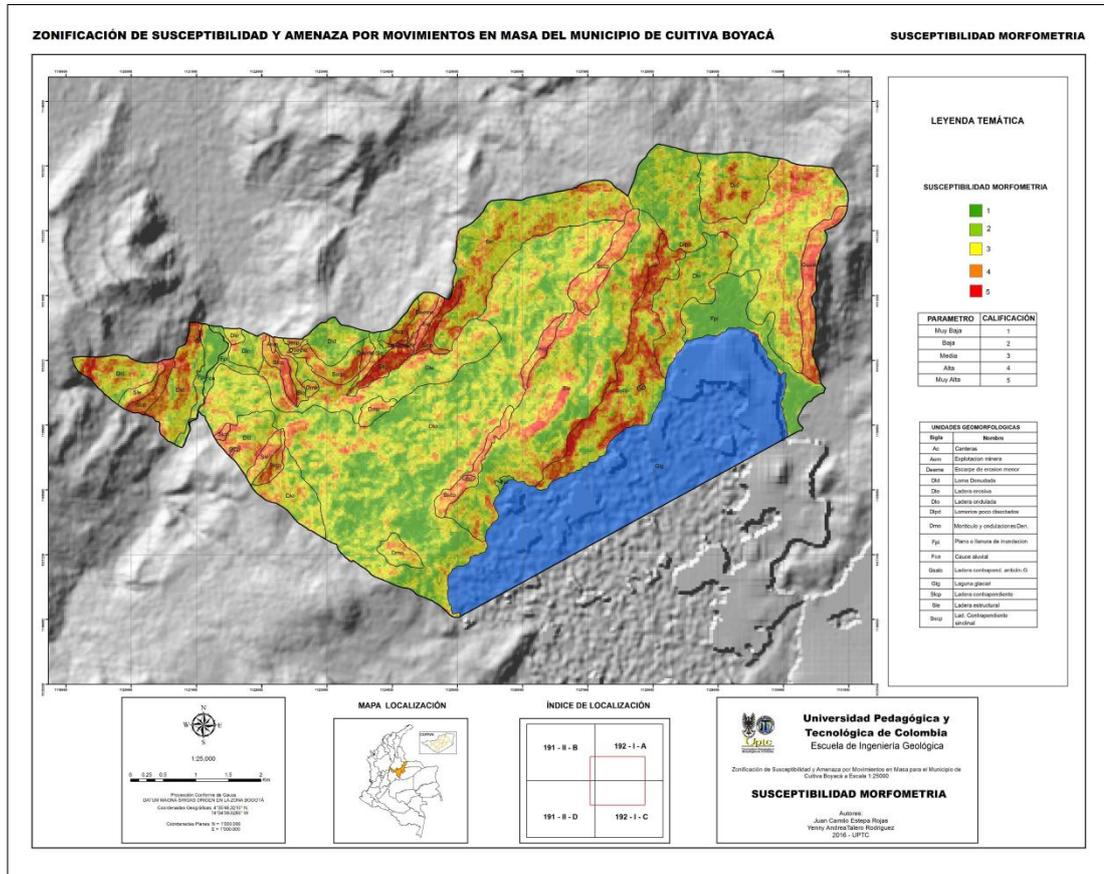
### Susceptibilidad Media

Se distribuye en todo el área de estudio, caracterizada por zonas con pendientes que varían de muy inclinadas a inclinadas.

### Susceptibilidad Baja y Muy Baja

Son zonas donde la topografía no muestra gran variación de la pendiente, correspondiendo a unidades geomorfológicas de laderas onduladas (Dlo) y plano o llanura de inundación (Fpi).

**Mapa 9. Susceptibilidad por morfometría.**



Fuente: Datos de estudio.

**Susceptibilidad Muy Alta y Alta.**

Se presenta en las veredas La Vega, Caracoles, Buitreros y en el sinclinal Del Pilar; debido a que allí son las zonas de mayor pendiente con rangos entre 19 y 40 grados, en las que también la rugosidad es mayor, relacionadas con las formaciones Plaeners (Ksgpl) y Labor y Tierna (Ksgt), sobre geofomas de tipo denudacional y estructural.

**Susceptibilidad Media y Baja.**

Localizadas en gran medida en las Veredas Lagunitas, Macias y arbolocos, debido a que allí son zonas de pendientes con rangos entre los 7 a 19 grados de inclinación, asociada al cuaternario glacal (Qg) y la formación Conejo (Kscn), lo que la hace una zona de susceptibilidad baja a media frente a fenómenos de remoción en masa.

**Susceptibilidad Muy Baja.**

Esta calificación se encuentra en zonas en donde la pendiente es muy baja con rangos entre los 0 a los 7 grados de inclinación, en la cual la rugosidad es

Muy baja o Nula, esta se presenta principalmente en los sectores el Batán y Llano de Alarcón que son zonas planas a suavemente inclinadas, asociadas a procesos fluviales del río Tota y el Lago de Tota respectivamente.

#### 5.4.1.2. Morfogénesis

“La morfogénesis corresponde al origen de las formas del terreno, es decir, las causas y procesos que dieron la forma al paisaje. El origen del paisaje depende de los procesos endogenéticos y la modificación de los agentes exogenéticos (agua, viento, hielo), que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades y durante intervalos de tiempos geológicos, modelando el terreno. La información morfogenética es representada en forma de unidades geomorfológicas; los parámetros de evaluación morfométrica permiten caracterizar una georforma en su orden espacial individual y en su entorno, la morfogénesis junto a la morfocronología, recopila, explica y sintetiza la evolución geológica del relieve actual”.<sup>36</sup>

En la siguiente tabla se muestran los criterios para la calificación del atributo morfogenético de las unidades geomorfológicas presentes en el Municipio de Cúitiva.

**Tabla 17.** Atributos para la calificación de las unidades geomorfológicas.

AMBIENTE	ORIGEN	PROCESO GENETICO	MODELO		RANGO DE CALIFICACION	
			AGRADACION	DEGRADACION	AGRADACION	DEGRADACION

Costero	0	1	1	0	2	1
Fluvial	0	1	1	0	2	1
Eólico	1	1	1	0	3	2
Kárstico	1	1	1	0	3	2
Volcánico	2	0	1	0	3	2
Antrópico	2	1	1	0	4	3
Denudacional	2	1	1	0	4	3
Glacial	2	1	1	0	4	3
Estructural	3	0	1	0	4	3

Exógeno	1	Agradacional	1
Endógeno	0	Degradacional	0

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 68.

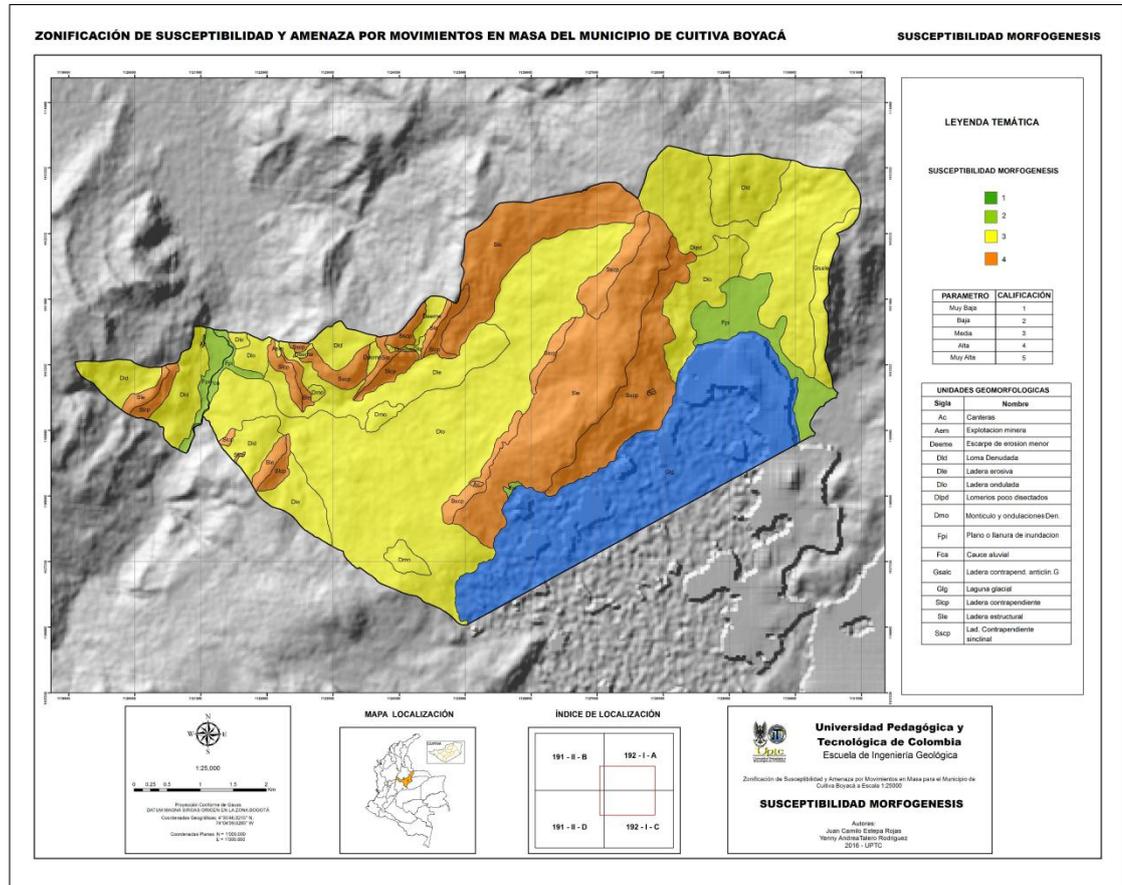
<sup>36</sup> *Ibíd.*, p. 66.

**Tabla 18.** Calificaciones de las unidades morfogenéticas presentes en el Municipio de Cuítiva.

CODIGO	AMBIENTE	UNIDAD O SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA	Amb	P. Genético	Modelado	CalMfgen
<b>Ac</b>	Antrópico	Canteras	2	1	1	4
<b>Aem</b>	Antrópico	Explotación minera	2	1	0	3
<b>Deeme</b>	Denudacional	Escarpe de erosión menor	2	1	1	3
<b>Dld</b>	Denudacional	Loma denudada	2	1	1	3
<b>Dle</b>	Denudacional	Ladera erosiva	2	1	0	3
<b>Dlo</b>	Denudacional	Ladera ondulada	2	1	0	3
<b>Dlpd</b>	Denudacional	Lomeríos poco disectados	2	1	0	3
<b>Dmo</b>	Denudacional	Montículo y ondulaciones denudacionales	2	1	0	3
<b>Fpi</b>	Fluvial	Plano o llanura de inundación	0	1	1	2
<b>Fca</b>	Fluvial	Cauce aluvial	0	1	0	1
<b>Gsalc</b>	Glacial	Ladera de contrapendiente anticlinal glaciada	2	1	1	3
<b>Glg</b>	Glacial	Laguna Glacial	0	1	0	1
<b>Slcp</b>	Estructural	Ladera contrapendiente	3	0	1	4
<b>Sle</b>	Estructural	Ladera estructural	3	0	1	4
<b>Sscp</b>	Estructural	Laderas de contrapendiente sinclinal	3	0	1	4

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 10. Susceptibilidad por morfogénesis.**



Fuente: Datos de estudio

**Susceptibilidad Alta**

Esta se presenta en geformas de ambiente estructural y antrópico, las unidades geomorfológicas son: Ladera Contrapendiente (Slcp), Ladera Estructural (Sle), Laderas de contrapendiente sinclinal (Sscp) y Canteras (Ac); localizadas en las veredas La Vega, Arbolocos y Sinclinal Del Pilar.

**Susceptibilidad Media**

Susceptibilidad de mayor predominancia que corresponde a geformas de ambiente denudacional y glacial como Montículos y ondulaciones denudacionales (Dmo), Ladera erosiva (Dle), Ladera ondulada (Dlo), Lomas denudadas (Dld), Escarpe de erosión menor (Deeme), Lomeríos poco disectados (Dlpd) y Ladera de contrapendiente anticlinal glaciada, localizados en las veredas La Vega, Cordoncillos, Buitreros y anticlinal Guatapé.

### Susceptibilidad Baja y Muy Baja

Con menor extensión de área en la zona de estudio corresponde a geoformas de ambiente fluvial principalmente plano o llanura de inundación (Fpi) y Cauce aluvial (Fca); localizados en el cuaternario aluvial sector Llano de Alarcón y en las Márgenes del Cauce del río Tota.

#### 5.4.1.3. Morfodinámica

La morfodinámica comprende una serie de procesos que modifican el paisaje ya sea destruyéndolo o construyendo nuevas geoformas. Para determinar la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa por la acción de la morfodinámica se hace un agrupamiento de variables geométricas derivadas del Modelo Digital de Elevación (DEM) y el inventario por fotointerpretación, de los movimientos en masa que se desarrollan en el municipio de Cúitva.

### Índice de Relieve Relativo (RR)

Según la guía metodológica, “se hace referencia a que el relieve relativo representa la diferencia de altitud de la geoforma, independientemente de su altura absoluta o nivel del mar. Ella se mide por la diferencia de alturas entre la parte más baja y alta, llámese colina, montaña, meseta, terraza y otros. (INGEOMINAS, 2004)”.<sup>37</sup>

Para el cálculo del índice de relieve relativo se utilizó el algoritmo FocalRange; es una herramienta estadística de Arcgis, que permite calcular la diferencia de altura por unidad de área, para lo cual se utilizó un parámetro de 30 píxeles que es el valor aproximado de un kilómetro cuadrado.

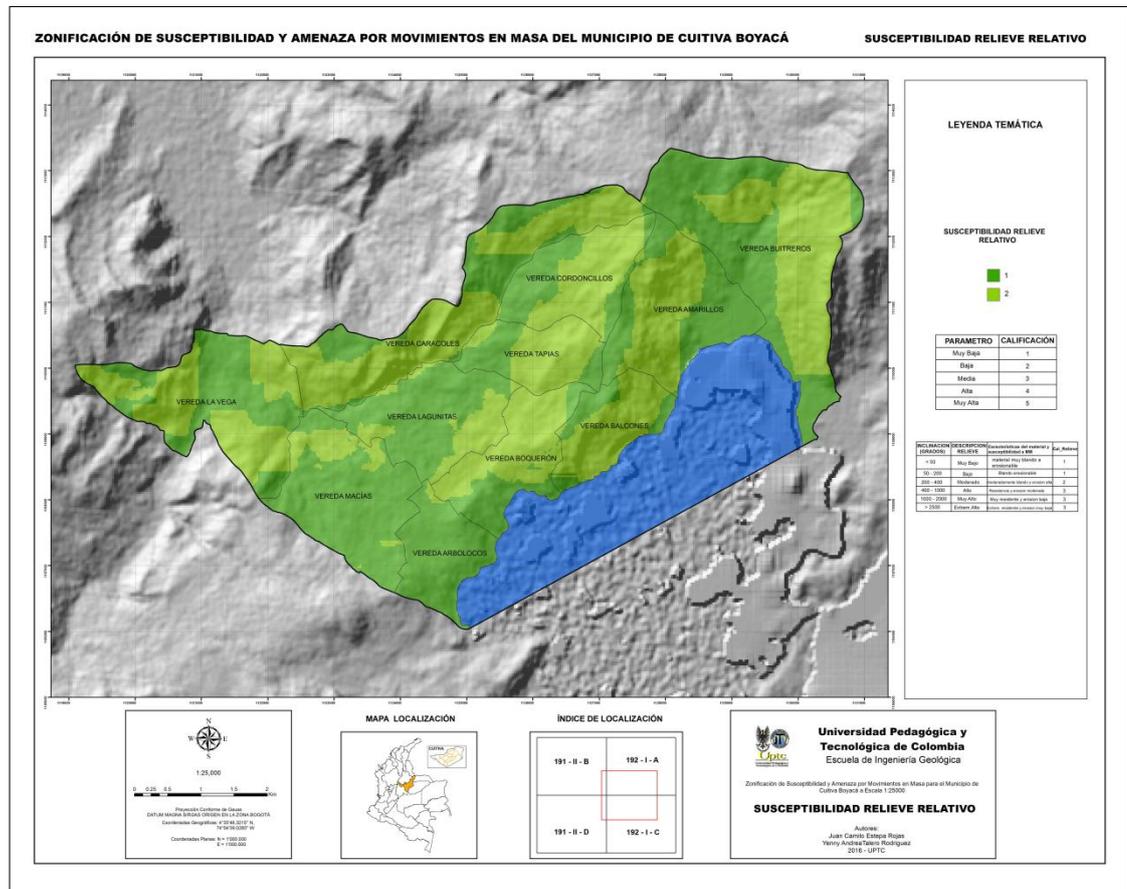
**Tabla 19.** Susceptibilidad por Índice de Relieve Relativo.

SUSCEPTIBILIDAD	CALIFICACIÓN
Bajo	1
Moderado	2
Alto	3

Fuente: Datos de estudio.

<sup>37</sup>Ibid., p. 71.

**Mapa 11. Susceptibilidad por relieve relativo.**



Fuente: Datos de estudio

### Inclinación de Ladera (IL)

“Se hace referencia a la inclinación de la ladera porque generalmente está relacionada con el tipo de material que conforma la unidad morfológica y con la susceptibilidad de dicha unidad a la formación de los movimientos en masa. En general se puede afirmar que existe una relación directa y proporcional. Aunque si es un factor dinámico importante, esta relación no siempre es correlacionable y depende principalmente del tipo de material (VARGAS, 2001 en INGEOMINAS 2004)”.<sup>38</sup>

<sup>38</sup>Ibid., p. 72.

**Tabla 20.** Calificación de la Inclinación de Ladera.

Inclinación (grados)	Descripción	Características del material y susceptibilidad a MM	Calificación
< 5	Plana a suavemente inclinada	Muy blanda y muy baja susceptibilidad	1
5 – 10	Inclinada	Blanda y baja susceptibilidad	1
10 – 15	Muy inclinada	Moderadamente blanda y moderada susceptibilidad	2
15 – 20	Abrupta	Moderadamente resistente y moderada susceptibilidad	2
20 – 30	Muy abrupta	Resistente y alta susceptibilidad	3
30 – 45	Escarpada	Muy resistente y alta susceptibilidad	3
> 45	Muy escarpada	Extremadamente resistente y alta susceptibilidad	3

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 73.

“Una vez calculado el FocalRange, se toma el DEM (Modelo Digital de Elevación, Útil para calcular el parámetro Inclinación de la Ladera); y se le aplica el comando SLOPE (Pendientes), el cual nos muestra valores de pendiente en grados. Seguido a ello se le aplica el comando RECLASSIFY, el cual realiza la reclasificación de los valores anteriormente obtenidos y arroja la susceptibilidad por la Inclinación de la Ladera”.<sup>39</sup>

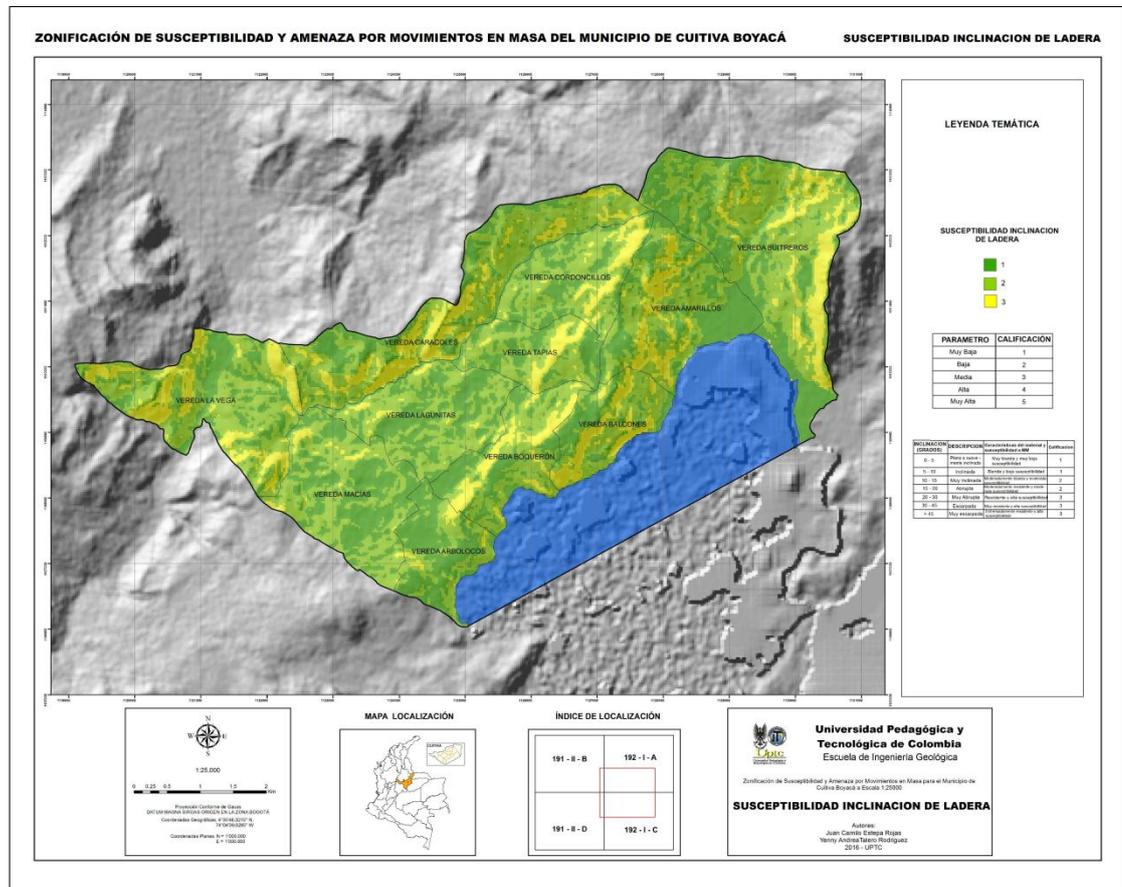
**Tabla 21.** Susceptibilidad por Inclinación de ladera.

Susceptibilidad	Calificación
Muy Baja	1
Moderada	2
Alta	3

Fuente: Datos de estudio.

<sup>39</sup>INGEOGIS Ltda. Zonificación por fenómenos de remoción en masa para el municipio de Sogamoso. Capítulo 6.1, 2015.

**Mapa 12. Susceptibilidad por inclinación de ladera.**



Fuente: Datos de estudio

**Combinación del relieve relativo y la inclinación de la ladera (RelaIncli):**

“La combinación de los elementos fisiográficos, relieve relativo e inclinación de la ladera mediante el modelo RelaIncli, permite la agrupación en un mismo escenario de los elementos geomorfológicos con mayor tendencia a los movimientos en masa tanto por evidencias antecedentes como por los eventos registrados en un catálogo e inventario de dichos movimientos. De esta manera se considera que la inclinación de la ladera que constituye una geofoma, no atributo suficiente para determinar la ocurrencia de un movimiento, en tanto no exista la contribución de la posición geográfica de dicha ladera a la ocurrencia o amplificación del evento”.<sup>40</sup>

La ecuación utilizada para relacionar estos parámetros es la siguiente:

$$RelaIncli = RR * 60\% + IL * 40\%$$

<sup>40</sup> SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.2014, p. 73.

## Inventario de movimientos en masa

Para incluir este parámetro en la variable morfodinámica, se realizó un inventario de los movimientos en masa presentes en el Municipio de Cuítiva, el cual se realizó por medio de visitas de reconocimiento en campo y por búsqueda de información recolectada por algunas entidades. Estos eventos fueron digitalizados en forma de polígonos, a los cuales se les asignó una calificación de 5; definiendo de esta manera las zonas con mayor dinámica por movimientos en masa.

**Tabla 22.** Inventario de movimientos en masa del Municipio de Cuítiva.

ENTIDAD	CANTIDAD DE MOVIMIENTOS
SIMMA	2
Presente Estudio	25

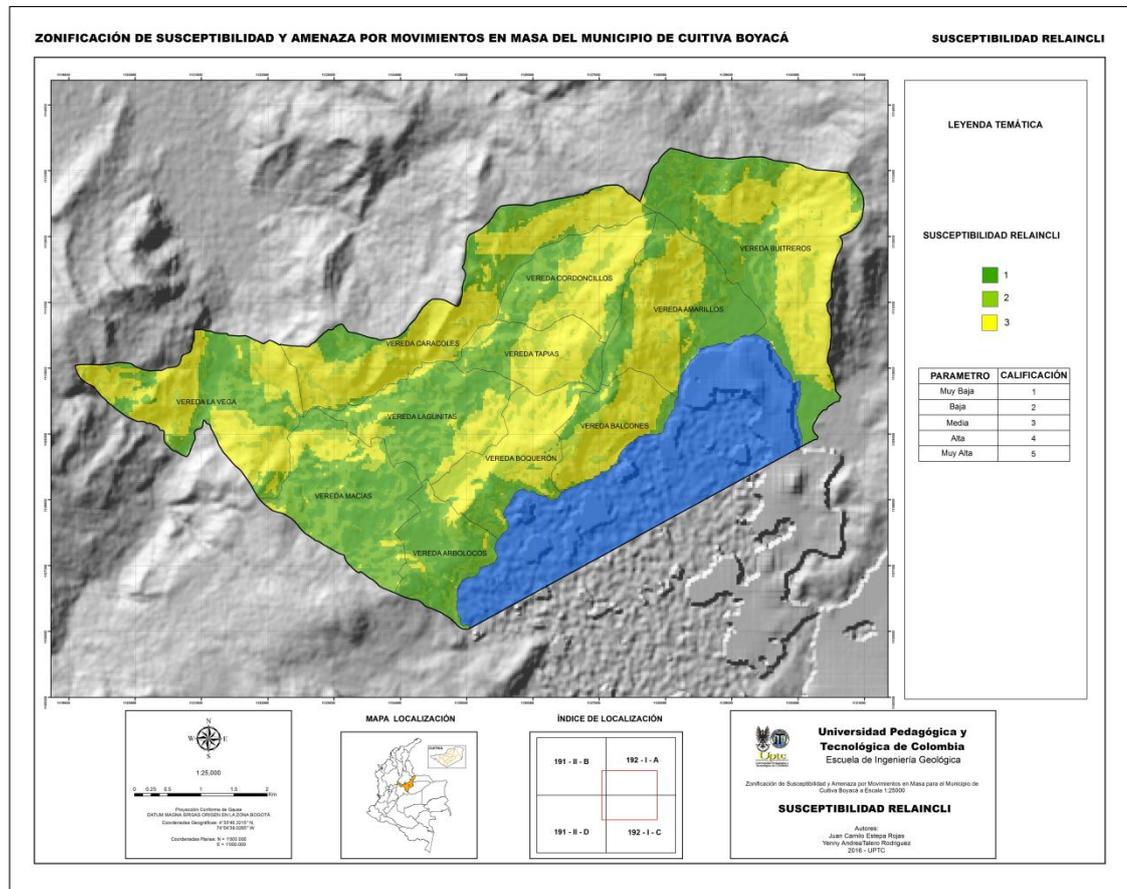
Fuente: Datos de estudio.

**Tabla 23.** Tipos de Movimientos registrados.

Tipo de movimiento	Cantidad
Deslizamiento rotacional	1
Deslizamiento traslacional	21
Reptación	4
Flujos	1
Total	27

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 13. Susceptibilidad por relaincli.**



Fuente: Datos de estudio

### **Susceptibilidad Media.**

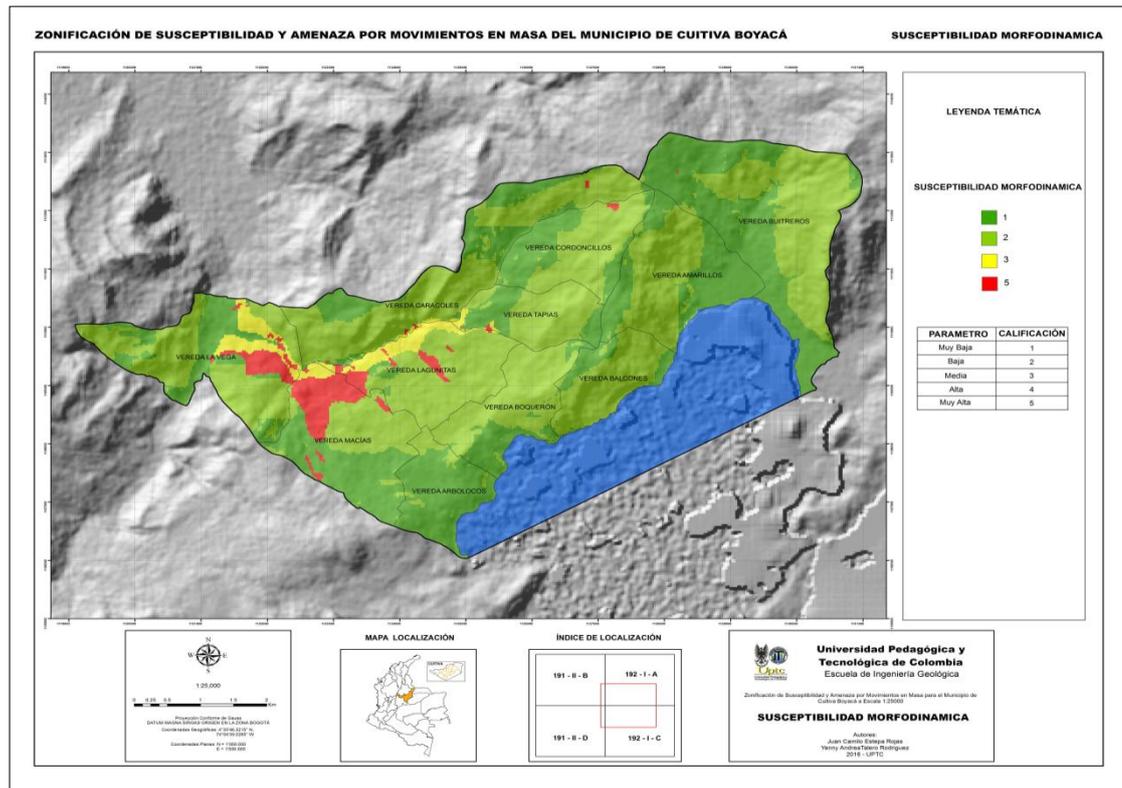
Esta se localiza en la mayoría de las veredas donde se encuentra un sistema de anticlinales y sinclinales asociados a las formaciones, Conejo (Kscn), Plaeners (Ksgpl), Pinos (Ksgp), Labor y tierna (Ksgt); siendo las inclinaciones de ladera abruptas a muy escarpadas, asociadas a geoformas de tipo estructural, en el cual el índice de relieve relativo es bajo (entre 50 y 200 m ) en donde el material es blando y erosionable, estas zonas poseen una susceptibilidad media al desarrollo de movimientos en masa y aunque se tienen materiales resistentes, la alta inclinación de dichas zonas sumado al potencial gravitatorio inherente al relieve relativo de dichas zonas son características que pueden afectar la estabilidad.

