

**DETERMINACIÓN DE ZONAS DE AMENAZA Y ESCENARIOS DE RIESGO  
POR DESLIZAMIENTO EN EL MUNICIPIO DE JERICÓ, DEPARTAMENTO DE  
BOYACÁ**

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO  
N ° 005 de 2014**

**INFORME FINAL**

**SOGAMOSO, ABRIL 2015**

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Calle 4 Sur n° 15-134; Teléfonos: 7705450 ext. 2623-2622  
Email: [ingenieria.geologica@uptc.edu.co](mailto:ingenieria.geologica@uptc.edu.co)

## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>16</b>
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	Objetivo general.....	16
1.1.2	Objetivos específicos.....	16
1.2	LOCALIZACIÓN.....	17
1.3	VÍAS DE ACCESO.....	18
1.4	METODOLOGÍA DE TRABAJO DE CAMPO.....	18
1.5	ESTADO DE LA INFORMACIÓN.....	19
1.5.1	Documentación de fenómenos de remoción en masa.....	19
1.5.2	Información Aspectos Geomorfológicos, Coberturas y usos de suelos.....	19
1.5.3	Información Aspectos Geológicos.....	20
1.5.4	Información cartográfica.....	20
1.6	MARCO DE REFERENCIA.....	21
<b>2</b>	<b>LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO</b> .....	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>GEOLOGÍA</b> .....	<b>24</b>
3.1	ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	24
3.2	ESTRATIGRAFÍA.....	24
3.2.1	Formación Chipaque (Ksc).....	24
3.2.2	Formación La Luna (Ksl).....	32
3.2.3	Formación Los Pinos (Kslp).....	41
3.2.4	Formación Arenisca Tierna (Ksat).....	45
3.2.5	Depósitos Cuaternarios.....	49
3.3	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	54
3.3.1	Plegamientos Geológicos.....	54
3.3.2	Fallas Geológicas.....	57
<b>4</b>	<b>GEOMORFOLOGIA</b> .....	<b>62</b>
4.1	METODOLOGÍA APLICADA.....	62
4.1.1	Proceso metodológico.....	64
4.2	ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS.....	65
4.2.1	Morfometría.....	65
4.2.2	Morfogénesis.....	75
4.2.3	Morfodinámica.....	103
<b>5</b>	<b>HIDROLOGIA</b> .....	<b>119</b>
5.1	ANÁLISIS HIDROLÓGICO.....	119
5.1.1	Información recopilada.....	119
5.1.2	Análisis de los datos de lluvia.....	121
<b>6</b>	<b>ANÁLISIS GEOTÉCNICO</b> .....	<b>128</b>
6.1	EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.....	129

6.1.1	Exploración Directa.....	129
6.1.2	Ensayos de Laboratorio.....	133
6.1.3	Exploración Indirecta.....	133
6.2	<b>EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD.....</b>	<b>140</b>
6.2.1	Descripción del movimiento.....	140
6.2.2	Zonificación del área afectada por el movimiento del terreno.....	141
6.2.3	Análisis de estabilidad de la zona media.....	143
6.2.4	Evaluación de Resultados.....	152
<b>7</b>	<b>ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS.....</b>	<b>155</b>
7.1	METODOLOGÍA DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA.....	155
7.2	EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD DE LADERAS A FENÓMENOS DE REMOSIÓN EN MASA (FRM).....	161
7.2.1	Parámetro Material.....	161
7.2.2	Parámetro Relieve.....	169
7.2.3	Parámetro Drenaje.....	175
7.2.4	Parámetro Vegetal.....	181
7.3	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DETONANTES.....	206
7.3.1	Parámetro Erosión.....	206
7.3.2	Factor de Erosividad de Las Lluvias (R).....	210
7.3.3	Factor erodabilidad del suelo (K).....	212
7.3.4	Factor topográfico (LS).....	214
7.3.5	Factor ordenación de los cultivos (C).....	218
7.3.6	Factor de prácticas de conservación (P).....	220
7.3.7	Parámetro clima.....	225
7.3.8	Parámetro Sismo.....	231
7.3.9	Factor Antrópico Parámetro A.....	238
7.4	EVIDENCIAS DE INESTABILIDAD.....	243
7.4.1	Caida de roca.....	245
7.4.2	Flujos de Detritos.....	245
7.4.3	Movimiento complejo.....	247
7.5	EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA.....	250
<b>8</b>	<b>ANÁLISIS AGROECONÓMICO.....</b>	<b>254</b>
8.1	ESTADO ACTUAL DE DESTRUCCION INSTANTANEA DE CAPITAL.....	254
8.2	AGROECONOMIA ACTUAL DE LA VEREDA LA ESTANCIA.....	256
8.3	SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA EN LA ESTANCIA.....	258
8.3.1	Unidades Encuestadas.....	260
8.4	ANALISIS AGROECONÓMICO GLOBAL DE LA VEREDA LA ESTANCIA	
	279	
8.4.1	Área de estudio.....	279
8.4.2	Agrología y silvicultura.....	281
8.4.3	Agricultura y ganadería.....	281

8.4.4	Cultivos Perennes y bianuales .....	282
8.4.5	Los cultivos de yerbas aromáticas y especias .....	284
8.4.6	Sistema de Economía Campesina en la Estancia.....	285
8.5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES AGROECONOMICAS .....	289
<b>9</b>	<b>COMPONENTE FORESTAL .....</b>	<b>291</b>
9.1	AREA DE ESTUDIO .....	292
9.2	DEFINICIÓN DE ZONAS DE APTITUD AGRÍCOLA Y FORESTAL .....	292
9.2.1	Diagnóstico y vegetación .....	293
9.2.2	Áreas de manejo propuestas .....	294
9.2.3	Obras civiles .....	309
9.3	ESPECIES RECOMENDADAS .....	311
9.3.1	Descripción de especies forestales recomendadas .....	311
<b>10</b>	<b>PLAN DE MANEJO PROPUESTO .....</b>	<b>313</b>
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>315</b>
<b>12</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>317</b>
<b>13</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>318</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-1.</b> Localización del área de estudio.....	17
<b>Figura 3-1.</b> Columna Litoestratigráfica del miembro superior de la Formación Chipaque .....	31
<b>Figura 3-2.</b> Columna litoestratigráfica miembro superior formación la Luna .....	40
<b>Figura 3-3.</b> Columna Litoestratigráfica Formación Los Pinos .....	44
<b>Figura 3-4.</b> Columna litoestratigráfica Arenisca Tierna (Ksat).....	48
<b>Figura 4-1.</b> Esquema de Jerarquización Geomorfológico .....	63
<b>Figura 4-2.</b> Modelo Digital de elevación (DEM).....	66
<b>Figura 4-3.</b> Rango de Pendientes .....	67
<b>Figura 4-4.</b> Imagen Mapa de Orientación de Laderas.....	68
<b>Figura 4-5.</b> Imagen Rugosidad del Terreno .....	70
<b>Figura 4-6.</b> Imagen Curvatura del Terreno.....	72
<b>Figura 4-7.</b> Matriz de dirección de flujo. ....	73
<b>Figura 4-8.</b> Imagen Dirección del Flujo .....	73
<b>Figura 4-9.</b> Matriz de acumulación de flujo. ....	74
<b>Figura 4-10.</b> Imagen de Acumulación de Flujo.....	75
<b>Figura 4-11.</b> Porcentaje de Ambientes morfogenéticos .....	78
<b>Figura 4-12.</b> Características morfológicas de un movimiento de masa .....	109
<b>Figura 4-13.</b> Detalle deslizamiento en La Estancia .....	112
<b>Figura 4-14.</b> Cuerpo del Deslizamiento (Dzd_Cu).....	115
<b>Figura 5-1.</b> Localización de las Estaciones - Jericó .....	120
<b>Figura 5-2.</b> Precipitación media mensual. Estación Jericó.....	122
<b>Figura 5-3.</b> Variación anual de la precipitación media anual- Jericó.....	122
<b>Figura 5-4.</b> Precipitación máxima en 24 horas. Estación Jericó.....	124
<b>Figura 5-5.</b> Valores de precipitación máxima en 24 horas. Estación Jericó. ....	124
<b>Figura 5-6.</b> Curvas IDF. Estación Jericó. ....	126
<b>Figura 6-1.</b> Localización de Sondeos .....	130
<b>Figura 6-2.</b> Principio teórico de operación de las TER"s.....	134
<b>Figura 6-3.</b> Rangos de resistividad para diferentes materiales. ....	135
<b>Figura 6-4.</b> Dispositivo Wenner .....	137
<b>Figura 6-5.</b> Localización de Tomografías .....	138
<b>Figura 6-6.</b> Zonificación del área afectada por el movimiento en masa .....	143
<b>Figura 6-7.</b> Modelo físico y geotécnico del perfil de la zona media .....	144
<b>Figura 6-8.</b> Resultados del análisis estático al talud original.....	146
<b>Figura 6-9.</b> Resultados del análisis estático al talud original .....	147
<b>Figura 6-10.</b> Resultados del análisis estático al talud original.....	148
<b>Figura 6-11.</b> Resultados del análisis pseudoestático al talud original .....	149
<b>Figura 6-12.</b> Resultados del análisis pseudoestático con talud saturado.....	150

<b>Figura 6-13.</b> Resultados del análisis a la parte alta del talud en condición saturada .....	151
<b>Figura 6-14.</b> Resultados del análisis pseudoestático con talud saturado .....	152
<b>Figura 7-1.</b> Metodología de Zonificación .....	156
<b>Figura 7-2.</b> Evaluación de la amenaza por FRM según la calificación de estabilidad.....	159
<b>Figura 7-3.</b> Porcentaje de los parámetros de evaluación en relación con la calificación de Estabilidad máxima y mínima .....	159
<b>Figura 7-4.</b> Diagrama de Flujo explicativo de la evaluación de Amenaza por MM. Método Semicuantitativo.....	160
<b>Figura 7-5.</b> Tipo de Materiales .....	166
<b>Figura 7-6.</b> Densidad de Fracturamiento.....	167
<b>Figura 7-7.</b> Mapa Parámetro Material .....	168
<b>Figura 7-8.</b> Representación Gráfica de los resultados de Susceptibilidad .....	169
<b>Figura 7-9.</b> Perfil hipotético de una ladera de Darymple .....	171
<b>Figura 7-10.</b> Inclinación de Pendientes .....	172
<b>Figura 7-11.</b> Calificación del Parámetro Relieve .....	174
<b>Figura 7-12.</b> Representación de la Calificación del Parámetro Relieve .....	175
<b>Figura 7-13.</b> Mapa de Densidad de Drenajes .....	177
<b>Figura 7-14.</b> Mapa de Pendientes.....	178
<b>Figura 7-15.</b> Mapa Calificación Parámetro Drenaje .....	179
<b>Figura 7-16.</b> Representación gráfica de resultados del parámetro Drenaje .....	180
<b>Figura 7-17.</b> Mapa de Coberturas.....	200
<b>Figura 7-18.</b> Clasificación de Coberturas según la metodología utilizada.....	202
<b>Figura 7-19.</b> Clasificación de Pendientes según la metodología utilizada.....	203
<b>Figura 7-20.</b> Calificación Parámetro V. ....	204
<b>Figura 7-21.</b> Grado de Susceptibilidad parámetro V. ....	205
<b>Figura 7-22.</b> Relación Susceptibilidad por Vegetación y Área. ....	205
<b>Figura 7-23.</b> Factor R. ....	211
<b>Figura 7-24.</b> Factor K. ....	214
<b>Figura 7-25.</b> Modelo de escorrentia y zonas de erosión de una ladera.....	215
<b>Figura 7-26.</b> Dirección de Flujo. Fuente. Proyecto .....	217
<b>Figura 7-27.</b> Acumulación de Flujo.....	217
<b>Figura 7-28.</b> Factor Ls.....	218
<b>Figura 7-29.</b> Calificación Factor C.....	220
<b>Figura 7-30.</b> Pérdida de suelo en el área. ....	222
<b>Figura 7-31.</b> Susceptibilidad por Erosión. ....	223
<b>Figura 7-32.</b> Distribución del grado de erosión en el área de estudio. ....	223
<b>Figura 7-33.</b> Calificación del parámetro E. ....	225
<b>Figura 7-34.</b> Precipitación anual de la zona de estudio.....	227
<b>Figura 7-35.</b> Variación del caudal del Río Chitano desde la década del 60 hasta 2010.....	229

<b>Figura 7-36.</b> Mapa de aceleración sísmica.....	232
<b>Figura 7-37.</b> Amenaza sísmica y valores de aceleración. ....	234
<b>Figura 7-38.</b> Efecto por tipo de material. ....	234
<b>Figura 7-39.</b> Valores de amplificación topográfica. ....	235
<b>Figura 7-40.</b> Mapa de Aceleración en superficie $A_s$ . ....	236
<b>Figura 7-41.</b> Mapa de calificación del parámetro Sismo. ....	237
<b>Figura 7-42.</b> Análisis de cobertura en el área. Año 2005. ....	239
<b>Figura 7-43.</b> Mapa Cobertura Actual. ....	240
<b>Figura 7-44.</b> Parámetro A (Factor Antrópico). ....	241
<b>Figura 7-45.</b> Grado Antrópico.....	242
<b>Figura 7-46.</b> Distribución del grado antrópico en el área de estudio. ....	242
<b>Figura 7-47.</b> Distribución del grado de erosión.....	248
<b>Figura 7-48.</b> Evidencias de Inestabilidad en el área de estudio. ....	249
<b>Figura 7-49.</b> Mapa de zonificación de amenaza relativa por Fenómenos de Remoción en Masa. ....	251
<b>Figura 7-50.</b> Calificación de Estabilidad. ....	252
<b>Figura 8-1.</b> Sistemas de producción rural universalmente encontrados en Colombia.....	258
<b>Figura 8-2.</b> Sistema de Economía campesina.....	259
<b>Figura 8-3.</b> Unidades de producción encuestadas en la vereda La Estancia.....	280
<b>Figura 8-4.</b> Silvicultura en la vereda La Estancia.....	281
<b>Figura 8-5.</b> Agricultura y ganadería.....	282
<b>Figura 8-6.</b> Cultivos perennes en la vereda La Estancia.....	283
<b>Figura 8-7.</b> Cultivos bianuales en la vereda La Estancia.....	283
<b>Figura 8-8.</b> Cultivos semestrales en la vereda La Estancia.....	284
<b>Figura 8-9.</b> Hierbas aromáticas en la vereda La Estancia.....	285
<b>Figura 8-10.</b> Composición del subsistema hogar del SEC en la vereda La Estancia .....	286
<b>Figura 8-11.</b> Fondos de alimentos y semillas.....	286
<b>Figura 8-12.</b> 12 de cada 13 fincas o sea un 92% tiene monte nativo, cultivos y ganados. 9 de 13 o sea un 75% tienen reservorio de agua.....	287
<b>Figura 8-13.</b> El 46% de los SEC tienen subsistema extrafinca. Ninguno practica la minería.....	288
<b>Figura 8-14.</b> Subsistema externo.....	289
<b>Figura 9-1.</b> Área de estudio.....	292
<b>Figura 9-2.</b> Manejo agroforestal.....	295
<b>Figura 9-3.</b> Convenciones de uso.....	296
<b>Figura 9-4.</b> Manejo forestal protector.....	297
<b>Figura 9-5.</b> Manejo forestal protector - productor.....	300
<b>Figura 9-6.</b> Manejo agroforestal.....	302
<b>Figura 9-7.</b> Arreglos agroforestales (Forestal-semipermanente-transitorio).....	304
<b>Figura 9-8.</b> Arreglos agroforestales (Forestal-Caña).....	304

<b>Figura 9-9.</b> Arreglos agroforestales (Cedro-Aguacate-Platano) .....	305
<b>Figura 9-10.</b> Arreglo agroforestal (Forestal-Frutal).....	305
<b>Figura 9-11.</b> Bosques de leña .....	306
<b>Figura 9-12.</b> Cercas vivas y Cortinas rompevientos .....	308
<b>Figura 9-13.</b> Obras civiles para la protección de taludes .....	310
<b>Figura 9-14.</b> Obras civiles: muros de retención.....	310

### LISTA DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 2-1.</b> Levantamiento Topográfico .....	22
<b>Fotografía 2-2.</b> Proceso del Levantamiento Topográfico. ....	23
<b>Fotografía 3-1.</b> Afloramiento de Roca.....	25
<b>Fotografía 3-2.</b> Foto Izquierda 1. Trazo de la Falla La Carbonera, 2. Corregimiento Cheva. Derecha Afloramiento miembro medio de la Formación Chipaque en la Vereda La Estancia.....	27
<b>Fotografía 3-3.</b> Afloramiento: sucesión de capas de Lutitas fisibles grisáceas.....	28
<b>Fotografía 3-4.</b> El contacto de la Formación Chipaque es discordante con depósitos Coluviales. ....	29
<b>Fotografía 3-5.</b> Afloramiento de la Formación Chipaque. ....	30
<b>Fotografía 3-6.</b> Afloramiento de Roca .....	33
<b>Fotografía 3-7.</b> Afloramiento de Roca. Sector Maravita.....	34
<b>Fotografía 3-8.</b> Foto Izquierda 1. Contacto Fm. La Luna y Fm. Chipaque, 2. Movimiento en masa. Derecha Afloramiento de la Formación Chipaque, plegada por la acción de la Falla la Carbonera. ....	35
<b>Fotografía 3-9.</b> Figura Izquierda Contacto entre la Formación Chipaque (Ksc) y Formación Luna (Ksl). Derecha Contacto entre La Formación Luna (Ksl) y Formación Arenisca Tierna (Ksat). ....	36
<b>Fotografía 3-10.</b> Afloramiento de roca, Formación La Luna .....	37
<b>Fotografía 3-11.</b> Afloramiento (Ksl). Sector Landinez. ....	38
<b>Fotografía 3-12.</b> Afloramiento. Sector Cocubal.....	39
<b>Fotografía 3-13.</b> Columna Estratigráfica Miembro Superior Formación Luna. ....	39
<b>Fotografía 3-14.</b> Izquierda: 1. Areniscas de grano fino 2. Paquete de Lutitas Derecha: 1. Formación Los Pinos 2. Depósito Coluvial .....	41
<b>Fotografía 3-15.</b> Afloramiento Formación Los Pinos. Sector El Tambor.....	42
<b>Fotografía 3-16.</b> Izquierda 1) Formación Arenisca Tierna 2) Alternancia de lutitas fisibles con limolitas silíceas Formación los Pinos. Derecha 1) Formación Arenisca Tierna 2) Formación los Pinos. ....	43

<b>Fotografía 3-17.</b> Afloramiento de Roca. Formación Arenisca Tierna (Ksat) .....	46
<b>Fotografía 3-18.</b> Afloramiento de Cuarzoarenitas. Sector de Tintoba .....	47
<b>Fotografía 3-19.</b> Depósitos Coluviales.....	50
<b>Fotografía 3-20.</b> Depósitos Coluviales.....	51
<b>Fotografía 3-21.</b> Depósitos Aluviales.....	52
<b>Fotografía 3-22.</b> Foto izquierda: 1) Rio chitano 2) deposito coluvio aluvial comprendido por materiales de la Formación Arenisca Tierna, sector Tintoba. Derecha 1) deposito aluvial rio Chitano. ....	53
<b>Fotografía 3-23.</b> Anticlinal La Carbonera .....	55
<b>Fotografía 3-24.</b> Sinclinal El Caracol .....	56
<b>Fotografía 3-25.</b> Plegamiento Local.....	57
<b>Fotografía 3-26.</b> Foto izquierda. Panorámica de la falla El Bebedero. Foto derecha.1) intenso plegamiento.2) Formación arenisca Tierna.3) Quebrada El Bebedero. ....	58
<b>Fotografía 3-27.</b> Falla Geológica El Oratorio .....	59
<b>Fotografía 3-28.</b> Falla Geológica La Carbonera.....	60
<b>Fotografía 3-29.</b> Falla geológica que evidencia los cambios de inclinación de los estratos. ....	61
<b>Fotografía 4-1.</b> Depósito de ladera. Sector Las Lajas.....	80
<b>Fotografía 4-2.</b> Escarpe de erosión mayor. Sector Tintoba. Al margen del Río Chitano. ....	81
<b>Fotografía 4-3.</b> Escarpe de erosión mayor. Sector Molino Viejo, quebrada Landinez. ....	82
<b>Fotografía 4-4.</b> Escarpe de erosión menor (Deeme). Quebrada El Santuario. ....	83
<b>Fotografía 4-5.</b> Flujo de detritos. Sector Tintoba.....	84
<b>Fotografía 4-6.</b> Ladera Coluvial: 1-Sobre la vía que conduce a Jericó. 2-Sobre Molino Viejo. ....	85
<b>Fotografía 4-7.</b> Ladera Denudativa. Sector Tintoba.....	86
<b>Fotografía 4-8.</b> Ladera Denudativa. Sector La Estancia.....	87
<b>Fotografía 4-9.</b> Ladera de Erosión. Sector Molino viejo.....	88
<b>Fotografía 4-10.</b> Ladera de erosión Moderada. Peña El Caracol.....	89
<b>Fotografía 4-11.</b> Ladera Inclinada. Sector Tintoba al margen del Río Chitano. ....	90
<b>Fotografía 4-12.</b> Ladera Moderada. Sector La Estancia, Ovejera y corregimiento de Cheva. ....	91
<b>Fotografía 4-13.</b> Monticulo. Verde La Estancia.....	92
<b>Fotografía 4-14.</b> Deslizamiento de Influencia Denudacional. Sector La Estancia.....	93
<b>Fotografía 4-15.</b> Deslizamiento de Rocas. Vereda La Estancia.....	94
<b>Fotografía 4-16.</b> Ladera Estructural de Anticlinal. Cerro Tambor.....	96
<b>Fotografía 4-17.</b> Capa Estructural controlada, Sector Tintoba.....	97
<b>Fotografía 4-18.</b> Contra Escarpe de Línea Estructural. Loma San Pedro.....	98
<b>Fotografía 4-19.</b> Pie de ladera estructural, Cerro Tambor. ....	99
<b>Fotografía 4-20.</b> Pie de ladera estructural, Sector Cocubal. ....	99