### **Susceptibilidad Baja y Muy Baja.**

Esta se encuentra en gran parte del municipio, evidenciándose en mayor medida en el sector de El Batán y Llano de Alarcón, presentándose allí la más baja susceptibilidad. Las inclinaciones de pendiente para estas zonas son de

plana a muy inclinada y el índice de relieve relativo es bajo, las combinaciones de estas características es justamente lo que convierte a esta zona estable donde las condiciones de estabilidad tienden a permanecer constantes.

**Mapa 14.** Susceptibilidad por morfodinámica.



Fuente: Datos de estudio

### **Susceptibilidad Muy Alta.**

Corresponde al depósito coluvial (Qc) sobre las veredas Macias y La Vega y los deslizamientos que son aquellas zonas donde los procesos de remoción en masa ya han ocurrido.

### **Susceptibilidad Media.**

Se localiza sobre el cuaternario Coluvio aluvial (Qcal), comprendiendo parte de las veredas Lagunitas, Macias y La Vega, donde la ladera se presenta de inclinada a abrupta y el relieve relativo de muy bajo a bajo, asociado a geoformas de tipo denudacional y estructural.

### **Susceptibilidad Baja.**

Se encuentra en gran parte de las veredas del municipio, debido a que su relieve es bajo con rangos entre 50 y 200 metros, siendo zonas de laderas inclinadas a muy abruptas. Estas además están asociadas a geoformas

denudacionales y en menor medida estructurales. En la parte de la vereda Lagunitas por ser una zona de relieve bajo y laderas inclinadas pueden generarse movimientos en masa por acumulación de agua lluvia.

#### **Susceptibilidad Muy Baja.**

Corresponde a las veredas Buitreros, sector de Llano de Alarcón, La Vega, Arbolocos y parte de Macias, asociadas a un relieve Muy Bajo menor a 50 m, y con inclinaciones planas a inclinadas lo que las hace menos susceptibles a la generación de movimientos en masa.

### **5.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DEL MUNICIPIO DE CUÍTIVA**

Los suelos constituyen una capa dinámica en la que constantemente tienen lugar procesos químicos y biológicos. Están determinados por condiciones de clima, topografía y vegetación. Cuando varían estas determinantes, los suelos experimentan cambios en el que tendrán una capacidad y respuesta ante la dinámica de las coberturas vegetales, la incidencia del clima y la intervención humana.

El componente suelos se trabajó a partir del mapa de suelos del EOT municipal 2005.

Los suelos del municipio se han enmarcado en las dos zonas de vida propias de la región, su estudio comprende la caracterización de las asociaciones que incluye una descripción de cobertura vegetal y uso actual.

#### **5.5.1. Unidades de suelos**

**“Bosque Montano Tropical Subhúmedo (bm-Tsh):** Esta zona comprende las Asociaciones Bojacá (BJ), Cuítiva (CT), Misceláneo Erosionado (ME), Tobo (HC) y Ubaté (UC)”.<sup>41</sup>

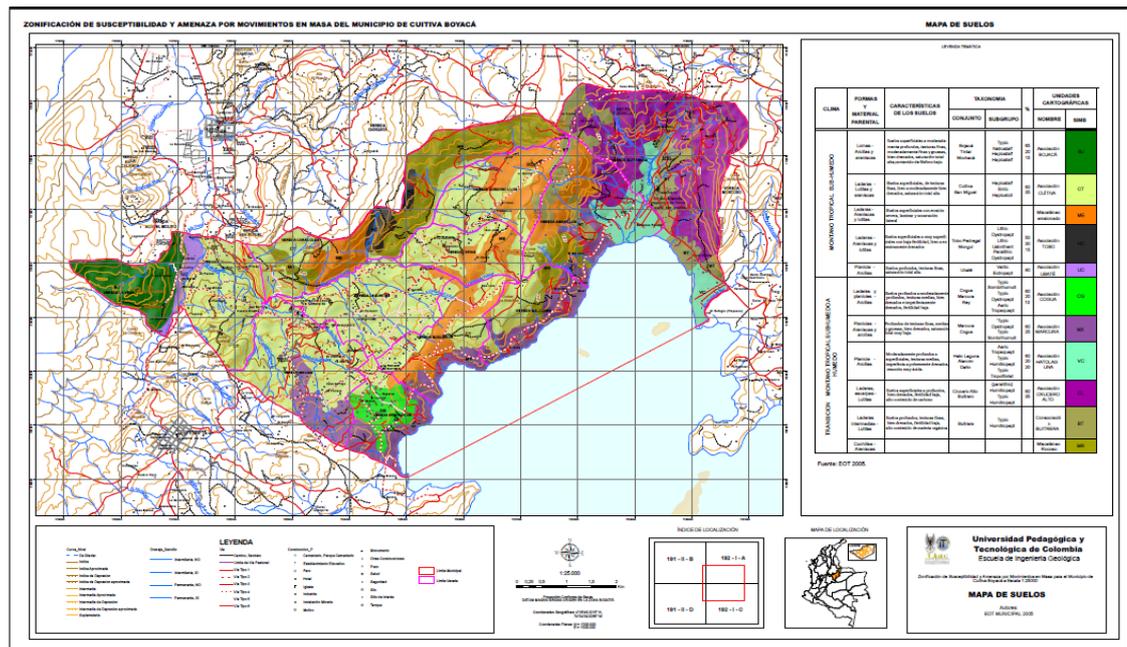
◆ **Asociación Bojacá (BJ).** Está localizada entre 2.500 y 2.800 m.s.n.m., presenta suelos originados a partir de arcillas y areniscas, en relieve ondulado ha quebrado, con erosión ligera a muy severa y clima frío seco, con estaciones contrastantes y deficiente distribución de lluvias. La asociación está constituida por los conjuntos Bojacá (Typic Natrustalf) 65%, Mochagá (Haplustalf) 20% y Tintal (Haplustalf) 15%.

---

<sup>41</sup>EOT, 2005

La vegetación presente es de cactus, dividivi, hayuelo, ciro, chilco y olivo, el uso actual predominante está constituido por cultivos de trigo, cebada, arvejas en rotación con pasturas de kikuyo, trébol, poa y falso poa; algunos lotes se encuentran en descanso cubiertos por hacedera.

**Mapa 15. Suelos municipio de Cuítiva escala 1:25000**



Fuente: EOT, 2005

♦ **Asociación Cuítiva (CT).** Está localizada entre 2.600 y 2.800 m.s.n.m., con suelos desarrollados a partir de areniscas en relieve ondulado ha quebrado, con erosión moderada a severa y constituida por los conjuntos Cuítiva (Haplustalf) 60% y San Miguel (Entic Haplustoll) 35%.

Aunque la vegetación natural ha sido destruida, existen algunas especies de Chilco, espárrago, altamisa, chizo, ciro y tinto, y algunos árboles de eucalipto y acacia; su uso actual predominante está en praderas de kikuyo, poa, falso poa, trébol y achicoria.

♦ **Misceláneo Erosionado (ME)** Áreas sometidas a escasas precipitaciones, pero intensas, lo cual facilita la erosión por escurrimiento difuso o concentrado superficial, que se manifiesta excesivo por la presencia de cárcavas densas. Dentro de la unidad se encuentran parches pedregosos que en la actualidad están siendo utilizados en pastizales, algo de cultivos y cultivo de pino; el misceláneo erosionado se encuentra en las vertientes formadas por lutitas, calizas y areniscas.

♦ **Asociación Tobo (HC)** Los suelos de esta asociación se encuentran en la vereda de Caracoles, entre 2600 y 2800 m.s.n.m. formados a partir de areniscas y lutitas en relieve laderas. La unidad está formada por los conjuntos Tobo (Lithic Dystropept) en proporción del 50%, Pedregal (Lithic Ustorhent) en 30%, Morquí (Paralithic Distropept) en 15%, y el resto constituido por afloramientos rocosos.

La asociación en general posee pendiente fuerte, desaparición parcial de la capa de suelo y cobertura representada por helecho, tuno, garrocho, chilco, chite y hayuelo, y cultivos de maíz y trigo.

♦ **Consociación Ubaté (UC)**. Localizada a 2.530 m.s.n.m., con suelos originados a partir de arcillas, presenta relieve plano y drenaje natural moderado a imperfecto. Esta Consociación está compuesta principalmente por el conjunto Ubaté (Vertic Eutropept) 80% con inclusiones de Nemocón y Chicamocha.

La vegetación natural está representada por tinto, sombo y dividivi y el uso actual predominante es de cultivos de maíz, frijol y arveja en rotación con pasturas de kikuyo, trébol y falso poa.

**“Transición Bosque Montano Tropical Subhúmedo a Bosque Montano Tropical húmedo (bm-Tmh a bm-Th):** Esta zona comprende las Asociaciones Cogua (CG), Marcura (MX), Hato Laguna (VC), Crucero Alto (CL) y Buitrera (BT) ”.<sup>42</sup>

♦ **Asociación Cogua (CG)**. Se localiza a 2.900 a 3.100 m.s.n.m. con suelos originados a partir de arcillas y en menor proporción areniscas, en relieve ondulado con erosión moderada. Está constituida principalmente por los conjuntos Cogua (Typic Sombrihumult) 60%, Marcura (Typic Dystropept) 20% y Rey (Aeric Trophaquept) 10%.

La vegetación natural está representada por chite, tuno, frailejón, chilco, paja de páramo, el uso actual están los cultivos de papa y haba en rotación con pasturas naturales.

♦ **Asociación Marcura (MX)** Localizada entre 2.900 a 3.200 m.s.n.m. son suelos originados a partir de areniscas y en menor proporción lutitas, con un relieve ondulado ha quebrado, con erosión severa. Está compuesta por los conjuntos Marcura (Typic Dystropept) 60% y Cogua (Typic Sombrihumult) 25%, con inclusiones de Cúitva y Rey.

La vegetación natural representada por jarilla, tinto y tuno con cultivos de papa, haba y pasturas en rotación de kikuyo, falso poa, poa, trébol y achicoria.

---

<sup>42</sup>EOT, 2005

♦ **Asociación Hato Laguna (VC).** Localizada en depresiones cerradas, con o sin drenaje a 3.000 m de altitud, desarrollados sobre arcillas y sedimentos orgánicos en relieve plano a inclinado, con drenaje natural imperfecto a pobre. La asociación está formada por los conjuntos Hato Laguna (Aeric tropaquept) 60%, Alarcón (Typic Humitropept) 20% y Daito (Typic Tropofibrist) 20%.

La vegetación está constituida por junquillo y chite, el uso actual consiste en cultivos de cebolla.

♦ **Asociación Crucero Alto (CL)** Los suelos de esta asociación se encuentran en la vereda de Buitreros y algo de Amarillos a unos 2900 a 3200 m.s.n.m., formados en relieve quebrado y escarpado a partir de lutitas con erosión ligera, severa o muy severa y en algunos sectores aparecen afloramientos rocosos. La unidad está constituida por los conjuntos Crucero Alto (Paralithic Humitropept) en proporción de 60% y Buitrera (Lithic Humitropept en 35%, además presenta inclusiones de sectores rocosos.

La cobertura vegetal está representada por masas boscosas de eucaliptos y pinos, pasturas de kikuyo, achicoria, falso poa, y cultivos de papa, arveja y haba.

♦ **Consociación Buitrera (BT)** Localizada en las veredas de Buitreros y Amarillos, entre 2900 y 3200 m.s.n.m. con relieve ondulado y suelos originados a partir de lutitas con erosión ligera a moderada. La unidad está constituida principalmente por el conjunto Buitrera La vegetación está representada por cultivos de papa, maíz, trigo haba y pastos como falso poa, kikuyo y árboles de pino y eucalipto.

“**Bosque Montano Tropical Húmedo y Páramo Subandino.** En esta zona se encuentra la asociación Misceláneo Rocosos (MR)”.<sup>43</sup>

♦ **Unidad Misceláneo Rocosos (MR).** Se encuentra distribuida en áreas de vertientes erosionadas y escarpes. Existen pequeñas áreas con alguna vegetación o uso agrícola; sin embargo la unidad en más del 80% presenta afloramiento de rocas o fragmentos de ellas. Los suelos que se pueden encontrar son muy superficiales, en algunos casos pedregosos o con erosión severa, con limitantes climáticos. Están dedicados en general al libre crecimiento de la vegetación natural (matorrales o bosques poco densos).

---

<sup>43</sup>EOT, 2005

**Tabla 24.** Unidades de Suelo presentes en el Municipio de Cuítiva.

CLIMA	FORMAS Y MATERIAL PARENTAL	CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	TAXONOMIA		%	UNIDADES CARTOGRÁFICAS	
			CONJUNTO	SUBGRUPO		NOMBRE	SIMB
MONTANO TROPICAL SUB-HUMEDO	Lomas - Arcillas y areniscas	Suelos superficiales a moderadamente profundos, texturas finas, moderadamente finas y gruesas, bien drenados, saturación total alta, contenido de fósforo bajo.	Bojacá Tintal Mochacá	Typic Natrustalf Haplustalf Haplustalf	65 20 15	Asociación BOJACÁ	BJ
	Laderas - Lutitas y areniscas	Suelos superficiales, de texturas finas, bien a moderadamente bien drenados, saturación total alta	Cuítiva San Miguel	Haplustalf Entic Haplustoll	60 35	Asociación CUÍTIVA	CT
	Laderas - Areniscas y lutitas	Suelos superficiales con erosión severa, laminar y socavación lateral				Misceláneo erosionado	ME
	Laderas - Areniscas y lutitas	Suelos superficiales a muy superficiales con baja fertilidad, bien a excesivamente drenados	Tobo Pedregal Monguí	Lithic Dystropept Lithic Ustorthent Paralithic Dystropept	50 30 15	Asociación TOBO	HC
	Planicie - Arcillas	Suelos profundos, texturas finas, saturación total alta.	Ubaté	Vertic Eutropept	80	Asociación UBATÉ	UC
TRANSICION MONTANO TROPICAL SUBHUMEDO A HUMEDO	Laderas y planicies - Arcillas	Suelos profundos a moderadamente profundos, texturas medias, bien drenados e imperfectamente drenados, fertilidad baja.	Cogua Marcura Rey	Typic Sombrihumult Typic Dystropept Aeric Tropaquept	60 20 10	Asociación COGUA	CG
	Planicies - Areniscas y arcillas	'Profundos de texturas finas, medias y gruesas, bien drenados, saturación total muy baja.	Marcura Cogua	'Typic Dystropept Typic Sombrihumult	60 25	Asociación MARCURA	MX
	Planicie - Arcillas	Moderadamente profundos a superficiales, texturas medias, imperfecta a pobremente drenados, reacción muy ácida.	Hato Laguna Alarcón Daito	Aeric Tropaquept Typic Humitropept Typic Tropofibris	60 20 20	Asociación HATOLAGU NA	VC
	Laderas, escarpes - Lutitas	Suelos superficiales a profundos, bien drenados, fertilidad baja, alto contenido de carbono	Crucero Alto Buitrero	(paralithic) Humitropept Typic Humitropept	60 35	Asociación CRUCERO ALTO	CL
	Laderas intermedias - Lutitas	Suelos profundos, bien drenados, fertilidad baja, alto contenido de materia orgánica	Buitrera	Typic Humitropept		Consociación BUITRERA	BT
	Cuchillas - Areniscas					Misceláneo Rocoso	MR

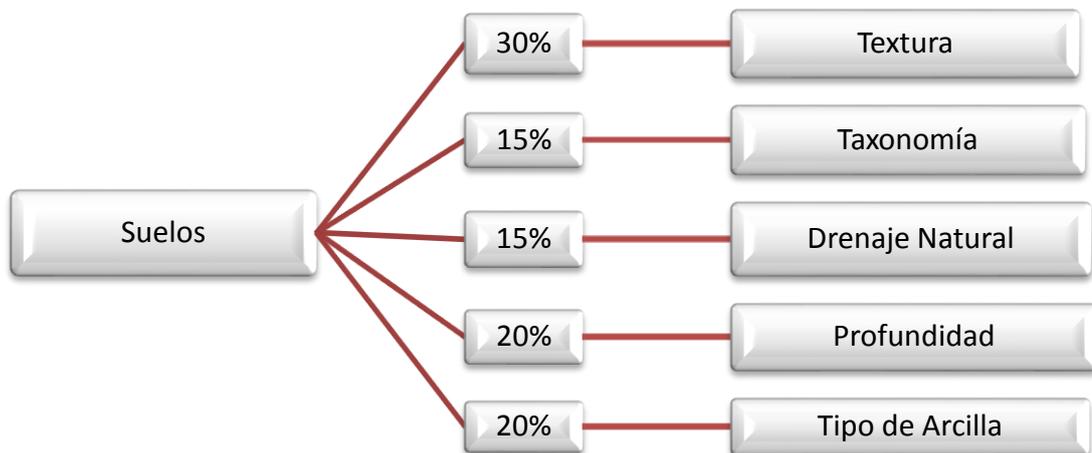
Fuente: EOT Municipal, 2005.

## 5.6. METODOLOGÍA APLICADA A LA TEMÁTICA DE SUELOS.

### 5.6.1. Valoración de la susceptibilidad por Suelos

La presente metodología define las variables: taxonomía, textura, profundidad, tipo de arcilla y drenaje natural, con las que se pretende evaluar su relación con la susceptibilidad a los movimientos en masa. En la Figura 7 se muestra el diagrama de atributos de calificación del variable suelo.<sup>44</sup>

**Figura 7.** Diagrama de atributos de calificación del variable suelo, con sus respectivos porcentajes



Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 81.

#### 5.6.1.1. Textura

“La textura comprende la cantidad relativa de las diferentes partículas de suelo de tamaño menor de 2 mm de diámetro (arenas, limos y arcillas). La textura, se encuentra relacionada con la retención de humedad, aireación (difusión de gases), permeabilidad, intemperismo, volumen explorado por las raíces, manejo de suelos, fertilidad y nutrición mineral entre otras.

En suelos arcillosos el movimiento vertical del agua es menor por cuanto los poros son más pequeños de esta manera la conductividad hidráulica también

<sup>44</sup>SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.2014, p. 80.

es menor, haciendo de los suelos menos permeables, la consecuencia es que aumentan el contenido de agua, se saturan y finalmente son más susceptibles a movimientos en masa. Contrario a los suelos arcillosos, los de textura gruesa (arena, grava) serán menos susceptibles por cuanto el agua se desplaza a mayor velocidad en el perfil del suelo (mayor velocidad de infiltración), caracterizando los suelos más permeables y con mayor conductividad hidráulica. Los suelos con mayor contenido de materia orgánica se saturaran, se vuelven más fluidos, menos consistentes y entre mayor sea la pendiente donde estén ubicados mayor será la susceptibilidad a moverse”.<sup>45</sup>

**Tabla 25.** Calificación de la textura de los suelos

Clase textural	Calificación
Gr,A,FAGrP,AGr,AFP	1
AF,FAGr,FarAGr,FarGr,FGr,FGrP	2
ArA,ArGr,FA,FarLGr,ArLGr,FLGr,ArAGr	3
F,F-Org,Far,Far,FarA,FarL,FL,FLOrg	4
Ar,ArL	5

A =Arena; L= Limo ; Ar =Arcilla ; F =Franco ; Gr =Grava ; P=Piedra :Org= Organico

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 82.

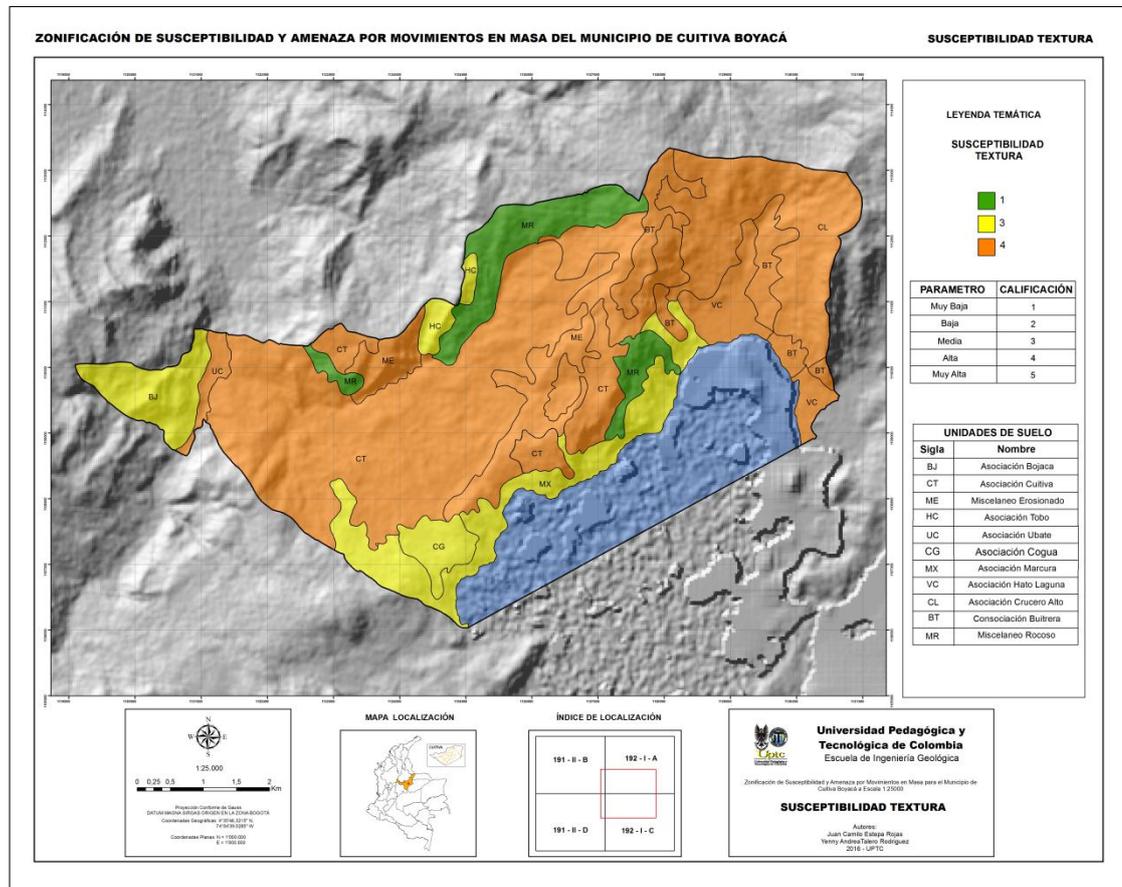
<sup>45</sup>Ibíd., p. 80 - 81.

**Tabla 26.** Clasificación textural de las unidades cartograficas presentes en el municipio de Cuítiva.

UNIDADES CARTOGRÁFICAS		FORMAS Y MATERIAL PARENTAL	CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	CALIFICACIÓN POR TEXTURA
SIMB	NOMBRE			
BJ	Asociación BOJACÁ	Lomas - Arcillas y areniscas	Suelos superficiales a moderadamente profundos, texturas finas, moderadamente finas y gruesas, bien drenados, saturación total alta, contenido de fósforo bajo.	3
CT	Asociación CUÍTIVA	Laderas - Lutitas y areniscas	Suelos superficiales, de texturas finas, bien a moderadamente bien drenados, saturación total alta	4
ME	Misceláneo erosionado	Laderas - Areniscas y lutitas	Suelos superficiales con erosión severa, laminar y socavación lateral	4
HC	Asociación TOBO	Laderas - Areniscas y lutitas	Suelos superficiales a muy superficiales con baja fertilidad, bien a excesivamente drenados	3
UC	Asociación UBATÉ	Planicie - Arcillas	Suelos profundos, texturas finas, saturación total alta.	4
CG	Asociación COGUA	Laderas y planicies - Arcillas	Suelos profundos a moderadamente profundos, texturas medias, bien drenados e imperfectamente drenados, fertilidad baja.	3
MX	Asociación MARCURA	Planicies - Areniscas y arcillas	'Profundos de texturas finas, medias y gruesas, bien drenados, saturación total muy baja.	3
VC	Asociación HATOLAGUNA	Planicie - Arcillas	Moderadamente profundos a superficiales, texturas medias, imperfecta a pobremente drenados, reacción muy ácida.	4
CL	Asociación CRUCERO ALTO	Laderas, escarpes - Lutitas	Suelos superficiales a profundos, bien drenados, fertilidad baja, alto contenido de carbono	4
BT	Consociación BUITRERA	Laderas intermedias - Lutitas	Suelos profundos, bien drenados, fertilidad baja, alto contenido de materia orgánica	4
MR	Misceláneo Rocoso	Cuchillas - Areniscas		1

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 16. Susceptibilidad por textura de los suelos.**



Fuente: Datos de estudio

### Susceptibilidad Alta

Comprende 27,05 Km<sup>2</sup> del área total, la cual incluye unidades de suelo de texturas finas franco – arcillosa y limo; como son la asociación Cuitiva (CT), misceláneo erosionado (ME), asociación Ubate (UC), asociación Hato Laguna (VC), asociación Crucero Alto (CL), consociación Buitrera (BT) de los paisajes de planicies y laderas, ubicados en las veredas Buitreros, Amarillos, Cordoncillos, Tapias, Boqueron, Lagunitas, Macías, al oriente en la vereda La Vega y al Occidente en la vereda Caracoles.

### Susceptibilidad Media

Ocupa 6,34 Km<sup>2</sup> del área municipal, conformada por unidades de suelos de textura media a fina (arena – arcilla) en paisajes de planicies, laderas y lomas; como, las Asociaciones Tobo (HC), Marcura (MX), Cogua (CG) y Bojacá distribuidas, al NW de la Vereda La Vega, cuchilla Diagota y Loma el Volador de la vereda Caracoles, al SE vereda Macías y en los alrededores del Lago Tota en las veredas Boqueron, Balcones y Amarillos.

## Susceptibilidad Baja

Corresponde a 2,99 Km<sup>2</sup> del área total, la cual incluye suelos detexturas medias ubicados en lomas erosivas y cuchillas de la vereda Caracoles y parte de las veredas Balcones y Amarillos.

### 5.6.1.2. Taxonomía

Según la guía metodológica, “la taxonomía de suelos, corresponde a un sistema básico de clasificación para hacer e interpretar los levantamientos de suelos. Actualmente, la descripción taxonómica de suelos, se basa en la clasificación y estructuración que hace la S.S.S. (Soil Survey Staff 1.998). La clasificación taxonómica, permite realizar generalizaciones inductivas acerca de las características de las clases de suelos y establecer interrelaciones entre ellos”.<sup>46</sup>

Con la información de la tabla 29 donde se muestra la taxonomía de los suelos presentes en el municipio a nivel de conjuntos y subgrupos; se identificó el orden de cada unidad de suelo y se calificó de acuerdo a la guía metodológica; con el fin de identificar los suelos que poseen condiciones ideales, esto quiere decir aquellos que son menos susceptibles a los movimientos en masa. La siguiente tabla muestra los órdenes de suelos.

**Tabla 27.** Orden de suelos

ORDEN	ABREVIATURA PARA LA TERMINACIÓN SUBGRUPO	DESCRIPCIÓN
ALFISOLES	ALF	Suelos con horizonte argílico y sin epipedón mólico
ANDISOLES	AND	Suelos con propiedades ándicas (alofanos, vidrio volcánico)
ARIDISOLES	ID	Suelos de desierto con epipedón ócrico y uno o más de los siguientes subsuperficiales: argílico, cámbico, nátrico, gíbsico, sálico, cálcico, petrocálcico o duripan
ENTISOLES	ENT	Suelos no evolucionados, sin horizonte diagnóstico, salvo ócrico o antrópico ént” sin sentido
GELISOLES	EL	Suelos helados gran parte del año, latín “gelare”
HISTISOLES	IST	Suelos con epipedón hístico, “histo”, griego, tejido
INCEPTISOLES	EPT	Suelos pocos evolucionados, con horizonte cámbico, ñceptum”
MOLISOLES	OL	Suelos con epipedón mólico, latín “molis”, blando
OXISOLES	OX	Suelos con horizonte óxico (del francés)
ULTISOLES	ULT	Del latín “ultimus”, (menor de 35%) y horizonte argílicos
SPODOSOLES	OD	Horizonte spódico, griego “spodos”, cenizas de madera
VERTISOLES	ERT	Suelos con más de 30% de arcilla hasta 1m de profundidad. Microrelieve gilgai, slickensides, latín “verto”

Fuente: Soil Survey Staff. Claves Taxonómicas de Suelos. 2000.

<sup>46</sup>Ibíd., p. 80 - 82.

**Tabla 28.** Calificación de la taxonomía de suelos a nivel de Orden.

ORDEN DE LOS SUELOS	CALIFICACIÓN
Oxisol, Utisol	1
Alfisol	2
Mollisol, Andisol, Espodosol	3
Vertisol, Aridisol	4
Inceptisol, Entisol, Histosol	5

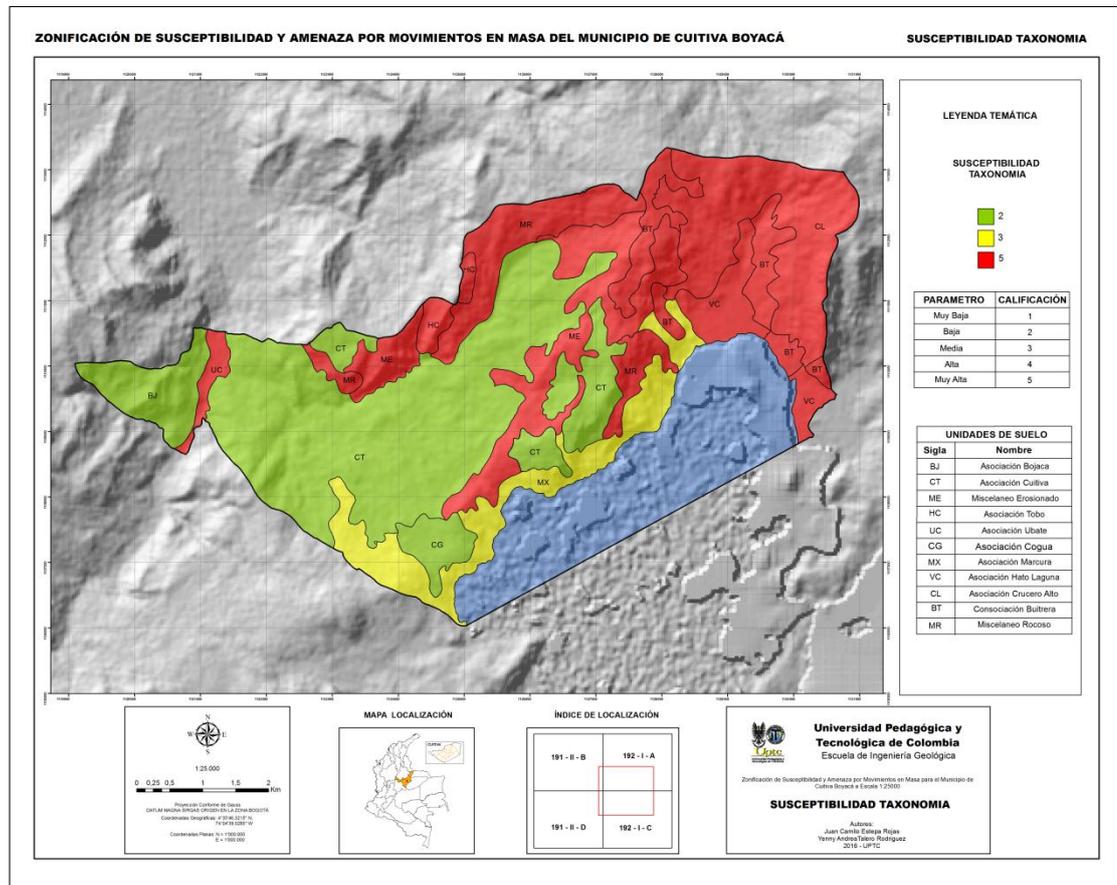
Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 83.

**Tabla 29.** Clasificación taxonómica de las unidades de suelos.

UNIDADES CARTOGRÁFICAS		TAXONOMIA		%	ORDEN	CALIFICACION POR TAXONOMIA
SIMB	NOMBRE	CONJUNTO	SUBGRUPO			
BJ	Asociación BOJACÁ	Bojacá Tintal Mochacá	Typic Natrustalf Haplustalf Haplustalf	65 20 15	Alfisol	2
CT	Asociación CUÍTIVA	Cuítiva San Miguel	Haplustalf Entic Haplustoll	60 35	Alfisol Molisol	2,25
ME	Misceláneo erosionado				Entisol	5
HC	Asociación TOBO	Tobo Pedregal Monguí	Lithic Dystropept Lithic Ustorthent Paralithic Dystropept	50 30 15	Inceptisol, Entisol,	5
UC	Asociación UBATÉ	Ubaté	Vertic Eutropept	80	Inceptisol	5
CG	Asociación COGUA	Cogua Marcura Rey	Typic Sombrihumult Typic Dystropept Aeric Tropaquept	60 20 10	Ultisol Inceptisol	2,1
MX	Asociación MARCURA	Marcura Cogua	"Typic Dystropept Typic Sombrihumult	60 25	Inceptisol Ultisol	3,25
VC	Asociación HATOLAGUNA	Hato Laguna Alarcón Daito	Aeric Tropaquept Typic Humitropept Typic Tropofibrist	60 20 20	Inceptisol Histosol	5
CL	Asociación CRUCERO ALTO	Crucero Alto Buitrero	(paralithic) Humitropept Typic Humitropept	60 35	Inceptisol	5
BT	Consociación BUITRERA	Buitrera	Typic Humitropept		Inceptisol	5
MR	Misceláneo Rocoso				Entisol	5

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 17. Susceptibilidad por taxonomía de los suelos.**



Fuente: Datos de estudio

### Susceptibilidad Alta

Se atribuye a suelos de laderas, planicies y cuchillas del orden de los Inceptisoles y Entisoles distribuidos principalmente en las veredas Balcones, Amarillos y Caracoles también en algunos sectores de las veredas Cordoncillos, Tapias, Boquerón y La Vega.

### Susceptibilidad Media

Cubre la menor parte del área estudiada, representada por laderas de suelos del orden de los inceptosoles - ultisoles; ubicados en los alrededores del Lago Tota en las veredas Amarillos, Balcones, Boquerón, Arbolocos y vereda Macías.

### Susceptibilidad Baja

Corresponde a suelos de laderas y lomas erosivas del orden en mayor proporción de alfisoles a molisoles, ultisoles; localizados principalmente en las veredas La Vega, Macías, Lagunitas, Tapias, Cordoncillos y sectores de las veredas Balcones, Boquerón y Arbolocos.

### 5.6.1.3. Drenaje Natural

“El drenaje interno contribuye a la estabilización de masas de tierra ya que logra controlar el flujo de agua subterránea, al mismo tiempo que reduce las presiones de poros y se aumenta por tanto la resistencia al corte del material (Fajardo Puerta, 2005)”.<sup>47</sup>

La calificación de dicha variable se basó en la tabla 30 tomada del IDEAM

**Tabla 30.** Calificación del drenaje natural del suelo. Tomado y modificado de INAT, 1.996. IDEAM, 2009.

Clase	Características	Categoría de susceptibilidad
<b>Excesivo</b>	No retienen agua después de las lluvias	1
<b>Moderado Excesivo</b>	No retienen agua para las plantas después de las lluvias. El nivel freático nunca sube por encima de 2 metros	
<b>Bueno (Bien)</b>	Suelos óptimos para el abastecimiento de agua y aire a los cultivos. Nivel freático siempre por debajo de 80 centímetros	2
<b>Moderado</b>	El agua es removida lentamente hasta el nivel freático (40-80 cm en época de lluvias). Requiere drenaje para cultivos permanentes	3
<b>Imperfecto</b>	Suelos con capas impermeables que impiden percolación en época de lluvias	4
<b>Pobre</b>	Agua removida lentamente y los perfiles están mojados en la época de lluvias. Se requiere drenaje	
<b>Muy pobre</b>	Agua freática cerca o sobre la superficie. Encharcamientos permanentes. Se requiere drenaje	5
<b>Pantanosos</b>	Agua freática sobre la superficie. Encharcamientos permanentes. Se requiere drenajes	

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 83-84.

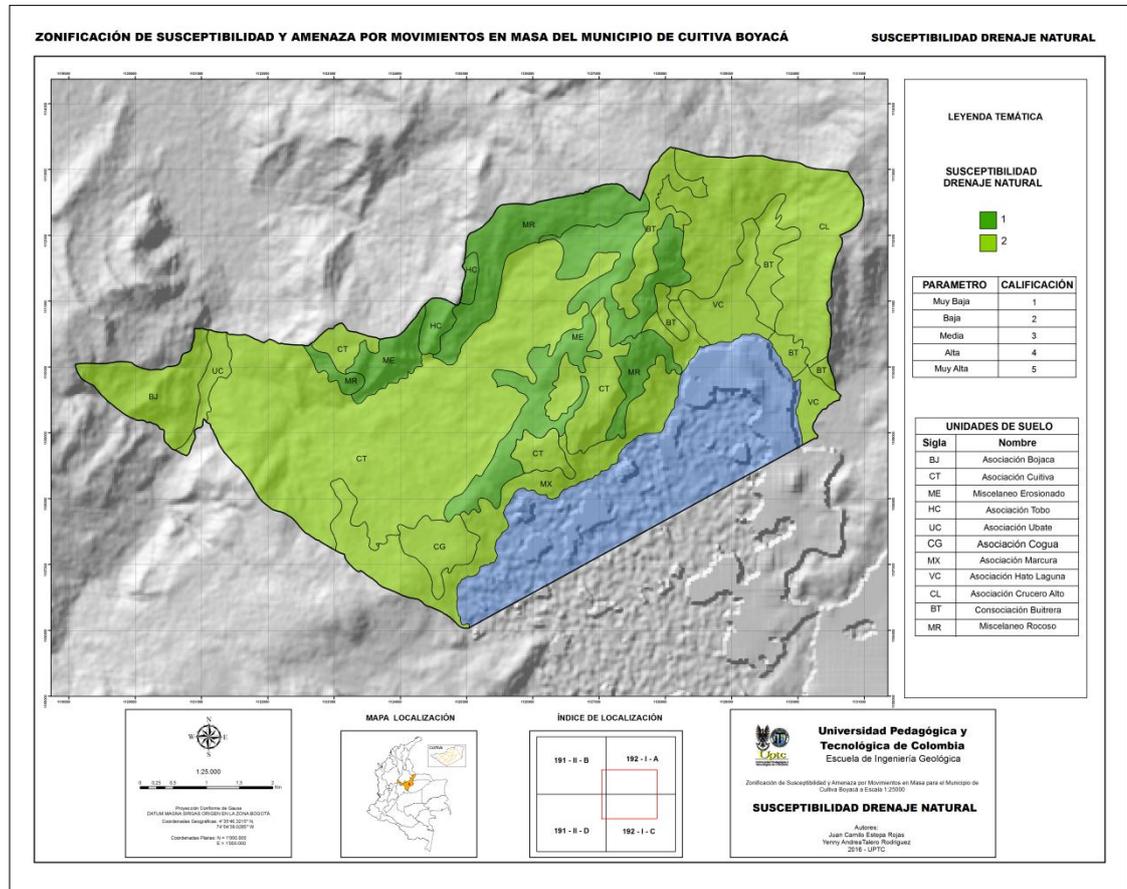
<sup>47</sup>Ibíd., p. 83.

**Tabla 31.** Clasificación Drenaje Natural de las unidades cartograficas presentes en el municipio de Cuítiva.

UNIDADES CARTOGRÁFICAS		CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	CALIFICACIÓN POR DRENAJE NATURAL
SIMB	NOMBRE		
BJ	Asociación BOJACÁ	Suelos superficiales a moderadamente profundos, texturas finas, moderadamente finas y gruesas, bien drenados, saturación total alta, contenido de fósforo bajo.	2
CT	Asociación CUÍTIVA	Suelos superficiales, de texturas finas, bien a moderadamente bien drenados, saturación total alta	2
ME	Misceláneo erosionado	Suelos superficiales con erosión severa, laminar y socavación lateral	1
HC	Asociación TOBO	Suelos superficiales a muy superficiales con baja fertilidad, bien a excesivamente drenados	1
UC	Asociación UBATÉ	Suelos profundos, texturas finas, saturación total alta.	2
CG	Asociación COGUA	Suelos profundos a moderadamente profundos, texturas medias, bien drenados e imperfectamente drenados, fertilidad baja.	2
MX	Asociación MARCURA	'Profundos de texturas finas, medias y gruesas, bien drenados, saturación total muy baja.	2
VC	Asociación HATOLAGUNA	Moderadamente profundos a superficiales, texturas medias, imperfecta a pobremente drenados, reacción muy ácida.	2
CL	Asociación CRUCERO ALTO	Suelos superficiales a profundos, bien drenados, fertilidad baja, alto contenido de carbono	2
BT	Consociación BUITRERA	Suelos profundos, bien drenados, fertilidad baja, alto contenido de materia orgánica	2
MR	Misceláneo Rocoso		1

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 18.** Susceptibilidad por drenaje natural de los suelos.



Fuente: Datos de estudio

### Susceptibilidad

La susceptibilidad representada por drenaje natural del área total corresponde al 17,43% de drenaje moderadamente excesivo, el 64,72% a bien drenado y el 17,85% está relacionado con el espejo de agua de la Lago de Tota.

Estos porcentajes indican que los suelos son bien drenados, pues se ven favorecidos por la topografía predominante en laderas y lomas.

#### 5.6.1.4. Profundidad

La importancia de la profundidad total del perfil de suelos, radica en que nos determina hasta donde pueden penetrar las raíces de las plantas, hasta donde puede moverse el agua, a que profundidad se encuentran las limitantes o impedimentos tanto de tipo físico como químico, tales como densidad, material litológico, toxicidades por elementos, entre otros. Igualmente, permite establecer características o aspectos importantes en los procesos de formación del suelo o relevancias en cuanto a acontecimientos naturales que se

han presentado a lo largo del tiempo. De otro lado, permite determinar, de manera estimada y empírica, los volúmenes de suelos que se pueden llegar a remover.<sup>48</sup>

**Tabla 32.** Calificación de profundidad total, tomado IDEAM, 2009.

PROFUNDIDAD (cm)	CATEGORIA	CALIFICACIÓN
0-25	Muy baja o muy superficial	1
25-50	Baja o superficial	2
50-100	Media o moderadamente profunda	3
100-150	Alta o profunda	4
Mayor a 150	Muy alta o muy profunda	5

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 85.

**Tabla 33.** Clasificación profundidad total de las unidades cartográficas presentes en el municipio de Cuítiva.

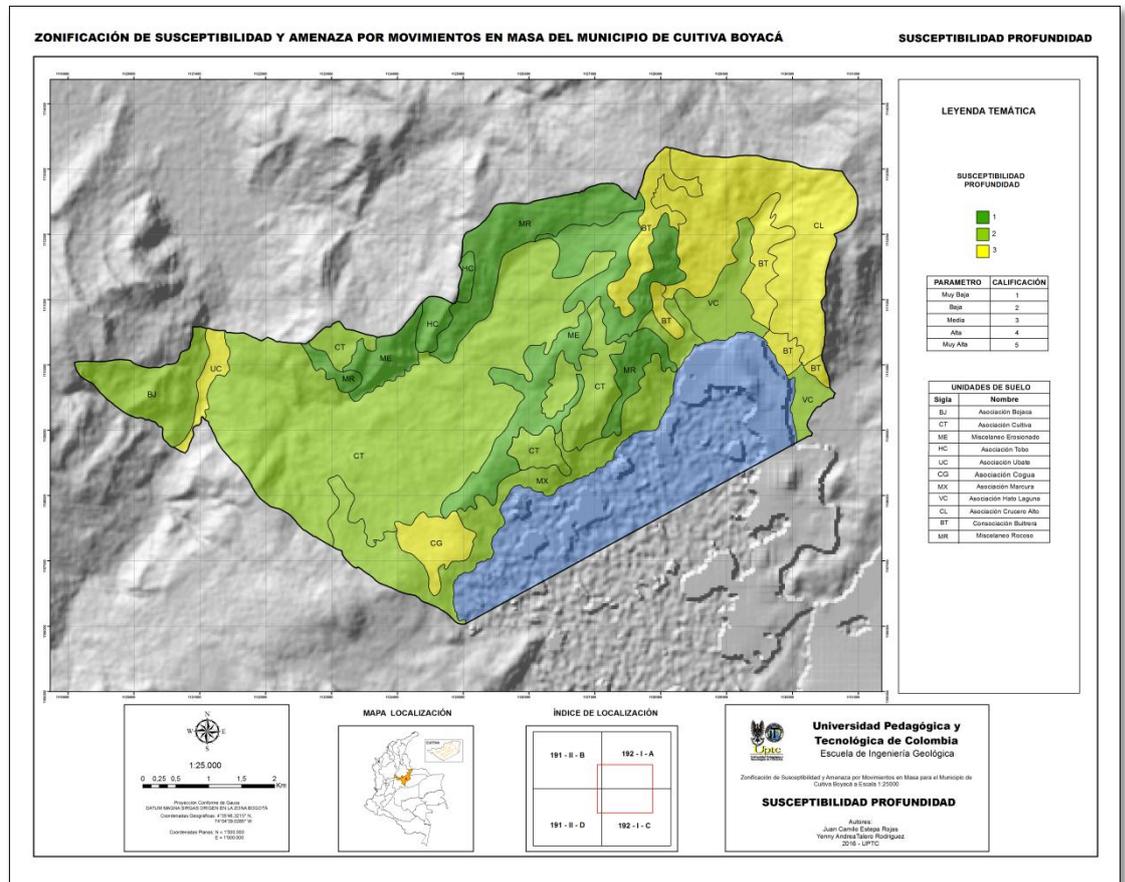
UNIDADES CARTOGRÁFICAS		CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	CALIFICACIÓN POR PROFUNDIDAD
SIMB	NOMBRE		
BJ	Asociación BOJACÁ	Suelos superficiales a moderadamente profundos, texturas finas, moderadamente finas y gruesas, bien drenados, saturación total alta, contenido de fósforo bajo.	2
CT	Asociación CUÍTIVA	Suelos superficiales, de texturas finas, bien a moderadamente bien drenados, saturación total alta	2
ME	Misceláneo erosionado	Suelos superficiales con erosión severa, laminar y socavación lateral	1
HC	Asociación TOBO	Suelos superficiales a muy superficiales con baja fertilidad, bien a excesivamente drenados	1
UC	Asociación UBATÉ	Suelos profundos, texturas finas, saturación total alta.	3
CG	Asociación COGUA	Suelos profundos a moderadamente profundos, texturas medias, bien drenados e imperfectamente drenados, fertilidad baja.	3
MX	Asociación MARCURA	Suelos profundos de texturas finas, medias y gruesas, bien drenados, saturación total muy baja.	2

<sup>48</sup>Ibíd., p. 84.

VC	Asociación HATOLAGUNA	Moderadamente profundos a superficiales, texturas medias, imperfecta a pobremente drenados, reacción muy ácida.	2
CL	Asociación CRUCERO ALTO	Suelos superficiales a profundos, bien drenados, fertilidad baja, alto contenido de carbono	3
BT	Consociación BUITRERA	Suelos profundos, texturas finas, bien drenados, fertilidad baja, alto contenido de materia orgánica	3
MR	Misceláneo Rocoso		1

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 19.** Susceptibilidad por profundidad de los suelos.



Fuente: Datos de estudio

### **Susceptibilidad Media**

Corresponde a una profundidad media o moderadamente profunda (50 a 100 cm), la cual incluye las asociaciones Ubaté (UC), Cocuga (CG), Crucero Alto (CL) y Consociación Buitrera. Estas se pueden observar en el cuaternario aluvial del río Tota y en las veredas Buitreros y Arbolocos.

### **Susceptibilidad Baja**

Cubre la mayor parte del área municipal; aquí se encuentran las asociaciones Bojacá (BJ), Cuítiva (CT), Marcura (MX) y Hato Laguna (VC). Estos presentan una profundidad baja o superficial (25 – 50 cm).

### **Susceptibilidad Muy Baja**

Se refiere a profundidad de suelos muy baja o superficial (0-25 cm) como Misceláneo erosionado (ME), Asociación Tobo (HC) y Misceláneo Rocosó (MR); los cuales se encuentran en franjas angostas ocupando áreas de laderas con pendientes altas y cuchillas

#### **5.6.1.5. Tipo de Arcilla**

“De acuerdo con Besoain (1.985), la arcilla es un constituyente fundamental que cuantifica la mayoría de las propiedades físicas, químicas o biológicas del suelo; con tamaño menor de  $2\mu$ , incluyendo minerales primarios de actividad muy reducida o casi nula. Las propiedades de la arcilla se relacionan con su naturaleza coloidal y se refieren a una superficie específica alta y características como plasticidad, adherencia, contracción, tixotropía, reopexia y otras. Estas propiedades influyen directamente sobre el comportamiento del suelo.

La importancia del tipo de arcilla, en los movimientos en masa, radica en el grado de estabilidad que esta presenta cuando entra en contacto con el agua, ya sea que se contraiga, se expanda o forme grietas, como el caso de las arcillas que tienen los Vertisoles.”<sup>49</sup>

---

<sup>49</sup>Ibíd., p. 85.

**Tabla 34.** Clases de suelos en la categoría Orden. Tomado de IGAC, 1.995.

ORIGEN	CARACTERISTICAS GENERALES SOBRE LA EVOLUCION Y LA MINEROLOGIA
<b>OXISOL</b>	Muy alta evolución de arcillas 1-1 y óxidos de AL-FE alto, alto contenido en cuarzo (Arenas). Gipsita
<b>ULTISOL</b>	Alta evolución arcillas 1-1 y algunas 2-1, sesquioxidos con predominio de FE
<b>ESPODOSOL</b>	Alta evolución sesquioxidos, ácidos fulvitos y percursores. Migraciones orgánicas y minerales. Micas y Minerales inter estratificados, Cuarzo.
<b>VERTISOL</b>	Alto contenido en arcillas 2-1 baja materia orgánica, abundancia de ácidos húmicos evolucionados, grietas, lustres, estructuras rotadas.
<b>ALFISOL</b>	Arcillas integradas por mezclas de 2-1, 2-2 y 1-1 micas y minerales generalmente presentes. Evolución moderada a alta.
<b>MOLISOL</b>	Evolución moderada, alta humificación. Arcillas 2-1. Ácidos Húmicos, minerales primarios abundantes
<b>ARDISOL</b>	Evolución variable moderada en general, Micas y Arcillas 2-1 predominantes, poca materia orgánica, sales en varios casos al igual que Na
<b>INCEPTISOL</b>	Evolución baja y media, con presencia de minerales primarios, arcillas mezcladas, contenidos variables de materia orgánica
<b>ENTISOL</b>	Muy baja evolución, presencia de minerales primarios, mezclas de arcillas de diferentes tipos.
<b>HISTOSOL</b>	Suelos orgánicos de evolución variable
<b>ANDISOL</b>	Evolución media, constituyentes amorfos complejos de absorción y de Al-humus, abundancias de Plagioclasas y Anfíboles, menores contenidos en vidrio y piroxenos, dependiendo de la evolución

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 87.

**Tabla 35.** Calificación del tipo de arcilla a partir de su génesis y evolución.

GRUPOS DE TIPO DE ARCILLA	CALIFICACIÓN		SUBGRUPO	ORDEN
Caolinita Caolinita, Biotita	1	1-1	Oxisoles	Oxisoles Ultisoles Espodosoles
Caolinita, Sesquioxidos, Montmorillonita, Vermiculita. Caolinita, Gipsita, Muscovita, Montmorillonita.	2	1-1; 2-1	Ultisoles Espodosoles	Entisoles Inceptisoles
Montmorillonita, Clorita, Caolinita. Montmorillonita, Vermiculita, Caolinita.	3	2-1; 1-1	Molisoles Aridisoles Inceptisoles Entisoles Alfisoles	Molisoles Arisoles Alfisoles

GRUPOS DE TIPO DE ARCILLA	CALIFICACIÓN		SUBGRUPO	ORDEN
			Sub. Vertic	
Muscovita, Illita, Vermiculita, Montmorillonita. Muscovita, Montmorillonita, Vermiculita. Talco, Muscovita, Vermiculita, Montmorillonita.	4	2-1; 2-2	Vertisoles	Vertisoles
Alofana, Gipsita, Halloisita, Imogolita. Montmorillonita, Vermiculita. M.O	5	2-1; 1-1; 2-2.	Andisoles Histosoles	Andisoles Histosoles

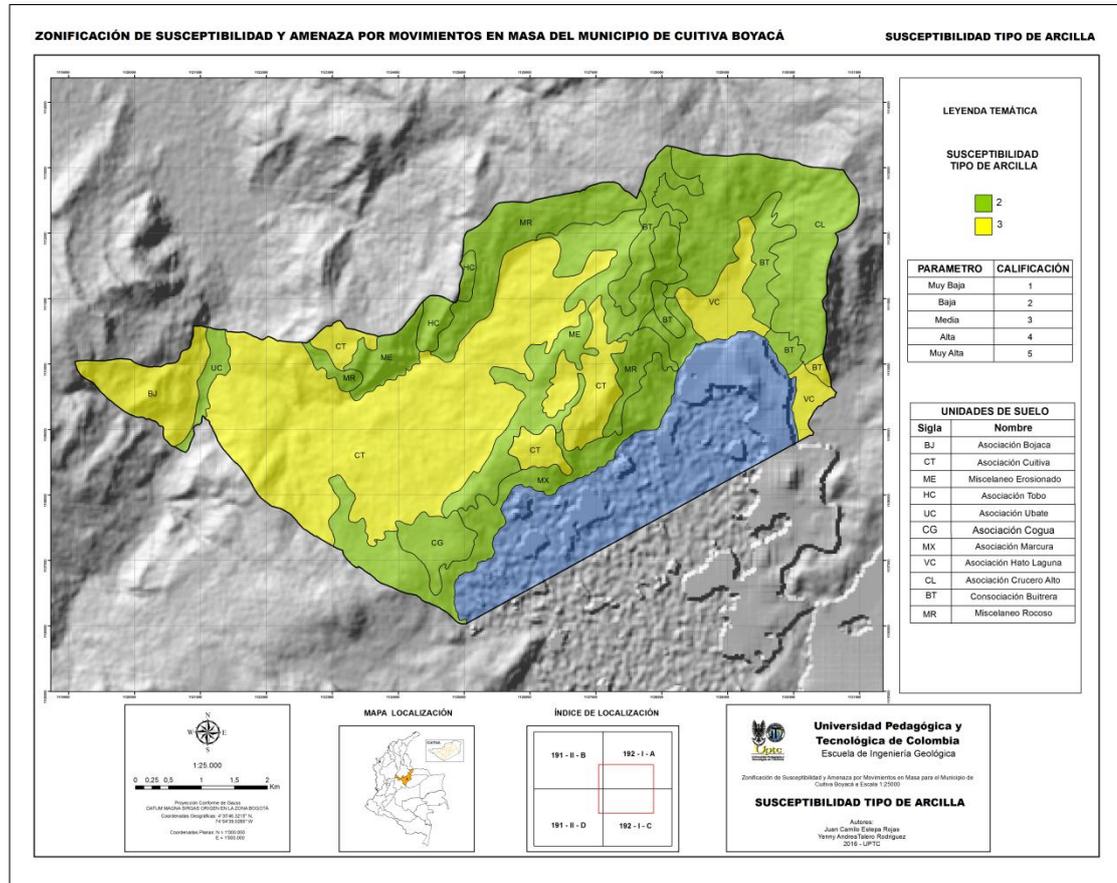
Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 88.

**Tabla 36.** Clasificación por tipo de arcilla de las unidades cartográficas presentes en el municipio de Cúitiva.

UNIDADES CARTOGRÁFICAS		TAXONOMIA		%	ORDEN	CALIFICACIÓN POR TIPO DE ARCILLA
SIMB	NOMBRE	CONJUNTO	SUBGRUPO			
BJ	Asociación BOJACÁ	Bojacá Tintal Mochacá	Typic Natrustalf Haplustalf Haplustalf	65 20 15	Alfisol	3
CT	Asociación CUÍTIVA	Cúitiva San Miguel	Haplustalf Entic Haplustoll	60 35	Alfisol Molisol	3
ME	Misceláneo erosionado				Entisol	2
HC	Asociación TOBO	Tobo Pedregal Monguí	Lithic Dystropept Lithic Ustorthent Paralithic Dystropept	50 30 15	Inceptisol, Entisol,	2
UC	Asociación UBATÉ	Ubaté	Vertic Eutropept	80	Inceptisol	2
CG	Asociación COGUA	Cogua Marcura Rey	Typic Sombrihumult Typic Dystropept Aeric Tropaquept	60 20 10	Ultisol Inceptisol	2
MX	Asociación MARCURA	Marcura Cogua	Typic Dystropept Typic Sombrihumult	60 25	Inceptisol Ultisol	2
VC	Asociación HATOLAGUNA	Hato Laguna Alarcón Daito	Aeric Tropaquept Typic Humitropept Typic Tropofibril	60 20 20	Inceptisol Histosol	3
CL	Asociación CRUCERO ALTO	Crucero Alto Buitrera	(paralithic) Humitropept Typic Humitropept	60 35	Inceptisol	2
BT	Consociación BUITRERA	Buitrera	Typic Humitropept		Inceptisol	2
MR	Misceláneo Rocoso				Entisol	2

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 20.** Susceptibilidad por tipo de arcilla.



Fuente: Datos de estudio.

### Susceptibilidad Media

Son suelos de arcillas integradas por mezclas micas y minerales generalmente presentes, de evolución moderada a alta con alta humificación del orden de los Alfisoles y molisoles.

### Susceptibilidad Baja

Suelos de evolución baja y media, con presencia de minerales primarios, arcillas mezcladas, contenido variable de materia orgánica del orden de los Inceptisoles y Entisoles.

## **5.7. CARACTERÍSTICAS DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA EN EL MUNICIPIO DE CUÍTIVA**

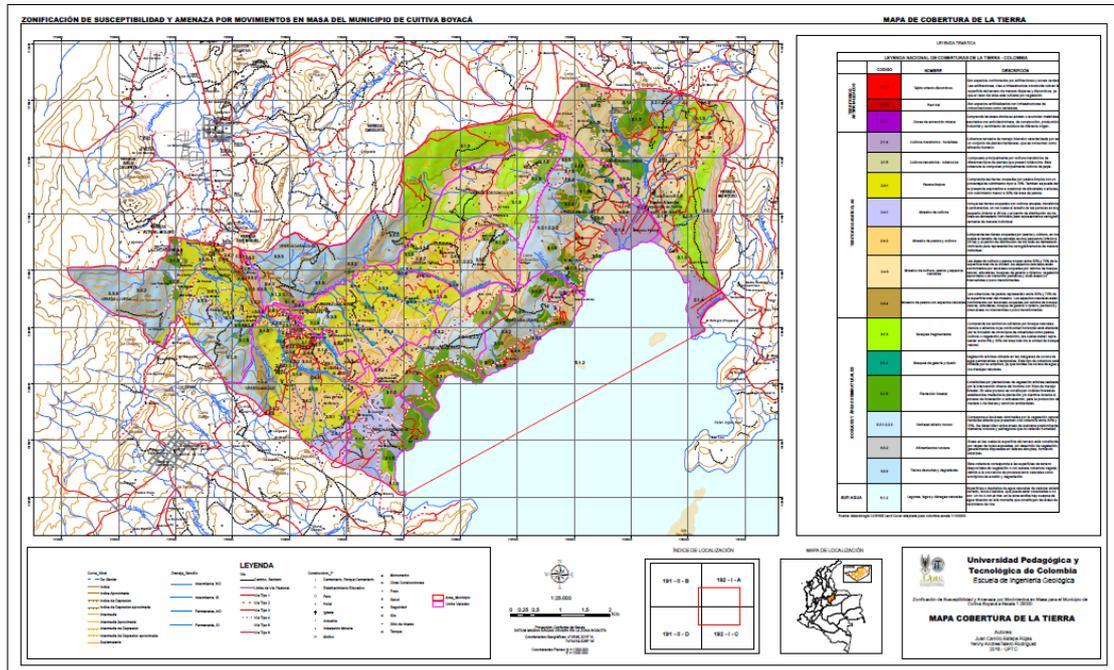
La cobertura de la tierra es un resultado de la interacción de la dinámica natural geológica, geomorfológica, los suelos, el clima y sistemas de comunidades bióticas, interrumpida por el hombre para su supervivencia y desarrollo. Dicha interrupción genera o contribuye a la aparición de diferentes procesos como afectación en la evolución de las especies, deterioro de ecosistemas, cambios en el patrón de ciclos hidrológicos, cambios en las formas del relieve (en gran número de casos en forma negativa produciendo movimientos en masa, flujos, avalanchas, erosión).<sup>50</sup>

Para el mapa de coberturas a escala 1:25.000 del municipio de Cuítiva se cartografiaron cuatro grupos de coberturas, territorios artificializados, territorios agrícolas, bosques y áreas seminaturales y superficies de agua. Dicha cartografía se hizo ya que en el mapa de coberturas del EOT municipal 2005 se identificaron zonas que a través del tiempo han modificado su cobertura vegetal. Este se generó siguiendo los criterios, definiciones y clasificación de unidades que utilizaron las entidades para hacer el levantamiento de las coberturas de la tierra a escala 1:100.000 que pueden ser consultadas en el documento “Leyenda nacional de coberturas de la tierra metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000 (IDEAM, IGAC, et al) 2010.

---

<sup>50</sup>Ibíd., p. 90.

**Mapa 21. Cobertura de la tierra municipio de Cúitiva escala 1:25.000**



Fuente: Datos de estudio.