<b>Fotografía 4-21.</b> Deslizamiento de influencia, sector La Estancia. ....	100
<b>Fotografía 4-22.</b> Ladera Estructural Erosionada, Peña El Caracol. ....	101
<b>Fotografía 4-23.</b> Pendiente Estructural. Pueblo Viejo de Ura. ....	102
<b>Fotografía 4-24.</b> Cauce activo del Río Chitano. ....	103
<b>Fotografía 4-25.</b> Dinámica Fluvial y socavación 1. Quebrada el Santuario; 2. Río Chitano; 3. Quebrada La Carbonera sector la Estancia; 4. Quebrada Landinez. ....	106
<b>Fotografía 4-26.</b> Intercalación de areniscas cuarzosas y lutitas fisibles. ....	107
<b>Fotografía 4-27.</b> Erosión Diferencial sector La Estancia. ....	108
<b>Fotografía 4-28.</b> Algunos de los diferentes movimientos en masa observados en el área de estudio. ....	111
<b>Fotografía 4-29.</b> Deslizamiento de influencia, sector La Estancia. ....	113
<b>Fotografía 4-30.</b> Volcamiento, sector La Estancia. ....	114
<b>Fotografía 4-31.</b> Deslizamiento (Dzd_Drr) y caída de bloques, sector La Estancia. ....	116
<b>Fotografía 4-32.</b> Lagunas de falla. ....	117
<b>Fotografía 4-33.</b> Movimiento Rotacional sobre depósitos inconsolidados (Qc) ..	118
<b>Fotografía 6-1.</b> Imagen barreno 1, vista hacia la parte baja de la zona afectada	131
<b>Fotografía 6-2.</b> Imagen barreno 2, vista hacia la parte alta de la zona afectada	131
<b>Fotografía 6-3.</b> Imágenes de actividades de exploración manual. ....	132
<b>Fotografía 6-4.</b> Panorámica de la zona afectada por el movimiento en masa con los sectores definidos. ....	141
<b>Fotografía 7-1.</b> Materiales presentes en el área de estudio. ....	162
<b>Fotografía 7-2.</b> Tipo de Suelos. ....	165
<b>Fotografía 7-3.</b> Panorámica Corregimiento de Cheva. ....	183
<b>Fotografía 7-4.</b> Vía que comunica al Corregimiento de Cheva con Jericó. ....	184
<b>Fotografía 7-5.</b> Cultivo de Alfafa, Sector Molino Viejo. ....	186
<b>Fotografía 7-6.</b> Pastos Limpios. Sector La Ovejera. ....	187
<b>Fotografía 7-7.</b> Pastos. Sector La Ovejera. ....	188
<b>Fotografía 7-8.</b> Pastos Enmalezados. Sector Loma San Pedro. ....	189
<b>Fotografía 7-9.</b> Mosaico de pastos y cultivos. Sector La Ovejera. ....	190
<b>Fotografía 7-10.</b> Bosque Denso. Sector Viejo de Ura. ....	191
<b>Fotografía 7-11.</b> Bosque abierto. Sector Lardinez. ....	192
<b>Fotografía 7-12.</b> Bosques Fragmentados. Sector El Santuario y La Ovejera. ....	193
<b>Fotografía 7-13.</b> Bosque Ripario. Quebrada el Berbedero. ....	194
<b>Fotografía 7-14.</b> Herbazal. Sector La Estancia. ....	195
<b>Fotografía 7-15.</b> Arbustal. Sector Corregimiento de Cheva. ....	196
<b>Fotografía 7-16.</b> Afloramiento Formación La Luna. Sector Pueblo Viejo de Ura. ....	197
<b>Fotografía 7-17.</b> Tierra Desnuda. Setor Tontoba. ....	198
<b>Fotografía 7-18.</b> Río Chitano. ....	199
<b>Fotografía 7-19.</b> Laguna Limpia. Fuente: Proyecto. ....	199
<b>Fotografía 7-20.</b> Erosión Laminar. Corregimiento de Cheva. ....	207
<b>Fotografía 7-21.</b> Erosión Concentrada en la Formación La Luna. ....	208

<b>Fotografía 7-22.</b> Erosión por Socavación. ....	209
<b>Fotografía 7-23.</b> Vía corregimiento de Cheva - La Ovejera. ....	230
<b>Fotografía 7-24.</b> Flujo de tierra. Quebrada El Santuario. ....	245
<b>Fotografía 7-25.</b> Flujo de Detritos. Sector El Cocubal. ....	246
<b>Fotografía 7-26.</b> Reptación de suelo. Sector El Oratorio. ....	247
<b>Fotografía 7-27.</b> Movimiento complejo. Sector La Estancia. ....	248
<b>Fotografía 8-1.</b> Destrucción de la riqueza física en la vereda La Estancia. ....	255
<b>Fotografía 9-1.</b> Estado general de la zona de estudio. ....	294
<b>Fotografía 9-2.</b> Zonas propuestas para el establecimiento de áreas protectoras .....	299
<b>Fotografía 9-3.</b> Áreas propuestas para el establecimiento de áreas protectoras - productoras. ....	301
<b>Fotografía 9-4.</b> Áreas propuestas para el manejo agroforestal. ....	303
<b>Fotografía 9-5.</b> Áreas propuestas para establecer bosques Dendroenergéticos	307
<b>Fotografía 9-6.</b> Áreas propuestas para el establecimiento de cercas vivas. ....	309

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 4-1.</b> Rango de Pendientes. ....	67
<b>Tabla 4-2.</b> Rango de Forma de Laderas. ....	71
<b>Tabla 4-3.</b> Clasificación de Acuencia. ....	74
<b>Tabla 4-4.</b> Ambientes morfogenéticos del Municipio de Jericó. ....	77
<b>Tabla 4-5.</b> Unidades del ambiente Denudacional. ....	79
<b>Tabla 4-6.</b> Subunidades Geomorfológicas del Ambiente Estructural. ....	94
<b>Tabla 4-7.</b> Subunidades geomorfológicas ambiente Fluvial. ....	102
<b>Tabla 5-1.</b> Datos de Estaciones hidroclimatológicas del IDEAM. ....	119
<b>Tabla 5-2.</b> Precipitación máxima en 24 horas (mm). ....	123
<b>Tabla 5-3.</b> Coeficientes para la ecuación IDF en la región Andina. ....	125
<b>Tabla 5-4.</b> Parámetros generales para las Estaciones. ....	126
<b>Tabla 5-5.</b> Datos IDF. Estación Jericó. ....	127
<b>Tabla 6-1.</b> Relación de Barrenos mecánicos y sondeos manuales. ....	129
<b>Tabla 6-2.</b> Relación de ensayos de laboratorio. ....	133
<b>Tabla 6-3.</b> Parámetros geotécnicos del perfil modelado. ....	145
<b>Tabla 6-4.</b> Resumen de resultados del análisis de estabilidad. ....	152
<b>Tabla 7-1.</b> Parámetros de Evaluación. ....	157
<b>Tabla 7-2.</b> Parámetros de evaluación para la zonificación de amenazas. ....	158
<b>Tabla 7-3.</b> Unidades de Roca. ....	164
<b>Tabla 7-4.</b> Calificación de estabilidad, definidas para estos tipos e rocas según diferentes grados de fracturamiento. ....	166

<b>Tabla 7-5. Valores de estabilidad para el factor suelo residual (G: granular, F: fino)</b>	
.....	167
<b>Tabla 7-6. Ponderación de Susceptibilidad.</b>	169
<b>Tabla 7-7. Valores de estabilidad para el Factor Inclinación de la Pendiente.</b>	171
<b>Tabla 7-8. Valores de estabilidad para el factor Forma de la Pendiente.</b>	173
<b>Tabla 7-9. Calificación del parámetro Relieve.</b>	174
<b>Tabla 7-10. Calificación del parámetro Drenaje.</b>	180
<b>Tabla 7-11. Clasificación de Coberturas.</b>	182
<b>Tabla 7-12. Calificación del parámetro V.</b>	201
<b>Tabla 7-13. Coberturas.</b>	201
<b>Tabla 7-14. Porcentaje susceptibilidad por vegetación.</b>	206
<b>Tabla 7-15. Calificación Factor K.</b>	212
<b>Tabla 7-16. Calificación entre las coberturas Rusle y coberturas CORINE LAND COVER propuestas.</b>	219
<b>Tabla 7-17. Valores del Factor de Conservación de Suelos.</b>	221
<b>Tabla 7-18. Rangos de Erosión.</b>	222
<b>Tabla 7-19. Porcentaje de áreas afectadas por erosión.</b>	224
<b>Tabla 7-20. Calificación del parámetro C.</b>	227
<b>Tabla 7-21. Porcentajes del parámetro Sismo.</b>	237
<b>Tabla 7-22. Calificación de Coberturas.</b>	240
<b>Tabla 7-23. Porcentaje del grado Antrópico del área.</b>	243
<b>Tabla 7-24. Porcentaje de evidencias de Inestabilidad.</b>	249
<b>Tabla 7-25. Susceptibilidad por movimientos en masa.</b>	250
<b>Tabla 7-26. Grado de amenaza y sectores donde se presenta.</b>	253
<b>Tabla 9-1. Áreas de manejo</b>	295
<b>Tabla 9-2. Especies forestales recomendadas</b>	311

## LISTA DE ANEXOS

**ANEXO A.** Componente Topográfico

**ANEXO B.** Mapa Geológico

**ANEXO C.** Columna Litoestratigráfica

**ANEXO D.** Análisis Macroscópico

**ANEXO E.** Mapa Geomorfológico

**ANEXO F.** Análisis Hidrológico

Valores de Precipitación

**ANEXO G.** Análisis Geotécnico

Resultados de laboratorio

Resultados de Tomografías

**ANEXO H.** Zonificación de Amenazas

Parámetro Material

Parámetro Relieve

Parámetro Drenaje

Parámetro Vegetación

Parámetro Erosión

Parámetro Clima

Parámetro Sismo

Parámetro Antrópico

Mapa de Zonificación de Amenazas

**ANEXO I.** Componente Forestal

Descripción de Especies Forestales recomendadas

## INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la Niña 2010-2011 afectó de modo excepcional una gran zona rural del municipio de Jericó, Departamento de Boyacá, pues como producto de las intensas precipitaciones, se generaron fenómenos de remoción en masa tales como deslizamientos, flujos de roca y tierra y avalanchas. Estos fenómenos se presentaron en las veredas de Ovejeras, Tintoba, Cheva y La Estancia, siendo esta última la más afectada, dado que casi en su totalidad fue arrasada por un movimiento en masa complejo, que destruyó viviendas, cultivos, vías, líneas de transmisión y otras obras de infraestructura. Los habitantes se vieron obligados a salir apresuradamente de sus casas, condición de desplazamiento que se tornó en muchos casos definitivo. Actualmente algunas pocas familias han regresado por su cuenta y riesgo, y la zona aún se mantiene en condición de riesgo. La comunidad espera que este estudio deje en claro el grado de amenaza en que se encuentra el área y las posibilidades de recuperación que puedan existir.

En este informe, se definen las condiciones actuales de amenaza en las veredas mencionadas y se establece el grado de estabilidad en que se encuentra el terreno afectado por el movimiento en masa de La Estancia. Se han considerado aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y geotécnicos, y se han establecido las medidas que deben adoptarse para garantizar las condiciones de estabilidad necesarias para la recuperación de la zona y la permanencia segura de sus pobladores. Se espera contribuir en la toma de decisiones dirigidas a la reducción del riesgo, componente importante en los planes de ordenamiento territorial, gestión ambiental, gestión del Riesgo y desarrollo municipal.

## 1 GENERALIDADES

### 1.1 OBJETIVOS

#### 1.1.1 Objetivo general

Determinar zonas de amenaza y escenarios de riesgo por deslizamiento en zonas priorizadas del municipio de Jericó, Departamento de Boyacá.

#### 1.1.2 Objetivos específicos

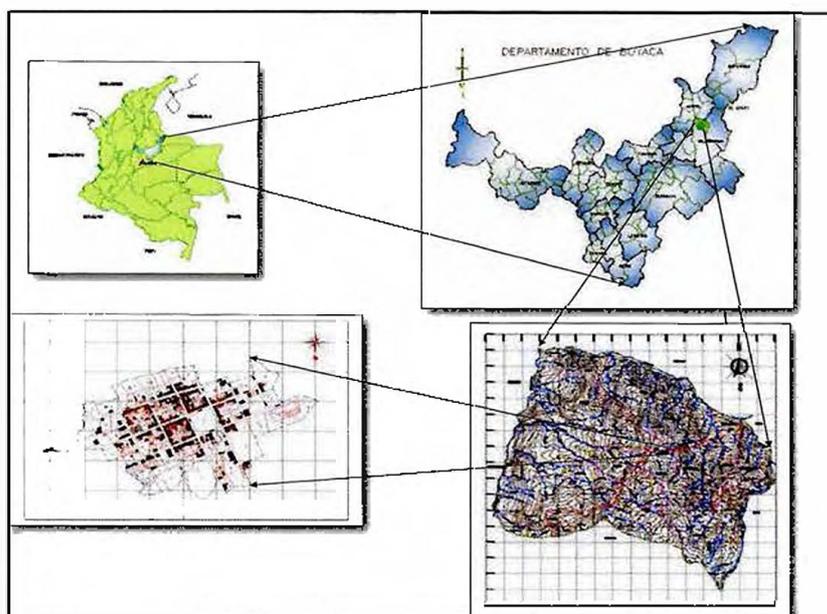
- Recopilar y analizar la información temática secundaria relacionada con las zonas de amenaza y escenarios de riesgo por fenómenos de remoción en masa en el municipio de Jericó.
- Realizar un estudio hidrológico de la zona de estudio.
- Realizar el levantamiento topográfico en la zona priorizada afectada por movimientos en masa, vereda La Estancia.
- Zonificar las amenazas por fenómenos de remoción en masa.
- Definir y evaluar escenarios de riesgo por deslizamiento.
- Hacer la caracterización del subsuelo en la zona afectada por remoción en masa, sector La Estancia, mediante exploración directa e indirecta.
- Recomendar procesos de ocupación del territorio en el área rural del municipio de Jericó afectada por movimientos en masa.

## 1.2 LOCALIZACIÓN

El área de estudio corresponde a un sector priorizado del municipio de Jericó, el cual forma parte de la provincia de Valderrama, en el norte del departamento de Boyacá. El municipio comprende una extensión de 119 Km<sup>2</sup>, y tiene una población de 4.716 habitantes, aproximadamente.

La zona de interés se encuentra localizada hacia el Oriente del centro urbano a una distancia de 7 km por carretera sin pavimentar y está delimitada por el Río Chitano al Norte, la Loma San Pedro al Oeste, la Quebrada Landinez al Este y al Sur por el caserío Pueblo Viejo de Ura. La zonificación de amenazas naturales abarcó las veredas de Cheva, La Estancia, La Ovejera, Cocubal y Tintoba con una extensión de aprox. 2400 Ha, y el estudio geotécnico se concentró en el sector La Estancia, afectado por el movimiento en masa ocurrido en el año 2011, con un área cercana a las 350 Ha.

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



Fuente: Proyecto

### 1.3 VÍAS DE ACCESO

El municipio de Jericó se encuentra a 158 Km de Tunja, la capital del departamento de Boyacá. El corredor vial que se destaca corresponde a la vía que comunica a los municipios de Duitama, Belén, Socha, Socotá, la troncal central del norte la cual comunica varias ciudades principales del departamento. Adicionalmente se localizan dentro de los diferentes municipios una serie de vías secundarias carreteables y algunas sin pavimentar que conducen a las zonas rurales pertenecientes al área de estudio.

### 1.4 METODOLOGÍA DE TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo consistió en una primera etapa, donde se recopiló toda la información existente o información secundaria sobre movimientos de remoción en masa, esta información fue recolectada de CORPOBOYACA y en la alcaldía del Municipio, de lo cual se obtuvo información como fotografías e informes relacionados con las áreas afectadas en el plan de gestión del riesgo, censos realizados por la oficina del CLOPAD sobre los daños en las viviendas, además de testimonios de las personas que vivían cerca a los sitios donde se presentaron las afectaciones.

Con esta información se realizaron las visitas a campo en donde se añadieron aspectos geológicos, geomorfológicos, geotécnicos y se identificaron zonas con potenciales importantes en la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

Dichas visitas a campo se realizaron teniendo un formato estandarizado con la información antes mencionada la cual permite determinar las zonas de amenaza y escenarios de riesgo por deslizamiento.

## 1.5 ESTADO DE LA INFORMACIÓN

### 1.5.1 Documentación de fenómenos de remoción en masa

- **Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por movimientos en Masa** (Servicio Geológico Colombiano SGC), Estudio donde se muestra a ESCALA 1: 100.000 la metodología adaptada para la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa.
- **Documento Diagnostico Territorial y Evaluación Integral de Territorio. Julio 2006** (Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Jericó), Documento donde se muestra dentro del Subsistema físico biótico los fenómenos de remoción en masa y la caracterización de riesgo geológico a nivel general del municipio de Jericó.

### 1.5.2 Información Aspectos Geomorfológicos, Coberturas y usos de suelos

- **Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa.** Escala 1:100.000. Bogotá D.C., febrero 2012 (Servicio Geológico Colombiano SGC)
- **Leyenda nacional de coberturas de la tierra metodología CORINE LAND COVER**, adaptada para Colombia escala 1:100.000 2010.

### 1.5.3 Información Aspectos Geológicos

- GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 152 SOATA, ESCALA 1:100.000; Geología regional del área de Soatá. Rodrigo Vargas H., Alfonso Arias, Luis Jaramillo y Noel Tellez. 1987. INGEOMINAS.
- MAPA GEOLÓGICO DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ, Memoria explicativa Antonio José Rodríguez Parra Orlando Solano Silva, 2000; Es ésta memoria se describe de manera sistemática, tanto su extensa estratigrafía, como las estructuras geológicas y las amenazas o riesgos naturales a que está expuesta la zona.
- GEOLOGÍA DE LA PLANCHA 153 CHITA, ESCALA 1:100.000; Geología regional del área de Soatá. Antonie Fabre, Mauricio Osorio O., Rodrigo Vargas H. 1984. INGEOMINAS.
- PROGRAMA DE NORMALIZACIÓN DE RECURSOS Y RESERVAS DE CARBÓN – DEPARTAMENTO DE BOYACÁ; Estudio realizado en el área Sogamos – Jericó. 1986. ECOCARBÓN.

### 1.5.4 Información cartográfica

- BASES TOPOGRÁFICAS 152 IV-D1, 152 IV-D2, 152 IV B3, 152 IV-B4, 153 III-C1, 153 III-C2, Escala 1:100.000, (Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC), las bases se encuentran en un sistema de coordenadas Magna Sirgas y la escala adquirida permitió contextualizar la escala de trabajo que se tomará en el marco del proyecto.

## 1.6 MARCO DE REFERENCIA

Debido a que la Corporación Autónoma Regional de Boyacá “CORPOBOYACA” está enfocada a las labores de gestión del riesgo que como respuesta a los efectos de la temporada invernal 2010 – 2011, identificó movimientos en masa y escenarios de riesgo por deslizamiento en el municipio de Jericó, siendo este un insumo importante previo a la zonificación de amenazas en el territorio, que requiere el análisis de otras variables que permitan avanzar en la temática de Gestión del Riesgo.

La evaluación de amenazas, vulnerabilidad y escenarios de riesgo, recomiendan que en la gestión del riesgo de desastres del municipio, se debe involucrar los elementos de alerta temprana para prevenir o limitar los efectos adversos de los desastres.

CORPOBOYACÁ, en su Plan de Gestión Ambiental Regional, ha definido la línea estratégica: GESTIÓN AMBIENTAL DEL TERRITORIO que se desarrolla a través del plan de acción 2012 – 2015, con el programa Planeación y ordenamiento del territorio. El proyecto Gestión del Riesgo para la planificación territorial, cuyo objetivo es generar información básica para la toma de decisiones con respecto al modelo de ocupación territorial.

El actual proyecto se realiza a partir del convenio interadministrativo 005 de 2014, celebrado entre la Corporación Autónoma Regional de Boyacá “CORPOBOYACA” y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC, con el objeto de aunar esfuerzos para la determinación de zonas de amenaza y definición de escenarios de riesgo por deslizamiento en el municipio de Jericó.

## 2 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

El levantamiento topográfico de superficie, se desarrolló mediante el sistema de poligonal abierta y radial, con amarre a los puntos del IGAC, con dos comisiones dotadas de estación Topcon TKS -202, la primera y Topcon GTS-245 NW, la segunda. El área total objeto del trabajo topográfico es de 300 Ha aproximadamente.

**Fotografía 2-1.** Levantamiento Topográfico



Fuente. Proyecto

El levantamiento se realizó a partir de una poligonal abierta, sobre la que se localizan los diferentes deltas. Después de la ubicación de los deltas se inicia la toma de información de todos los detalles dentro del área de influencia del levantamiento topográfico, información que servirá de base para la elaboración de planos de planta, curvas de nivel y cortes necesarios para la elaboración del estudio.

**Fotografía 2-2.**Proceso del Levantamiento Topográfico.



El proceso de edición se realizó descargando toda la información colectada a un computador, con lo que se genera la nube de puntos donde aparecen todos los datos para crear la planta general, triangulación para la elaboración de curvas de nivel, perfiles y demás.