**5.7.1. Unidades de cobertura vegetal**

**5.7.1.1. Territorios Artificializados**

Según la metodología Corine Land Cover, “comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones además áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos”.<sup>51</sup>

**Tejido urbano discontinuo (1.1.2):** Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación.

<sup>51</sup> IDEAM. Leyenda nacional de coberturas de la tierra metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000 (IDEAM, IGAC, et al) 2010.

**Fotografía 24.** Casco Urbano Cúitiva



Fuente: Datos de estudio.

**Red vial (1.2.2):** Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras.

**Fotografía 25.** Red vial La Vega - Cúitiva



Fuente: Datos de estudio.

**Zonas de extracción minera (1.3.1):** Comprende las áreas donde se extraen o acumulan materiales asociados con actividad minera, de construcción, producción industrial y vertimiento de residuos de diferente origen.

**Fotografía 26.** Zona minería roca Fosfórica Vereda La Vega



Fuente: Datos de estudio.

#### **5.7.1.2. Territorios Agrícolas**

“Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas”<sup>52</sup>.

**Cultivos transitorios – hortalizas (2.1.4):** Cobertura terrestre de manejo intensivo caracterizada por ser un conjunto de plantas herbáceas, que se consumen como alimento humano.

<sup>52</sup> IDEAM. Leyenda nacional de coberturas de la tierra metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000 (IDEAM, IGAC, et al) 2010.

**Fotografía 27.** Cultivos de Cebolla Junca Sector Llano de Alarcón



Fuente: Datos de estudio.

**Cultivos transitorios – tubérculos (2.1.5):** Cobertura terrestre de manejo intensivo caracterizada por ser un conjunto de plantas herbáceas, que se consumen como alimento humano.

**Fotografía 28.** Cultivo de papa Vereda Lagunitas



Fuente: Datos de estudio.

**Pastos limpios (2.3.1):** Comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%. También se puede dar la presencia esporádica a ocasional de arbustales o árboles, con cubrimiento menor a 30% del área de pastos.

**Fotografía 29.** Pastos limpios – Panorámica Vereda La Vega



Fuente: Datos de estudio.

**Mosaico de cultivos (2.4.1):** Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

**Fotografía 30.** Mosaico de cultivos Vereda Arbolocos



Fuente: Datos de estudio.

**Mosaico de pastos y cultivos (2.4.2):** Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de los parcelas es muy pequeños (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

**Fotografía 31.** Mosaico de pastos y cultivos Vereda Boquerón



Fuente: Datos de estudio.

**Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (2.4.3):** Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad; los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosques de galería o ripiarios, vegetación secundaria o en transición pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas.

**Fotografía 32.** Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales vereda Amarillos



Fuente: Datos de estudio.

**Mosaico de pastos con espacios naturales (2.4.4):** Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripiario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas.

### 5.7.1.3. Bosques y Áreas Seminaturales

“Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos

por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación”.<sup>53</sup>

**Bosques fragmentados (3.1.3):** Comprende los territorios cubiertos por bosque naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pastos, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural.

**Fotografía 33.** Bosques fragmentados Vereda Cordoncillos.



Fuente: Datos de estudio.

**Bosques de galería y ripario (3.1.4):** Vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales.

<sup>53</sup> IDEAM. Leyenda nacional de coberturas de la tierra metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000 (IDEAM, IGAC, et al) 2010.

**Fotografía 34.** Bosque de galería y ripario Vereda Lagunitas



Fuente: Datos de estudio.

**Plantación forestal (3.1.5):** Constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera o de bienes y servicios ambientales.

**Fotografía 35.** Plantación forestal Vereda Boquerón



Fuente: Datos de estudio.

**Herbazal abierto rocoso (3.2.1.2.2.2):** Corresponde a las áreas dominadas por la vegetación natural herbácea abierta que presentan una cobertura entre 30% y 70%. Se desarrollan sobre áreas de sustratos predominantemente rocosos y pedregosos que no retienen humedad.

**Fotografía 36.** Herbazal abierto rocoso Vereda Amarillos



Fuente: Datos de estudio.

**Afloramientos rocosos (3.3.2):** Áreas en las cuales la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación, generalmente dispuestas en laderas abruptas, formando escarpes.

**Fotografía 37.** Afloramientos rocosos Vereda La Vega – Sector Canoas



Fuente: Datos de estudio.

**Tierras desnudas y degradadas (3.3.3):** Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación.

**Fotografía 38.** Tierras desnudas y degradadas vereda La Vega – Alto La Salvadora



Fuente: Datos de estudio.

### **Superficies de Agua**

“Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa continental, como los mares”.<sup>54</sup>

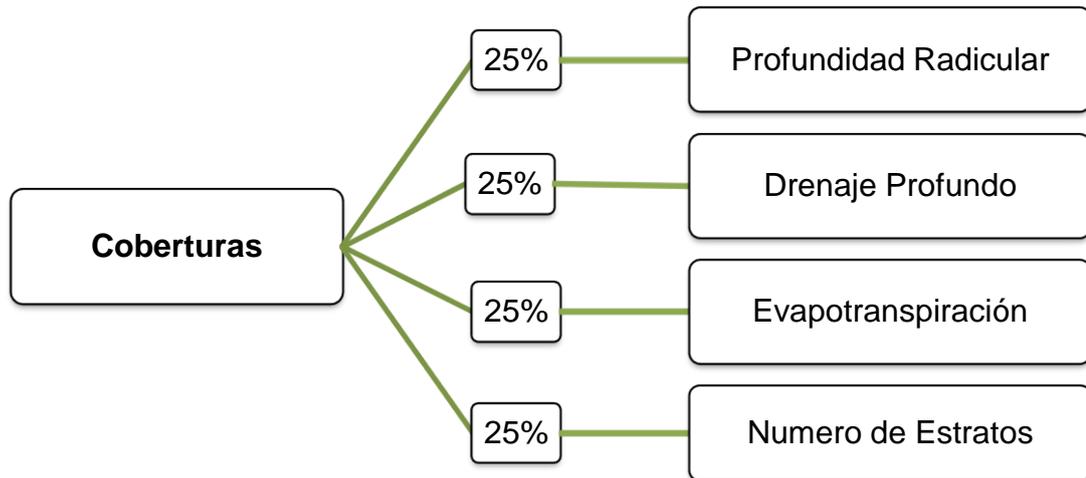
**Lagunas, lagos y ciénagas naturales (5.1.2):** Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que puede estar conectadas o no con un río o con el mar. En la zona andina hay cuerpos de agua situados en alta montaña que constituyen las áreas de nacimiento de ríos.

<sup>54</sup> IDEAM. Leyenda nacional de coberturas de la tierra metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000 (IDEAM, IGAC, et al) 2010.

## 5.8. METODOLOGÍA APLICADA A LA TEMÁTICA DE COBERTURAS.

### 5.8.1. Valoración de la susceptibilidad por cobertura

**Figura 8.** Atributos de la variable cobertura, con sus respectivos porcentajes



Fuente: Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 95.

#### 5.8.1.1. Profundidad Radicular

- ❖ Según Fajardo 2005, “El pasto alto (elefante, gigante o similares), evita completamente la erosión por las gotas de lluvia, retarda el flujo y evita la erosión laminar. Las raíces profundas eliminan las cárcavas y surcos”.
- ❖ Las raíces actúan como refuerzo y sostén del suelo incrementando la resistencia al cortante y la resistencia a la fuerza tractiva del agua. La forma como las raíces actúan en cada caso está determinada por el tipo de planta y por las condiciones del suelo del sitio.
- ❖ Las raíces pivotantes pueden ser más útiles para la estabilidad a la erosión en masa, pero las raíces de extensión lateral y radial pueden tener mejor efecto para la protección de la erosión superficial. Una alta densidad o concentración de raíces fibrosas, de pequeño diámetro,

pueden ser más efectivas para control de erosión superficial que unas pocas raíces de gran diámetro.

- ❖ La profundidad y extensión de las bifurcaciones de las raíces son importantes cuando hay que escoger plantas para estabilizar el suelo, en este caso raíces profundas son mejores. Adicionalmente, la estabilidad depende de las propiedades mecánicas de las raíces y el tipo de suelo o aparición de roca que pueden limitar el crecimiento de las mismas.<sup>55</sup>

**Tabla 37.** Categorización y calificación de la profundidad efectiva.

Profundidad Efectiva	Rango (cm)	Susceptibilidad
<b>Muy Superficial</b>	Menos de 25 cm	5
<b>Superficial</b>	25 – 50 cm	4
<b>Moderadamente Profundo</b>	50 – 100 cm	3
<b>Profundo</b>	110 – 150 cm	2
<b>Muy Profundo</b>	Mayor de 150 cm	1

Fuente: Manual de suelos de la subdirección de agrología - IGAC (USDA- 2007).

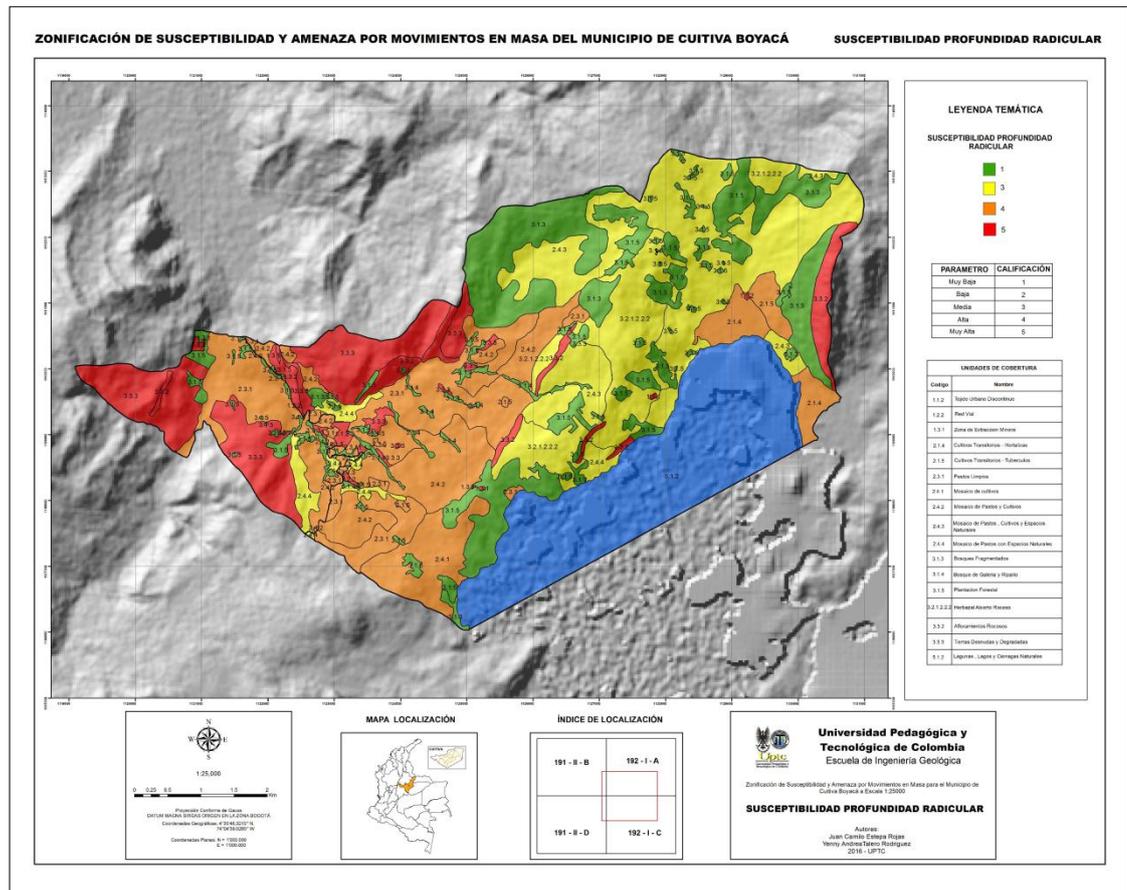
<sup>55</sup>SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000.2014, p. 95.

**Tabla 38.** Calificación de la profundidad Radicular de las unidades de Coberturas presentes en el Municipio de Cuítiva.

<b>NOMBRE</b>	<b>PROF.RADICULAR (m)</b>	<b>PROFUNDIDAD EFECTIVA</b>	<b>CALIFICACION POR PROFUNDIDAD RADICULAR</b>
<b>Tejido urbano discontinuo</b>	0	Muy Superficial	5
<b>Red vial</b>	0	Muy Superficial	5
<b>Zonas de extracción minera</b>	0	Muy Superficial	5
<b>Cultivos transitorios hortalizas</b>	25	Superficial	4
<b>Cultivos transitorios tubérculo</b>	25	Superficial	4
<b>Pastos limpios</b>	50	Superficial	4
<b>Mosaico de cultivos</b>	25	Superficial	4
<b>Mosaico de pastos y cultivos</b>	108	Superficial	4
<b>Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales</b>	150	Moderada	3
<b>Mosaico de pastos con espacios naturales</b>	100	Moderada	3
<b>Bosque fragmentado</b>	200	Muy Profundo	1
<b>Bosque de galería y ripario</b>	200	Muy Profundo	1
<b>Plantación forestal</b>	200	Muy Profundo	1
<b>Herbazal abierto rocoso</b>	50	Moderada	3
<b>Afloramientos rocosos</b>	0	Muy Superficial	5
<b>Tierras desnudas y degradadas</b>	0	Muy Superficial	5
<b>Laguna</b>	0	Muy Superficial	5

Fuente: Datos de estudio

**Mapa 22.** Susceptibilidad por profundidad radicular de la cobertura de la tierra



Fuente: Datos de estudio.

### Susceptibilidad Muy Alta

Representa el 13,84% del área total, la cual incluye coberturas de profundidad radicular muy superficial menos de 25 cm, como tejido urbano discontinuo, red vial, zonas de extracción minera, afloramientos rocosos y tierras desnudas – degradadas. Se localizan en la vereda La Vega en el alto La Salvadora, loma Singuquirá y Guatapé, vereda Caracoles en el cerro Chiguatá y cuchilla Diagota, vereda Buitreros Cuchilla del Buitrero y zonas urbanas.

### Susceptibilidad Alta

Comprende el 24,99% del área en estudio; que corresponde a coberturas con profundidad radicular superficial entre 25 a 50 cm, como son cultivos transitorios hortalizas, cultivos transitorios tubérculos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos y pastos limpios; se localizan principalmente en las veredas Tapias, Lagunitas, Arbolocos, Macías y La Vega.

### Susceptibilidad Media

Representa el 24,52% del área total, constituida por herbazal abierto rocoso, mosaico de pastos con espacios naturales y mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales con profundidad radicular moderada entre 50 a 100 cm. Se localiza al NE del municipio de Cuítiva en las veredas Buitreros, Cordoncillos, Amarillos, Tapias, Balcones y Boquerón.

### Susceptibilidad Muy Baja

Corresponde al 18,82% del área total del municipio donde predominan bosques de galería, bosque fragmentado y plantación forestal; pues estas especies tienen raíces profundas (200 cm) que brindan estabilidad a los suelos. Se localizan con mayor extensión de área en las veredas Buitreros, Amarillos, Balcones, Boquerón, Cordoncillos y al NE de la vereda Caracoles en la loma El Volador.

#### 5.8.1.2. Drenaje Profundo

“Significa la facilidad con la cual el flujo de agua se mueve hasta el drenaje profundo en presencia de determinada cobertura vegetal”.<sup>56</sup>

**Tabla 39.** Categorización y calificación de la variable Drenaje Profundo.

Drenaje Profundo	Rango %	susceptibilidad	categorización	Coberturas Asociadas
Muy Superficial	0 – 10	5	Muy alta	Pastos
Superficial	10,1 – 20	4	Alta	Áreas Agrícolas
Moderadamente Profundo	20,1 - 30	3	Media	Arbustales abiertos
Profundo	30,1 - 40	2	Baja	Arbustales densos
Muy Profundo	Mayor de 40	1	Muy Baja	Zonas boscosas

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. Adaptado al proyecto.

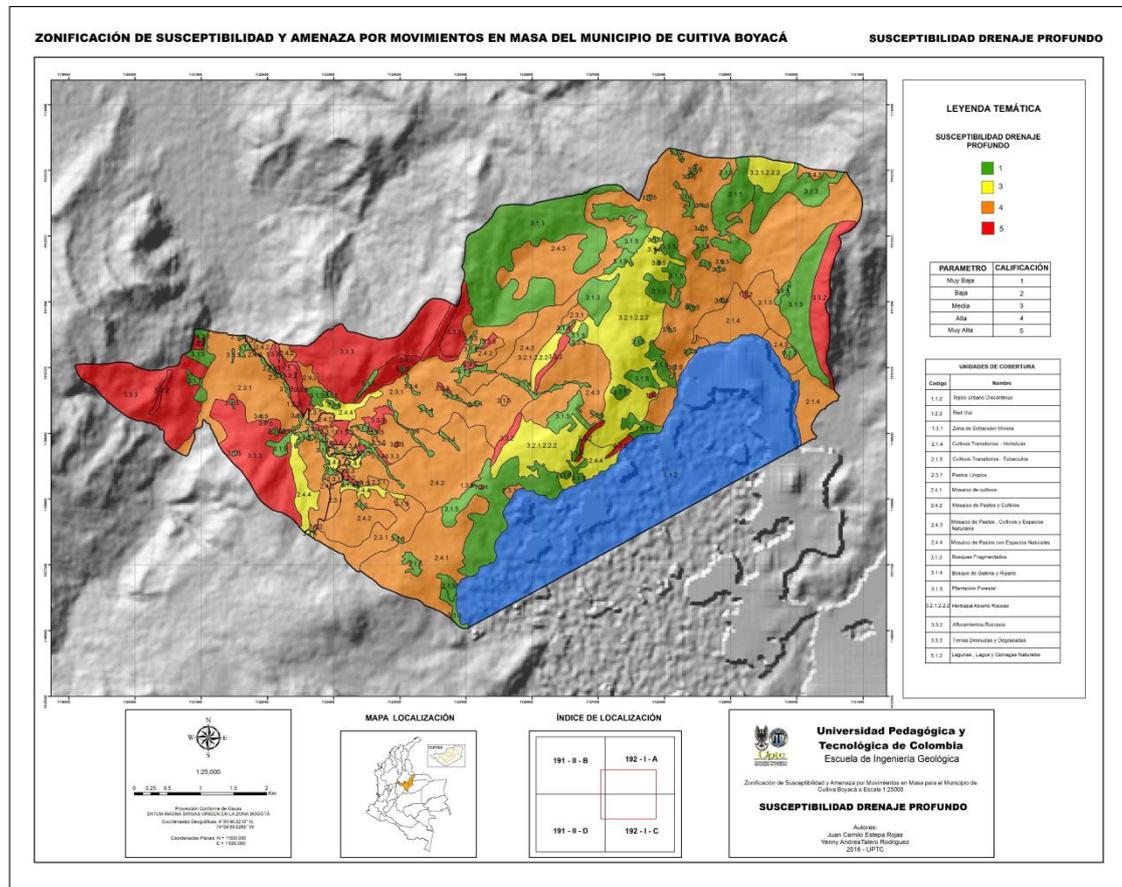
<sup>56</sup>Ibíd., p. 96.

**Tabla 40.** Calificación de la variable Drenaje Profundo de las unidades de Coberturas de la tierra

<b>CODIGO</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>DRENAJE PROFUNDO</b>	<b>SUSCEPTIBILIDAD</b>
1.1.2	Tejido urbano discontinuo	Muy Superficial	5
1.2.2	Red vial	Muy Superficial	5
1.3.1	Zonas de extracción minera	Muy Superficial	5
2.1.4	Cultivos transitorios hortalizas	Superficial	4
2.1.5	Cultivos transitorios tubérculo	Superficial	4
2.3.1	Pastos limpios	Superficial	4
2.4.1	Mosaico de cultivos	Superficial	4
2.4.2	Mosaico de pastos y cultivos	Superficial	4
2.4.3	Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	Moderadamente Profundo	4
2.4.4	Mosaico de pastos con espacios naturales	Moderadamente Profundo	3
3.1.3	Bosque fragmentado	Muy Profundo	1
3.1.4	Bosque de galería y ripario	Muy Profundo	1
3.1.5	Plantación forestal	Muy Profundo	1
3.2.1.2.2	Herbazal abierto rocoso	Moderadamente Profundo	3
3.3.2	Afloramientos rocosos	Muy Superficial	5
3.3.3	Tierras desnudas y degradadas	Muy Superficial	5

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 23.** Susceptibilidad por drenaje profundo de la cobertura de la tierra.



Fuente: Datos de estudio.

### Susceptibilidad Muy Alta

Comprende las coberturas de tejido urbano discontinuo, red vial, zonas de extracción minera, afloramientos rocosos y tierras desnudas – degradadas que corresponden a un drenaje muy superficial; localizados en la vereda La Vega en el alto La Salvadora, loma Singuaquirá y Guatapé, vereda Caracoles en el cerro Chiguatá y cuchilla Diagota, vereda Buitreros Cuchilla del Buitrero y zonas urbanas.

### Susceptibilidad Alta

Representada por coberturas de áreas agrícolas con drenaje superficial, como son cultivos transitorios hortalizas, tubérculos, mosaico de cultivos, mosaico de pastos y cultivos, pastos limpios y Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales los cuales se aprecian en las veredas Macías, Lagunitas, Tapias, Buitreros y en menor extensión de área en las veredas Amarillos, Cordoncillos, Boquerón, Arbolocos y La Vega.

### Susceptibilidad Media

Corresponde a coberturas vegetales de drenaje moderadamente profundo las cuales incluyen mosaico de pastos con espacios naturales y herbazal abierto rocoso; localizados en pequeñas áreas de las veredas Macías, Boquerón, Balcones y Amarillos.

### Susceptibilidad Muy Baja

Constituida por bosques de galería, bosque fragmentado y plantación forestal, presentando drenaje profundo; distribuidos de manera aleatoria en el área municipal, destacándose las veredas Caracoles al NE y las veredas Boquerón, Cordoncillos, Amarillos y Buitreros con mayor predominancia de los mismos.

#### 5.8.1.3. Evapotranspiración

“Una alternativa para la variable es usar el Kc (Coeficiente de cultivo). Existe información variada sobre el parámetro, aquí se trae unos valores referentes de la FAO. Para valorar las coberturas, los Kc más altos (1,1, 1,5), tendrán una calificación de 1 – 2. Un ejemplo sencillo para bosque caducifolio con Kc de 0,6, la calificación será de 4”.<sup>57</sup>

**Tabla 41.** Coeficiente de cultivo kc.

OCUPACIÓN DEL SUELO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Oct	Nov	Dic
Agricultura limpia anual	1	1	1	1	1	1	1,05	1,05	1	1	1	1
Arboles frutales	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Bosque caducifolio	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Bosque de coníferas denso	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bosque de coníferas ralo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bosque de galería	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Bosque de mangle	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Bosque latifoliado	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Bosque mixto	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Bosque secundario (Arbustal)	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Bosque siempre verde	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Bosque de coníferas	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Bosque mixto semi caducifoleos	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Caña de azúcar	0,6	0,8	0,9	0,9	1	1	1	1	1,05	1,15	1,15	0,85
Café	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Charral o matorral	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Coníferas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cultivo de piña	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cultivos anuales asociados con cultivos	1	1	1	1	0,7	1	1,05	1,05	1	1	1	1
Espacios con vegetación escasa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Estuarios	1,15	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Granos Basicos	1	1	1	1	0,35	1	1,05	1,05	0,6	1	1	1
Hortalizas	1	1	1	1	0,7	1	1,05	1,05	0,95	1	1	1
Humedal con cobertura boscosa	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Lagos, Lagunas y otros	1,15	1,15	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,15
Lagos, Lagunas y lagunetas	1,15	1,15	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,15
Laguna costeras y esteros	1,15	1,15	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,15
Latifoliados	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Mares y oceanos	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Marismas inferiores	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Mixto	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Morrales en potreros	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

<sup>57</sup>Ibíd., p. 98.

Mosaico de cultivos y pastos	1	1	1	1	1	1	1,05	1,05	1	1	1	1
Mosaico de cultivos, pastos y vegetación	1	1	1	1	1	1	1,05	1,05	1	1	1	1
Otros cultivos	1	1	1	1	1	1	1,05	1,05	1	1	1	1
Otros cultivos irrigados	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1
Otros Humedales	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Palmeras Oleíferas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pastos cultivados	1	1	1	1	1	1	1	1	1,1	1,1	1,1	1
Pastos naturales	1	1	1	1	1	1	1	1	1,1	1,1	1,1	1
Perímetro acuícola	1,15	1,15	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,15
Plantaciones de bosque monoespecífico	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Platanales y bananeras	0,55	0,55	0,55	0,65	0,7	0,85	0,95	1	1	1	1	0,95
Playas, dunas y arenales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Praderas pantanosas	1,15	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,15
Rocas expuestas (Incluye áreas erosionadas)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Roqueda, lavas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ríos	1,15	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Salinas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sistemas agroforestales	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Tierras sin bosque	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vacías	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Vegetación arbustiva baja	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Vegetación arbustiva de playa	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Vegetación esclerofila espinoso	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Vegetación herbácea natural	1	1	1	1	1	1	1	1	1,1	1,1	1,1	1
Viveros de plantas ornamentales y otras	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zonas de extracción minera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zonas ecotoniales	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zonas quemadas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Zonas verdes urbanas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Servicio Hidrológico Nacional, El Salvador. Coeficientes de cultivo adaptados por FAO. En Balance hídrico integrado y dinámico de El Salvador. 2005.

**Tabla 42.** Categorización y calificación de la variable evapotranspiración.

EVAPOTRANSPIRACIÓN	RANGO DEL COEFICIENTE	SUSCEPTIBILIDAD
<b>Muy Baja</b>	0 – 0.5	5
<b>Baja</b>	0.51 – 0.8	4
<b>Media</b>	0.81 – 1	3
<b>Alta</b>	1.1 – 1.5	2
<b>Muy Alta</b>	Mayor de 1.5	1

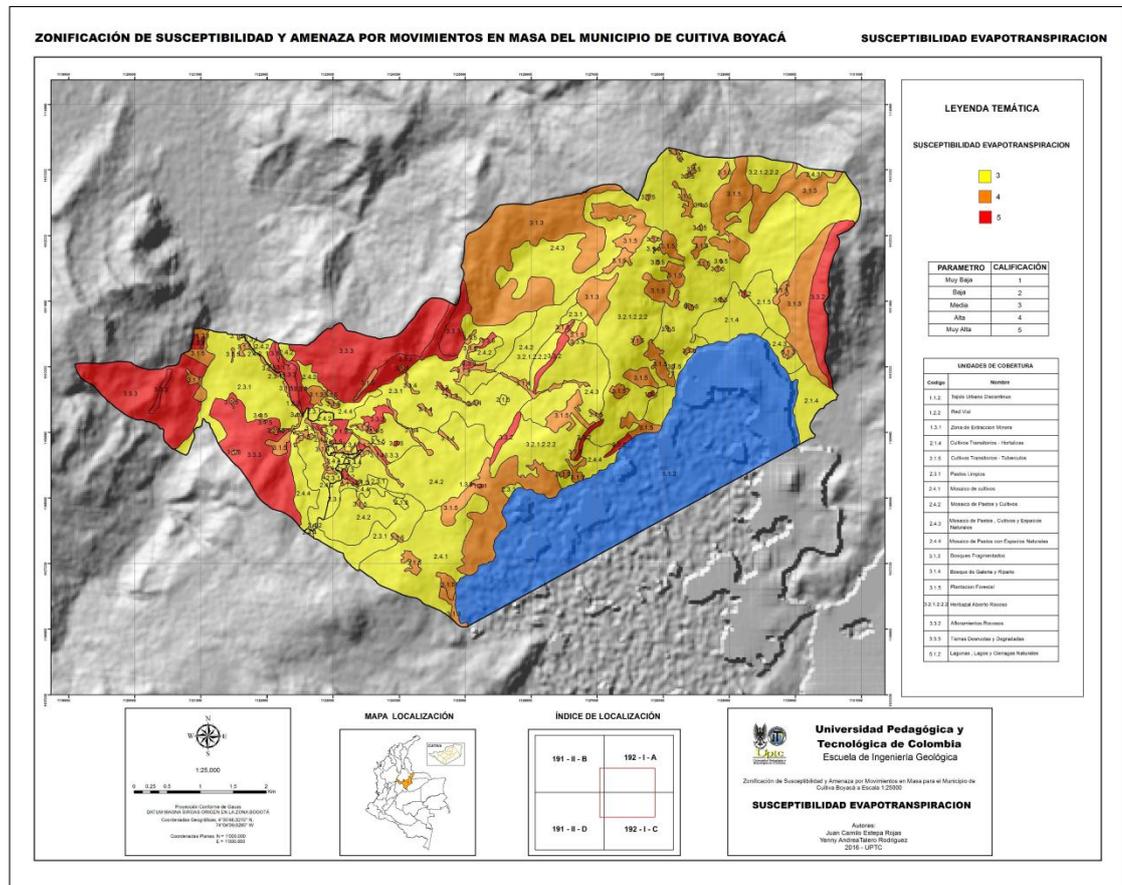
Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 99.

**Tabla 43.** Calificación de la variable evatranspiración

NOMBRE	EVAPOTRANS.	SUSCEPTIBILIDAD
Tejido urbano discontinuo	0.15	5
Red vial	1,5	5
Zonas de extracción minera	0.15	5
Cultivos transitorios hortalizas	0.7	3
Cultivos transitorios tubérculo	0.7	3
Pastos limpios	0.75	3
Mosaico de cultivos	0.7	3
Mosaico de pastos y cultivos	0.7	3
Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	0.59	3
Mosaico de pastos con espacios naturales	0.56	3
Bosque fragmentado	0.4	4
Bosque de galería y ripario	0.45	4
Plantación forestal	0,45	4
Herbazal abierto rocoso	0.7	3
Afloramientos rocosos	1.3	5
Tierras desnudas y degradadas	0.15	5
Laguna	0.15	2

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 24. Susceptibilidad por evapotranspiración**



Fuente: Datos de estudio.

### Susceptibilidad Muy Alta

Influenciada por coberturas de afloramientos rocosos, red vial, tejido urbano discontinuo, tierras desnudas y degradadas y zonas de extracción minera; donde el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) oscila entre 0 – 0,5; distribuidas en el 13,83% del área total del municipio que corresponde a la vereda La Vega en el alto La Salvadora, loma Singuquirá y Guatapé, vereda Caracoles en el cerro Chiguatá y cuchilla Diagota, vereda Buitreros Cuchilla del Buitrero y zonas urbanas.

### Susceptibilidad Alta

Definida por bosque de galería y ripario, bosque fragmentado y plantación forestal los cuales presentan un rango de coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) entre 0,51 – 0,8. Localizados con mayor extensión de área en las veredas Buitreros, Amarillos, Balcones, Boquerón, Cordoncillos y al NE de la vereda Caracoles en la loma El Volador.