### 3 GEOLOGÍA

#### 3.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS

A nivel regional, la zona de estudio se encuentra localizada en la Cordillera Oriental que se formó por levantamiento a partir de inversión tectónica generando una geología compleja y un paisaje en evolución.

#### 3.2 ESTRATIGRAFÍA

En el sector, afloran rocas del Cretácico Superior y del Cuaternario, que presentan diferentes ambientes de sedimentación evidenciados en la variabilidad litológica. La secuencia estratigráfica descrita en campo está compuesta de base a techo por la Formación Chipaque (Ksc), Formación Luna (Ksl), Formación Los Pinos (Kslp), Formación Arenisca Tierna (Ksat), Formación Guaduas (Tkg) y Depósitos Recientes Qc, Qal.

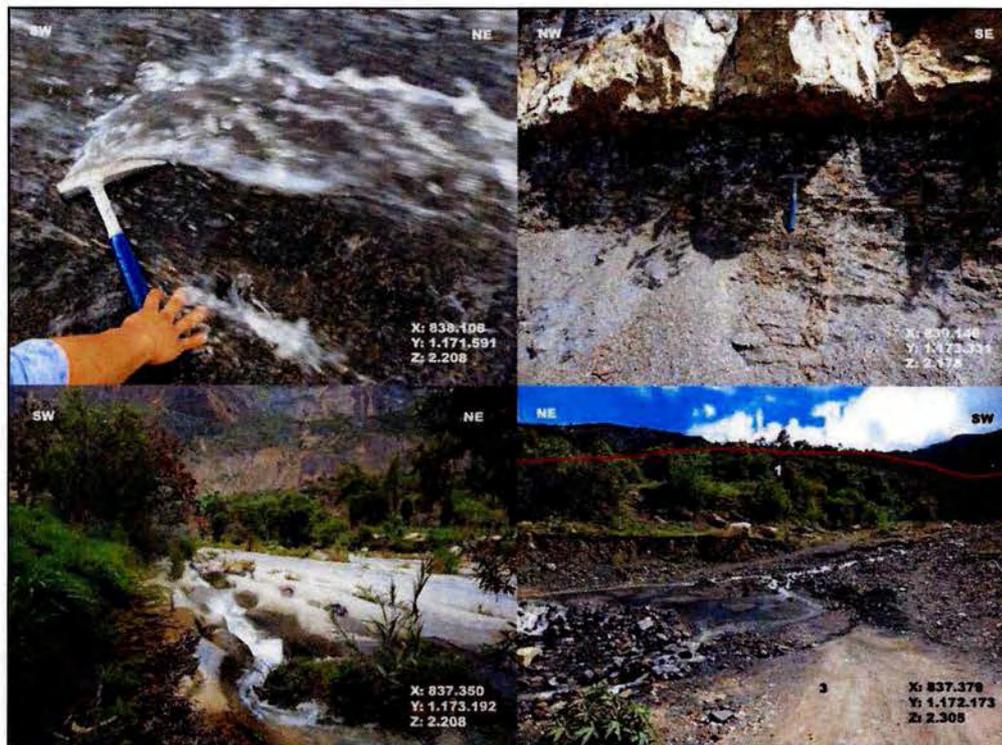
##### 3.2.1 Formación Chipaque (Ksc)

Aflora en los sectores de La Estancia, Molino Viejo, La Carbonera y el Oratorio. Estructuralmente aflora en los flancos Este y Oeste del Sinclinal El Caracol y en el núcleo del Anticlinal La Carbonera, es por ello que se presenta cambios de inclinación y dirección; a su vez se encuentra afectada por el sistema regional de fallas generando desplazamientos, plegamiento y fracturamiento de las rocas.

Litológicamente predominan Lutitas lodosas grisáceas en su miembro superior e inferior; mientras en la parte intermedia calizas lumaquelicas, limolitas silíceas y calcáreas.

Morfológicamente, se caracteriza por una topografía suave debido a los miembros arcillosos a excepción del miembro medio, que aflora hacia el Este del corregimiento de Cheva, el cual presenta una expresión escarpada. A casusa de los procesos endógenos, exógenos y morfodinámicos del sector, se evidencian varios fenómenos de remoción en masa de magnitud y frecuencia variable, que se desprenden desde la parte alta (Sector Mirador: 3000 msnm) y se depositan sobre el sector de la Estancia.

**Fotografía 3-1. Afloramiento de Roca**



Fuente: Proyecto

Descripción: Superior Izquierda: caliza lumaquelica aflorante en el sector La Estancia. Superior Derecha: lutitas fisiles aflorantes en la Quebrada Landinez inferior Izquierda: Laja de caliza lumaquelica perteneciente al miembro medio de la

formación Chipaque (Ksc) al Norte de Cheva Inferior Derecha: 1.Lutitas pertenecientes al miembro superior de la formación Chipaque (Ksc) 2. Quebrada el Santuario 3.Via que comunica a Cheva con la vereda la Estancia del municipio de Jericó.

En la vereda la Estancia, sector “El Morro” aflora una sucesión de capas de Lutitas lodosas grisáceas fisiles de espesor de 50 m., que presentan alternancia con calizas lumaquelicas resistentes, de color gris medio con espesor aproximado de 120 m., este afloramiento tiene una estratificación plano paralela discontinua con rumbo N5°W y buzamiento 52°E, se observan zonas fracturadas asociadas a la meteorización física de las Lutitas fisiles, procesos erosivos de tipo laminar o superficial y escasa cobertura vegetal.

En el sector se evidencia un cambio topografico suave asociado al control estructural que ejerce la falla La Carbonera y a la presencia de calizas lumaquelicas caracterizadas por ser un material más resistente en comparación con el material que le suprayace.

**Fotografía 3-2.** Foto Izquierda 1. Trazo de la Falla La Carbonera, 2. Corregimiento Cheva. Derecha Afloramiento miembro medio de la Formación Chipaque en la Vereda La Estancia.



Fuente: Proyecto

Al Este del corregimiento de Cheva en el sector “Molino Viejo”, aflora una sucesión de capas de Lutitas fisiles grisáceas con espesor de 20 m en alternancia de capas de limolita sílicea, afectadas por la falla El Bebedero que generan fracturamiento y plegamiento en las rocas. Se observa un contacto discordante con el depósito aluvial generado por la actividad fluvial del Rio Chitano.

**Fotografía 3-3.** Afloramiento: sucesión de capas de Lutitas fisíles grisáceas

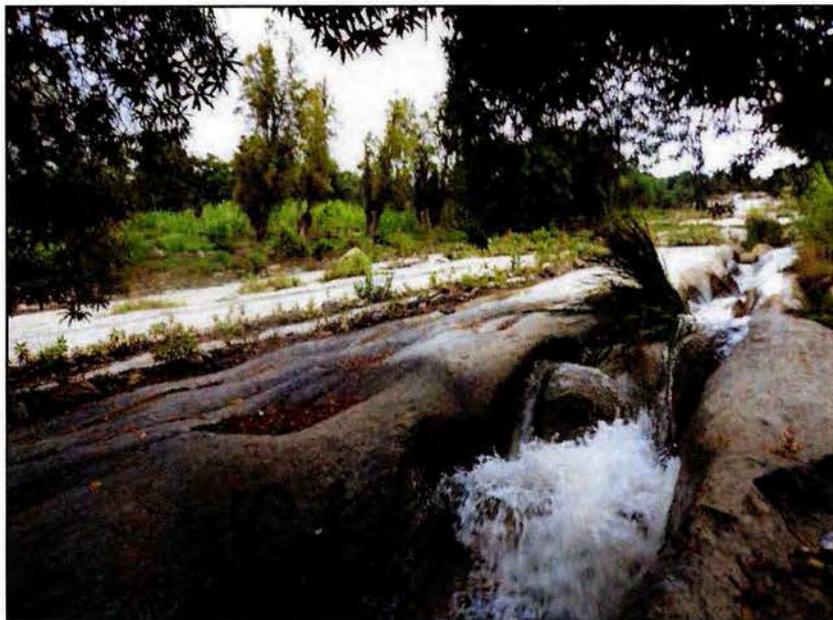


Fuente: Proyecto

En el sector de La Laja, sobre la vía que comunica el corregimiento de Cheva con la vereda Tintoba se encuentra expuesto el plano de estratificación de una capa de caliza lumaquelica del miembro medio de la formación Chipaque (Ksc) que presenta una extensión aproximada de 1 Km. Esta unidad en el sector, actúa como zona de mecanismo de falla a través de un movimiento traslacional.

Debido a la influencia de procesos denudativos se observan pocos rasgos litológicos de la formación, su contacto inferior y superior es discordante con unidades recientes coluviales.

**Fotografía 3-4.** El contacto de la Formación Chipaque es discordante con depósitos Coluviales.



Fuente: Proyecto

Al margen derecho del río Chitano en el sector de Tintoba, aflora el miembro medio de la formación Chipaque (Ksc) presenta una inclinación NW, se observa la acción de procesos de erosión eólica y pluvial, provocando el debilitamiento de las rocas y generando suelo residual.

Se presenta una sucesión de capas asociadas a diversos ambientes de depositación:

Nivel I: Lutitas fisibles grisáceas con bajo contenido de materia orgánica, espesor real de 1.20 m afectadas por un intenso proceso erosivo.

Nivel II: limolitas con bajo contenido calacareo, grisáceas y friables, espesor real de 2.50 m.

Nivel III: limolitas lumaquelica, presenta un espesor real de 5m se caracteriza por su alto contenido de braquiópodos y bivalvos, se desarrolla un fuerte proceso erosivo y meteorización física en la roca.

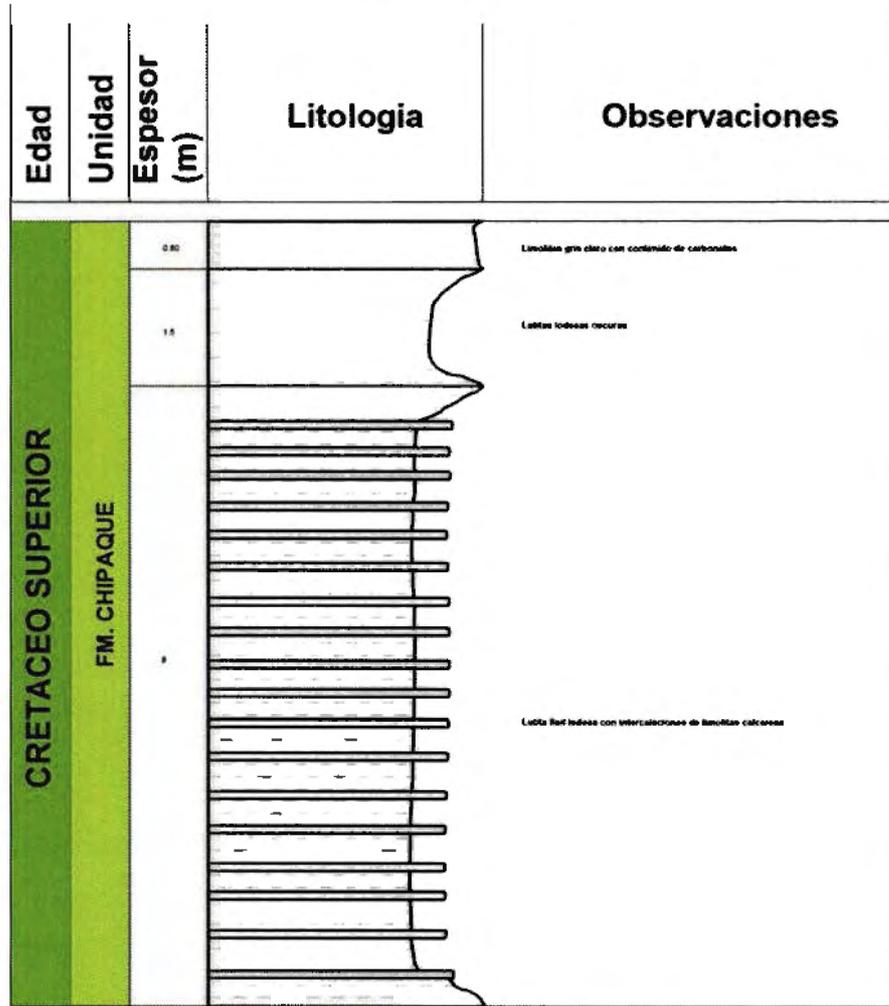
Nivel IV: suelo residual: producto de la disgregación de las rocas de la formación Chipaque (Ksc), presenta un espesor de 3m.

**Fotografía 3-5.** Afloramiento de la Formación Chipaque.



Fuente. Proyecto

**Figura 3-1. Columna Litoestratigráfica del miembro superior de la Formación Chipaque**



Fuente: Proyecto

### 3.2.2 Formación La Luna (Ksl)

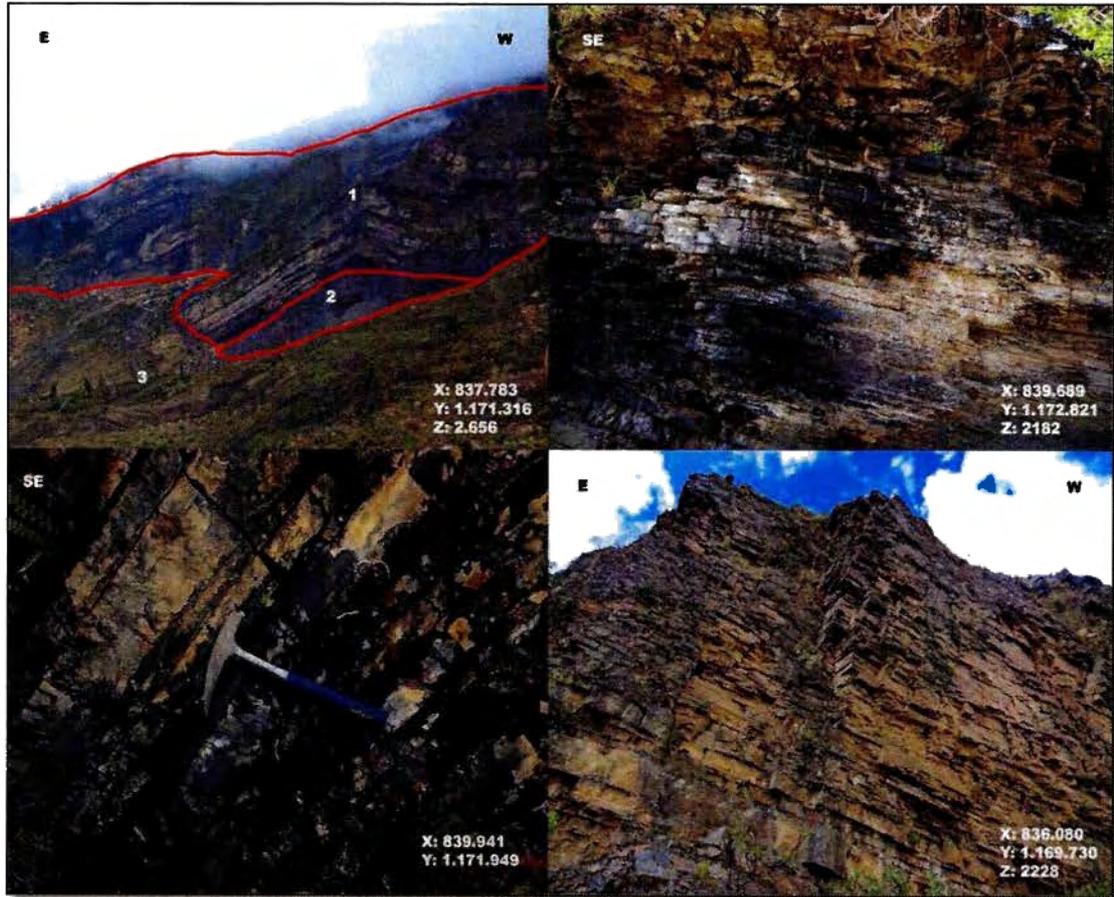
Aflora en los sectores de El Mirador, la Carbonera, la Ovejera, el Tambor y en la vereda de Tintoba.

Se encuentra cubierta en gran parte por un depósito coluvio-aluvial, pertenece al sistema estructural de la región es por ello que difiere de datos en cuanto a su dirección e inclinación, aflora en los flancos Este y Oeste del Sinclinal El Caracol y en el flanco Oeste del Anticlinal La Carbonera.

Estratigráficamente, el contacto superior con la Formación Los Pinos (Ksl) es concordante, a su vez suprayace concordantemente a la Formación Chipaque (ksc). Litológicamente está compuesta por porcelanitas, Lutitas, limolitas silíceas capas de arenisca de grano fino y calizas con lamelibrancios, chert y fosforita.

Morfológicamente se caracteriza presentar cambios en el relieve por la alternancia de capas, presenta una topografía abrupta y pendientes fuertes en alternancia con cambios suaves en el relieve asociadas con los niveles lutíticos que hacen parte del miembro medio de dicha unidad. Morfodinamicamente esta unidad presenta procesos denudacionales producto de los de la acción de los agentes erosivos de carácter hidrogravitacional por la influencia del clima y fracturamiento de las rocas posiblemente por la incidencia del sistema de fallas.

**Fotografía 3-6. Afloramiento de Roca**



Fuente: Proyecto

Descripción: Superior Izquierda: 1. Formación la luna 2. Miembro superior de la Formación Chipaque. 3. Fenómeno de remoción en masa de naturaleza compleja sector “La Estancia”. Superior Derecha: Porcelanitas pertenecientes al miembro inferior de la formación La luna sector landinez.

Inferior Izquierda: porcelanitas acompañadas de laminas de lutita oscura del miembro superior de la formación la luna ubicadas en la parte media de la quebrada landinez Inferior Derecha: porcelanitas del miembro superior de la formación la luna sector pueblo viejo.

En el sector el Mirador, afloran porcelanitas, lutitas y limolitas de espesor aproximado de 30 m. con dirección N7 W e inclinación 50° NE. Dentro de la secuencia litológica se observan capas de limolita silicea de color fresco grisáceo y meteorizado café oscuro, con baja resistencia compuesta por restos de colofana, material fosfórico, coprolitos de pez y óxidos de hierro en alternancia con capas de lutita grisácea fisil con bajo contenido de materia orgánica. Continuando con la secuencia, se observan porcelanitas grisáceas con alto contenido de sílice afectadas por los procesos erosivos. El afloramiento presenta una estratificación plano paralela discontinua afectada por la incidencia de los procesos morfodinámicos.

**Fotografía 3-7.** Afloramiento de Roca. Sector Maravita



Fuente: Proyecto

En el sector La Carbonera, afloran limolitas calcáreas con material orgánico carbonizado, material detrítico, óxidos de hierro y arcilla carbonosa con dirección

N44°W y buzando 44°NE, presenta una estratificación plano paralela discontinua y se encuentra altamente afectado por los procesos erosivos.

**Fotografía 3-8.** Foto Izquierda 1. Contacto Fm. La Luna y Fm. Chipaque, 2. Movimiento en masa. Derecha Afloramiento de la Formación Chipaque, plegada por la acción de la Falla la Carbonera.

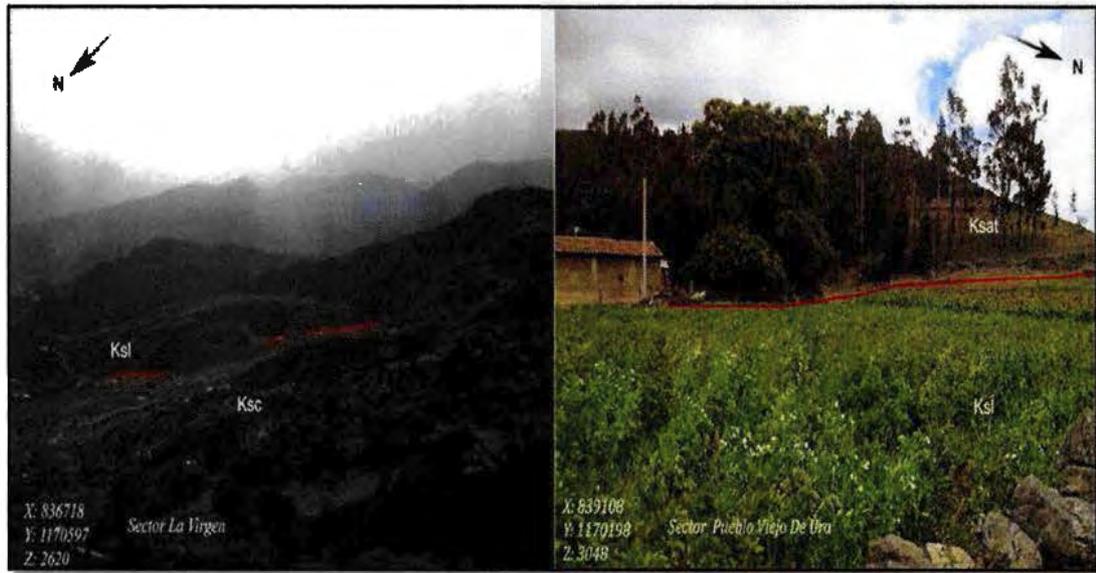


Fuente: Proyecto

Al Oeste de la vereda La Ovejera, aflora una sucesión de capas de rocas masivas en contraste con rocas menos competentes, donde se observan cambios de espesor real debido al plegamiento producto a la incidencia de la falla La Ovejera, cambios a nivel topográfico en relación a la alternancia de capas litológicas de la Formación Luna y alto grado de fracturamiento en las rocas y generación de procesos denudacionales.

Litológicamente en el sector afloran capas de lutita fisil grisácea, niveles de limolitas carbonosas compactas de color grisáceo y bancos de Chert negro. Presenta una dirección de N46°W e inclinación 10°NE.

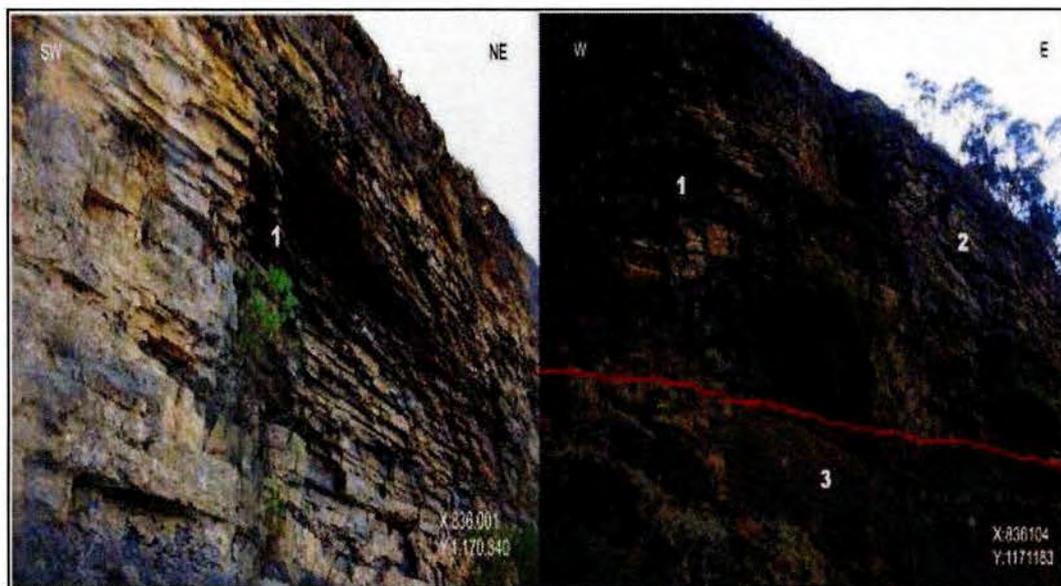
**Fotografía 3-9.** Figura Izquierda Contacto entre la Formación Chipaque (Ksc) y Formación Luna (Ksl). Derecha Contacto entre La Formación Luna (Ksl) y Formación Arenisca Tierna (Ksat).



Fuente: Proyecto

En el cerro El Tambor, sector Los Laches se observa un conjunto de capas de porcenalitas y láminas delgadas de lutitas fosforicas fisiles grisáceas, alternando con porcelanitas negras, calizas grisáceas y láminas delgadas de fosforita. Presenta una estratificación plano paralela discontinua, una disposición estructural NW, cambios topográficos en relación a la variedad litologica, replegamientos locales y fracturamientos en las rocas asociados posiblemente a esfuerzos compresivos generadores del anticlinal La Carbonera.

**Fotografía 3-10.**Afloramiento de roca, Formación La Luna



Fuente: Proyecto

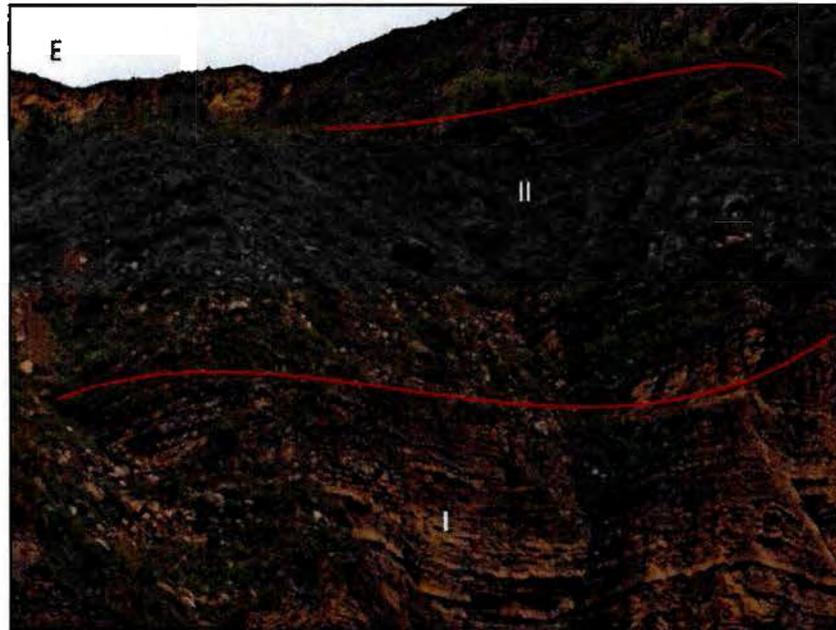
Descripción: Derecha: 1) Liditas silíceas acompañadas por pequeñas capas de Lutitas fisíles. Izquierda: 1) Flanco Noroccidental de plegamiento Local 2) Flanco Nororiental de plegamiento Local 3) Lutitas fisiiles oscuras pertenecientes al miembro medio de la Formación La Luna.

En la margen derecha de la quebrada Landinez, se observa un afloramiento de aproximadamente 100 m de espesor aparente el cual está compuesto por alternancia de capas de lodolitas grisáceas friables en juego con calizas Biomicritica y liditas. Morfológicamente se caracteriza por presentar un relieve alto en relación de los niveles bajos depósito aluvial, pendiente muy abrupto a escarpada y ladera convexo.

Nivel I: Caliza Biomicritica en paquetes con Lidita

Nivel II: nivel de lutitas fisible.

**Fotografía 3-11.** Afloramiento (Ksl). Sector Landinez.



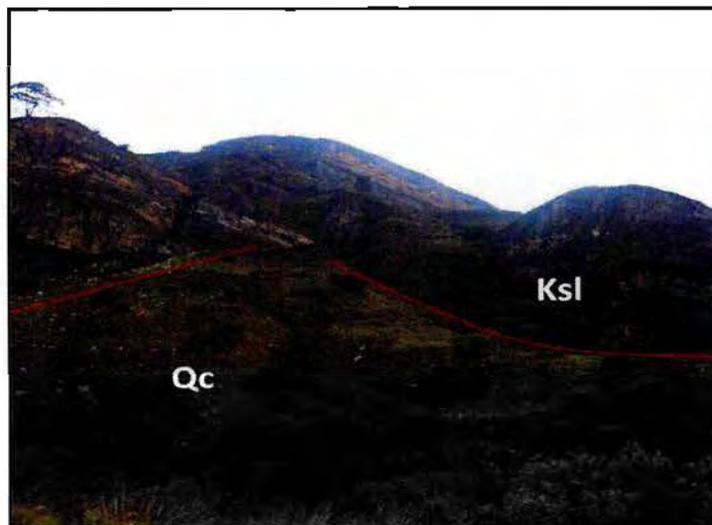
Fuente. Proyecto

En el sector de Cocubal, se observa el afloramiento de porcelanitas con lutitas fisiles, este segmento lítico se encuentra afectado por procesos denudacionales asociados a actividad pluvial y estructural, debido a que presenta un flujo constante de agua que incide en el debilitamiento de las rocas y posteriormente al desarrollo de fenómenos de remoción en masa.

En la dinámica estructural, se observan plegamientos de tipo local donde las rocas se encuentran de núcleo de una estructura anticlinal, se observa fracturamiento de las rocas hacia la cresta de la estructura con lo cual se desarrolla un mecanismo de falla de volcamiento o desprendimiento de bloques.

Morfológicamente sobresale por la secuencia estratigráfica que le subrayase donde se observa la continuidad litológica Los Pinos (Kslp) y Arenisca Tierna (Kslp), su contacto inferior es de tipo discordante debido a los recientes eventos del 2011 con lo cual se formaron laderas de tipo Coluvial.

**Fotografía 3-12.** Afloramiento. Sector Cocubal.



Fuente. Proyecto

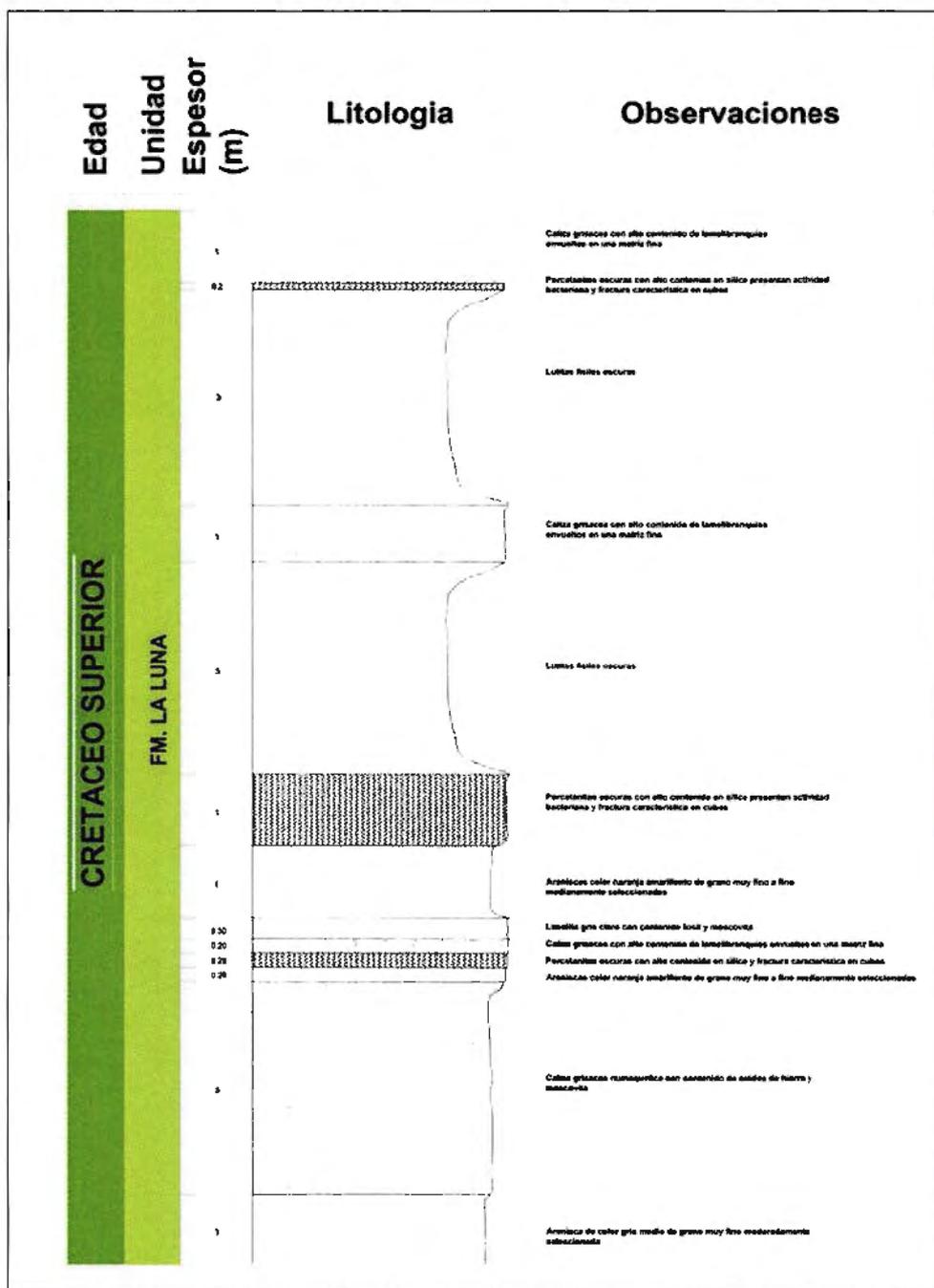
En el sector de La Ovejera, se aprecia la secuencia estratigráfica descrita en la siguiente columna. En el sector afloran calizas con lamelibranchios, material lutítico y areniscas de grano fino que es característico del miembro superior de la Formación La Luna.

**Fotografía 3-13.** Columna Estratigráfica Miembro Superior Formación Luna.



Fuente. Proyecto

**Figura 3-2.** Columna litoestratigráfica miembro superior formación la Luna



Fuente: Proyecto

### 3.2.3 Formación Los Pinos (Kslp)

Aflora en los sectores de Peña El Caracol, La Carbonera, Loma San Pedro, El Tambor y El Boquerón; estructuralmente aflora en los flancos Este y Oeste del Sinclinal El Caracol y en el flanco Oeste del Anticlinal La Carbonera.

Esta unidad se encuentra constituida principalmente por Lutitas lodosas de color fresco negro grisáceo y un color meteorizado pardo, intercaladas por areniscas de grano fino a muy fino de color fresco gris oscuro medio y color meteorizado gris amarillento. La disposición estructural es N86°E y buza a 12°NW.

Morfológicamente se caracteriza por tener una topografía suave de bajas pendientes. Morfodinámicamente, esta unidad es escenario de procesos agradacionales; donde los procesos erosivos afectan las unidades que la suprayacen, generando la modelación del relieve.

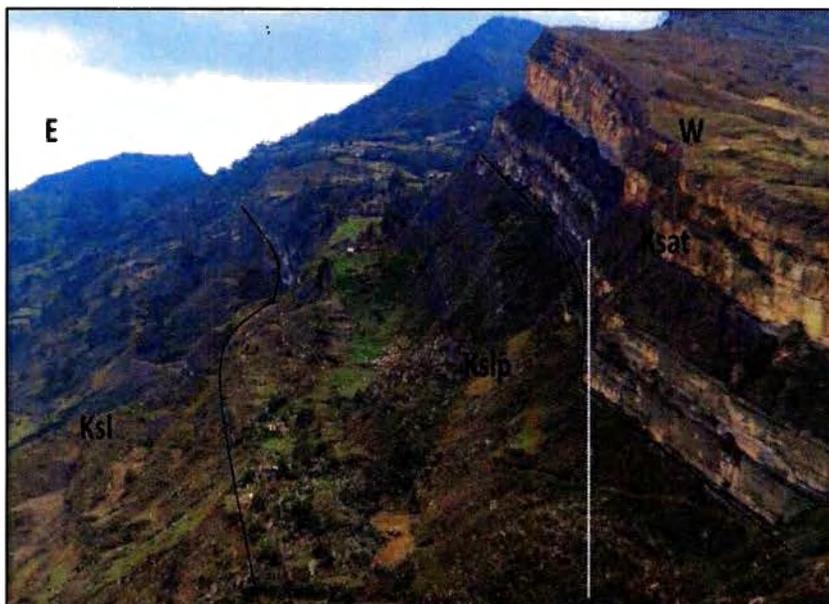
**Fotografía 3-14.** Izquierda: 1. Areniscas de grano fino 2. Paquete de Lutitas  
Derecha: 1. Formación Los Pinos 2. Depósito Coluvial



Fuente: Proyecto

En la peña El Caracol, esta unidad presenta grandes capas de lutita fisil con intercalación de lodolitas grisáceas con pequeñas impregnaciones de material calcáreo, limolita y pequeños lentes de arenisca grisácea de grano fino a muy fino con cemento siliceo; caracterizada por su baja pendiente y topografía suave en relación con las otras unidades. Se resalta que el sector se encuentra altamente afectada por los procesos erosivos y cubierta por vegetación. También, se observa el posible contacto con la formación Arenisca Tierna.

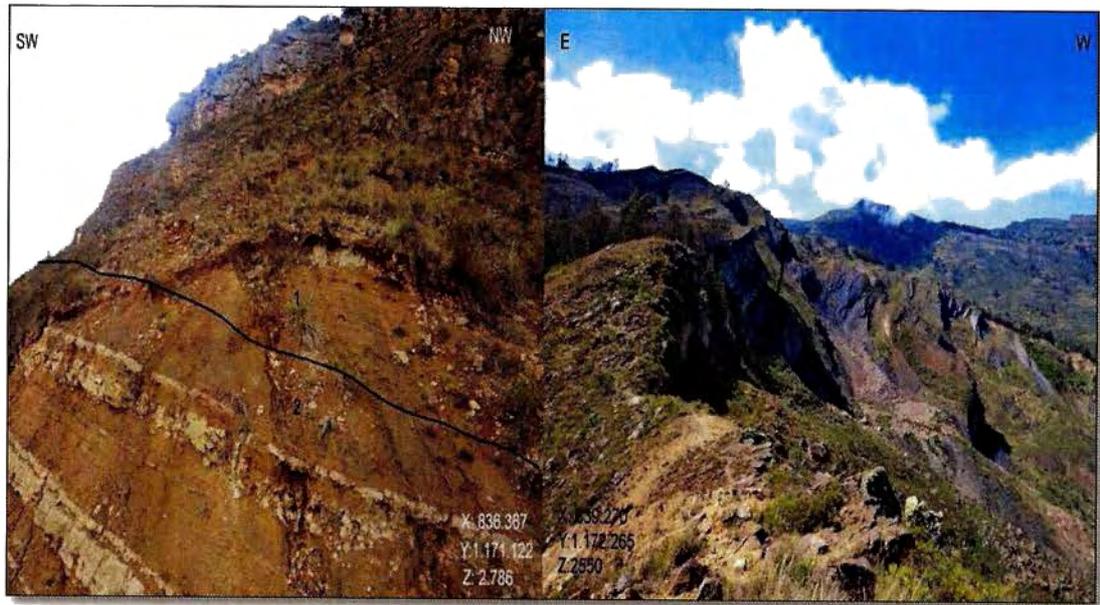
**Fotografía 3-15.** Afloramiento Formación Los Pinos. Sector El Tambor.



Fuente. Proyecto

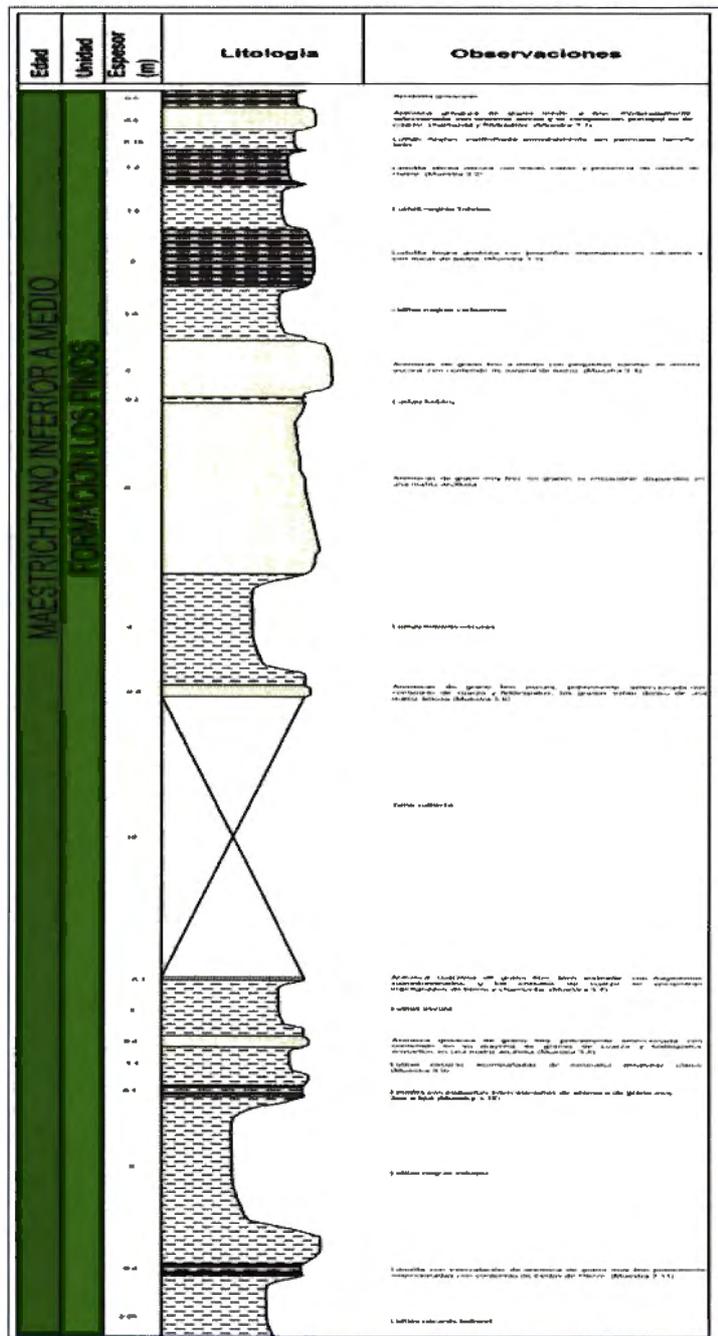
En el cerro el Boquerón, se encuentra dispuesta la secuencia estratigráfica que se caracteriza por poseer en su mayoría material lutítico con alternancias de arcillolitas y areniscas grisáceas.

**Fotografía 3-16.** Izquierda 1) Formación Arenisca Tierna 2) Alternancia de lutitas fisibles con limolitas silíceas Formación los Pinos. Derecha 1) Formación Arenisca Tierna 2) Formación los Pinos.



Fuente: Proyecto

Figura 3-3. Columna Litoestratigrafica Formación Los Pinos



Fuente: Proyecto

### **3.2.4 Formación Arenisca Tierna (Ksat)**

Aflora en los sectores de Peña El Caracol, La Playa y Tintoba. Estructuralmente aflora el núcleo del Sinclinal El Caracol y en el flanco Oeste del Anticlinal La Carbonera. Estratigráficamente presenta un contacto concordante.

Morfológicamente se caracteriza por tener una topografía abrupta de altas pendientes y se encuentra asociada con los sectores más escarpados de la zona de estudio. Morfodinámicamente, esta unidad presenta procesos de tipo denudacional en conjunto con las formaciones geológicas de la zona que se encuentran afectadas por el sistema de fallas y procesos erosivos.