### Susceptibilidad Media

Con el 49,47% del área total es la susceptibilidad más representativa cubriendo áreas de cultivos transitorios hortalizas, cultivos transitorios tubérculos, herbazal abierto rocoso, mosaico de cultivos, mosaico de pastos con espacios naturales, mosaico de pastos y cultivos, mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales y pastos limpios; siendo coberturas con coeficiente de cultivo (Kc) entre 0,81 – 1.

#### 5.8.1.4. Numeros de estratos.

En esta variable se desea utilizar el número de estratos de una cobertura vegetal para darse una idea por ejemplo del tipo de bosque, de su densidad, estructura, el resultado es que tan buena protección hace en algunos aspectos. Ejemplo para bosques bien evolucionados es posible encontrar hasta 4 estratos, de esta manera se podría calificar entre 1 y 2; para un cultivo limpio que solo tiene un estrato, su susceptibilidad sería de 4 – 5.<sup>58</sup>

**Tabla 44.** Categorización y calificación de la variable 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
Ata densidad Estructural	4	1

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 98.

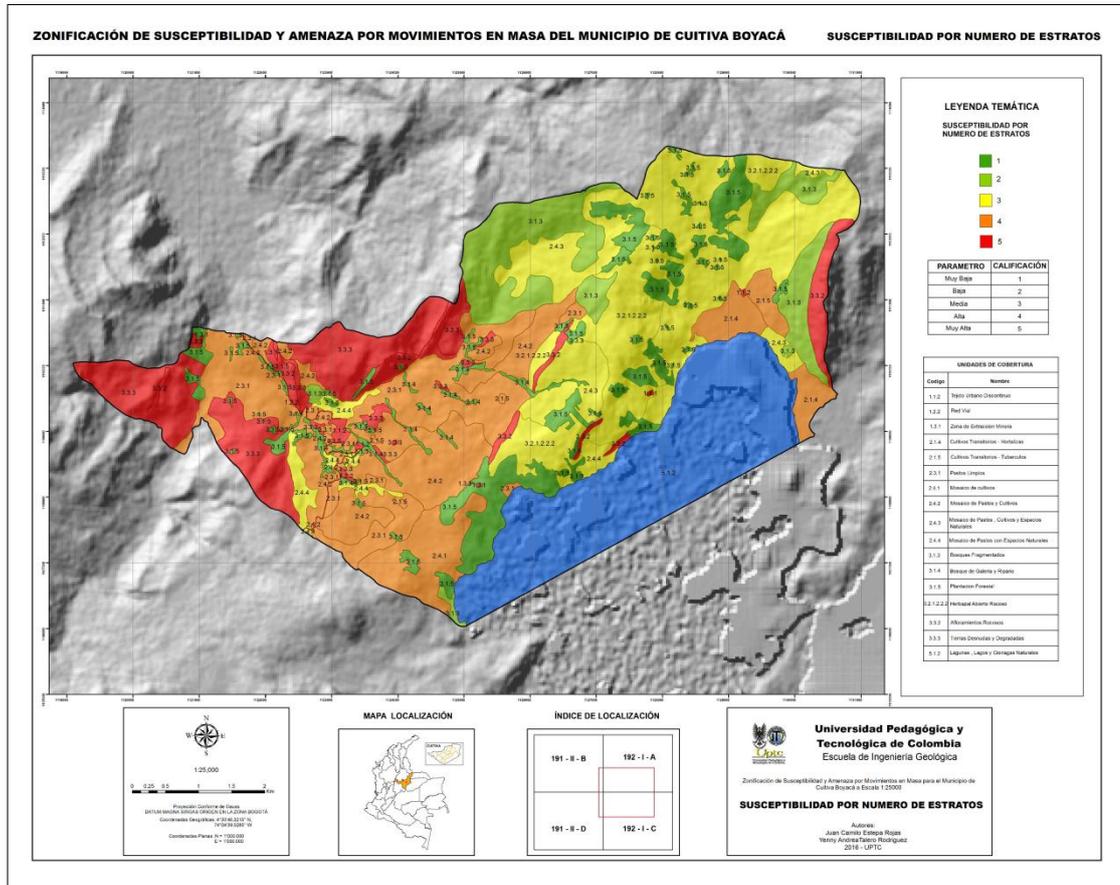
<sup>58</sup>Ibíd., p. 98.

**Tabla 45.** Calificación de la variable número de estratos

NOMBRE	ESTRATOS DE LA COBERTURA	NUM.ESTRATOS	SUSCEPTIBILIDAD
Tejido urbano discontinuo	No presenta	0	5
Red vial	No presenta	0	5
Zonas de extracción minera	No presenta	0	5
Cultivos transitorios hortalizas	Baja densidad estructural	1	4
Cultivos transitorios tubérculo	Baja densidad estructural	1	4
Pastos limpios	Baja densidad estructural	1	4
Mosaico de cultivos	Baja densidad estructural	1	4
Mosaico de pastos y cultivos	Baja densidad estructural	1	4
Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales	Media densidad Estructural	2	3
Mosaico de pastos con espacios naturales	Media densidad Estructural	2	3
Bosque fragmentado	Moderadamente alta	3	2
Bosque de galería y ripario	Alta densidad estructural	4	1
Plantación forestal	Alta densidad estructural	4	1
Herbazal abierto rocoso	Media densidad Estructural	2	3
Afloramientos rocosos	No presenta	0	5
Tierras desnudas y degradadas	No presenta	0	5
Laguna	No presenta	0	5

Fuente: Datos de estudio.

**Mapa 25. Susceptibilidad por números de estratos**



Fuente: Datos de estudio.

### Susceptibilidad Muy Alta

Ocupa el 13,83% del área total, están asociadas las coberturas de afloramientos rocosos, red vial, tejido urbano discontinuo, tierras desnudas y degradadas y zonas de extracción minera, los cuales no presentan estratos verticales. Se ubican en la vereda La Vega en el alto La Salvadora, loma Singuquirá y Guatapé, vereda Caracoles en el cerro Chiguatá y cuchilla Diagota, vereda Buitreros Cuchilla del Buitrero y zonas urbanas.

### Susceptibilidad Alta

Con el 24,98% del área total, la cual corresponde a cultivos transitorios hortalizas y cultivos transitorios tubérculos, mosaicos de cultivos, mosaico de pastos y cultivos y pastos limpios donde se presenta baja densidad estructural, estos se localizan en zonas de bajas pendientes de las veredas La Vega, Arbolocos, Lagunitas, Macías, Tapias y sector Llano de Alarcón.

---

### **Susceptibilidad Media**

Representada por el 24,52% del área en estudio, comprendida por mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales y herbazal abierto rocoso, ubicados al NE del municipio en las veredas Boquerón, Balcones, Tapias, Amarillos, Cordoncillos, Buitreros y algunos sectores de la vereda Macías.

### **Susceptibilidad Baja**

Corresponde al 8,86% del municipio dado por bosque fragmentado, cuya densidad estructural es moderadamente alta. Este se localiza en la loma El Volador de la vereda Caracoles y en algunos sectores de las veredas Cordoncillos y Buitreros.

### **Susceptibilidad Muy Baja**

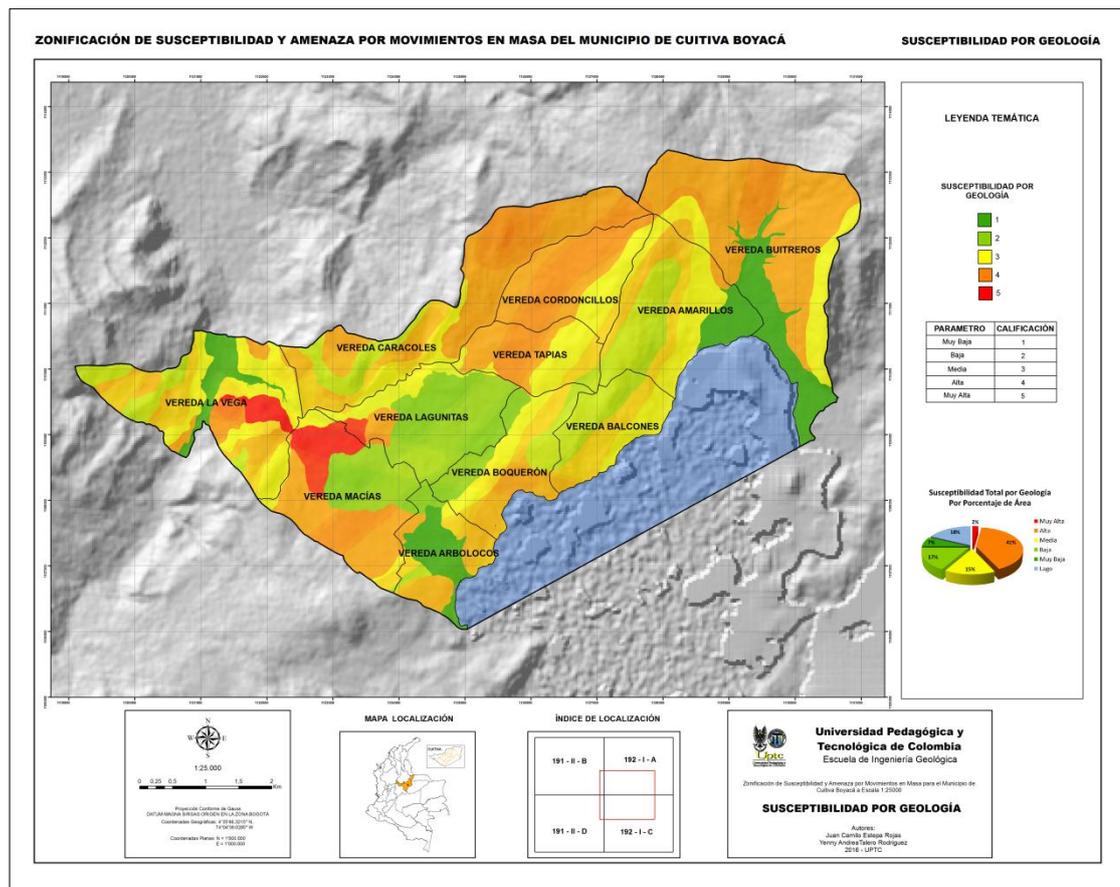
Ocupa el 9,96% del área total, conformada por bosque de galería y ripario y plantación forestal; caracterizados por presentar alta densidad estructural; estos se encuentran distribuidos aleatoriamente en las veredas La Vega, Macías, Lagunitas, Arbolocos, Boquerón, Balcones, Amarillos y Buitreros.

## 6. RESEULTADO DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELOS Y COBERTURAS.

A continuación se muestran los resultados obtenidos por cada variable evaluada:

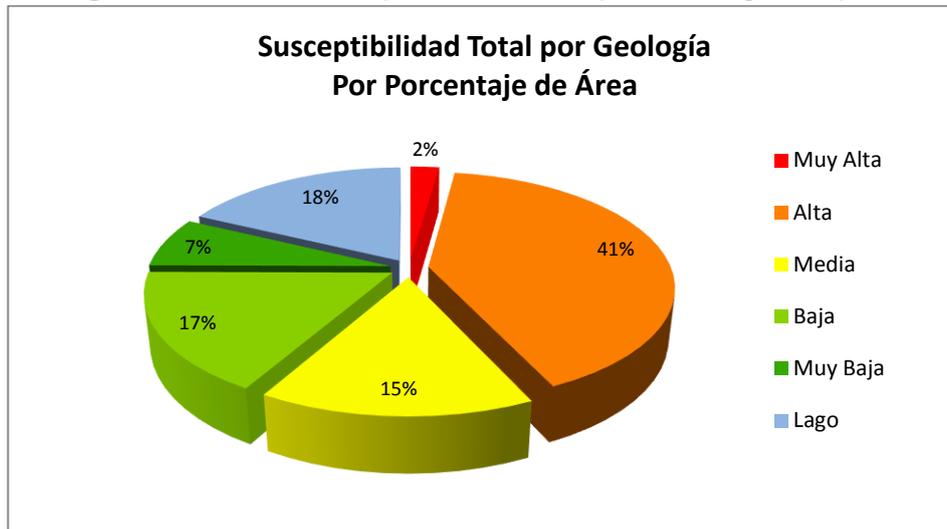
### 6.1. SUSCEPTIBILIDAD POR GEOLOGÍA.

**Mapa 26.** Susceptibilidad por geología



Fuente: Datos de estudio.

**Figura 9.** Susceptibilidad Total por Geología en porcentaje de área



Fuente: Datos de estudio.

### Susceptibilidad Muy Alta

Ocupa un área de 1 Km<sup>2</sup> que corresponde al 2% del área total municipal la cual se extiende al NE de la vereda Macías pasando por el casco urbano hasta la vereda La Vega; Corresponde al depósito cuaternario Coluvial (Qc) considerado como el más inestable frente a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, debido a su composición por materiales heterogéneos transportados y su disposición en laderas con pendientes inclinadas, además se ve secundado por la acción de la falla Cuítiva– Tota.

### Susceptibilidad Alta

Representa un área de 18,07 Km<sup>2</sup> siendo el 41% del área municipal la cual se localiza con mayor predominancia en las veredas Buitreros, Cordoncillos, Caracoles, Tapias y Macías asociada a las formaciones Conejo (Kscn), Pinos (Ksgp) y Guaduas (Kpgg), las cuales presentan texturas clásticas consolidadas y resistencia blanda, dispuestas en pendientes inclinadas a abruptas; afectadas por el plegamiento del anticlinal de Guatapé y Llano de Alarcón, el sinclinal Del Pilar y San Miguel y las Fallas Matamora y Diagota.

### Susceptibilidad Media

Constituye un área de 6,74 Km<sup>2</sup> equivalente al 15% del área municipal la cual se encuentra asociada a la formación Plaeners (Ksgpl) de textura clástica consolidada y resistencia dura; presente en los flancos de los sinclinales Del Pilar y San Miguel; también hace parte de esta calificación el cuaternario Coluvio-aluvial (Qcal) compuesto por bloques predominantemente de areniscas de formas subredondeadas a subangulares, localizados a las márgenes de las quebradas El Túnel y El Gonce.

### Susceptibilidad Baja

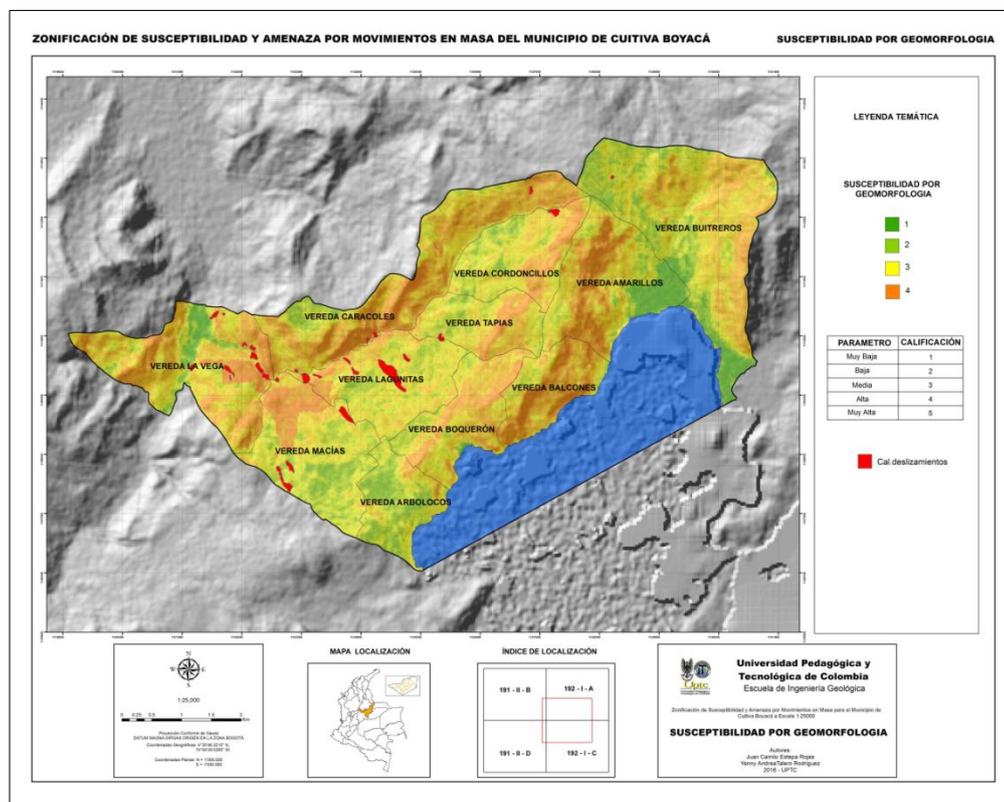
Representada por un área de 7,45 Km<sup>2</sup> la cual corresponde al 17% del área municipal la cual incluye litologías de texturas clásticas cementadas y de resistencia dura, como son la formación Labor y Tierna (Ksgt) en el eje del sinclinal Del Pilar y en los flancos del sinclinal de San Miguel y la formación Socha Inferior (Pgsi) afectada por la falla Palenque en la vereda La Vega; también incluye el cuaternario Glacial (Qg) en las veredas Macías y Lagunitas el cual se ve afectado por el plegamiento del anticlinal de Guatapé y el trazo de la falla Cuítiva-Tota.

### Susceptibilidad Muy Baja

Corresponde a 3,12 Km<sup>2</sup> siendo el 7% del área municipal. Calificación dada en los cuaternarios Aluviales (Qal) localizados en la vereda La vega a las márgenes del río Tota, afectado por el plegamiento del anticlinal de Tota y en las veredas Arbolocos dispuestos en planicies y Buitreros sector Llano Alarcón afectado por el plegamiento del anticlinal de Llano de Alarcón.

## 6.2. SUSCEPTIBILIDAD POR GEOMORFOLOGÍA

Mapa 27. Susceptibilidad por geomorfología



Fuente: Datos de estudio.

## **Susceptibilidad Alta y Media**

Esta se presenta en gran parte del área municipal; con mayor predominancia en la vereda Caracoles, donde la susceptibilidad se desarrolla sobre geoformas de tipo denudacional, como lomas denudadas (Dld), ladera erosivas (Dle) y escarpes de erosión menor (Deeme); estructural como laderas estructurales (Sle) y laderas contrapendiente sinclinal (Sscp), la pendiente varía de Muy Inclinada a Abrupta, asociadas a las formaciones Conejo (Kscn), Plaeners (Ksgpl), Pinos (Ksgp), Labor y tierna (Ksgt), también se aprecia un relieve quebrado y procesos morfodinámicos como deslizamientos. En la vereda Balcones la susceptibilidad se asocia a geoformas estructurales, con pendientes que van de Inclinadas a Muy Abruptas sobre las formaciones Plaeners (ksgpl), Pinos (Ksgp) y Labor y tierna (Ksgt), en la vereda Amarillos se presenta variación de la pendiente que va desde plana a abrupta, la susceptibilidad allí se desarrolla sobre geoformas de tipo estructural como laderas estructurales (Sle), laderas contrapendientes (Sscp) y denudacional asociadas a un flanco del sinclinal Del Pilar; incluye las formaciones Plaeners (Ksgpl), Pinos (Ksgt) y Labor y tierna (Ksgt), en la vereda Buitreros se localiza sobre geoformas de tipo Denudacional, glacial y fluvial de relieve relativo Bajo a Muy Bajo con pendientes muy variadas que van de Bajas a Muy Abruptas asociadas a las formaciones Plaeners (Ksgpl) y Conejo (Kscn) y en la vereda La Vega se encuentra asociada a geoformas de tipo denudacional y estructural, donde la pendiente varía de baja a abrupta, además se aprecian aquí algunos deslizamientos, que pueden significar un grado medio a la ocurrencia de otros FRM o activar estos que ya ocurrieron. Hay que tener en cuenta que el municipio se encuentra bajo susceptibilidad media a alta por geomorfología, en un cuaternario coluvial (Qc).

## **Susceptibilidad Baja.**

Esta calificación se localiza en la vereda Arbolocos, asociado al cuaternario aluvial y parte de la vereda Caracoles, sobre la formación Guaduas (Kpgg) en el sinclinal de San Miguel, esta susceptibilidad se presenta sobre geoformas de tipo denudacional, en donde los procesos de FRM son nulos sobre laderas planas a suavemente inclinadas.

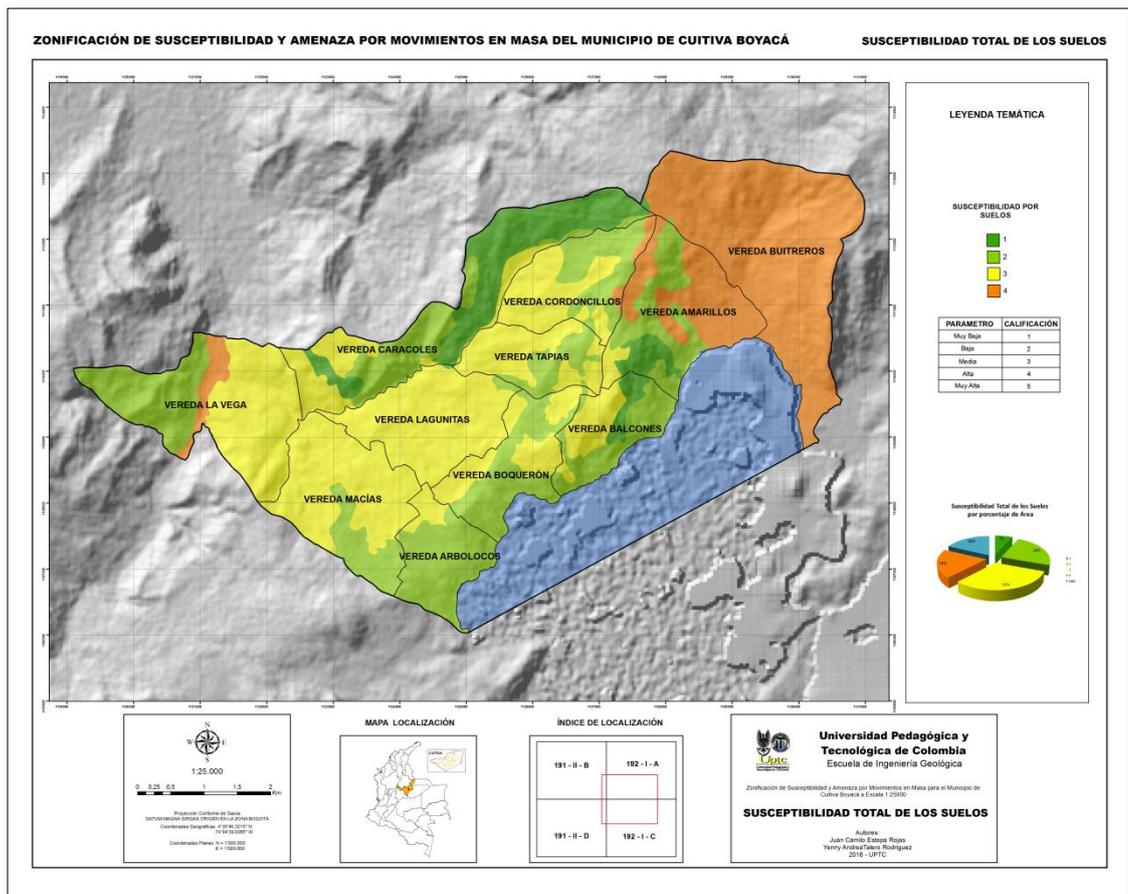
## **Susceptibilidad Muy Baja.**

Se da principalmente en las veredas, La Vega sector El Batán y Buitreros sector Llano de Alarcón, asociadas a geoformas de tipo fluvial como llanura de

inundación (Fpi), por procesos del río Tota y el Lago de Tota respectivamente, se encuentran en pendientes plana a suavemente inclinadas donde los procesos morfogenéticos son nulos sobre un relieve relativo bajo.

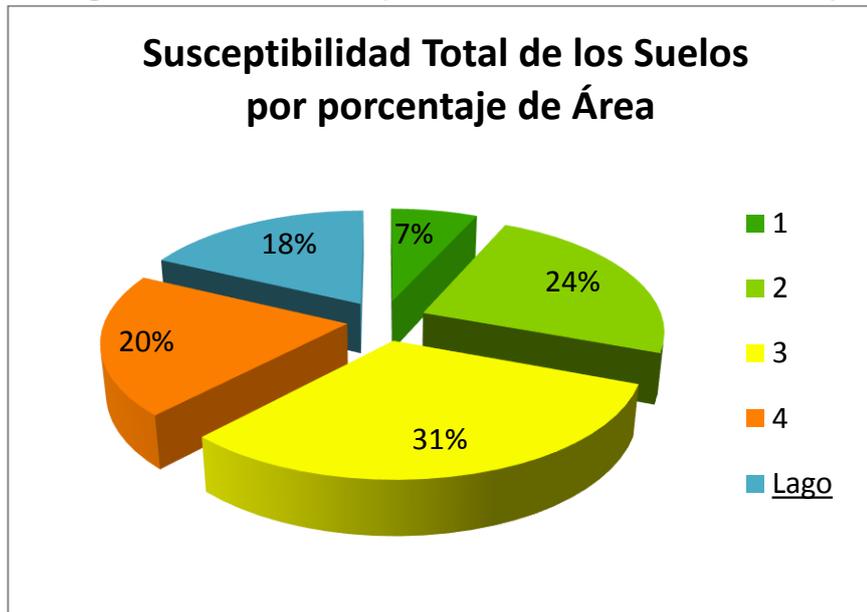
### 6.3. SUSCEPTIBILIDAD POR SUELOS

**Mapa 28.** Susceptibilidad de los suelos.



Fuente: Datos de estudio.

**Figura 10.** Susceptibilidad total de los suelos en porcentaje de área.



Fuente: Datos de estudio.

### Susceptibilidad Alta

Se atribuye a suelos de laderas y planicies, los cuales incluyen las Asociaciones Ubaté, Hato Laguna, Crucero Alto y Consociación Buitrera compuestos a partir de lutitas y arcillas; que corresponde a suelos de texturas finas franco – arcillosa, limo; del orden de los inceptisoles (suelos poco evolucionados) de profundidad moderada y con drenaje natural bueno.

Se observan a las márgenes del río Tota, también en la vereda Buitreros y algunos sectores de la vereda Amarillos.

Representada por 8,9 Km<sup>2</sup> que corresponde al 20% del área municipal.

### Susceptibilidad Media

Cubre la mayor parte del área estudiada, la cual corresponde a la Asociación Cuítiva, localizada entre 2.600 y 2.800 m.s.n.m, de relieve ondulado ha quebrado con suelos Superficiales a partir de lutitas y Areniscas, de textura fina a media; del orden de los alfisoles y molisoles, presentan drenaje natural bueno. Se localizan con mayor predominancia en las veredas La Vega, Macías, Lagunitas, tapias, cordoncillos y con menor extensión de área en las veredas Caracoles, Boquerón y Balcones.

Corresponde a 13,91 Km<sup>2</sup> equivalente al 31% del área municipal.

### Susceptibilidad Baja

Corresponde a suelos de lomas erosivas y laderas; de las Asociaciones Bojaca, Tobo, Cogua, Marcura y Miscelano erosionado, formados a partir de areniscas y arcillas de texturas medias del orden en mayor proporción de alfisoles a entisoles, ultisoles e inceptisoles con drenaje natural bueno a moderadamente excesivo, de profundidad superficial a muy superficial; localizados en el alto de La Salvadora y loma Singuaira de la vereda La Vega, loma Los Caracoles, El Volador y cuchilla Diagota de la vereda Caracoles y algunos sectores de las veredas Amarillos, Balcones, Boquerón, Arbolocos y Macías.

Pertenece a 10,59 Km<sup>2</sup> que representan el 24 % del área municipal.

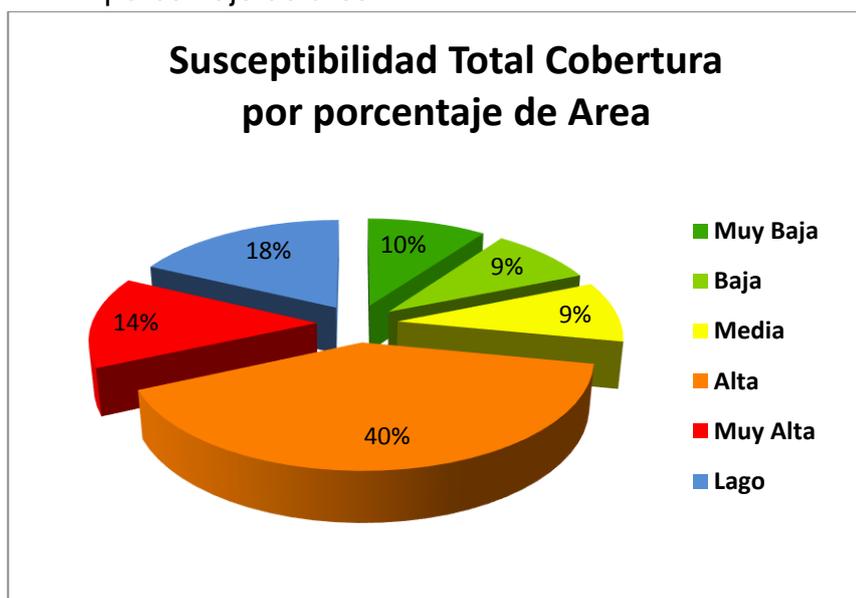
### Susceptibilidad Muy Baja

Son suelos Miscelaneos Rocosos que se encuentran en franjas angostas de laderas de pendientes altas o cuchillas son de profundidad muy superficial, formados a partir de areniscas son de clase textural arenosa del orden de los entisoles, presentan drenaje excesivo. En el área municipal se encuentran en las veredas Caracoles y Balcones – Amarillos.

Representada por 2,99 Km<sup>2</sup> equivalente al 7 % del área municipal.