En la Loma San Pedro, se encuentra aflorante la Formación Arenisca Tierna compuesta por areniscas de grano fino que alcanzan un espesor de 70 cm mientras las areniscas de grano medio a grueso alcanzan un espesor aproximado de 7 m. Este material se califica como cuarzo-arenita compacta de color fresco naranja grisáceo y meteorizado naranja amarillento oscuro con granos subangulares con tamaño medio a grueso bien seleccionados y estructura clastosoportada.

Las areniscas presentan intercalaciones de pequeñas capas de lutitas con alto contenido de materia orgánica y óxidos de hierro, se observan bioturbaciones horizontales tabulares. La disposición estructural es preferencialmente de rumbo N60°E y buzamiento 25°NW. Este material presenta una morfología fuerte o abrupta debido a la naturaleza del material.

**Fotografía 3-17.** Afloramiento de Roca. Formación Arenisca Tierna (Ksat)



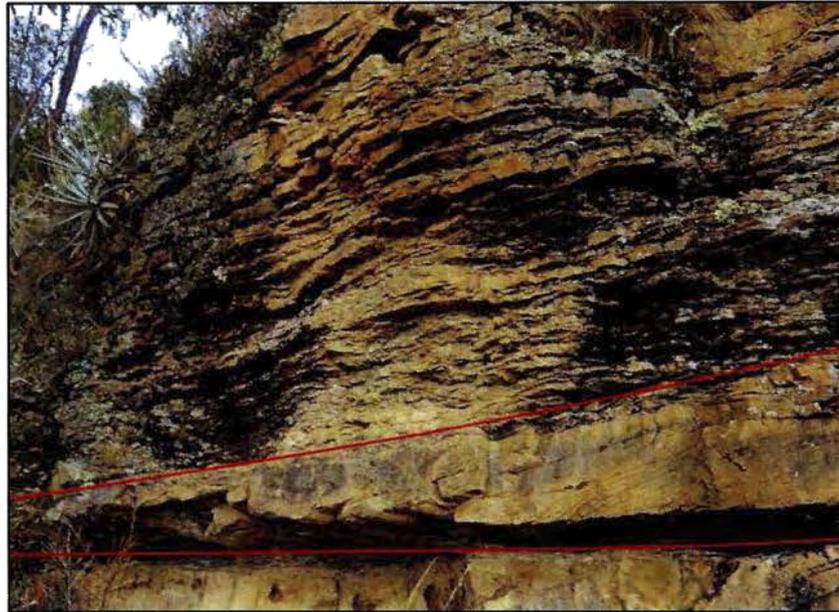
Fuente: Proyecto

Descripción: Sector el Boquerón: izquierda: 1) Capas de arenisca de grano medio a grueso 2) Areniscas de grano fino con intercalaciones de Lutitas.

Derecha: 1) intensa bioturbación horizontal tubular observada en un bloque expuesto a un costado en la vía que comunica al corregimiento Cheva con el municipio de Jericó.

En el sector de Tintoba, se observan areniscas de grano fino en alternancia con areniscas de grano grueso, que se identificaron como cuarzoarenitas con trazas de óxido de hierro.

**Fotografía 3-18.** Afloramiento de Cuarzoarenitas. Sector de Tintoba.



Fuente. Proyecto

En la loma San Pedro, se encuentra la disposición estratigráfica de la Formación Arenisca Tierna que posee bancos de arenisca parda cuarzosa de grano medio a grueso y areniscas silíceas grisáceas de grano fino a medio; y presenta pequeñas intercalaciones de lutitas y lodolitas.



### 3.2.5 Depósitos Cuaternarios

#### Depósito Coluvial

Se localiza en sectores como: vereda La Estancia, Molino Viejo, Cheva y la vía que comunica Cheva con el municipio de Jericó. Este tipo de depósitos se asocia a la desestabilización de laderas de las Formaciones Arenisca Tierna (Ksat), los Pinos (Kslp) y La Luna (Ksl).

Se forman a partir de la acumulación de materiales heterogéneos, constituidos por bloques de areniscas y calizas; se caracterizan por ser angulares a sub angulares y se encuentran en una matriz lodosa con contenido de materia orgánica debido a la meteorización de Lutitas oscuras provenientes de las unidades suprayacentes.

Presenta una morfología asociada a relieves suaves, zona de bajas pendientes; se relaciona con depósitos de talus en la base de las laderas. Este tipo de depósito contiene material poco consolidado lo que puede generar la aparición de fenómenos de remoción en masa como flujos de tierra o detritos.

**Fotografía 3-19. Depósitos Coluviales**



NW

SE

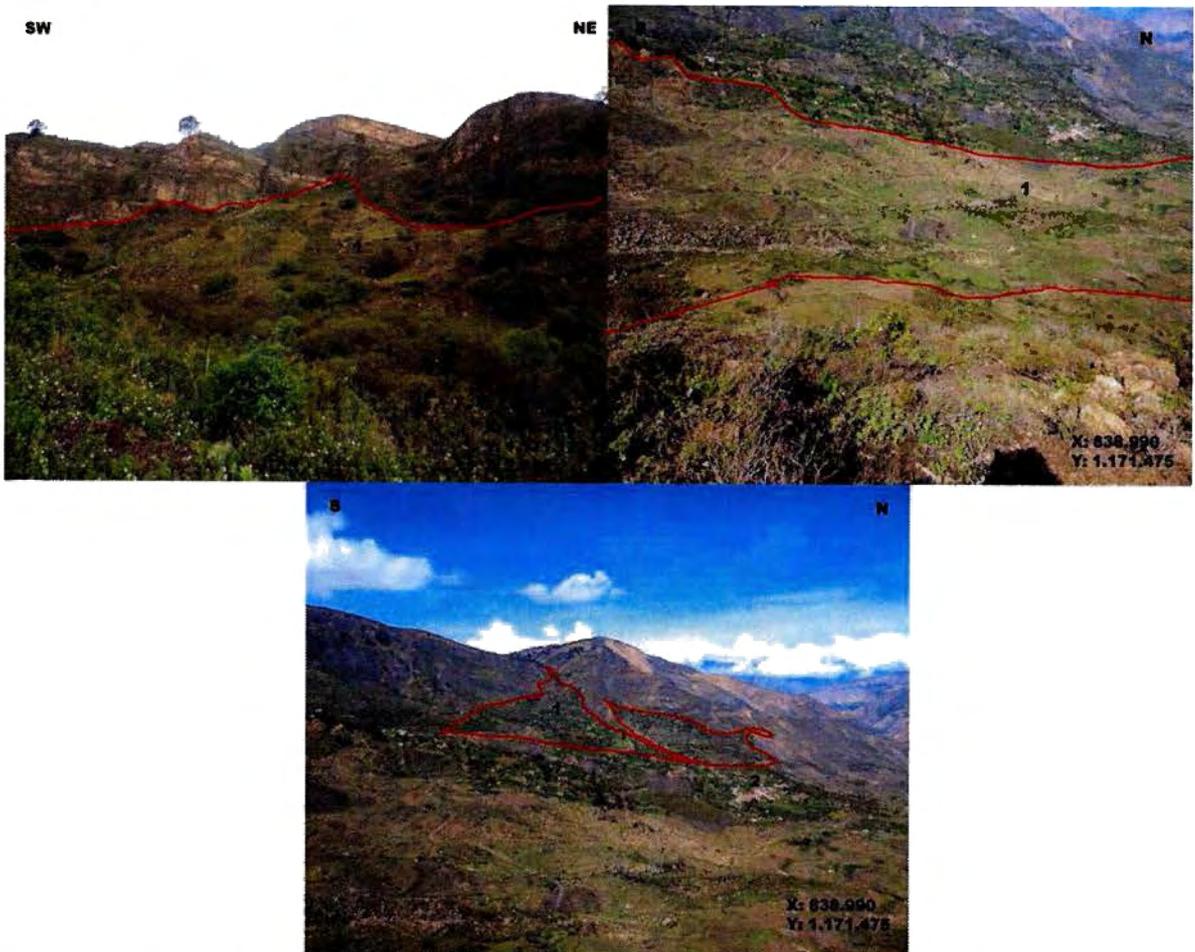


Fuente: Proyecto

Descripción: Superior izquierda: 1) Deposito coluvial de matriz lodosa y fragmentos de 2 cm a 30cm de diámetro que comprenden preferencialmente material de La Formación Arenisca Tierna; Superior derecha 1) bancos de arenisca pertenecientes a la Formación Arenisca Tierna en el sector de Tintoba 2) deposito coluvial compuesto por rocas provenientes de formaciones que lo suprayacen; Inferior: 1) deposito coluvial ubicado en el sector El Oratorio 2) inestabilidad del terreno provocada por procesos de antropización provocados por la actividad ganadera del sector.

Se observan depósitos con morfología alomada de pendientes suaves, constituidos por fragmentos de roca provenientes de las formaciones Arenisca Tierna, Los Pinos y La Luna. Este depósito se encuentra invadiendo la falla El Bebedero.

**Fotografía 3-20.** Depósitos Coluviales



Fuente: Proyecto

Descripción: Superior izquierda: 1) Deposito coluvial conformado por materiales de las formaciones Arenisca tierna los pinos y la luna sector escuela el cocubal;

Superior derecha 1) movimiento complejo sector la estancia. Inferior: 1) depósito coluvial ubicado en la vía Cheva-Jerico 2) Corregimiento de Cheva

### Depósito Aluvial

Caracterizado por bloques o cantos redondeados o semiredondeados producto del transporte fluvial. Este tipo de materiales se hallan presentes en las márgenes del Río Chitano y la Quebrada Landinez en cercanías al sector Molino Viejo donde se encuentran bloques provenientes de la formación arenisca tierna, Los Pinos y La Luna.

**Fotografía 3-21.** Depósitos Aluviales



Fuente: Proyecto

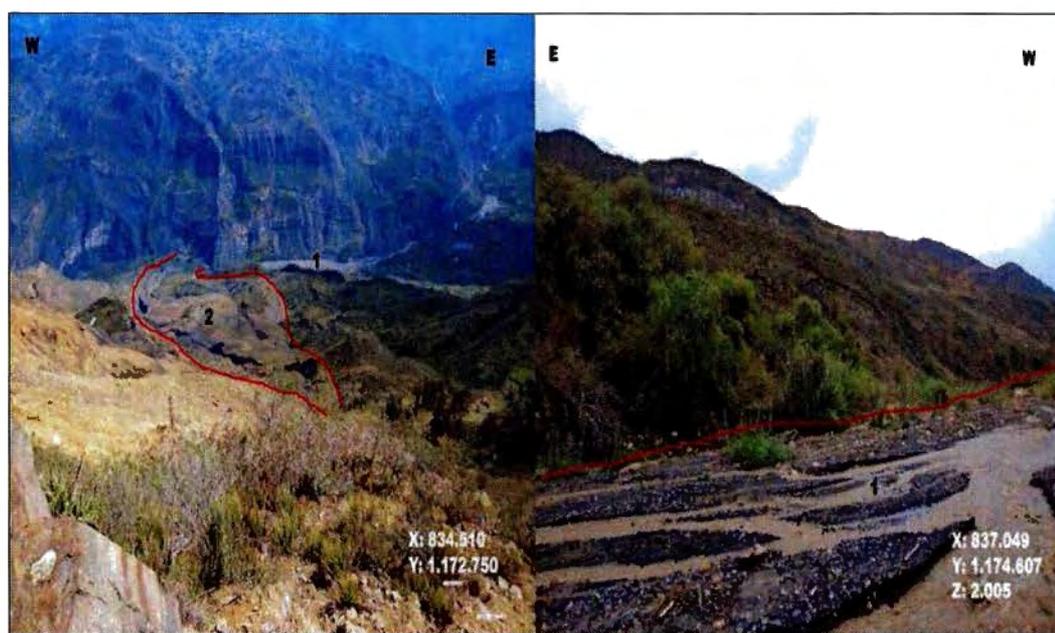
Descripción: izquierda 1) Río Chitano 2) Depósito aluvial caracterizado por tener bloques redondeados a subredondeados de diferentes tamaños en los predominan bloques de más de 1 m. de diámetro los cuales pueden causar

eventual represamiento del río; Derecha 1) Quebrada Landinez 2) Depósito aluvial en el que se evidencian bloques subredondeados en una matriz lodosa.

### Deposito Coluvio-Aluvial

Se asocian a zonas de alta inestabilidad: desprendimiento de bloques, flujo de detritos y erosión fluvial. Este tipo de depósitos se encuentran localizados en el sector de Tintoba donde se presenta caída de rocas de la Formación Arenisca Tierna y son transportados por la dinámica fluvial de la Quebrada La Carbonera.

**Fotografía 3-22.** Foto izquierda: 1) Rio chitano 2) deposito coluvio aluvial comprendido por materiales de la Formación Arenisca Tierna, sector Tintoba. Derecha 1) deposito aluvial rio Chitano.



Fuente: Proyecto

En el presente estudio, se realizó un análisis macroscópico de las muestras de roca adquiridas en la etapa de campo; cuyas descripciones se pueden observar en el **Anexo D**.

### **3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

#### **3.3.1 Plegamientos Geológicos**

La zona presenta rasgos estructurales que reflejan una tectónica activa formando pliegues locales de menor extensión y sistema de fallas con direcciones NE-SW.

##### **Anticlinal La Carbonera**

Se extiende a lo largo de la loma San Pedro, sector La Carbonera, vereda la Estancia y el Corregimiento de Cheva. Localmente, el eje axial presenta una dirección N-S con una geometría discontinua – asimétrica.

En su núcleo afloran rocas pertenecientes a la Formación Chipaque (Ksc), en sus flancos se observa la secuencia cretácica compuesta por la Formación la Luna (Ksl), los Pinos (Kslp) y Arenisca Tierna (Ksat); sin embargo en el corregimiento de Cheva y sector La Estancia están cubiertos por depósitos Coluviales, donde su amplitud puede llegar a los 2 km.

El anticlinal La Carbonera, se encuentra limitado al Norte con la falla El Bebedero, que generó una afectación al flanco Oriental del anticlinal ocasionando un desplazamiento sinextral en las unidades geológicas.

En el núcleo del anticlinal, la falla El Oratorio genera un levantamiento de la formación Chipaque (Ksc) evidenciada en los cambios topográficos; así mismo el sistema de fallas y lineamientos inferidos causan cambios en la estructura: cortes, saltos y desplazamientos.

**Fotografía 3-23. Anticlinal La Carbonera**



Fuente: Proyecto

### **Sinclinal El Caracol**

Esta estructura se extiende a lo largo de la Peña El Caracol, Pueblo Viejo de Ura, sector El Mirador y Landinez. Localmente presenta una dirección del eje axial NE-SW, se caracteriza por tener una geometría estrecha, discontinua y asimétrica. Hacia el núcleo de la estructura se encuentra dispuesta la Formación Arenisca Tierna (Ksat), hacia los flancos de la estructura sigue la alternancia de unidades más antiguas como Los Pinos (Kslp), La Luna (Ksl) y Chipaque (Ksc). Hacia el sur limita con la falla El Oratorio que controla su extensión generando el desplazamiento de las unidades geológicas y el sistema de fallas inferidas causa desplazamientos, saltos y fracturamiento en las rocas.

**Fotografía 3-24.** Sinclinal El Caracol



Fuente. Proyecto

### **Anticlinal La Estancia**

En el sector La Estancia, se encuentra el afloramiento de la Formación La Luna (Ksl), que ha sufrido plegamientos de tipo local debido a la influencia del sistema de fallas de la zona como la falla La Carbonera.

**Fotografía 3-25. Plegamiento Local**



Fuente: Proyecto

### **3.3.2 Fallas Geológicas**

Como resultado de la orogenia Andina se generó un sistema de fallas regionales, plegamientos y cabalgamientos; influenciados por las fallas de Santa Marta – Bucaramanga, Soapága, el sistema de fallas de Chita y un sistema de fallas locales de menor extensión con una dirección preferencial NE-SW.

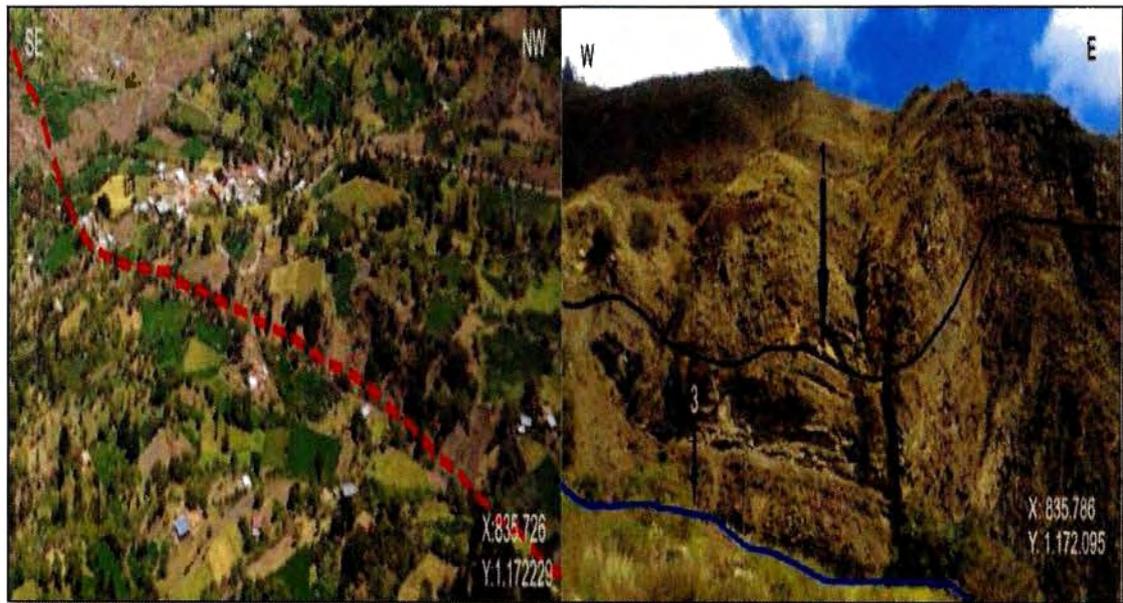
#### **Falla El Bebedero**

Corresponde a un desplazamiento sinextral, de tipo local. Se extiende desde la Loma San Pedro y recorre diagonalmente la zona de estudio en dirección E-W hasta desaparecer al Este en la Peña El Caracol.

La máxima deformación se presenta en la Loma San Pedro, donde se evidencian plegamientos locales y fracturamiento de rocas pertenecientes a las Formaciones Luna (Ksl), los Pinos (Kslp) y Arenisca Tierna (Ksat).

Hacia el Este del corregimiento de Cheva genera un control estructural, evidenciado en el cambio topográfico y la formación de lagunas.

**Fotografía 3-26.** Foto izquierda. Panorámica de la falla El Bebedero. Foto derecha. 1) intenso plegamiento. 2) Formación arenisca Tierna. 3) Quebrada El Bebedero.



Fuente: Proyecto

### Falla El Oratorio

Se define como un desplazamiento transcurrente de tipo dextral que pone en contacto a la Formación Arenisca Tierna (Ksat) con la Formación Luna (Ksl). Se presenta en la parte sur del área de estudio con una vergencia al Este.

**Fotografía 3-27. Falla Geológica El Oratorio**



Fuente: Proyecto

### **Falla La Carbonera**

Localizada en el sur del área de estudio con una vergencia al Noreste, se extiende a lo largo de la vereda La Estancia en el eje axial del anticlinal La Carbonera. Se define como una falla de tipo inverso que genera un control estructural entre los miembros medio y superior de la Formación Chipaque (Ksc).

La máxima deformación se asocia al levantamiento y exposición del plano estructural del miembro medio de la unidad.

**Fotografía 3-28.** Falla Geológica La Carbonera



Fuente: Proyecto

### **Falla Sector Tintoba**

Tiene una vergencia al Este de la zona de estudio con una influencia de tipo local. Se determinó a partir de los cambios de dirección, inclinación y desplazamientos locales de las unidades geológicas: Formación Arenisca Tierna (Ksat) y Formación Los Pinos (Kslp). Su identificación se obstaculiza porque se encuentra cubierta por depósitos Coluvioaluviales.

**Fotografía 3-29.** Falla geológica que evidencia los cambios de inclinación de los estratos.



Fuente: Proyecto

### **Fallas Locales o Inferidas**

A través del análisis de fotografías aéreas, imágenes satelitales y evidencias en campo, se delimitaron lineamientos con orientación N-S y NE-SW que afectan las estructuras geológicas causando fenómenos de remoción en masa.

## 4 GEOMORFOLOGIA

La geomorfología se define como el estudio del relieve terrestre, es decir describir las formas y explicar el relieve, su evolución y los procesos de su modelado<sup>1</sup>.

Esta ciencia trata de describir, la génesis, los diferentes procesos que han actuado a través del tiempo y la modificación del mismo en tiempo presente.

En este informe se muestran los aspectos de Geomorfológicos, desarrollados dentro del proyecto donde se analizan atributos del paisaje como la morfodinámica, morfometría y morfología. El estudio morfométrico incluye la cartografía y el análisis de las variables cuantitativas o medibles en el terreno como la rugosidad, pendientes y formas de ladera. La morfología concierne la caracterización de las formas del terreno desde su génesis u origen y la morfodinámica de los procesos pasados, actuales y futuros de las unidades dinámicas del terreno como depositación, erosión y remoción en masa.

### 4.1 METODOLOGÍA APLICADA

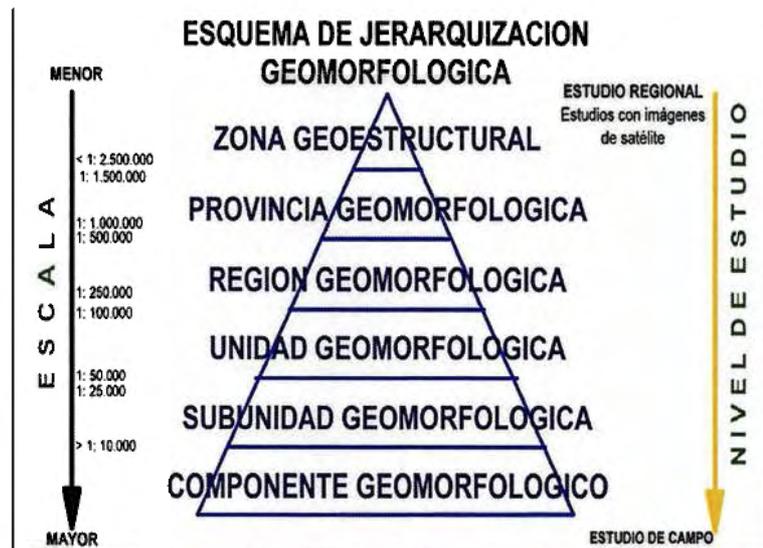
El propósito de la cartografía geomorfológica es proporcionar información concisa y sistemática sobre las formas del terreno; su origen, los tipos de materiales involucrados y los procesos naturales tanto antiguos como recientes que los afectan, para cumplir con el propósito del proyecto. Para tal efecto se siguen los lineamientos generales establecidos en la metodología I.T.C (VERSTAPPEN Y VAN ZUIDAM, 1992, DAMEN. Cada elemento cartográfico está representado, por símbolos; convenciones y colores usados en estándares de uso internacional (Metodología I.T.C – Verstappen y Van Zuidam 1992) con modificaciones establecidas por Carvajal (2002) de acuerdo con la experiencia de INGEOMINAS.

---

<sup>1</sup> Max Derruau. 1966. Geomorfología

Para tal efecto, relaciona las escalas de trabajo con las jerarquías geomorfológicas, donde la base regional está fundamentada en la génesis geológica de las geoformas, los ambientes morfogenéticos y el detalle basado en los ambientes morfogenéticos; expresión morfológica, litología y procesos morfodinámicos (Figura 4-1).

**Figura 4-1.** Esquema de Jerarquización Geomorfológico



Fuente. Esquema de jerarquización geomorfológico propuesto para SGC (Carvajal, 2008)

### **Cartografía geomorfológica (escala 1:10.000 a 1:25.000)**

Geomorfológicamente se analizó a partir de una escala de trabajo 1:10.000, donde se contemplan subunidades que se definen a partir de contrastes morfológicos y morfométricos que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de los mismos. Igualmente, está definida por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación.

#### 4.1.1 Proceso metodológico

A partir de la interpretación de imágenes aéreas, raster y modelo digital de elevación, se generó una serie de variables geométricas como rugosidad, pendiente, acuenca, dirección de flujo, forma de ladera, rugosidad, tipo de material, altura de subunidades y orientación de ladera; cuyas cualidades apoyan la limitación de unidades homogéneas en aspectos asociados con su morfometría, morfogénesis, evolución y posibles amenazas que lo modifiquen.

Debido al detalle de la escala de trabajo, se evaluaron las subunidades geomorfológicas a partir de conceptos detallados descritos anteriormente, donde se incluyen la incidencia de fenómenos de remoción en masa en la modelación del actual paisaje.

El proceso metodológico consistió en:

- Recopilación de la información temática: se obtuvo información en cuanto a cartografía geológica, geomorfología, topografía, imágenes de satélite, fotografías aéreas y exploración del subsuelo.
- Interpretación de imágenes aéreas y satelitales: se realizó una delimitación preliminar de las subunidades geomorfológicas a partir de atributos como formaciones geológicas, unidades de roca, suelos residuales y transportados, procesos morfodinámicos y rasgos estructurales, entre otros.
- Reconocimiento, verificación, y ajuste de la información Geomorfológica en campo: se lleva a cabo la complementación de la información preexistente obtenida con la interpretación de los suministros, con lo cual se hace la descripción de unidades y cartografía de las geformas asociadas a las unidades

geológicas; caracterización de los elementos estructurales como son las fallas, pliegues, lineamientos y discontinuidades menores.

- Evaluación y procesamiento de la información de campo: Elaboración de las bases de datos de las temáticas de geología y geomorfología. Por medio de digitalización, ajuste y complementación de toda la información.

## 4.2 ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS

La geomorfología del área de estudio, está controlada por la geoestructura de la cordillera Oriental, que constituye una región morfológica de elevaciones entrelazadas, montañas y cordilleras direccionadas; producto de la deformación de tipo compresivo de la corteza que generó plegamientos, fallamientos y desplazamientos de las unidades geológicas.

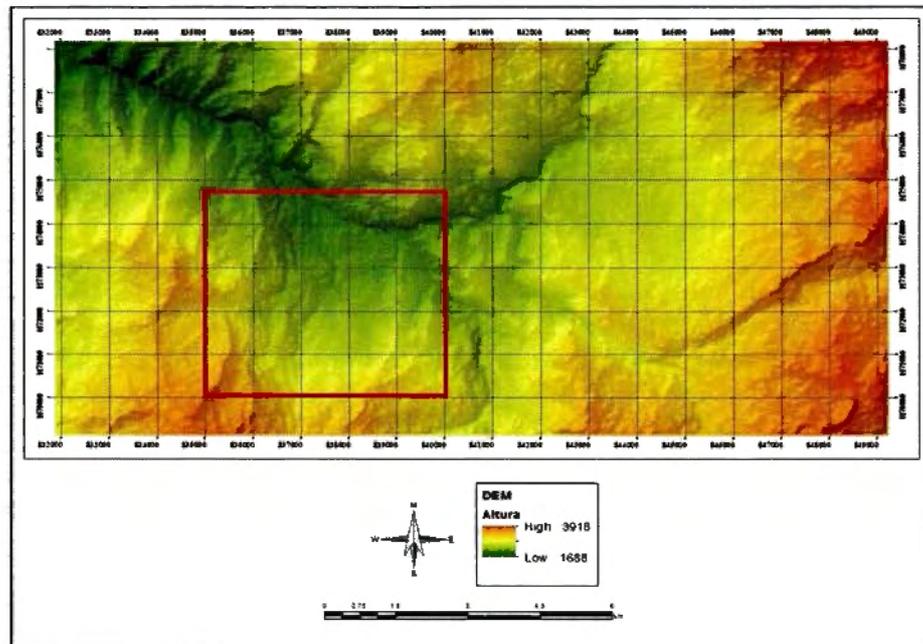
Para la caracterización geomorfológica se tuvieron en cuenta tres variables principales: morfometría, morfogénesis y morfodinámica; de donde se desglosan algunos procesos que se describen a continuación:

### 4.2.1 Morfometría

La morfometría estudia y evalúa los aspectos métricos del terreno en términos cuantitativos como la pendiente, Acuencia y Rugosidad. También se incluye la comparación según la relación geométrica entre las diferentes posiciones espaciales. Para el caso, estas variables morfométricas se calcularon por medio del modelo digital de elevación (DEM) ASTGTM2\_N06W073 con resolución de 30m pixel y el Software ArcGis/ArcInfo.

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

**Figura 4-2.** Modelo Digital de elevación (DEM)



Fuente: Proyecto

#### 4.2.1.1 Inclinación de ladera

La pendiente de un punto se define como el ángulo de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  que forma el terreno con respecto a la horizontal. Se mide de forma cualitativa y cuantitativa dependiendo del objetivo a buscar. Muchos documentos técnicos y metodologías que aplican este aspecto han definido un estándar o una base de descripción de las pendientes, por lo cual según la metodología aplicada se define una clasificación para observar los diferentes tipos de pendientes.

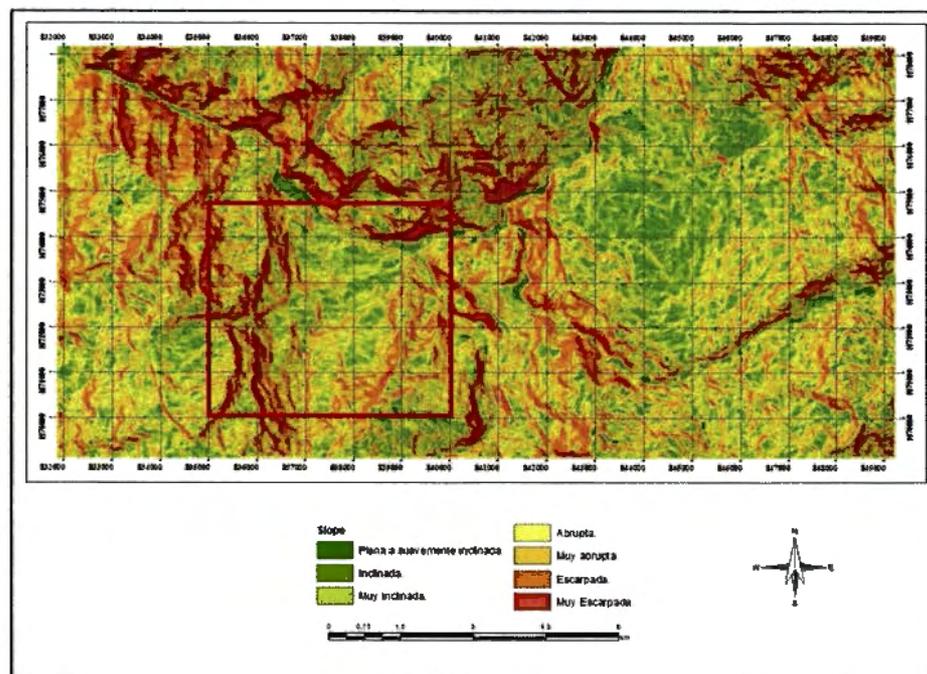
Para la generación de las pendientes se corrió un algoritmo sobre el DEM en el software ArcGis/ArcInfo, luego se reclasifico según la siguiente tabla:

**Tabla 4-1.** Rango de Pendientes.

RANGO (°)	DESCRIPCIÓN	Características del material y Comportamiento
< 5	Plana a Suavemente Inclinada	Muy blanda y muy baja susceptibilidad a movimientos en masa (MM)
6° - 10°	Inclinada	Blanda y Baja MM.
11° - 15°	Muy Inclinada	Moderadamente Blanda y Moderada Susceptibilidad a MM
16° - 20°	Abrupta	Moderadamente Resistente y Moderada Susceptibilidad a MM
20° - 30°	Muy Abrupta	Resistente y Alta Susceptibilidad a MM
31° - 45°	Escarpada	Muy Resistente y Alta Susceptibilidad a MM
> 45	Muy Escarpada	Extremadamente Resistente y baja Susceptibilidad a MM

Fuente: SGC 2012

**Figura 4-3.** Rango de Pendientes



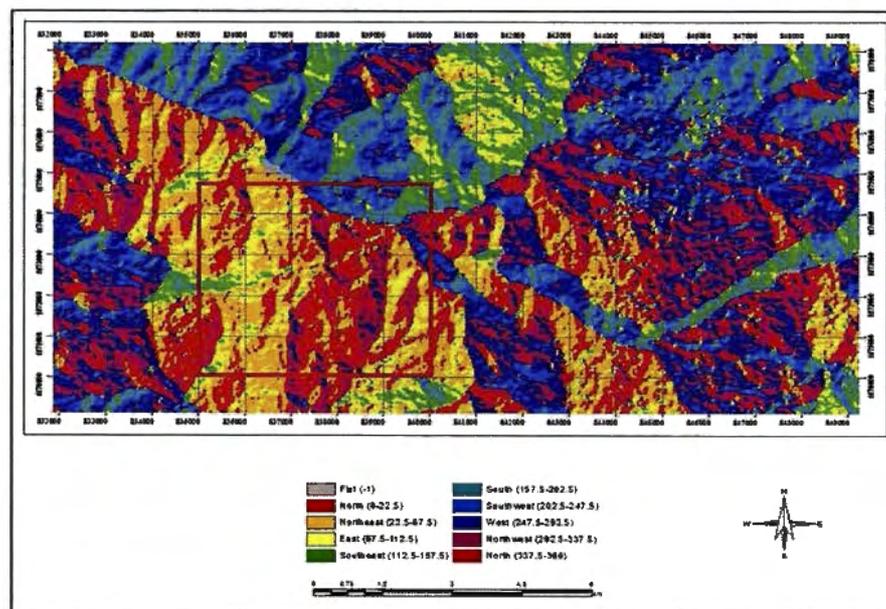
Fuente: Proyecto

El área presenta pendientes planas a muy escarpadas. La inclinación de las laderas se relaciona con el tipo de material y con la susceptibilidad a movimientos en masa (MM). Las áreas con pendiente muy inclinada a muy abrupta presentan una moderada a alta susceptibilidad a MM. Las zonas con inclinación escarpada a muy escarpada indican que los materiales son resistentes y por consiguiente la susceptibilidad a MM es baja, pero se puede presentar caída de bloques.

#### 4.2.1.2 Orientación de Ladera

La orientación del terreno es el ángulo medido en la dirección horaria desde el Norte (azimut) donde se produce la máxima pendiente. La orientación se calcula con el DEM a partir del máximo grado de cambio de altitud.

Figura 4-4. Imagen Mapa de Orentación de Laderas



Fuente: Proyecto

Como se observa en el recuadro de la anterior figura, la orientación de la ladera en la vereda La Estancia es N, NW y W, dirección en la cual se presentaron FRM en el año 2011. El contraste en la orientación de las laderas muestra los cambios tanto en la litología como en la morfología del área de estudio.

#### **4.2.1.3 Rugosidad**

Se define como la variación de la pendiente en un área, en donde dado un punto del terreno se calculan los vectores unitarios perpendiculares a la superficie en él y en los puntos de su entorno.

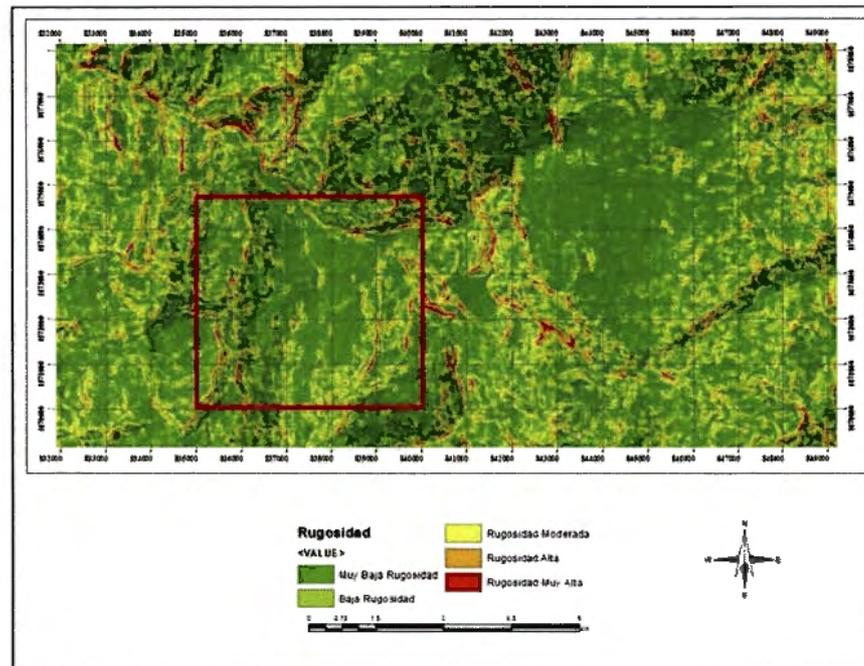
Este factor representa la rugosidad natural del terreno, el cual es definido como la mayor diferencia de alturas por unidad de área.

Los valores de relieve  $R_r$ , también pueden ser expresados como valores de pendientes, ya que con los datos de entrada se calculan las mismas ya sea en grados o en porcentaje.

La rugosidad es la variación en tres dimensiones de celdas de la cuadrícula dentro de un sector. El Análisis vectorial se usa para calcular la dispersión de los vectores normal (orthogonal) a celdas de la cuadrícula dentro de una zona especificada. Este método captura efectivamente la variabilidad en la pendiente y la orientación en una sola medida. La rugosidad en el raster de salida pueden variar desde 0 (sin variación terreno) a 1 (variación total del terreno). Los valores típicos para terrenos naturales oscilan entre 0 y aproximadamente 0,4. (BTM, NOAA, 09/13)

Este parámetro se calcula a partir del modelo de elevación, corriendo un algoritmo en el Software ArcGis/ArcInfo.

Figura 4-5. Imagen Rugosidad del Terreno



Fuente: Proyecto

Los valores de rugosidad se evaluaron en forma cualitativa desde muy bajo a muy alta. En general la rugosidad es baja y en algunos sectores es moderada a alta indicando que se presentan en el área varios cambios de pendiente, lo que está relacionado con el tipo de material y la resistencia a la erosión.

#### 4.2.1.4 Forma de la ladera (Curvatura)

La curvatura es un rasgo topográfico que mide el grado de cambio de la pendiente en términos de concavidad y convexidad.

Este aspecto morfométrico se relaciona con el tipo de material y la generación de FRM, por lo cual si se tiene una curvatura cóncava hace referencia a que el material es blando y presenta susceptibilidad a deslizamientos rotacionales.

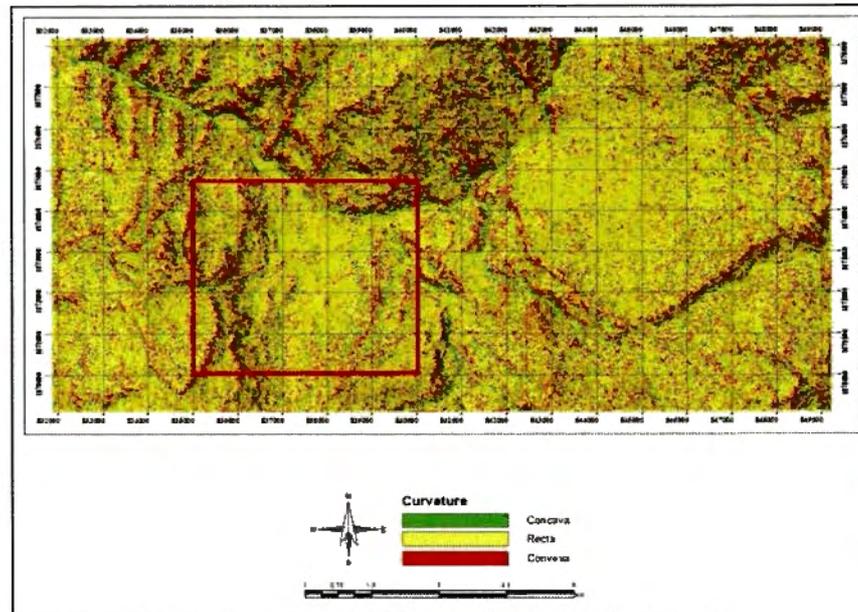
**Tabla 4-2. Rango de Forma de Laderas.**

Clase	Características del material	Movimientos en masa asociados
Recta	Alta resistencia y disposición estructural a favor de la pendiente	Movimiento Translacional
Concava	Material blando y disposición estructural no diferenciado	Deslizamiento Rotacional
Convexa	Materiales blandos y disposición estructural casi horizontal	Predomina meteorización y Erosión. Pequeños deslizamientos rotacionales
Irregular o Escalonada	Disposición estructural en contra de la pendiente	Caida de bloques. Erosión Diferencial
Compleja	Mezcla de materiales. Disposición estructural no definida	Deslizamientos complejos

Fuente: SGC 2012

La forma de ladera recta es la que se presenta en mayor porcentaje en el área de estudio. Sobre esta se pueden generar deslizamiento de tipo traslacional. En las zonas donde hay delimitación de curvaturas cóncavas y convexas, la susceptibilidad a deslizamientos rotacionales es mayor.

Figura 4-6. Imagen Curvatura del Terreno.



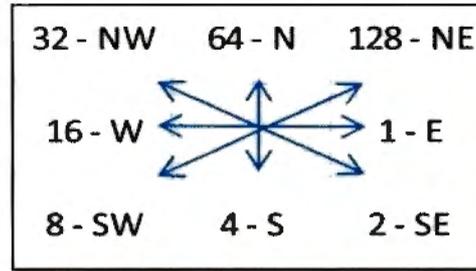
Fuente: Proyecto

#### 4.2.1.5 Dirección y acumulación de flujo (Acuena)

El parámetro morfométrico acuena determina las divisorias de agua, acumulación de flujos y delimita los ríos o quebradas. Se construye a partir del DEM y como resultado muestra las celdas en donde más se acumula el agua. Este parámetro puede discernir entre las zonas con drenajes permanentes y no permanentes.

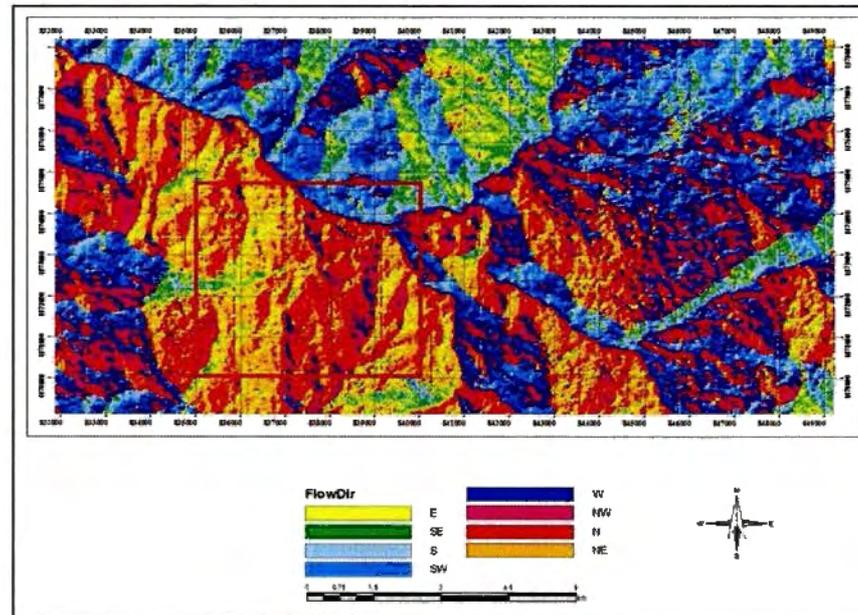
Al definir los tipos de drenajes y mostrar su distribución dentro de un área, se concluyen aspectos como: el tipo de material, su grado de erosión y la dirección de las laderas. Para llegar a obtener el mapa de acuena primero hay que establecer la dirección del agua, para lo cual se aplica la matriz de celdas que nos indica la dirección.