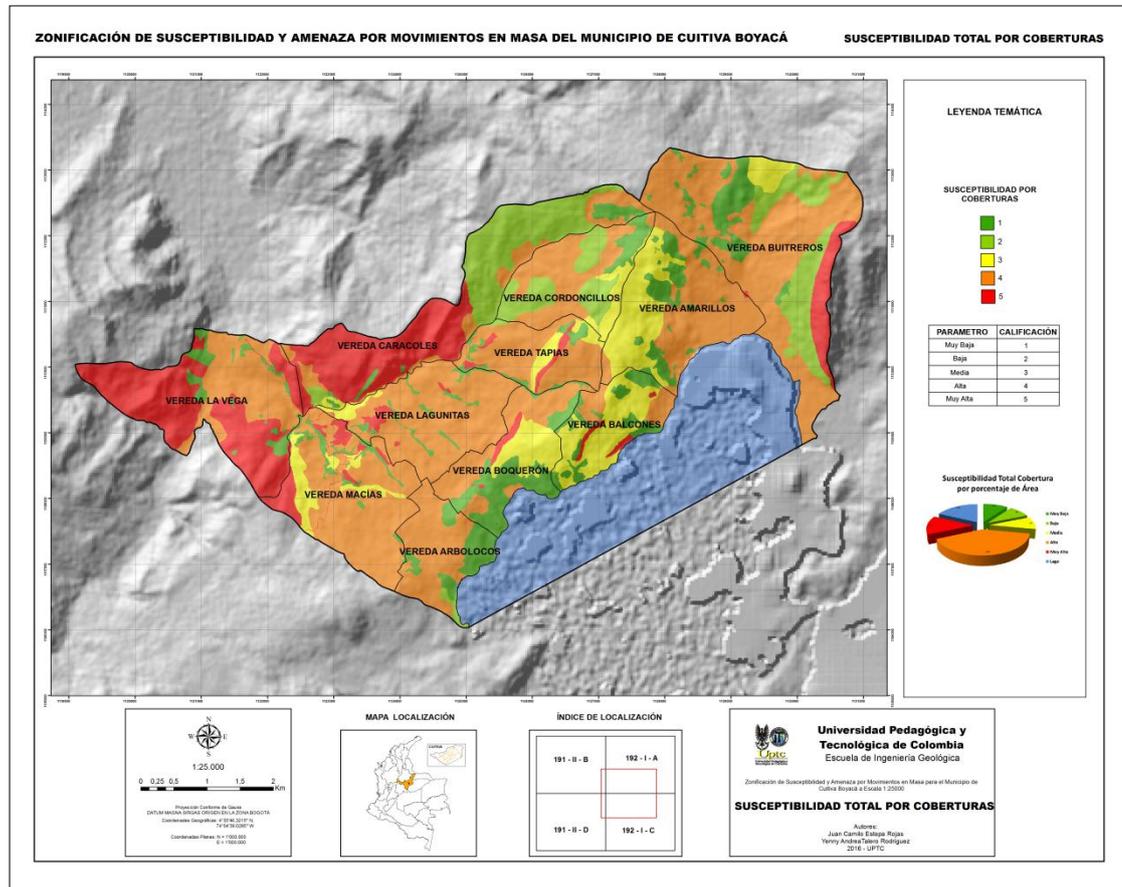
## 6.4. SUSCEPTIBILIDAD POR COBERTURA DE LA TIERRA

**Figura 11.** Susceptibilidad total de la cobertura de la tierra en porcentaje de área.



Fuente: Datos de estudio.

### Mapa 29. Susceptibilidad por cobertura de la tierra



Fuente: Datos de estudio.

### Susceptibilidad Muy Alta

Corresponde a 6,13 Km<sup>2</sup> equivalente al 14% del área municipal, con coberturas de tejido urbano discontinuo, red vial, zona de extracción minera, afloramientos rocosos y tierras desnudas- degradadas, que presentan vegetación casi nula a nula, haciendo tanto la profundidad radicular como el drenaje muy superficiales, donde el coeficiente de cultivo (Kc) oscila entre 0 – 0,5 registrando baja evapotranspiración y además carecen de estratificación, por lo tanto; la vegetación existente no contrarresta la erosión pluvial, haciendo que la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa sea alta, secundada por su localización en zonas de altas pendientes como se presenta en la vereda La Vega en el alto La Salvadora, loma Singuaquirá y Guatapé, vereda Caracoles en el cerro Chiguatá y cuchilla Diagota, vereda Buitreros cuchilla del Buitrero y zonas urbanas.

### **Susceptibilidad Alta**

Representada por 17,84 Km<sup>2</sup> que corresponden al 40% del área municipal estádada por coberturas de áreas agrícolas como son, cultivos transitorios hortalizas, cultivos transitorios tubérculos, pastos limpios, mosaico de cultivos, mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales; los cuales desarrollan un sistema radicular de pocos centímetros de profundidad (25 a 50 cm) que no aporta lo suficiente a la estabilidad; además presentan drenaje superficial, coeficiente de cultivo (Kc) entre 0,81 – 1 y baja densidad estructural. Igualmente al ser una zona agrícola donde se registra la actividad ganadera y los cultivos en rotación, generan degradación y aumenta la posibilidad de fenómenos de remoción en masa ya que la cobertura vegetal actúa como agente regulador en los fenómenos erosivos, dicha susceptibilidad se registra en las veredas Macías, Lagunitas, Tapias, Buitreros y en menor extensión de área en las veredas Amarillos, Cordoncillos, Boquerón, Arbolocos y La Vega.

### **Susceptibilidad Media**

Constituida por 4,08 Km<sup>2</sup> equivalentes al 9% de la cobertura del área municipal por herbazal abierto rocoso, mosaico de pastos con espacios naturales los cuales presentan profundidad radicular moderada (50 a 100 cm), drenaje moderadamente profundo y densidad Estructural media; predominan en las Boquerón, Balcones y Amarillos.

### **Susceptibilidad Baja**

Corresponde a 3,92 Km<sup>2</sup> los cuales representan el 9% del área municipal dado por coberturas de Bosques fragmentados de profundidad radicular 110 a 150 cm, drenaje natural profundo y densidad estructural moderadamente alta dando buena estabilidad a los suelos, aunque en ocasiones se ven afectados por factores antrópicos como la tala de árboles; se localizan en la vereda Caracoles, Cordoncillos y Buitreros.

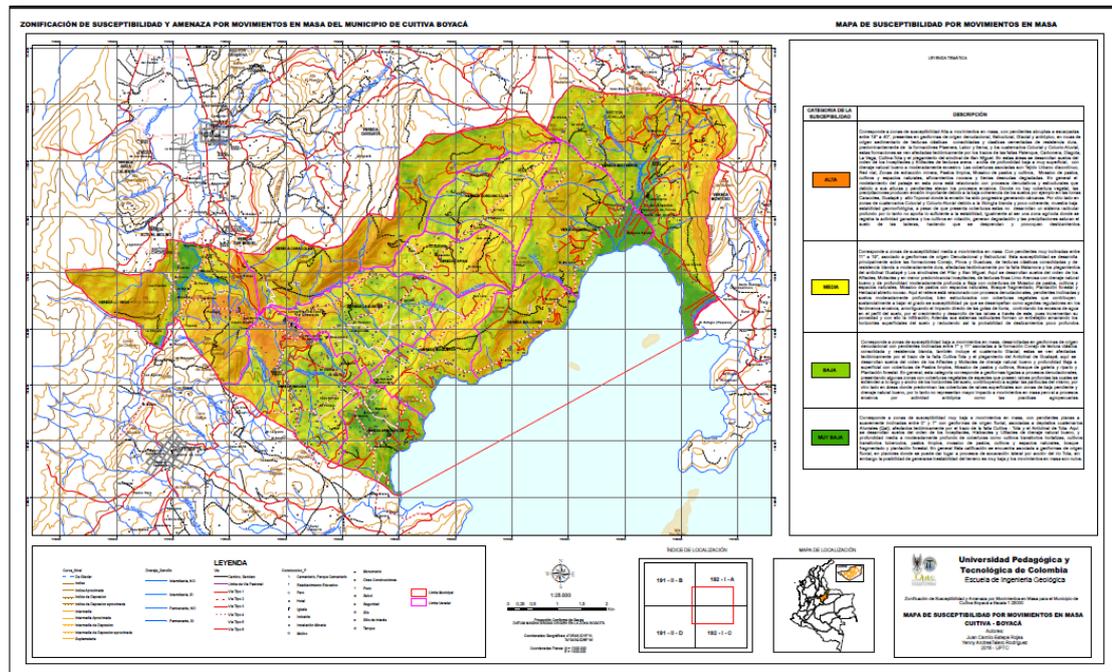
### **Susceptibilidad Muy Baja**

Incluye Plantación forestal y Bosque de galería y ripario; estas coberturas son densas y presentan un sistema radicular profundo (mayor a 150 cm) al igual que el drenaje natural; poseen alta densidad estructural, brindan amortiguación al impacto directo de las gotas de lluvia, por la capa de hojarasca presente en el suelo y buena estabilidad de los mismos, de tal manera que la erosión y la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa son muy bajas.

Esta susceptibilidad corresponde a 4,41 Km<sup>2</sup> que representan el 10% del área municipal y se localizan de manera aleatoria en el área municipal con mayor predominancia en las veredas Boquerón, Balcones, Amarillos y Buitreros.

## 7. SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA EL MUNICIPIO DE CUÍTIVA - BOYACÁ

**Mapa 30.** Susceptibilidad por movimientos en masa.



Fuente: Datos de estudio.

### Susceptibilidad Alta

Se encuentra localizada principalmente en la vereda La Vega al SW en el alto de La Salvadora y Loma Singuaquirá; al NE en Las Pilitas; al SE en San Bartolo, Cuesta Grande, El Pedregal, Alto Toponal y Loma Guatapé; en la vereda Caracoles en la Loma Los Caracoles y cuchilla Diagota; en la vereda Macías al NW; en la vereda Buitrerosal NE en el Mortiño, Las Casasy cuchilla del Buitrero y en los Flancos del sinclinal Del Pilar en Cuatro Esquinas, loma Los Alarcones, San Jose, El Ocaso, El Alisal y San Luis.

Estas zonas son de pendientes abruptas a escarpadas entre 19° a 40°, presentes en geformas de origen denudacional como Ladera denudada (Dld), Ladera Erosiva (Del) y escarpe de erosión menor (Deeme); Estructural como Ladera estructural (Sle), Ladera contrapendiente (Slcp) y Ladera de contrapendiente sinclinal (Sscp); Glacial como Ladera de contrapendiente anticlinal glaciada (Gsle) y antrópico como Canteras (Ac) y Explotación minera (Aem); en rocas de origen sedimentario de texturas clásticas consolidadas y clásticas cementadas de resistencia dura, predominantemente de las formaciones Plaeners (Ksgpl), Labor y tierna (Ksgt); y los cuaternarios Coluvial

(Qc) y Coluvio-Aluvial (Qcal) de composiciones heterogéneas en bloques subangulares a subredondeados; estas formaciones se ven afectadas tectónicamente por los trazos de las fallas Palenque, Carbonera, Diagota, La Vega, Cúitiva-Tota y el plegamiento del sinclinal de San Miguel. En estas áreas se desarrollan suelos del orden de los Inceptisoles y Entisoles de texturas arena – arcilla de profundidad baja a muy superficial, con drenaje natural bueno a moderadamente excesivo. Las coberturas asociadas son Tejido Urbano discontinuo, Red vial, Zonas de extracción minera, Pastos limpios, Mosaico de pastos y cultivos, Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales, afloramientos rocosos y tierras desnudas degradadas. En esta zona se inventariaron 16 movimientos en masa.

En general el modelamiento del paisaje en esta zona está relacionado con procesos denudativos y estructurales que debido a sus alturas y pendientes elevan los procesos erosivos. Donde no hay cobertura vegetal, las precipitaciones producen erosión importante debido a la baja coherencia de los suelos por ejemplo en las lomas Caracoles, Guatapé y alto Toponal donde la erosión ha sido progresiva generando cárcavas.

Por otro lado en zonas de cuaternarios Coluvial y Coluvio-Aluvial debido a la litología blanda y poco coherente, muestra baja estabilidad geomorfológica, a pesar de que presenta coberturas estas no desarrollan un sistema radicular profundo por lo tanto no aporta lo suficiente a la estabilidad; igualmente al ser una zona agrícola donde se registra la actividad ganadera y los cultivos en rotación, generan degradación y las precipitaciones saturan el suelo de las laderas, haciendo que se desprendan y provoquen deslizamientos.

### **Susceptibilidad Media**

Ubicada predominantemente en la Vereda Buitreros en las Cruces y El Crucero, en la vereda Tapias en La Esperanza, El Hato, en la vereda Macías al SW y El Potrero, en la vereda Caracoles en el cerro Chiguata y al NE de la misma, en la vereda La Vega en los Rieles y en los flancos del sinclinal Del Pilar en la Quinta, El Manzano, El Espino, El Aliso y Los Pinos.

Estas zonas presentan pendientes muy inclinadas entre 11° a 19°, asociado a geoformas de origen Denudacional como Lomas denudadas (Dld), Lomerios pocos disectados (Dlpd), Montículo y Ondulaciones denudacionales (Dmo) y Estructurales como Ladera estructural (Sle). Esta susceptibilidad se desarrolla principalmente sobre las formaciones Conejo (Kscn), Pinos (Ksgp) y Guaduas (Kpgg) de texturas clásticas consolidadas y de resistencia blanda a moderadamente dura, afectadas tectónicamente por la falla Matamora y los

plegamientos del anticlinal Guatapé y Los sinclinales del Pilar y San Miguel. Aquí se desarrollan suelos del orden de los Alfisoles, Molisoles y en menor predominancia Inceptisoles, de texturas finas Limo-Arenosa con drenaje natural bueno y de profundidad moderadamente profunda a Baja con coberturas de Mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales, Mosaico de pastos con espacios naturales, Bosque fragmentado, Plantación forestal y Herbazal abierto rocoso. En esta zona se inventariaron 11 movimientos en masa

Aquí el relieve está relacionado con procesos denudacionales, pendientes inclinadas y suelos moderadamente profundos; bien estructurados con coberturas vegetales que contribuyen sustancialmente a bajar el grado de susceptibilidad ya que sedesempeñan como agentes reguladores en los fenómenos erosivos, amortiguando el impacto directo de las gotas de lluvia, controlando los excesos de agua en el perfil del suelo, por el crecimiento y desarrollo de las raíces a través de este, pues incrementan su porosidad y con ello la infiltración; Además sus sistemas radiculares forman un entretejido amarrando los horizontes superficiales del suelo y reduciendo así la probabilidad de deslizamientos poco profundos.<sup>59</sup>

### **Susceptibilidad Baja**

Corresponde principalmente a la vereda Macías en Llanito y la Huerta, en la vereda Arbolocos al SW, en la vereda Boquerón en la loma Maldestierro y los Ramales, en la vereda Lagunitas en la Esperanza, El porvenir, El cardón y La Pradera, en la vereda Buitreros en Alto Llano Grande y El coral y en la vereda Amarillos en la loma Los amarillos.

Esta susceptibilidad se desarrolla en geoformas de origen denudacional como Laderas Onduladas de pendientes inclinadas entre 7° y 11° asociadas a la formación Conejo (Kscn) de textura clástica consolidada y resistencia blanda además en el cuaternario Glacial (Qg); afectados tectónicamente por el trazo de la falla Cúitiva-Tota y el plegamiento del Anticlinal de Guatapé; se presentan suelos del orden de los Alfisoles y Molisoles de drenaje natural bueno y profundidad Baja a superficial con coberturas de Pastos limpios, Mosaico de pastos y cultivos, Bosque de galería y ripario y Plantación forestal.

Esta categoría de susceptibilidad corresponde a geoformas ligadas a procesos denudacionales, presentando algunas zonas con coberturas vegetales de especies que poseen raíces profundas las cuales se extienden a lo largo y ancho de los horizontes del suelo, contribuyendo a sujetar las partículas del mismo, por otro lado en áreas donde predominan las coberturas de raíces

---

<sup>59</sup> *Ibíd.*, p. 92.

superficiales son zonas de baja pendiente y drenaje natural bueno, por lo tanto no representan mayor impacto a movimientos en masa pero si a procesos erosivos por actividad antrópica como las practicas agropecuarias.

### **Susceptibilidad Muy Baja**

Esta susceptibilidad se localiza en la vereda La Vega a las márgenes del río Tota, en la vereda Buitreros a orillas del Lago Tota, sector Llano de Alarcón y Santa Barbara, en la vereda Amarillos en Barranco Pelado y en la vereda Arbolocos en La Esquina, El Espino, Llanito y Rosales.

Correspondiendo a zonas planas a suavemente inclinadas con pendientes entre 0° y 7° con geoformas de origen fluvial como Llanura de inundación (Fpi) y Cauce aluvial (Fca), asociadas a depósitos cuaternarios Aluviales (Qal); afectados tectónicamente por el trazo de la falla Cuítiva – Tota y el Anticlinal de Tota. Aquí se desarrollan suelos del orden de los Inceptisoles, Histosoles y Ultisoles de drenaje natural bueno y profundidad media a moderadamente profundo de coberturas como cultivos transitorios hortalizas, cultivos transitorios tuberculos, pastos limpios, mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales, bosque fragmentado y plantación forestal.

Esta calificación se encuentra asociada a geoformas de origen fluvial, en planicies donde se puede dar lugar a procesos de socavación lateral por acción del río Tota, sin embargo la posibilidad de generarse inestabilidad del terreno es muy baja y los movimientos en masa son nulos.

### **7.1.**

## **7.2. ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS**

“Los movimientos en masa son el resultado de la interacción de factores intrínsecos del terreno que lo predisponen hacia una situación de inestabilidad (susceptibilidad), con factores extrínsecos al terreno (detonantes) que generan o desencadenan una amenaza, en este caso específico los movimientos en masa”.<sup>60</sup>

## **7.3. EVALUACIÓN DE DETONANTES**

### **7.3.1. Factor Clima**

#### **7.3.1.1. Precipitación Media Anual**

Teniendo en cuenta la escala de trabajo se consideró adecuado el uso de la zonificación climática propuesta por IDEAM (2001), la cual es el resultado de la caracterización de los regímenes térmicos y de lluvia propios de la geografía colombiana.<sup>61</sup>

La distribución espacial de la precipitación media anual se obtuvo a partir de 7 estaciones por interpolación geoestadística.

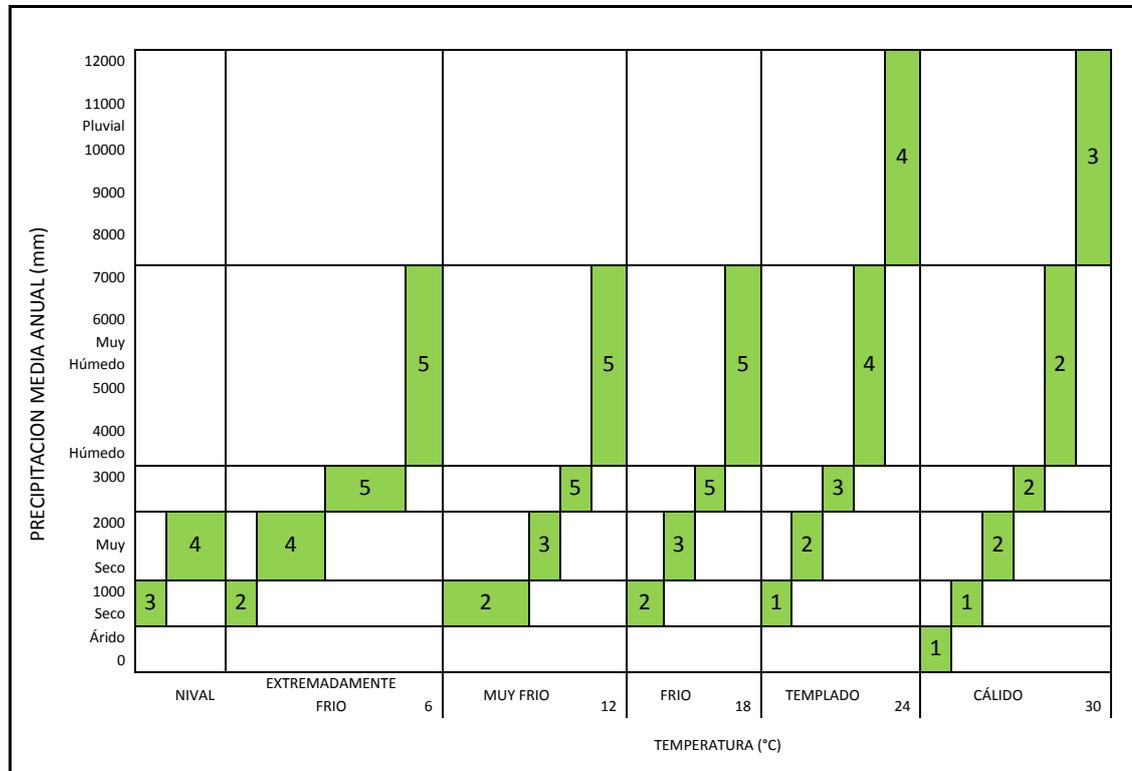
Con base en las variables Precipitación Media Anual y Temperatura Media Anual, para el municipio de Cúitivala calificámonos da valores entre 2 y 3 ya que la temperatura oscila entre los 12°C y 18°C (Clima Frio), con unas precipitaciones medias anuales entre 623,292 y 1141,22 mm. Dichos valores se dan a partir del cruce de información de la Figura 46 y la Tabla 47.

---

<sup>60</sup>Ibíd., p. 128.

<sup>61</sup>Ibíd., p. 134.

**Tabla 46.** Calificación de la zonificación climática (precipitación media anual y temperatura media anual nacional) con base en su contribución a los movimientos en masa.



Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 136.

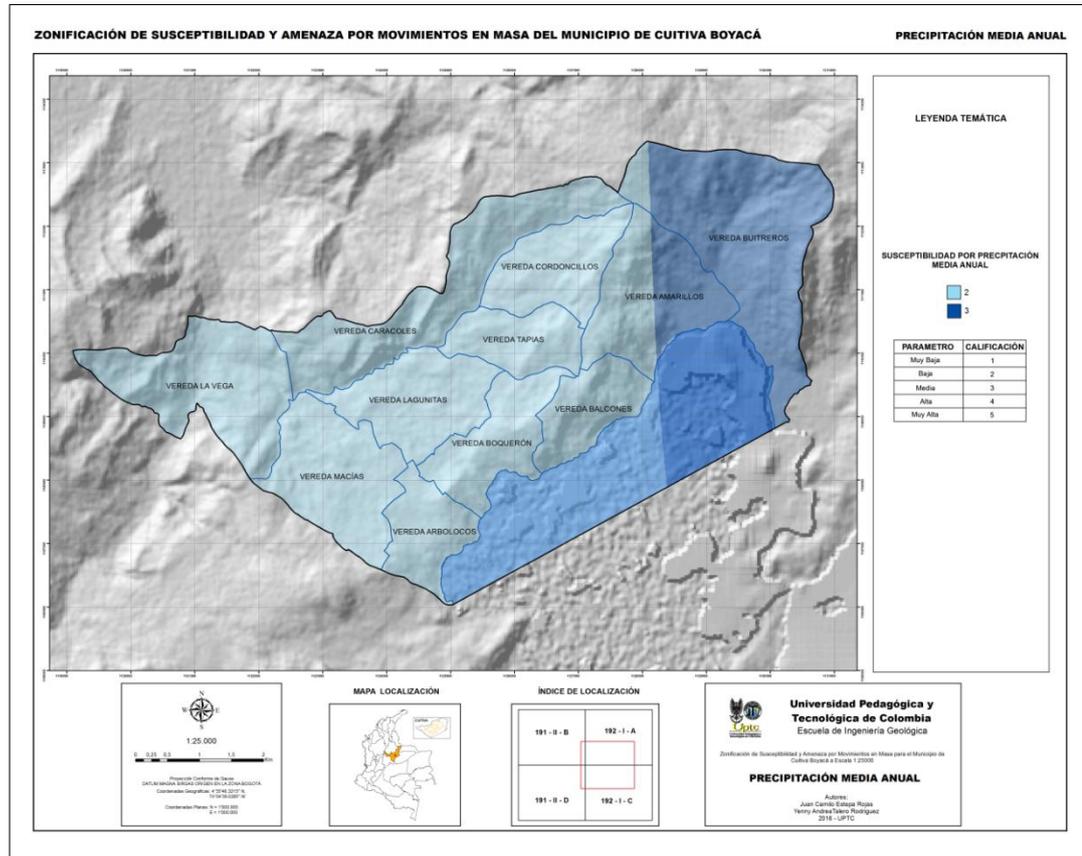
**Tabla 47.** Precipitación Media Anual.

VALORES DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL							
Código	Nombre de la Estación	Corriente	Tipo	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)	PRE_MEDIA
24030230	IZA	PESCA	PM	5,6162	-72,9761	2470	677,3
24030120	PESCA	PESCA	PG	5.5166	- 73.0666	2678	662,1
35090010	POTRERITOS	OLARTE	PG	5.4666	-72.9333	3047	793,6
24035340	APTO A LLERAS C	CHICAMOCHA	CP	5,6769	-72,9679	2500	753,2
35095030	EL TUNEL	LAG DE TOTA	CO	5,5721	-72,9439	3000	860,3
35190010	LAS CINTAS	QDA LAS CINTAS	PG	5,6144	-72,8695	3400	1281,5
35190020	TOQUILLA	CUSIANA	PM	5,5236	-72,7048	2950	1288,79

PM: Pluviométrica PG: Pluviografica CP: Climatológica Principal CO: Climatológica Ordinaria

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, 2015.

**Mapa 31. Precipitación Media Anual.**



Fuente: Datos de estudio.

**7.3.1.2. Precipitación Máxima Diaria.**

Partiendo de la hipótesis que a mayor lluvia diaria máxima, mayor es la probabilidad que se detone un movimiento en masa.<sup>62</sup>

Se generó un mapa con los valores de lluvia máxima en 24 horas para un periodo de retorno de 25 años; este cálculo se hizo a partir de una distribución Gumbel Tipo I – Extremo para el periodo de análisis según la estación. Tomando como referencia los valores máximos diarios en 24 horas de las estaciones Iza, Pesca, Potreritos, Aeropuerto Alberto Lleras, El túnel, Las Cintas y Toquilla (ver Tabla 48), se realizó la calificación de los valores de lluvia según la tabla 49; de allí que el municipio de Cúitiva este dentro de la calificación 2 ya que sus valores de lluvia máxima diaria oscilan entre 50 y 100 mm diarios.

<sup>62</sup>Ibíd., p. 134.

**Tabla 48.** Precipitación Maxima Diaria en 24 Horas.

VALORES DE PRECIPITACIÓN MAXIMA DIARIA							
Código	Nombre de la Estación	Corriente	Tipo	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)	Max 24
24030230	IZA	PESCA	PM	5,6162	-72,9761	2470	58,92
24030120	PESCA	PESCA	PG	5.5166	- 73.0666	2678	46,37
35090010	POTRERITOS	OLARTE	PG	5.4666	-72.9333	3047	69,32
24035340	APTO A LLERAS C	CHICAMOCHA	CP	5,6769	-72,9679	2500	49
35095030	EL TUNEL	LAG DE TOTA	CO	5,5721	-72,9439	3000	58
35190010	LAS CINTAS	QDA LAS CINTAS	PG	5,6144	-72,8695	3400	73,99
35190020	TOQUILLA	CUSIANA	PM	5,5236	-72,7048	2950	112
PM: Pluviométrica PG: Pluviografica CP:Climatológica Principal CO:Climatológica Ordinaria							

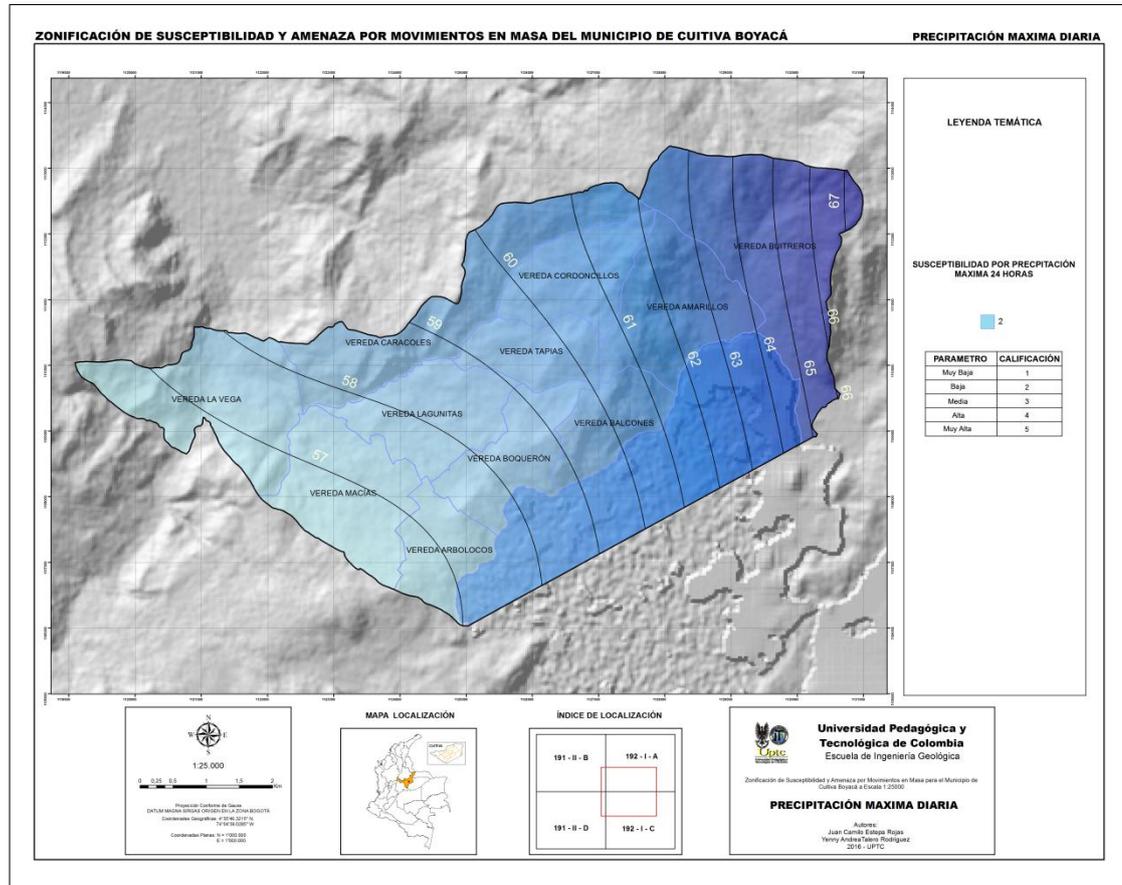
Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, 2015.

**Tabla 49.** Calificación de la Lluvia Maxima Diaria según su contribución a los movimientos en masa.

Valores de Lluvia Máxima Diaria (mm)	Calificación
0 – 50	1
50 – 100	2
100 – 150	3
150 – 220	4
>220	5

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 138.

**Mapa 32. Precipitación máxima diaria en 24 horas.**



Fuente: Datos de estudio.