Figura 4-7. Matriz de dirección de flujo.



Fuente. SGS 2013

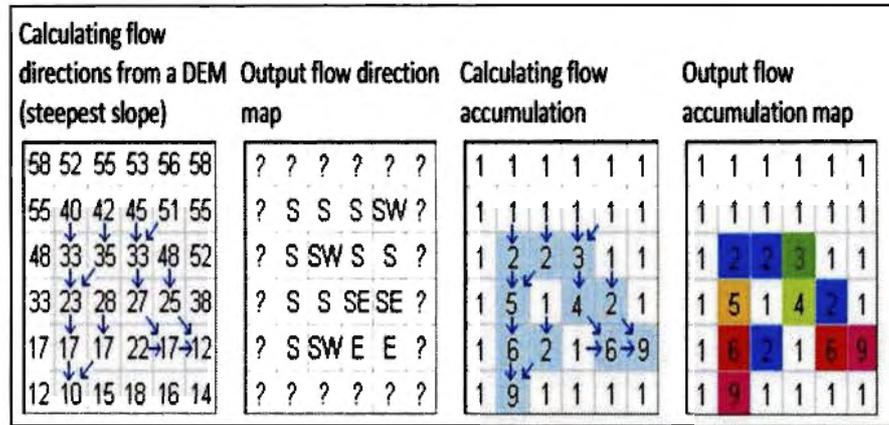
Figura 4-8. Imagen Dirección del Flujo



Fuente: Proyecto

A partir de la dirección de flujo se calcula la acumulación, que corresponde a evaluar las celdas y darles un peso de acumulación proveniente de todas las celdas que fluyen hacia ella.

Figura 4-9. Matriz de acumulación de flujo.



Fuente. SGS 2013

Las celdas con valores de cero representan las divisorias de agua y por el contrario las celdas con mayor peso corresponden a las zonas donde más se acumula el flujo coincidiendo con los ríos y quebradas.

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de este parámetro para definir los tipos de acumulación:

Tabla 4-3. Clasificación de Acuenca.

RANGO	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
0	1	Divisoria de aguas
0 – 3,5	2	Escorrentia Lenta
3,5 – 40	5	Flujo Acumulado
40 - 1000	3	Drenaje No Permanente
> 1000	1	Quebrada, ríos

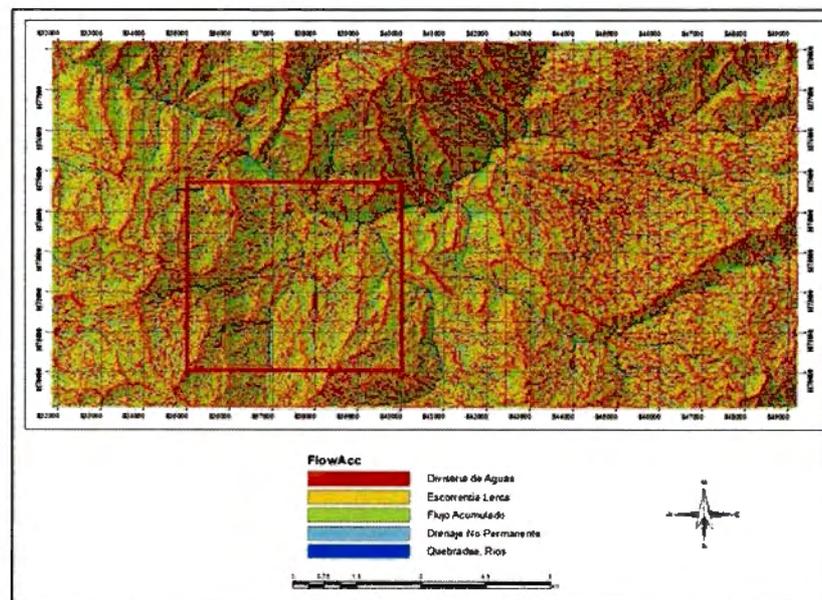
Fuente: SGC 2013

En la figura 4-10, se pueden observar las zonas de: divisorias de agua, escorrentia lenta, flujo acumulado, drenaje no permanente y quebradas o ríos.

En la vereda La Estancia, las quebradas y los drenajes no permanentes, presentan una mayor densidad indicando que en la zona de estudio los materiales son blandos, la erosión es moderada y la susceptibilidad a MM es moderada a alta debido a la presencia de agua y relacionándolo con los parámetros métricos evaluados anteriormente.

La evaluación de la susceptibilidad a partir de los conceptos intrínsecos de litología, resistencia a la erosión y dureza del material exhiben que el área presenta zonas de grados de susceptibilidad moderada a alta.

**Figura 4-10.** Imagen de Acumulación de Flujo



Fuente: Proyecto

#### 4.2.2 Morfogénesis

La morfogénesis es una parte de la geomorfología que estudia los procesos modeladores que se han presentado no solo en el pasado sí no que se están generando en la actualidad causando cambios en el relieve.

La morfogénesis del relieve se asocia con factores propios del área de estudio relacionados con su origen y evolución cronológica, determinados a partir de la acumulación de sedimentos y posterior deformación de la corteza por acción de agentes compresivos dando origen a la cordillera oriental, con lo cual influyo en la creación de un sistemas de fallas, lineamientos y plegamientos asociados a ambientes de tipo estructural.

Aunque para un ciclo de vida humano el relieve al parecer es estático, en términos geológicos es muy dinámico, cambiando sin cesar y su evolución ha estado sujeta a procesos de ambiente denudacional influenciado por procesos geomorfológicos y dinámicos externos como erosión, meteorización, transporte y depositacion de rocas.

Representa una zonificación de áreas homogéneas de relieve que son el producto de la interacción de procesos internos (tectonismo, magmatismo, volcanismo) y externos (procesos denudativos), factores climáticos, hidrológicos, geológicos, entre otros. Para generalizar las características del terreno se establecen ambientes morfogenéticos los cuales albergan atributos específicos de cada subunidad.

En el municipio de Jericó se identificaron tres ambientes morfogenéticos, dentro de los cuales el Ambiente Denudacional predomina, posteriormente el Ambiente Estructural y el Ambiente Fluvial.

Este tipo de ambientes geomorfológicos se asocian a zonas de depositación sedimentaria, donde la modelación del actual paisaje ha estado a cargo de factores endógenos como el tectonismo y factores externos como propiedades geomecanicas de las rocas, incidencia de procesos denudacionales y fluviales.

El ambiente denudacional se asocia con aquellos procesos que han generado reducción del relieve como fenómenos de remoción en masa, transporte y depositación de materiales inconsolidados, en contraste el ambiente estructural se asocia con escarpes y materiales resistentes, la dinámica hídrica que delimita el ambiente fluvial está a cargo de la actividad que ejerce el paso del río Chitano donde socava, transporta y deposita formando geoformas de baja extensión.

En la siguiente tabla se muestra el área de influencia de cada uno de los ambientes morfogenéticos que se presentan en el municipio de Jericó.

**Tabla 4-4.** Ambientes morfogenéticos del Municipio de Jericó

AMBIENTE	ÁREA AMBIENTE (Km <sup>2</sup> )
<b>Denudacional</b>	22,85
<b>Estructural</b>	7,410
<b>Fluvial</b>	0,679
<b>Total</b>	30.939

Fuente. Proyecto

En la **figura 4-11**, se observa la distribución porcentual del área que ocupa cada uno de los ambientes morfogenéticos presentes en la zona de estudio. Se determina que el ambiente morfogenético fluvial obtiene un 2%, el ambiente estructural con 24% y el ambiente morfogenético denudacional con un 74% del área total, con lo que se concluye que el paisaje actual del área de estudio se encuentra en evolución debido a los diversos procesos geomorfológicos.

**Figura 4-11.** Porcentaje de Ambientes morfogenéticos



Fuente. Proyecto

#### 4.2.2.1 Subunidades geomorfológicas del ambiente Denudacional

El ambiente denudacional se asocia con geoformas que se encuentran en proceso de evolución o modeladas por diversos factores como los fenómenos de remoción en masa, erosión, meteorización y transporte los cuales modelan y reducen la topografía pre-existente.

El ambiente denudacional abarca factores geomorfológicos conflictivos en un paisaje como: zonas desestabilizadas, laderas denudativas, laderas de erosión, escarpes de erosión, etc. Ocupa principalmente la zona central del área de estudio, sobre las veredas La Estancia, corregimiento de Cheva, sector Tintoba y Molino viejo.

Todas las unidades geológicas se encuentran afectadas por agentes geomorfológicos debido a las condiciones del terreno como topografía, pendiente, tipo de material y sistema de fallas.

**Tabla 4-5. Unidades del ambiente Denudacional.**

UNIDAD	SIMBOLO	FORMA DE LADERA	PENDIENTE	ALTURA m	AREA Km 2
Depósito de Ladera	Dco	Cóncava	16°-20°	45	2,016479
Escarpe de Erosión Mayor	Deema	Convexa	21°-30°	200	0,953963
Escarpe de Erosión Mayor	Deema	Recta	31°-45°	380	4,8938
Escarpe de Erosión Mayor	Deema	Recta	16°-20°	150	0,221416
Escarpes de Erosión Menor	Deeme	Cauce fluvial	11°-15°	20	0,046661
Escarpe de Erosión Menor	Deeme	Lecho de Canal	16°-20°	30	1,029241
Flujo de Detritos	Dfe	Cóncava	16°-20°	30	0,231712
flujo de Detritos	Dfe	Cóncava	11°-15°	50	0,036716
Ladera Coluvial	Dlc	Cóncava	6°-10°	60	0,917501
Ladera Coluvial	Dlc	Cóncava	11°-15°	50	0,977106
ladera Coluvial	Dlc	Cóncava	11°-15°	70	0,086172
ladera Coluvial	Dlc	Cóncava	11°-15°	30	0,5124
Ladera Denudacional	Dld	Cóncava	16°-20°	600	2,251809
Ladera Denudacional	Dld	Cóncava	31°-45°	540	0,277816
Ladera Erosional	Del	Cóncava	16°-20°	320	0,51095
Ladera de Erosión Moderada	Dlem	Convexa	21°-30°	196	0,22004
Ladera de Erosión Moderada	Dlem	Convexa	21°-30°	330	0,304835
Ladera Inclinada	Dli	Irregular	31°-45°	734	1,472721
Laderas Moderada	Dlm	Convexa	21°-30°	234	0,38497
Ladera Moderada	Dlm	Cóncava	16°-20°	200	1,381431
Ladera Moderada	Dlm	Cóncava	11°-15°	400	1,615216
Ladera Moderada	Dlm	Cóncava	21°-30°	420	0,219955
Montículo	Dmo	Cóncava	11°-15°	230	0,048324
Deslizamiento de Influencia denudacional	Dzd	Cóncava	11°-15°	69	0,021899
Deslizamiento influencia Denudacional	Dzd	Cóncava	16°-20°	50	1,098102
Deslizamiento de Rocas	Dze_Dr	Cóncava	16°-20°	20	0,295978
<b>Area total de influencia</b>			<b>22,027213 Km 2</b>		

Fuente. Proyecto

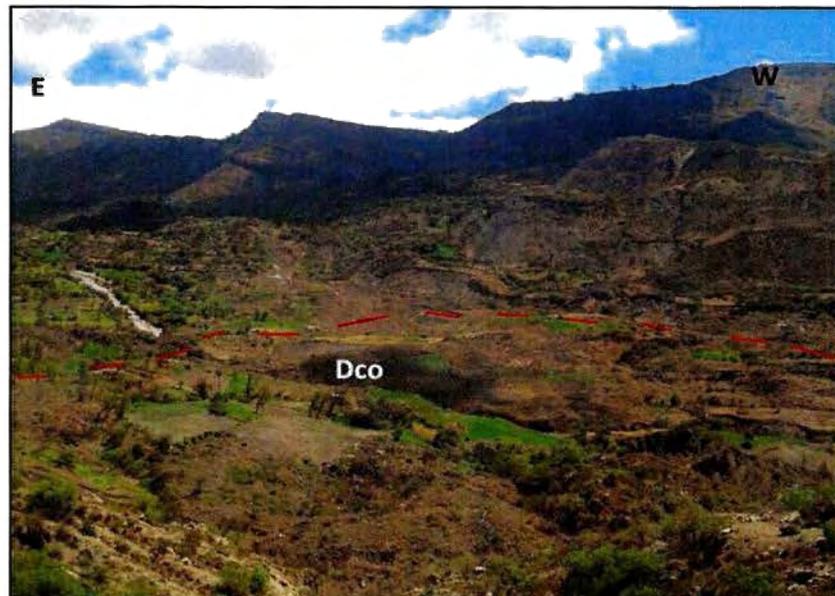
### **Depósito de ladera (Dco):**

Esta subunidad se dispone al Norte del área de estudio, en límites con El Rio Chitano en el sector conocido como La Laja.

Este depósito se formó a partir de la acumulación de materiales provenientes de antiguos fenómenos de remoción en masa que establecieron laderas cóncavas e inestables, posee una topografía ondulada, pendiente inclinada y bajo relieve.

Geológicamente está constituido por materiales transportados heterométricos, provenientes de laderas denudacionales. Estos bloques están embebidos en una matriz arcillosa, lo que hace difícil delimitar la unidad, debido a que su morfología se asocia con la originada a partir de la disposición de materiales de la formación Chipaque (Ksc).

**Fotografía 4-1.** Depósito de ladera. Sector Las Lajas.



**Fuente. Proyecto**

### **Escarpe de Erosión Mayor (Deema):**

Se forma a lo largo de la zona de influencia del río Chitano, se caracteriza por poseer una pendiente abrupta a escarpada, sobresale por ser un área de erosión remontante y por la socavación del río.

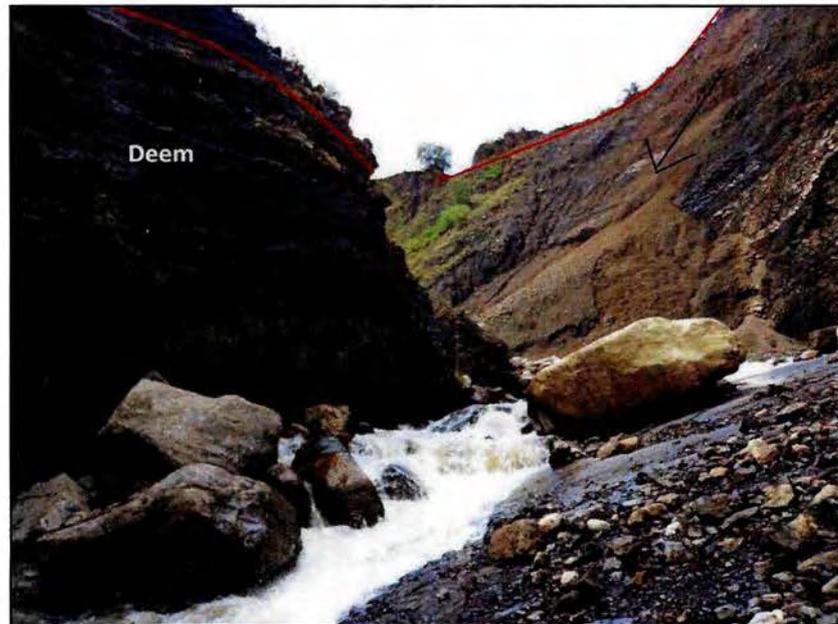
Se distribuye a lo largo de la cuenca del Río Chitano y quebrada landinez y geológicamente afecta unidades como Chipaque (Ksc), Luna (ksl) y Los pinos (Kslp).

**Fotografía 4-2.** Escarpe de erosión mayor. Sector Tintoba. Al margen del Río Chitano.



Fuente. Proyecto

**Fotografía 4-3.** Escarpe de erosión mayor. Sector Molino Viejo, quebrada Landinez.



Fuente. Proyecto

#### **Escarpes de Erosión Menor (Deeme):**

Se presentan lo largo de la zona de influencia de la Quebrada El Santuario en los sectores del Oratorio y Cocubal, donde se observan escarpes que no sobrepasan los 25 m de altura sobre lodolitas grisáceas, limolitas calcáreas y algunas porcelanitas pertenecientes a la formación Chipaque (Ksc), presentan una ladera cóncava y se observa la incidencia de diversos fenómenos de remoción en masa.

**Fotografía 4-4.** Escarpe de erosión menor (Deeme). Quebrada El Santuario.



Fuente. Proyecto

#### **Flujo de detritos (Dfe):**

Se localiza al Noroeste del área de estudio en el Sector de Tintoba, se caracteriza por ser una zona de baja pendiente con laderas cóncavas y topografía ondulada. Es un medio agradacional donde bloques heterométricos de la Formación Arenisca Tierna (Ksat) y Los Pinos (Kslp) se depositan.

**Fotografía 4-5.** Flujo de detritos. Sector Tintoba.

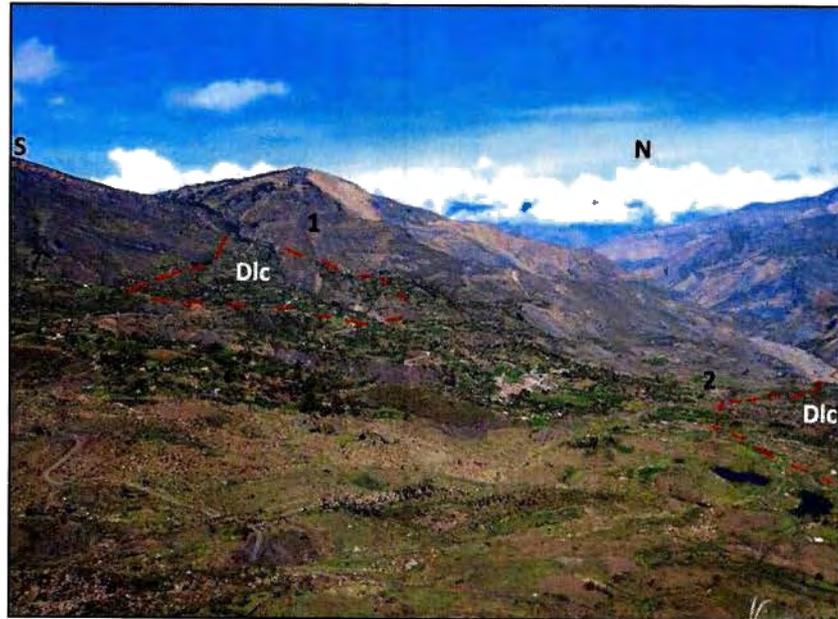


Fuente. Proyecto

#### **Ladera Coluvial (Dlc):**

Se localiza al Oeste del área de estudio sobre la vía que comunica al corregimiento de Cheva con el municipio de Jericó, se caracteriza por presentar laderas cóncavas, topografía ondulada y pendientes inclinadas, formadas a partir de antiguos procesos de transposición y remoción en masa sobre geoformas preexistentes. Son zonas blandas a moderadamente erosionadas y poco compactas.

**Fotografía 4-6.** Ladera Coluvial: 1-Sobre la vía que conduce a Jericó. 2-Sobre Molino Viejo.



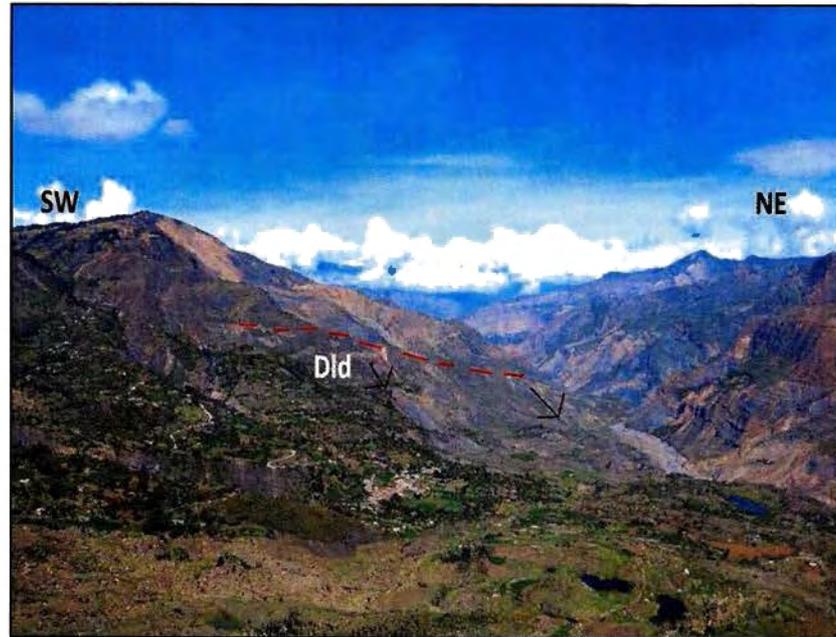
Fuente. Proyecto

### **Ladera Denudacional (Dld):**

Se localiza al Noroeste del área de estudio en el sector Tintoba y al Este de la vereda La Estancia, presenta diferentes cualidades morfológicas en cada uno de los sectores, debido a los materiales involucrados y disposición estructural en el modelamiento de la geoforma.