### 7.3.2. Detonante clima

El mapa obtenido mediante la calificación de precipitación media anual y la temperatura media anual y el mapa de isoyetas de lluvias diarias máximas para un periodo de retorno de 25 años obtenido según la calificación de los rangos descritos se intersectó y se califican de acuerdo a la siguiente formula:

$$DC = 0.5 * DTPMA + 0.5 * DTPM24H$$

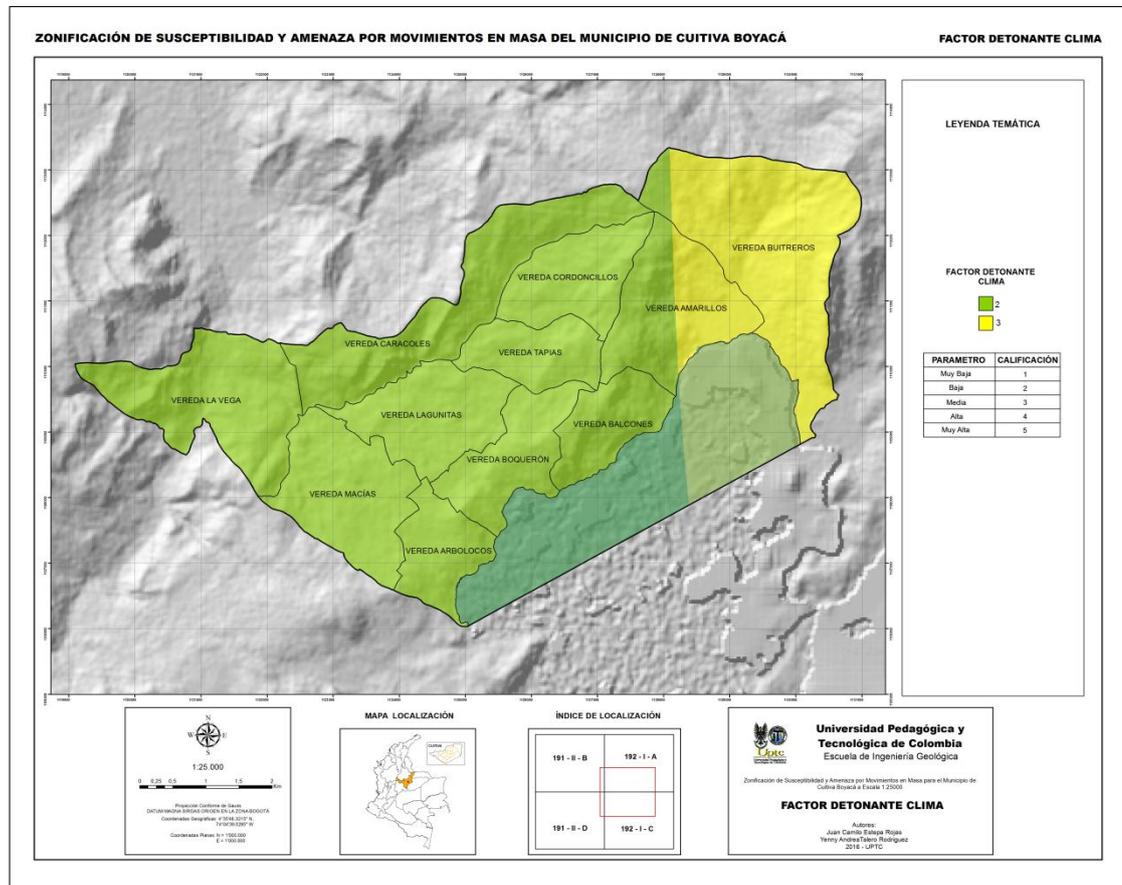
Dónde: DC = Detonante Clima

DTPMA = Detonante Precipitación Media Anual

DTPM24H = Detonante Precipitación Máxima Diaria en 24 h. <sup>63</sup>

<sup>63</sup>INGEOGIS Ltda. Zonificación por fenómenos de remoción en masa para el municipio de Sogamoso. Capítulo 6.1, 2015.

**Mapa 33. Factor detonante clima.**



Fuente: Datos de estudio.

**7.3.3. Factor Sismo**

La calificación dentro del componente sismo se da a partir de la Actualización del Mapa Nacional de Amenaza Sísmica, (INGEOMINAS y Universidad Nacional, 2008-2010) que tiene en cuenta los datos de PGA (cm/seg<sup>2</sup>) correspondientes a un periodo de retorno de 475 años, los cuales fueron rasterizados y categorizados cada 50 gales, permitiendo de esta forma calificar, de forma cualitativa (ver Tabla 50), el grado de contribución del sismo a la ocurrencia de movimientos en masa<sup>64</sup>

<sup>64</sup> SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014, p. 140 - 141.

**Tabla 50.** Calificación del detonante sismo según su contribución a los movimientos en masa .

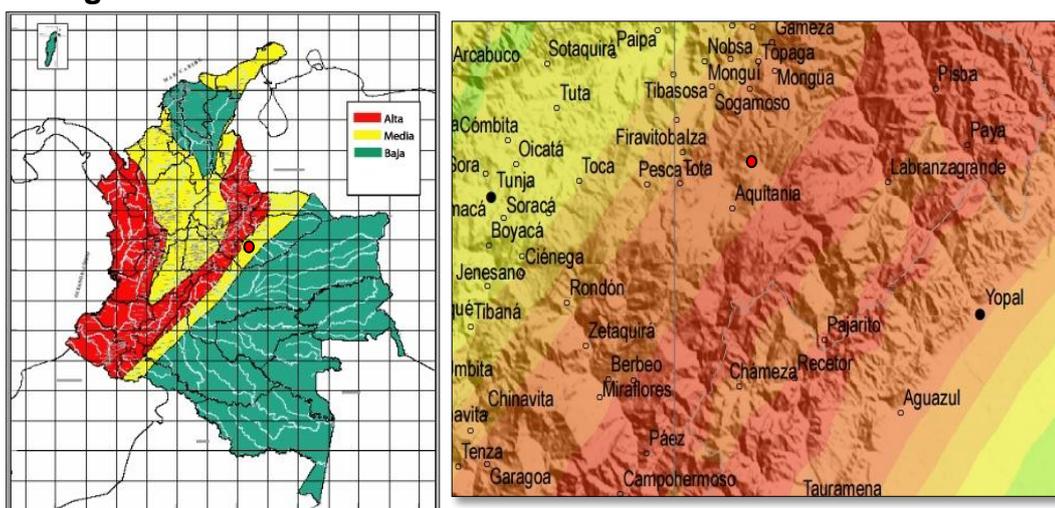
Valores de PGA (cm/seg <sup>2</sup> )	Calificación
10 - 100	1
100 - 150	2
150 - 200	3
200 - 300	4
>300	5

Fuente: SGC. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. 2014. p 141.

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

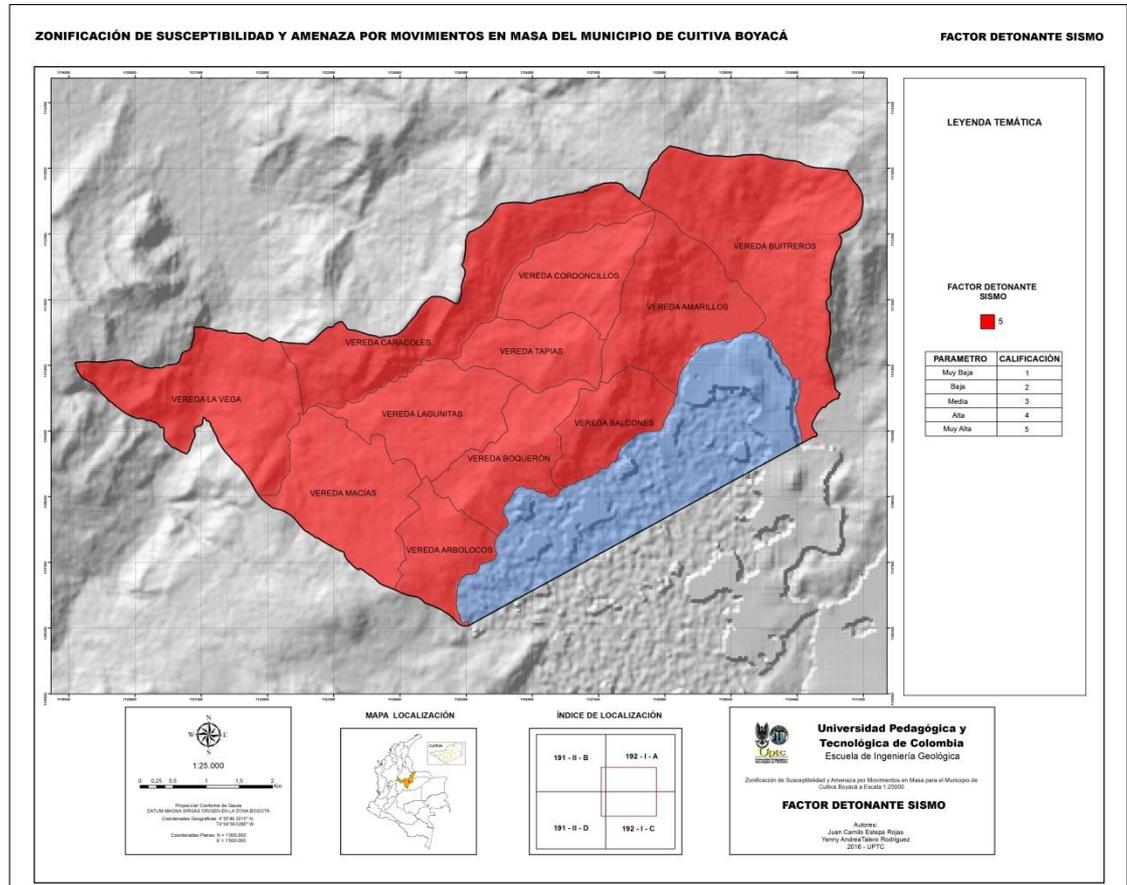
Para la generación del mapa por el factor sismo, para el municipio de Cuítiva se tuvo en cuenta que; según el estudio general de Amenaza Sísmica para Colombia (INGEOMINAS, 1997) y el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica, (INGEOMINAS y Universidad Nacional, 2008-2010); el municipio de Cuítiva se encuentra en una zona de amenaza sísmica Alta.

**Figura 12.** Amenaza sísmica



Fuente: SGC.[En línea] Disponible desde internet en <[http:// www.seisan.sgc.gov.co/](http://www.seisan.sgc.gov.co/)>.

### Mapa 34. Factor detonante Sismo.



Fuente: Datos de estudio.

### 7.3.4. Escenarios de Amenaza Relativa

De acuerdo a la metodología se obtienen dos escenarios de amenaza. El primero corresponde a la zonificación de amenaza por movimientos en masa detonados debido a la incidencia del clima y el segundo debido a los sismos.<sup>65</sup>

Pues los deslizamientos son el resultado de múltiples causas internas como son: la geología, geomorfología, aspectos físicos y antrópicos. Sin embargo, factores como la lluvia o un sismo son denominados como factores detonantes, los cuales son estímulos externos que generan una respuesta casi inmediata de movilizar los materiales que conforman la ladera.

A continuación se describe cada factor.

<sup>65</sup>Ibíd., p. 143.

### 7.3.4.1. Lluvias

El escenario Lluvias toma como detonante el clima, el cual está en función de la temperatura y las precipitaciones media anual y la máxima en 24 horas.

$$Ac = S + Fc$$

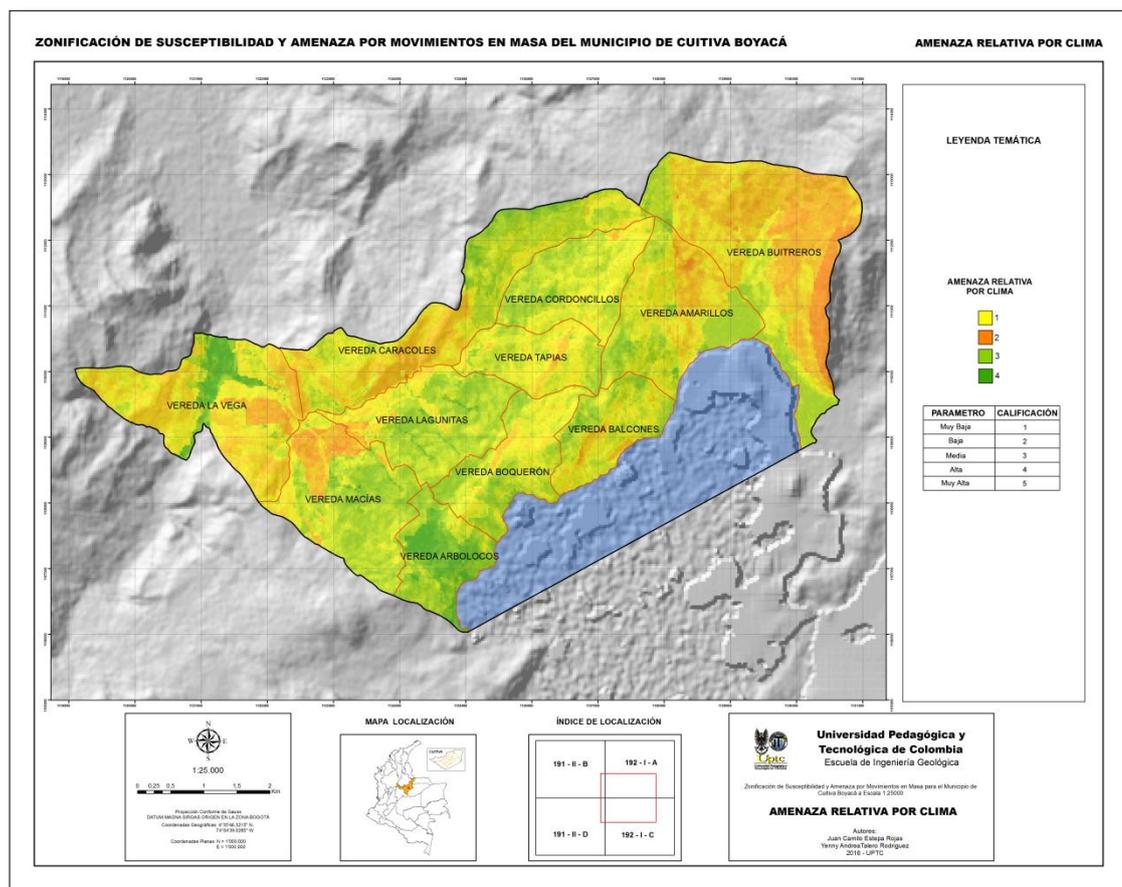
Dónde:

**Ac** = Amenaza por factores climáticos

**S** = Susceptibilidad del terreno a los movimientos en masa

**Fc** = Factor clima

**Mapa 35.** Amenaza relativa por clima.



Fuente: Datos de estudio.

### **Amenaza Alta.**

Se localiza en las veredas Buitreros, Amarillos, Macías, La Vega y Caracoles; presentándose los máximos valores de lluvia diaria en las veredas Amarillos y Buitreros los cuales oscilan entre 62 y 99 mm a diferencia de las demás veredas mencionadas, donde las lluvias máximas diarias no superan los 59 mm. Esta amenaza corresponde geográficamente a cuchillas, lomeríos denudados, donde las malas prácticas de uso del suelo y la deforestación han degradado y empobrecido el suelo, haciendo que las precipitaciones causen cárcavamientos; además en las laderas con pendientes inclinadas, laderas intermedias donde se encuentra depositado el cuaternario Coluvial (Qc) y en laderas presentes a las márgenes de la quebrada El Gonce, la probabilidad a la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, se pueden generar debido a que las lluvias y el agua de regadío (aspersión o por tierra) aumentan el grado de saturación y por ende aumentan del peso unitario del suelo y reducen la resistencia al corte.

### **Amenaza Media.**

Se presenta de manera dispersa sobre la zona de estudio, pero con mayor predominancia en las veredas Amarillos, Cordoncillos, Tapias, Boquerón, Balcones y al margen izquierdo de la quebrada El túnel. En estos sectores se presentan valores de lluvia máxima diaria de 58 a 61 mm. La probabilidad a la ocurrencia de movimientos en masa es media debido a la presencia de suelos superficiales, con coberturas vegetales que facilitan el drenaje y amortiguan la erosión pluvial.

### **Amenaza Baja.**

Esta calificación se localiza en las veredas Buitreros, Amarillos, Cordoncillos, Lagunitas, Balcones y Macías, debido a que se presentan precipitaciones máximas diarias relativamente bajas entre 57 y 61 mm y geomorfológicamente corresponda a laderas onduladas con pendientes entre 7 y 11 grados; hace que la probabilidad a fenómenos de remoción en masa por el factor clima sea bajo.

### **Amenaza Muy Baja.**

Corresponde a las veredas La Vega y Arbolocos con precipitaciones máximas diarias de 57 mm y en la vereda Buitreros con precipitaciones máximas diarias entre 64 y 65 mm, siendo zonas planas asociadas a cuaternarios aluviales; haciendo que la probabilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa por este detonante sea casi nula.

### 7.3.4.2. Sismo

Según (Suarez, 1998) Los movimientos sísmicos pueden activar deslizamientos, en este caso existe el triple efecto de aumento de esfuerzo cortante, disminución de resistencia por aumento de presión de poros y deformaciones asociados con la onda sísmica; pudiéndose llegar a la falla al cortante y hasta la licuación, en el caso de suelos granulares saturados.

Para la construcción del mapa de amenaza por factor sismo se superpone el factor sismo con la capa de susceptibilidad del terreno a movimientos en masa de acuerdo con la siguiente formula:

$$As = S + Fs$$

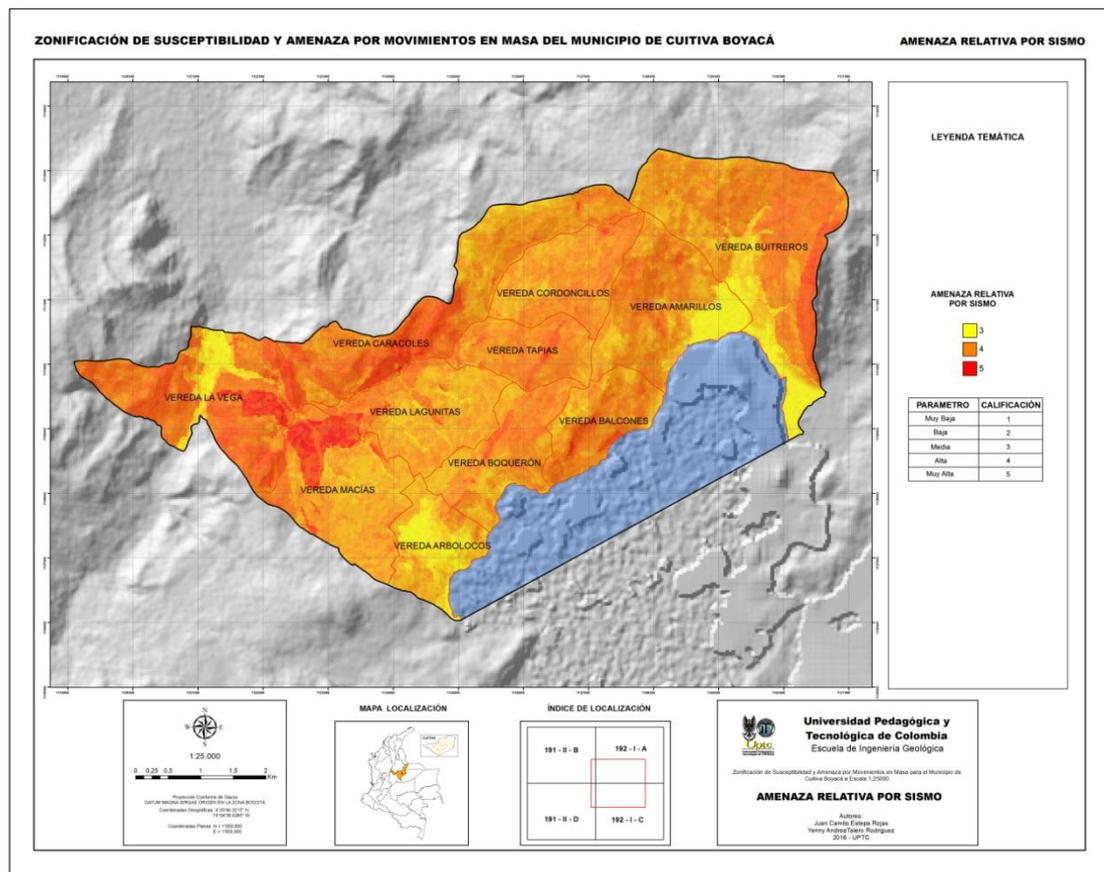
Dónde:

**As** = Amenaza por Detonante Sismo.

**S** = Susceptibilidad del terreno a movimiento en masa.

**Fs** = Factor Sismo.

**Mapa 36. Amenaza Relativa por Sismo.**



Fuente: Datos de estudio.

---

**Amenaza Muy alta.**

Se presenta predominantemente en las veredas Caracoles y La Vega, asociadas a las formaciones Plaeners (Ksgpl), Pinos (Ksgp), Labor y Tierna(Ksgt), Guaduas(Kpgg), Socha inferior (Pgsi) y cuaternario Coluvial (Qc) debido a que las estructuras geológicas presentes allí como las fallas (Matamora, Diagota, La Vega, Carbonera y Palenque) y el plegamiento del anticlinal de Tota y el sinclinal de San Miguel, generando fracturamiento e inestabilidad.

**Amenaza Alta.**

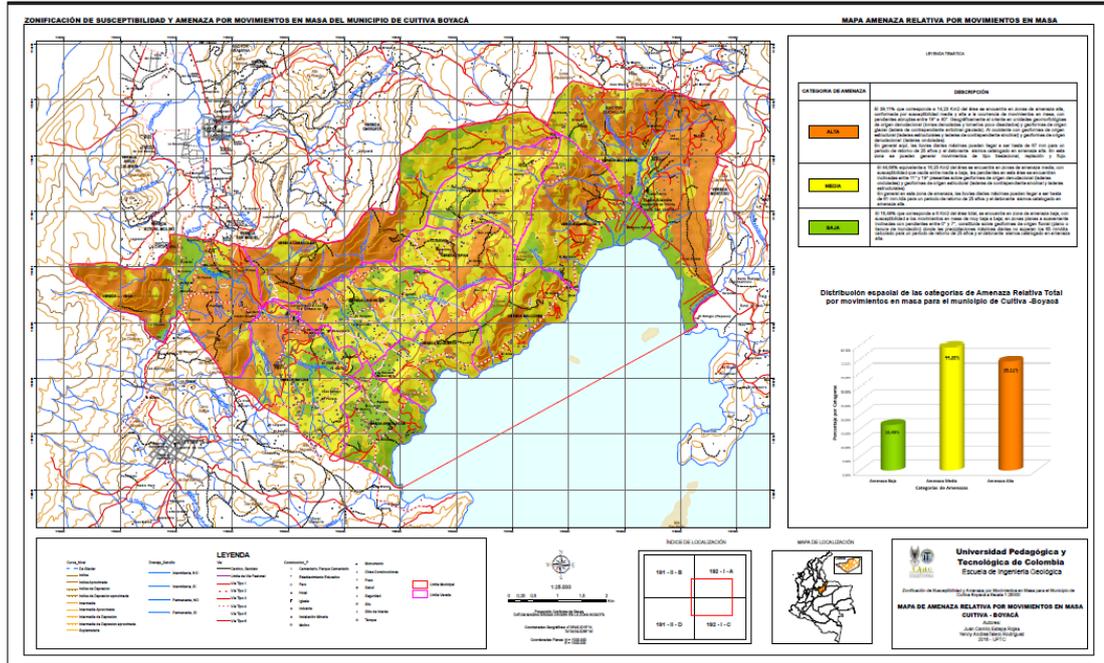
Se localiza principalmente en las veredas Lagunitas, Arbolocos, Macias y Buitreros, asociadas a los depósitos cuaternario glacial (Qg), aluvial (Qal) y la formación Conejo (Kscn), estos se encuentran afectados por el fracturamiento de las rocas, lo cual es generado por el tectonismo de la falla Cuítiva – Tota, y el plegamiento del anticlinal de Guatapé y Llano de Alarcón

**Amenaza Media.**

Se localiza en las veredas La Vega, Buitreros sector Llano de Alarcón, y Arbolocos, asociada a los cuaternarios aluviales (Qal), los cuales son afectados tectónicamente por la falla Cuítiva – Tota y los plegamientos del anticlinal de Tota, Llano de Alarcón y el sinclinal Del Pilar.

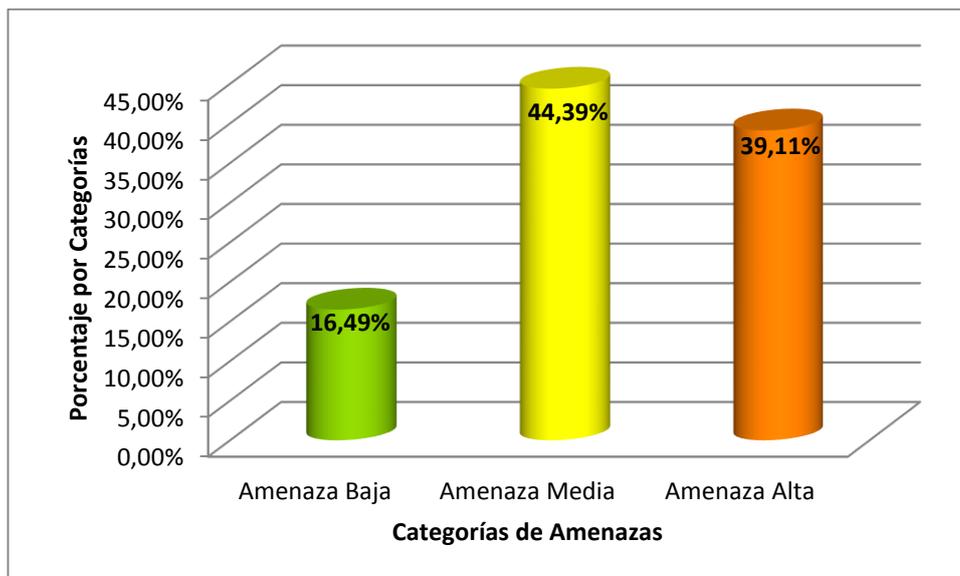
### 7.4. AMENAZA RELATIVA TOTAL

**Mapa 37.** Mapa amenaza relativa por movimientos en masa para el municipio de Cúitiva – Boyacá.



Fuente: Datos de estudio.

**Figura 13.** Distribución de las categorías de Amenaza Relativa Total por movimientos en masa.



Fuente: Datos de estudio.

## **Amenaza Alta**

Son zonas donde existe la más alta probabilidad de que ocurran movimientos en masa, afectando tanto vidas humanas como elementos físicos (bienes e infraestructura), servicios ambientales, recursos económicos y sociales.

Dicha amenaza en el área de estudio representa el 39,11% el cual corresponde a 14,23 Km<sup>2</sup> caracterizándose por pendientes abruptas entre 19° a 40°. Al Oriente del municipio en la vereda Buitreros se encuentra asociada básicamente a geoformas de origen denudacional en lomas denudadas y lomeríos poco disectados de la formación Conejo y geoformas de origen glacial como ladera de contrapendiente anticlinal glaciada de rocas de la formación Plaeners, las coberturas presentes son mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales, plantaciones forestales y bosques fragmentados aquí las precipitaciones medias anuales oscilan entre 1038 y 1110 mm y las lluvias máximas diarias pueden llegar a ser hasta 67 mm (calculado para un periodo de retorno de 25 años); el detonante sismo está calificado para el área municipal en la categoría más alta, también cabe resaltar que en esta zona específicamente solo se encuentran el anticlinal de Llano de Alarcón, estructura geológica que contribuye al grado de fractura miento y meteorización de la roca; al Occidente en las veredas Caracoles, Macías (incluye casco urbano) y La Vega está asociada a deslizamientos y geoformas de origen denudacional como laderas onduladas compuestas por el cuaternario Coluvial y lomas denudas de las formación Pinos y Areniscas del Socha y geoformas estructural como laderas estructurales y laderas de contrapendiente sinclinal de las formaciones Plaeners y Labor y Tierna con coberturas de pastos limpios y tierras desnudas degradadas; las precipitaciones medias anuales oscilan entre 625 y 825 mm y las lluvias máximas diarias pueden llegar a ser hasta 59 mm (calculado para un periodo de retorno de 25 años) a pesar de las bajas precipitaciones estas pueden saturar el material y producir pérdida del esfuerzo efectivo causando deslizamientos principalmente de tipo traslacional debido a la pendiente y la presencia de los depósitos cuaternarios los cuales presentan una composición heterogénea y mala selección además de la intervención antrópica.

Dadas las características tectónicas y litológicas en la región occidental los sismos pueden tener mayor incidencia sobre la estabilidad de las laderas, mientras que en la región oriental la mayor influencia está dada por el detonante climático.

Como se pudo notar en estas zonas se presenta gran parte de ausencia de coberturas vegetales que mitiguen la erosión; por otro lado también se desarrollan actividades agropecuarias (ganadería y cultivos en rotación). Por lo tanto se recomienda la reforestación y conservación de la cobertura vegetal

nativa, la implementación de regadío artificial (aspersión) y buenas prácticas de uso del suelo.

### **Amenaza Media.**

Corresponde al 44,68%, equivalente a 16,25 Km<sup>2</sup> del área en estudio. De forma general asociada a geoformas de origen denudacional en laderas onduladas y geoformas de origen estructural en laderas de contrapendiente sinclinal y laderas estructurales, sobre rocas de las formaciones Conejo, Labor y Tierna y cuaternario Glacial, caracterizadas por presentar pendientes inclinadas entre 11 y 19 grados. Geográficamente se encuentra en las veredas Cordoncillos, con presencia de coberturas de pastos limpios, bosque fragmentado y plantación forestal; allí las lluvias diarias máximas pueden ser hasta de 61 mm (para un periodo de retorno de 25 años), mientras que la precipitación media anual oscila entre 890 mm y 960 mm; en la vereda Tapias, con coberturas de pastos limpios, mosaico de pastos y cultivos y mosaico de pastos, cultivos y espacios naturales, donde las lluvias diarias pueden ser hasta de 60 mm para un periodo de retorno de 25 años, mientras que la precipitación media anual oscila entre 870 mm y 910 mm; al NE de la vereda Caracoles, con coberturas de bosque fragmentado donde se presentan lluvias diarias máximas que pueden ser hasta de 61 mm (para un periodo de retorno de 25 años), mientras que la precipitación media anual oscila entre 860 mm y 960 mm y en la vereda Lagunitas, con coberturas de pastos limpios y mosaico de pastos y cultivos, donde las lluvias diarias máximas pueden ser hasta de 59 mm (para un periodo de retorno de 25 años), mientras que la precipitación media anual oscila entre 750 mm y 850 mm.

La zona de estudio en cuanto a sismo se encuentra categorizada como muy alta, tectónicamente afectada por el plegamiento del anticlinal de Guatapé y la falla Cuítiva-Tota.

### **Amenaza Baja**

Siendo la amenaza menos representativa del área de estudio corresponde a el 16,49% equivalente a 6 Km<sup>2</sup>, caracterizada por ser zonas planas a suavemente inclinadas con pendientes entre 0° y 7° ubicadas en la vereda La Vega a las márgenes del río Tota con precipitaciones medias anuales entre 660 y 680 mm y a orillas del Lago Tota en las veredas Arbolocos, Amarillos-Buitreros con precipitaciones medias anuales entre 1.031 y 1.099 mm, correspondiendo predominantemente a depósitos cuaternarios aluviales sobre geoformas de origen fluvial de tipo plano o llanura de inundación donde las precipitaciones máximas diarias no superan los 65 mm (calculado para un

---

periodo de retorno de 25 años); también se localiza en zonas de cuaternario Glacial de las veredas Macías y Lagunitas, en geoformas de origen denudacional como laderas onduladas.

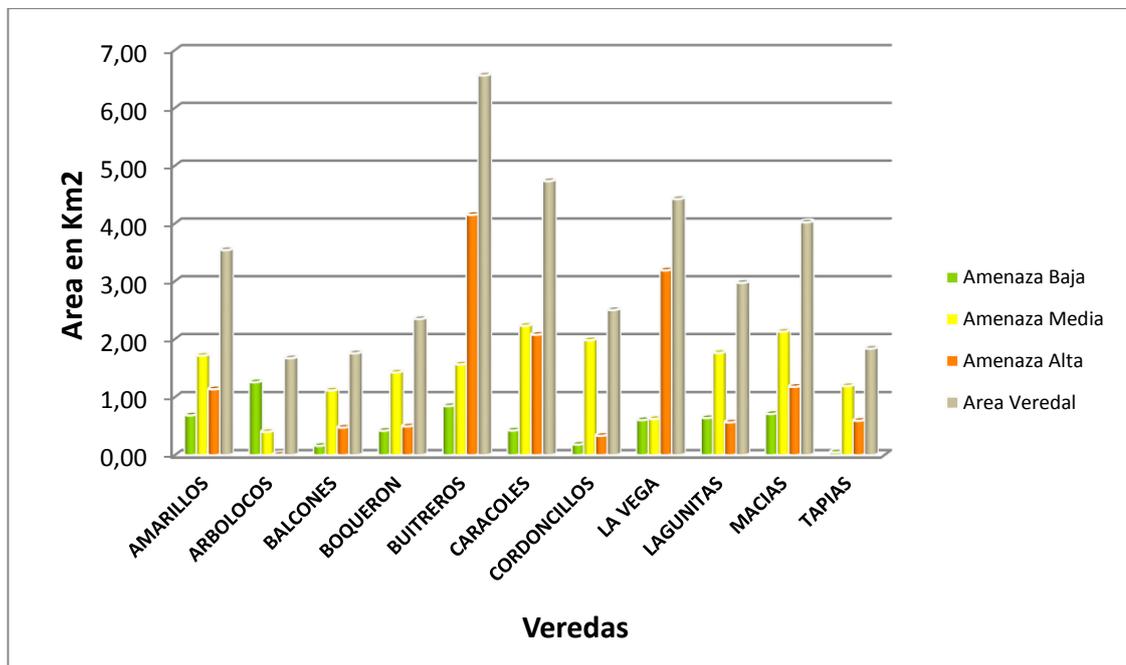
Presenta pocas evidencias de inestabilidad en sus laderas, sin embargo son importantes zonas de desarrollo agropecuario por lo que se pueden activar procesos erosivos en zonas de bajas pendientes y migrar a movimientos en masa superficiales a futuro.

## 7.5. ELEMENTOS EXPUESTOS

Como se hace referencia en el capítulo marco teórico conceptual, los elementos expuestos se refieren a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza. La metodología propuesta en este estudio se orientó a la identificación cuantitativa de los bienes físicos (Edificaciones y longitud de red vial) expuestos en amenaza alta por movimientos en masa con el fin de orientar la realización de estudios de detalle, planes de desarrollo territorial y la incorporación de los resultados en los esquemas de ordenamiento territorial.

A continuación observamos en la figura 14 la relación entre el área de cada vereda y la amenaza relativa por movimientos en masa para el municipio de Cúitiva – Boyacá.

**Figura 14.** Distribución espacial de la amenaza relativa por movimientos en masa por veredas.



Fuente: Datos de estudio.

## 7.6. IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS.

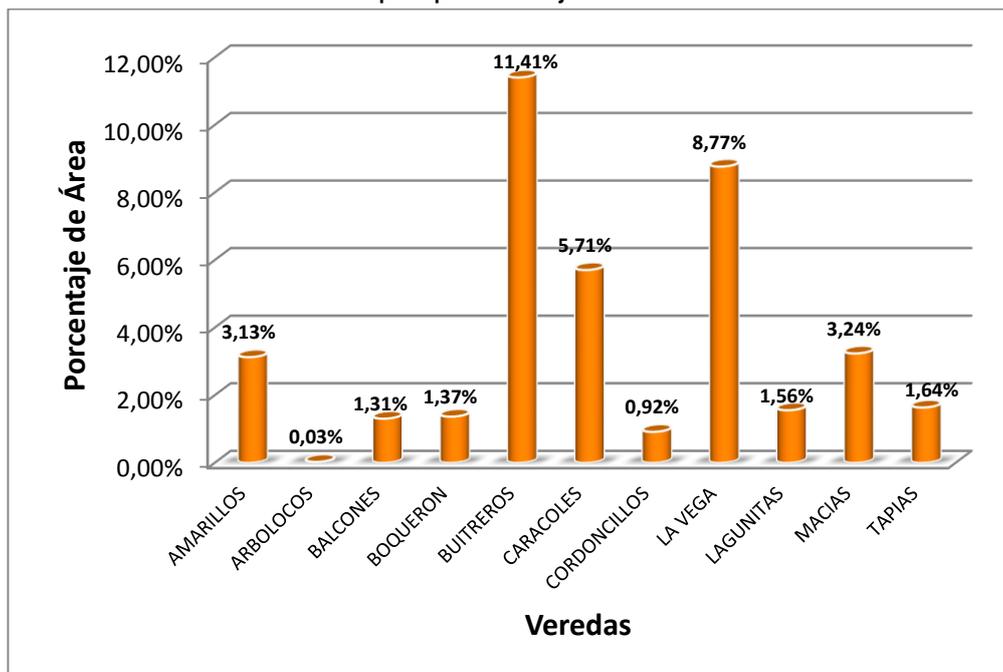
En primer lugar se identificaron las áreas de amenaza alta por vereda con el fin de localizar los elementos físicos expuestos en ella.

**Tabla 51.** Amenaza alta por área para cada vereda.

VEREDA	AMENAZA ALTA (área Km <sup>2</sup> )
Amarillos	1,14
Arbolocos	0,01
Balcones	0,48
Boquerón	0,50
Buitreros	4,15
Caracoles	2,08
Cordoncillos	0,34
La Vega	3,19
Lagunitas	0,57
Macías	1,18
Tapias	0,60

Fuente: Datos de estudio.

**Figura 15.** Distribución espacial de la amenaza alta por fenómenos de remoción en masa por porcentaje de área.



Fuente: Datos de estudio.

La zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa, muestra como resultado que el 39,11% del área municipal presenta un grado de amenaza alta, distribuida espacialmente en las once veredas; con mayor predominancia en las veredas Buitreros con 11,41%, La Vega 8,77%, Caracoles 5,71%, Macías la cual incluye el casco urbano con 3,24% y Amarillos 3,13%.

### **7.6.1. Bienes físicos**

Según la metodología propuesta, hacemos referencia únicamente a elementos físicos (edificaciones y red vial) expuestos debido al alcance topográfico de la escala de trabajo.

Para la identificación y localización de los elementos físicos expuestos, se utilizó como insumo el mapa de amenaza relativa por movimientos en masa, mapa municipal de veredas y la base topográfica a escala 1:25000 del IGAC actualizada a la imagen de Google Earth 2015 con resolución 1m por pixel.

#### **7.6.1.1. Edificaciones**

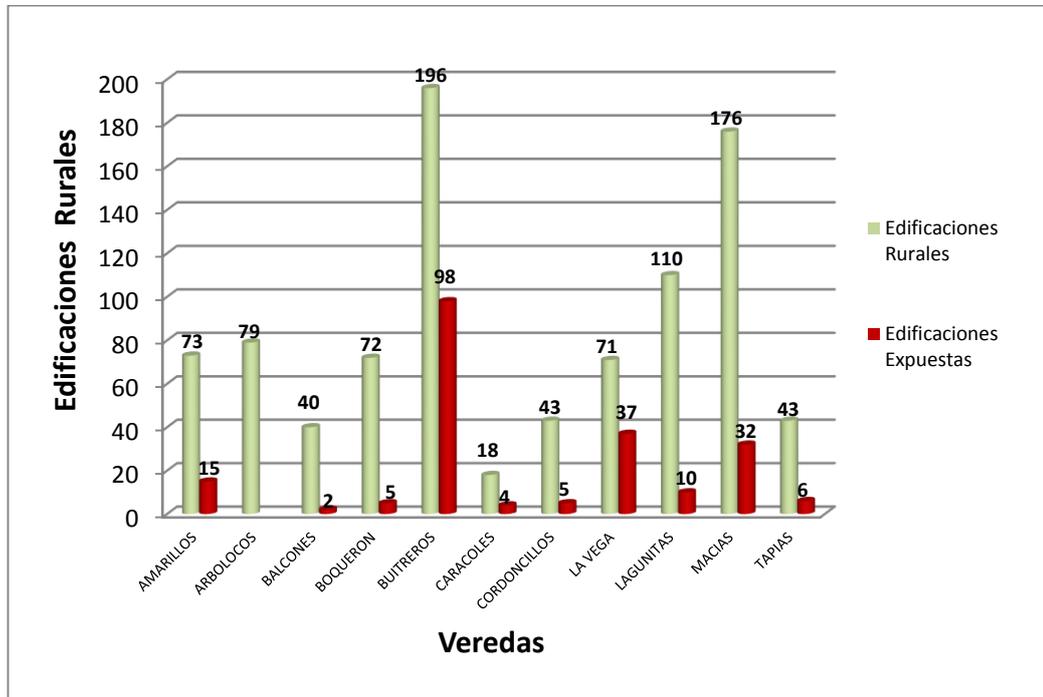
Haciendo uso del algoritmo intersect de Arc Toolbox se generó un shapefile que cumpliera con los atributos; categoría de amenaza, tipo de edificación y vereda. Esto nos permitió hacer un análisis cuantitativo de los elementos físicos expuestos (edificaciones) facilitando su representación y análisis espacial con SIG.

**Tabla 52.** Edificaciones rurales cartografiadas en el municipio de Cúitiva y edificaciones rurales expuestas en amenaza alta por FRM.

VEREDAS	Construcciones Residenciales Cartografiadas	Edificaciones Expuestas a Amenaza ALTA	
		Edificaciones	Instituciones Educativas
AMARILLOS	73	15	0
ARBOLOCOS	79	0	0
BALCONES	40	2	0
BOQUERON	72	5	0
BUITREROS	196	98	1
CARACOLES	18	4	0
CORDONCILLOS	43	5	0
LA VEGA	71	37	1
LAGUNITAS	110	10	0
MACIAS	176	32	0
TAPIAS	43	6	0

Fuente: Datos de estudio.

**Figura 16.** Relación edificaciones rurales cartografiadas vs edificaciones rurales expuestas a amenaza alta por FRM.



Fuente: Datos de estudio.

Teniendo en cuenta las veredas con mayor exposición a amenaza relativa alta por movimientos en masa se tiene que:

- La vereda Buitreros localizada al oriente con una extensión de 6,58 Km<sup>2</sup> y 196 edificaciones; se muestra como la más susceptible pues el 63,09% del área, se encuentra en categoría de amenaza relativa alta por movimientos en masa, con una instalación educativa y 98 edificaciones dentro de esta zona.
- Al occidente del municipio se encuentra la vereda La Vega con un área de 4,44 Km<sup>2</sup> donde se cartografiaron 71 edificaciones de las cuales 37 y una instalación educativa se encuentran dentro de zona de amenaza alta a movimientos en masa la cual corresponde al 71,87% del área total de la vereda.
- La vereda Caracoles se localiza al Norte del municipio con un área de 4,74 Km<sup>2</sup> y 18 edificaciones. Con un 5,71% del área total en amenaza alta a movimientos en masa ubicándose allí 4 edificaciones.

- La vereda Macías con 176 edificaciones en el área rural y una extensión de 3,96 Km<sup>2</sup> incluyendo el casco urbano (centro poblado, urbanización Bochica y cementerio) , presenta el 3,24% del área total de la vereda en categoría de amenaza alta a movimientos en masa, donde se localizan 32 edificaciones en el área rural de las cuales 13 corresponden a la urbanización El Manantial; además el área total ocupada por el casco urbano el cual incluye en su totalidad las edificaciones presentes allí (instalaciones educativas, administrativas, religiosas, salud y seguridad) se encuentran en zona de amenaza alta.
- La vereda Amarillos localizada al oriente con una extensión de 3,56 Km<sup>2</sup> y 73 edificaciones, presenta el 3,13% de su área en amenaza alta por movimientos en masa en la cual se encuentran 15 edificaciones.

#### 7.6.1.2. Vías

Para la identificación de la red vial expuesta en zona de amenaza alta a movimientos en masa se interseco los shapefile mapa de amenaza a movimientos en masa, mapa límite de vereda y la base topográfica a escala 1:25.000 con el algoritmo intersect de Arc Toolbox obteniendo un shapefile con los atributos; categoría de amenaza, tipo de vía, longitud y vereda. Esto nos facilitó su representación espacial con SIG y su análisis por tipo de vía y longitud (metros) en ruta.

**Tabla 53.** Tipo de vía

Tipo	Vía
1	5–8 Metros de ancho pavimentadas
2	5-8 Metros de ancho sin pavimentar
3	2-5 Metros de ancho pavimentadas
4	2-5 Metros de ancho sin pavimentar
5	Transitables en tiempo seco
6	Carreteable sin afirmar
7	Camino o sendero

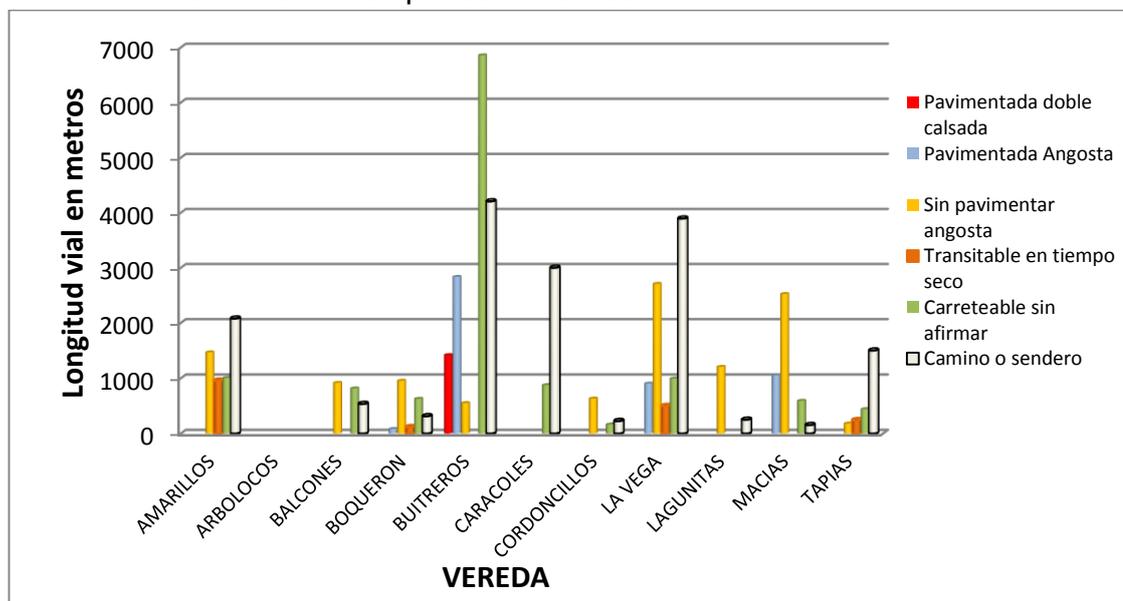
Fuente: Instituto geográfico Agustín Codazzi, IGAC. [En línea] Disponible desde internet en <[http://geoservice.igac.gov.co/contenidos\\_telecentro/cartografia\\_basica/cursos/sem\\_1/uni1/inde.php?id=47](http://geoservice.igac.gov.co/contenidos_telecentro/cartografia_basica/cursos/sem_1/uni1/inde.php?id=47)>

**Tabla 54.** Longitud en metros por tipo de vía expuesta en zona de amenaza alta a movimientos en masa por cada vereda.

VEREDA	LONGITUD POR TIPO DE VIA (Metros)					
	1	3	4	5	6	7
AMARILLOS			1466,74	956,90	1002,64	2078,55
ARBOLOCOS						
BALCONES			914,68		813,86	536,33
BOQUERON		81,48	953,76	117,59	626,21	314,09
BUITREROS	1416,58	2832,83	550,00		6854,75	4205,25
CARACOLES					873,71	3000,00
CORDONCILLOS			630,68		162,85	227,38
LA VEGA		902,03	2705,67	498,57	992,54	3893,49
LAGUNITAS			1203,63			251,43
MACIAS		1048,71	2521,31		590,74	155,25
TAPIAS			180,17	243,35	439,12	1502,00

Fuente: Datos de estudio.

Relación longitud en ruta por tipo de vía expuesta en zona de amenaza alta a movimientos en masa por cada vereda.

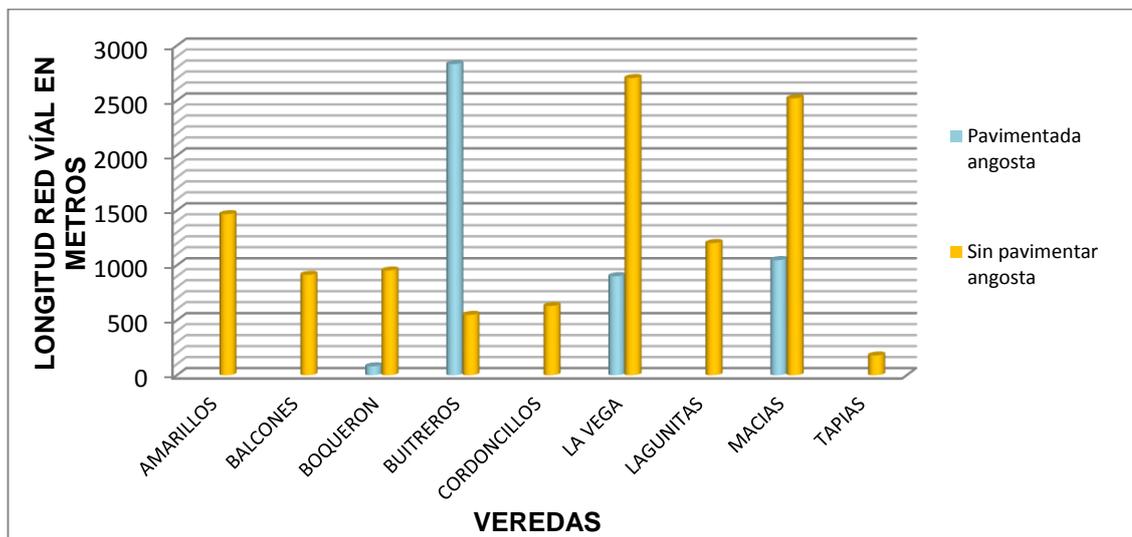


Fuente: Datos de estudio.

A partir de los datos de estudio presentados en la tabla 55 y figura 17 se puede indicar que:

- 1,42 Km de vía nacional doble calzada (Vía a Yopal) se presenta en zona de amenaza alta en la vereda Buitreros.
- Teniendo en cuenta las vías de mayor interés en el área de estudio por su comunicación intermunicipal (tipo 3) y rural (tipo 4) que dé suscitarse algún FRM causaría interrupción en la movilidad y afectaciones en la economía municipal, se puede observar en la figura 17 que la distancia en ruta por veredas expuestas en zonas de amenaza alta a movimientos en masa con mayor longitud vial están en las veredas Buitreros, La Vega, Macías, Boquerón y Amarillos.
- Las vías carreteables sin afirmar (tipo 6) en este estudio hace referencia predominantemente a las vías de entrada a los predios o fincas, a partir de esto se puede indicar que son poco transitables aun así la vereda que presenta mayor longitud en zona de amenaza alta a movimientos en masa es la vereda Buitreros con 6,8 Km.
- Los caminos o senderos (tipo 7) son netamente de tránsito peatonal y semovientes con mayor exposición en longitud a amenaza por movimientos en masa en las veredas Buitreros, La Vega y Caracoles.

**Figura 17.** Relación longitud de vía tipo tres y cuatros expuesta en zona de amenaza alta a movimientos en masa vs veredas.



Fuente: Datos de estudio.

Teniendo en cuenta la figura 29 donde se relaciona la longitud vial en metros de las vías tipo tres y cuatro, expuestas en zona de amenaza alta a movimientos en masa se puede indicar que:

- En la vereda Buitreros 2,83 Km de vía pavimentada angosta (Crucero-Llano de Alarcón) se encuentra en zona de amenaza alta a movimientos en masa al igual que 550m de vía angosta sin pavimentar.
- La vereda La Vega presenta 2,7 Km de vía angosta sin pavimentar y 902,03m de vía pavimentada angosta(Iza-Cuítiva) expuesta en zona de amenaza alta la cual presenta antecedente de dos FRM que afectaron la banca de la vía.
- En la vereda Macías se encuentra 1,04 Km de vía pavimentada angosta (Cuítiva-Tota) en zona de amenaza alta a movimientos en masa;cabe resaltar que en este trayecto se inventariaron tres FRM que afectan la banca de la vía. También se encuentran 2,52 Km de vía angosta sin pavimentar en categoría de amenaza alta.
- En la vereda Boquerón 81,48 m de vía angosta pavimentada (Vía al túnel) se encuentra en zona de amenaza alta a movimientos en masa al igual que 953,76 m de vía angosta sin pavimentar.
- La vereda Amarillos presenta 1,47 Km de vía angosta sin pavimentar en zona de amenaza alta a movimientos en masa.

## 8. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:25.000, para el municipio de Cuítiva – Boyacá se puede concluir lo siguiente:

- De acuerdo con la zonificación de susceptibilidad por movimientos en masa para el municipio de Cuítiva, la variable con mayor porcentaje de influencia fue la Geomorfología, debido a que está directamente relacionada con el origen, la dinámica y la complejidad de los materiales; seguido de la variable suelos y geología que de acuerdo a su disposición y composición condiciona, sus características físico – mecánicas y por tanto su estabilidad potencial; también la variable coberturas de la tierra presenta gran importancia pues en gran parte controla los procesos erosivos.
- Los rangos de susceptibilidad varían de Muy baja a Alta. Localizándose la susceptibilidad alta en zonas con pendientes abruptas a escarpadas entre 19° a 40° de morfología de origen denudacional y estructural donde la calificación es altamente influenciada por el tipo de unidad, el material (formación plaeners y cuaternario coluvial) y la cobertura vegetal. Aquí se han evidenciado movimientos en masa tipo deslizamientos traslacionales y reptaciones.
- En general las zonas de susceptibilidad alta a movimientos en masa están relacionadas con procesos denudativos, estructurales y a su vez con problemas de coberturas vegetales; pues donde hay carencia las precipitaciones causan erosiones importantes también favorecidas por sus pendientes escarpadas, como se presenta en las lomas Caracoles, Guatapé y alto Toponal donde la erosión ha sido progresiva generando cárcavas. Por otro lado en zonas de pendientes inclinadas de cuaternarios Coluvial y Coluvio-Aluvial debido a su composición, baja coherencia de los suelos, presencia de coberturas de baja profundidad radicular y la actividad agrícola causan degradación y las bajas precipitaciones pueden saturar el suelo de las laderas, haciendo que se desprendan y provoquen deslizamientos.
- La zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:25.000 se convierte como insumo para la toma de decisiones a nivel municipal pues facilita la identificación de zonas susceptibles a presentar movimientos en masa, con el objetivo de priorizar los estudios de mayor

detalle en dichas zonas, teniendo en cuenta que no servirá como insumo para escalas a mayor detalle.

- A partir de los datos meteorológicos se puede indicar que el municipio de Cúitivase encuentran dos zonas diferenciables. Una zona al Este donde las precipitaciones son más altas (67 mm/día), dando la posibilidad presentarse agua retenida en el subsuelo y con características de clima semi-húmedo. Otra zona al Oeste cuyo clima puede calificarse como semi-árido donde las precipitaciones son menores (57 mm/día).
- La zonificación de amenaza relativa desde el punto de vista de los factores detonantes se tiene que en la región occidental los sismos pueden tener mayor incidencia sobre la estabilidad de las laderas, mientras que en la región oriental la mayor influencia está dada por el detonante climático.
- La identificación de elementos físicos expuestos en zonas de amenaza alta permite identificar las veredas con mayor vulnerabilidad a la ocurrencia de un movimiento en masa como son la vereda Buitreros, la Vega, Macías la cual incluye el casco urbano y Amarillos. Cabe aclarar que aunque la vereda Caracoles presenta el 5,71% del total de su área en zona de amenaza alta no se consideraría como prioritaria para la realización de estudios detallados pues su ocupación residencial y comercial no es activa.

## 9. RECOMENDACIONES

- Incorporar este documento “zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa para el municipio de Cuítiva-Boyacá a escala 1:25.000” como insumo a los planes de desarrollo y ordenamiento territorial, pues facilitara la identificación de zonas susceptibles a presentar movimientos en masa y así priorizar los estudios de detalles en dichas zonas, aclarando que tal documento no se recomienda como insumo para escalas a mayor detalle o evaluación de aspectos locales y puntuales.
- Se recomienda priorizar los estudios detallados en zonas de amenaza alta como es el caso del Casco Urbano y las veredas Buitreros, La Vega, Macías, Amarillos y en zonas de amenaza media en caso de cambiar su uso u ocupación actual; es decir si se requiere el desarrollo de un proyecto de magnitud importante; teniendo en cuenta la denominación de los planes de ordenamiento territorial, prevista en el artículo 9 de la Ley 388 de 1997.
- Elaboración de ensayos de laboratorio para determinar la resistencia de las rocas y suelos del municipio que nos permitan contar con datos propiamente dichos de la región para estudios posteriores.
- Capacitación constante a los habitantes de la región con el fin de establecer planes de concientización ambiental.
- Reforestación y conservación de la cobertura vegetal nativa e implementación de regadío artificial (aspersión) y buenas prácticas de uso del suelo.
- Implementar un sistema de información geográfica (Geodatabase) a nivel municipal que se mantenga en constante actualización; tipo base topográfica y que además contenga información a nivel predial, socioeconómico, uso entre otros que faciliten su representación y análisis espacial permitiendo el análisis de la información a mayor detalle.

---

## BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, J; FUQUEN, J; RODRÍGUEZ, E; ULLOA. (2001). Plancha 192. Laguna de Tota. Escala: 1:100.000. Memoria explicativa. SGC. Bogotá.

Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena. Bogotá, D.C., 200p. + 164 hojas cartográficas.

CARRARA ET AL. Application of a Geographic Information System (GIS) landslice Hazard maps. Memoria Sociedad Geológica It., (1990). 253-258

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, dirección técnica ambiental, sistema de información ambiental (SIA), sistema de información ambiental capa cobertura y uso del suelo, Santiago de Cali 2011 , versión 2.0, 26 p.

Decreto 1807. (19 de Septiembre de 2014). *Diario Oficial No. 49.279*. Colombia.

Ley 1523. (24 de Abril de 2012). *Diario Oficial No. 48.411*. Colombia.

FAO, Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua para los cultivos. Cartilla No 56. Año 2006.

GONZÁLEZ DE VALLEJO, L., FERRER M., ORTUÑO L. y OTEO, C. Ingeniería geológica. Ed. Pearson, Madrid, 2002. 744 p.

HIDROGEOLOGÍA Y GEOTECNIA AMBIENTAL LTDA, esquema de ordenamiento territorial del municipio de Cuítiva (Boyacá), 2005, vol I, cap 3, 2-108 p.

IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. 2008. Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios.

INGEOGIS LTDA, Zonificación por fenómenos de remoción en masa para el municipio de Sogamoso. Capítulo 6.1, 2015.

LEIVA, OMAR YESID, MOYA BERBEO, HAROLD GUSTAVO, TREJOS GONZÁLEZ, GUSTAVO ADOLFO, Y CARVAJAL, JOSÉ HENRY. Proyecto mapa nacional de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000,

PROPUESTA METODOLÓGICA SISTEMÁTICA PARA LA GENERACIÓN DE MAPAS GEOMORFOLÓGICOS ANALÍTICOS APLICADOS A LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA, ESCALA 1:100.000. SGC, Bogotá D. C, febrero de 2012, 90 p.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Guía 1. Guía metodológica para incorporar la Prevención y Reducción de Riesgos en los procesos de Ordenamiento Territorial. En V. y. Ministerio de Ambiente, Serie Ambiente y Desarrollo Territorial, Bogotá, 2005, 16 – 21 p.

REYES CHITARRO, Ítalo. Geología de la región Duitama, Sogamoso Paz de Río, Boyacá. 1984.

ROJAS, NADIA ROCÍO, MONSALVE MARÍA LUISA, VELANDIA PATIÑO FRANCISCO, PINTOR IRAIDA MILENA Y MARTÍNEZ LINA FERNANDA. Geología del domo volcánico de Iza y sus alrededores, sector Pesca e Iza, escala 1: 25000, memoria explicativa. SGC, Bogotá, noviembre de 2009, 198 p.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000, Bogotá D.C, Agosto de 2014, 158 p. versión 2.0.

SÁNCHEZ SÁNCHEZ, Uriel, Zonificación de Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgos, diciembre 2005, 36 p.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO, estándares de Presentación Cartográfica, Escalas 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000 y 1:2.000, julio de 2004, Versión 1.1.

SIMMA - Servicio Geológico Colombiano 2011. Sistema de información de movimientos en masa.

SUAREZ DIAZ, J. Zonificación y amenaza de riesgo. En J. SUAREZ DIAZ, Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales Ingeniería de suelos Ltda., Bucaramanga, Colombia, 1998, 355-385 p.

UPTC y SGC, memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000 plancha 193 – Yopal, Sogamoso, Abril de 2015, 49 P.

---

VAN DER HAMMEN, T., 1958. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes Colombianos. Boletín Geológico de INGEOMINAS. Vol. VI, Nos. 1-3, Bogotá.

---

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Mapa Geológico municipio de Cuítiva –  
Boyacá a escala 1:25000.

**Anexo 2.** Mapa Geomorfológico municipio de Cuítiva  
– Boyacá a escala 1:25000.

**Anexo 3.** Mapa Suelos municipio de Cuítiva - Boyacá  
a escala 1:25000.

**Anexo 4.** Mapa Coberturas de la tierra municipio de  
Cuítiva – Boyacá a escala 1:25000.

**Anexo 5.** Mapa Zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa para el municipio de Cuítiva - Boyacá a escala 1:25000.

**Anexo 6.** Mapa Zonificación de la amenaza relativa a movimientos en masa para el municipio de Cuítiva – Boyacá a escala 1:25000.

**Anexo 7.** Formato ejemplo del inventario de fenómenos de remoción en masa para el municipio de Cuítiva – Boyacá.