- **Sector de Tintoba:** se modelo a partir de procesos denudacionales como erosión laminar, diferencial y fenómenos de remoción en masa. Presenta movimientos de tipo traslacional, se reconoce por presentar una topografía abrupta, laderas cóncavas y largas, relieve alto y drenaje tipo paralelo.

Fotografía 4-7. Ladera Denudativa. Sector Tintoba.

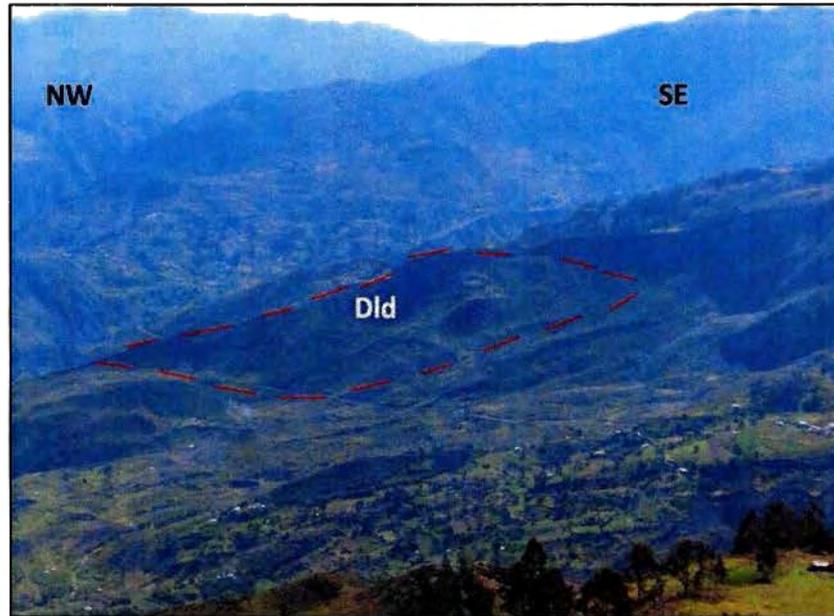


Fuente. Proyecto

- **Sector La Estancia:** en el sector Peña El Caracol, la ladera denudativa se modela a partir de la incidencia del sistema de fallas de la región, donde se representan diversos procesos denudacionales como caída de bloques y movimientos complejos afectando La Formación Luna (Ksl) y Los Pinos (Kslp).

Morfológicamente se identifica porque es una ladera cóncava y corta presenta un relieve bajo, pendiente inclinada y topografía abrupta.

**Fotografía 4-8.** Ladera Denudativa. Sector La Estancia.



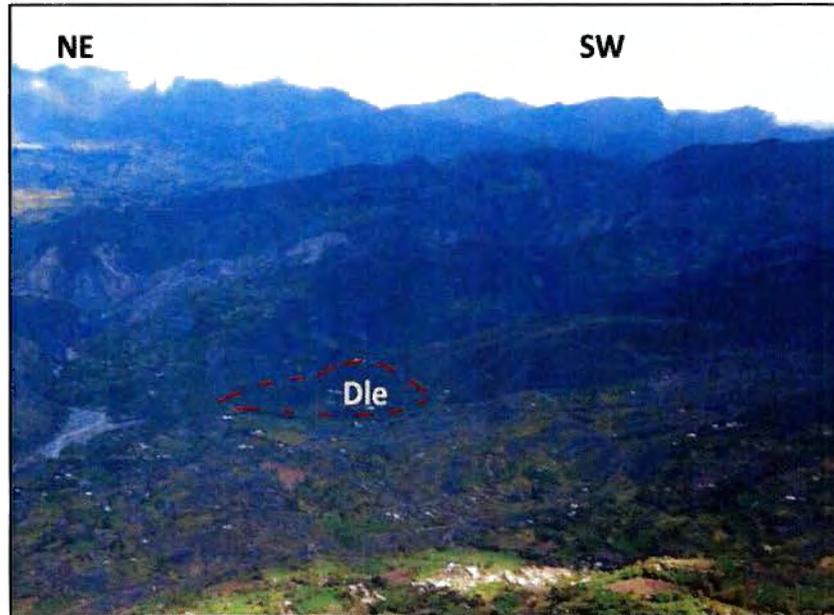
Fuente. Proyecto

#### **Ladera Erosional (Dle):**

Se localiza al Este de la zona de estudio, en Peña El Caracol. Los diversos procesos geomorfológicos como erosión laminar y diferencial han sido agentes modeladores de la subunidad geomorfológica afectando la formación Chipaque (Ksc).

Morfológicamente se caracteriza por ser una ladera cóncava y corta presenta una topografía suave, una pendiente inclinada y un relieve bajo.

**Fotografía 4-9.** Ladera de Erosión. Sector Molino viejo.



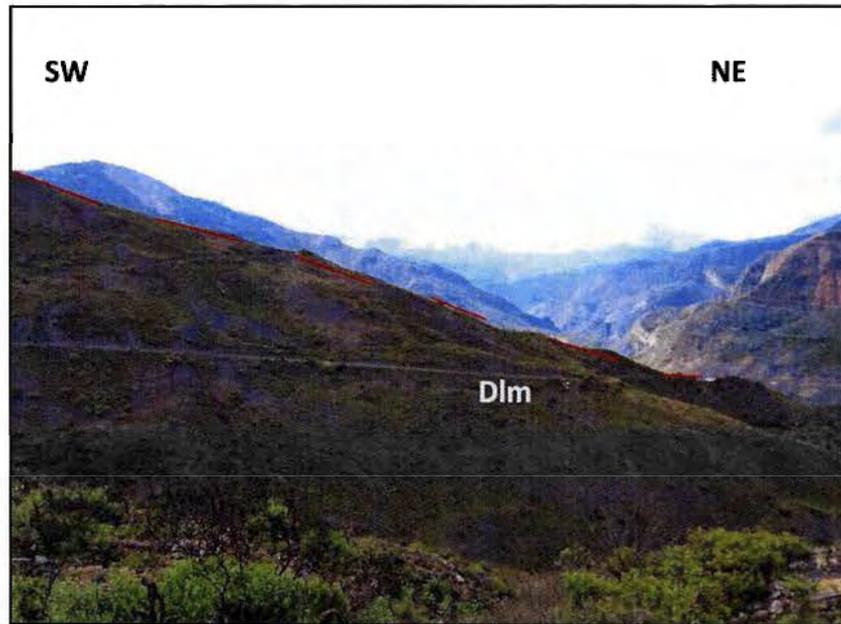
Fuente. Proyecto

#### **Ladera de Erosión Moderada (Dlm):**

Se localiza al Este de la zona de estudio sobre la Peña El Caracol, se formó a partir de la intervención de agentes denudacionales sobre materiales moderadamente resistentes donde se observa la acción de erosión de tipo laminar en las capas superficiales.

Morfológicamente es una ladera cóncava y larga, presenta una topografía moderada, un relieve alto y drenaje dendrítico, producto de la dinámica fluvial asociada a las altas precipitaciones.

**Fotografía 4-10.** Ladera de erosión Moderada. Peña El Caracol.



Fuente. Proyecto

**Ladera Inclínada (Dli):**

Se localiza al Oeste del área de estudio en el sector Tintoba, se modela a partir de la incidencia de fenómenos de remoción en masa sobre unidades estructurales. Morfológicamente se caracteriza por presentar pendientes entre 20 y 45 con laderas rectilíneas y relieve alto.

**Fotografía 4-11.** Ladera Inclínada. Sector Tintoba al margen del Río Chitano.



Fuente. Proyecto

**Ladera Moderada (DIm):**

Se localiza en el centro del área de estudio, en el sector de El Santuario, La Ovejera y Corregimiento de Cheva; es una superficie natural del terreno producto de procesos geomorfológicos principalmente denudacionales.

Morfológicamente se caracteriza por presentar una topografía ondulada una pendiente entre 10° y 40°, laderas cóncavas y una buena cobertura vegetal.

**Fotografía 4-12.** Ladera Moderada. Sector La Estancia, Ovejera y corregimiento de Cheva.



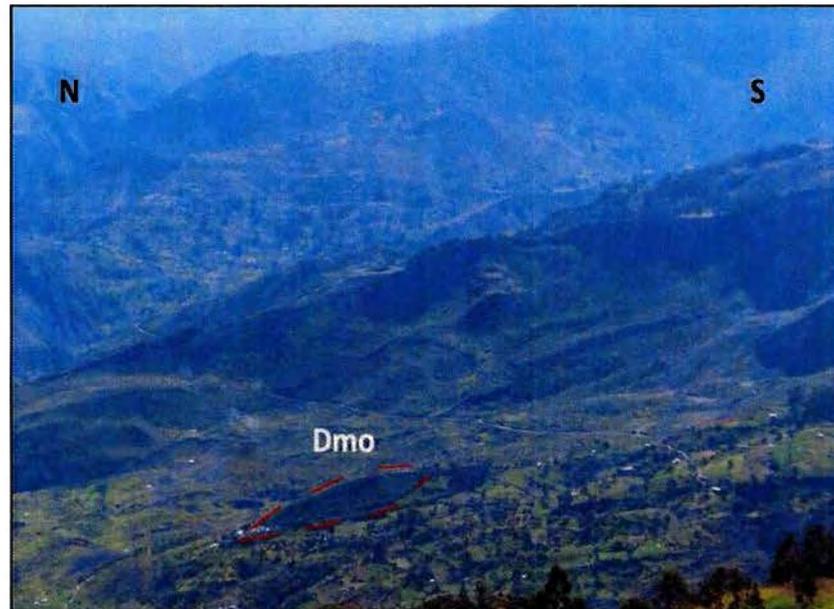
Fuente. Proyecto

**Montículo (Dmo):**

Se localiza en la vereda La Estancia, se caracteriza por ser un relicto de procesos denudacionales antiguos sobre la Formación Chipaque (Ksc).

Morfológicamente es una ladera irregular con pendientes inclinadas y relieve bajo de menos de 200 m de altura.

Fotografía 4-13. Montículo. Verde La Estancia.



Fuente. Proyecto

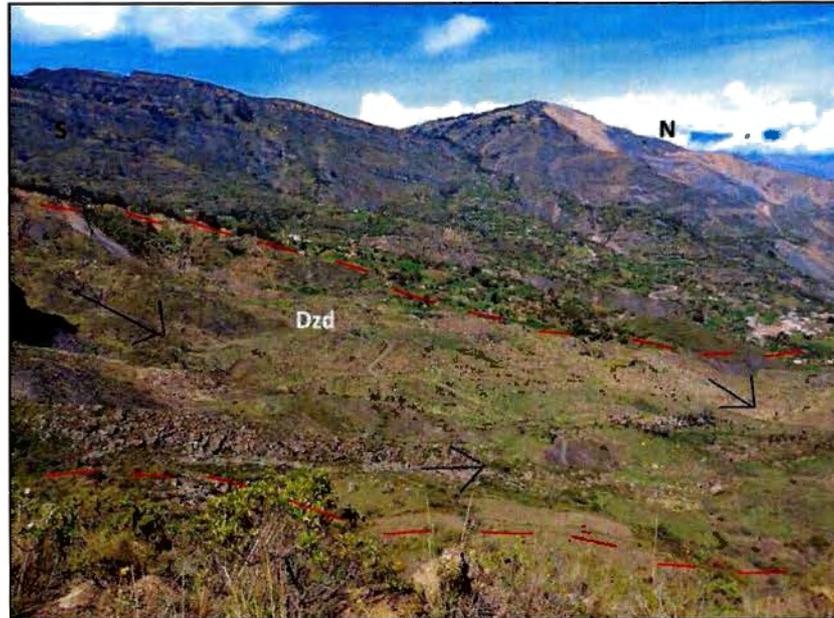
**Deslizamiento de influencia denudacional (DZd):**

Esta geoforma abarca una parte considerable del área de estudio, su modelamiento se debe a diversos fenómenos de remoción en masa: caída de bloques, reptación y movimiento traslacional; debido a la variabilidad de rasgos estructurales y litológicos a lo largo de su longitud.

Morfológicamente es una ladera cóncava de gran extensión, presenta una topografía inclinada y una pendiente muy inclinada, relieve moderado.

Esta unidad se encuentra influenciada por el sistema de fallas del sector como La Ovejera limitando la zona alta del deslizamiento provocando la ruptura de los materiales.

**Fotografía 4-14.** Deslizamiento de Influencia Denudacional. Sector La Estancia.

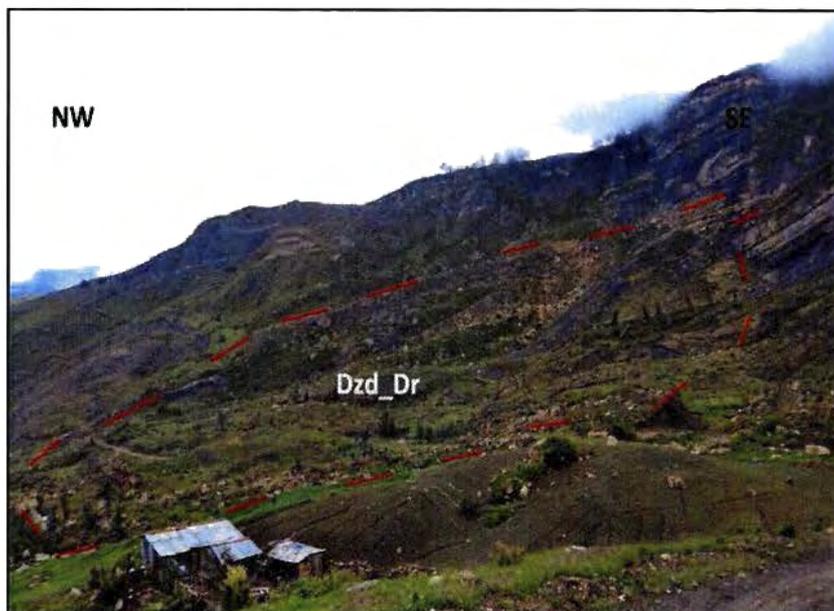


Fuente. Proyecto

#### **Deslizamiento de Rocas (Dzd\_Dr):**

Esta geoforma se localiza en la Peña El Caracol, cuya formación se originó a partir de la influencia del sistema de fallas que produjo el debilitamiento de las unidades aflorantes. Se caracteriza por ser una ladera cóncava a rectilínea, corta con relieve alto, pendiente inclinado y topografía abrupta. Es una zona agradacional donde bloques heterométricos se depositan.

**Fotografía 4-15.** Deslizamiento de Rocas. Vereda La Estancia.



Fuente. Proyecto

#### 4.2.2.2 Subunidades Geomorfológicas del Ambiente Estructural

Este tipo de ambiente se asocian aquellas geoformas que han sido modeladas a partir de procesos endógenos de la tierra, es el tectonismo el encargado de desarrollar las formas del relieve más relevantes a nivel estructural, topográfico y fisiográfico, los aspectos asociados a estas geoformas son estratificación, pliegues, fallas, lineamientos, foliación entre otros.

**Tabla 4-6.** Subunidades Geomorfológicas del Ambiente Estructural

UNIDAD	SIMBOLO	FORMA DE LADERA	INCLINACION	ALTURA	AREA Km2
Ladera Estructural de Anticlinal	Sanal	Recta	31°-45°	480	2,535004
Capa Estructural Controlada por Estratificación	Sde	Convexa	21°-30	220	0,07335
Contra escarpe de línea estructural	Sec	Convexa	16°-20°	366	0,746713

Pie de laderas estructurales	Sdpd	Cóncava	11°-15°	50	0,524172
Capa estructural controlada por estratificación	Sde	Cóncava	16°-20°	100	0,068423
Deslizamiento con influencia Estructural	Sdz	Cóncava	21°-30°	125	0,174077
Ladera Estructural erosionada	Sle	Irregular o Escalonada	16°-20°	80	0,402897
Deslizamiento con influencia Estructural	Sdz	Cóncava	21°-30°	215	0,131788
Depresión morfológica por fallamiento	Spf	Cóncava	16°-20°	450	0,334225
pendiente estructural de flancos de pliegues	Spl	Convexa	21°-30°	320	0,999144
Ladera Estructural	Sle	Convexa	21°-30°	260	0,414271
Pie de ladera estructural	Sdpd	Cóncava	21°-30°	280	0,459668
Depresión morfológica por fallamiento	Spf	Cóncava	21°-30°	200	0,209893
Contra escarpe de Línea Estructural	Sec	Recta	45 °	650	0,336304
<b>Área Total de Influencia</b>				<b>7,409929</b>	

Fuente. Proyecto

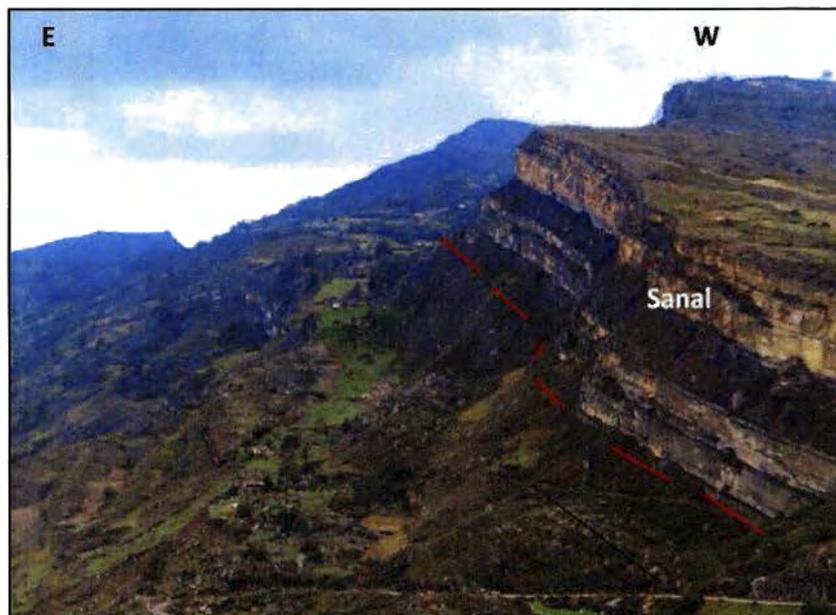
### **Ladera Estructural de Anticlinal (Sanal):**

Se localiza al Oeste del área de estudio en el cerro Tambor, esta unidad hace parte del sistema estructural del anticlinal La Carbonera.

Esta estructura geológica se encuentra afectada por diferentes procesos erosivos como volcamiento y desplome de bloques, aunque presenta fenómenos de remoción en masa, aún hace parte del sistema estructural debido a su morfología ya que presenta pendientes escarpadas, laderas rectas, relieve muy alto y topografía abrupta.

Es una de las geoformas más prominentes en el sector, donde afloran rocas de la formación Arenisca Tierna (Ksat) que se caracterizan por ser bancos potentes de arenisca cuarzosa, resistente y asociada con este tipo de geoformas.

**Fotografía 4-16.** Ladera Estructural de Anticlinal. Cerro Tambor.

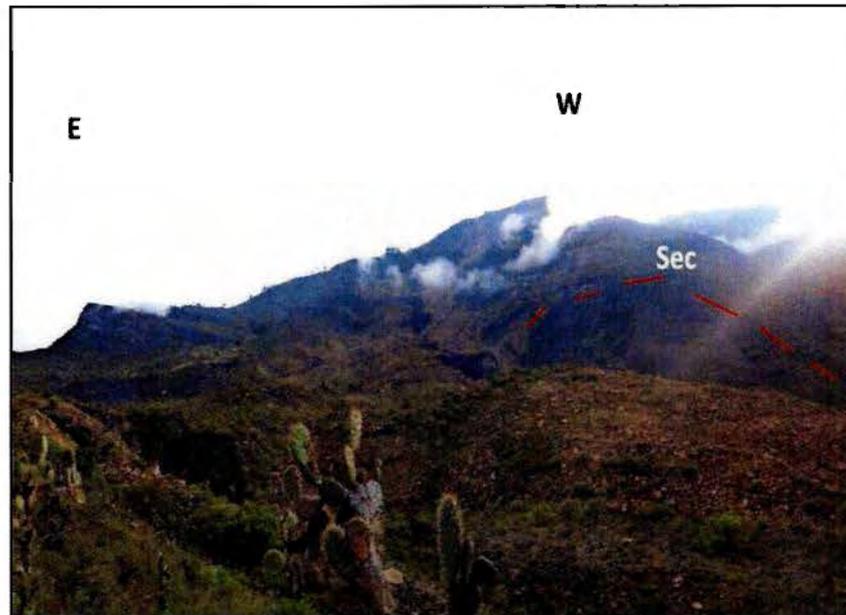


Fuente: Proyecto

**Capa estructural controlada por estratificación (Sec):**

Se localiza al Noroeste del área de estudio en el sector Tintoba, limita con unidades que se han afectado por agentes erosivos causando el modelamiento del relieve, aún conserva rasgos morfogenéticos como la estratificación definida en contra de la pendiente, ladera recta y corta, pendiente muy abrupta y relieve moderado.

Fotografía 4-17. Capa Estructural controliada, Sector Tintoba.



Fuente. Proyecto

### **Contra Escarpe de Línea Estructural (Sde):**

Se localiza al Oeste del área de estudio al margen de la vía que comunica al corregimiento de Cheva con Jericó.

Esta unidad se formó a partir del control estructural de la falla El Bebedero, que produjo la convergencia de las unidades geológicas hacia el Oeste. Morfológicamente presenta una ladera recta, pendiente escarpada, relieve muy alto y topografía abrupta. Involucra rocas de la Formación Arenisca Tierna (Ksat) y Los Pinos (Kslp).

**Fotografía 4-18.** Contra Escarpe de Línea Estructural. Loma San Pedro.

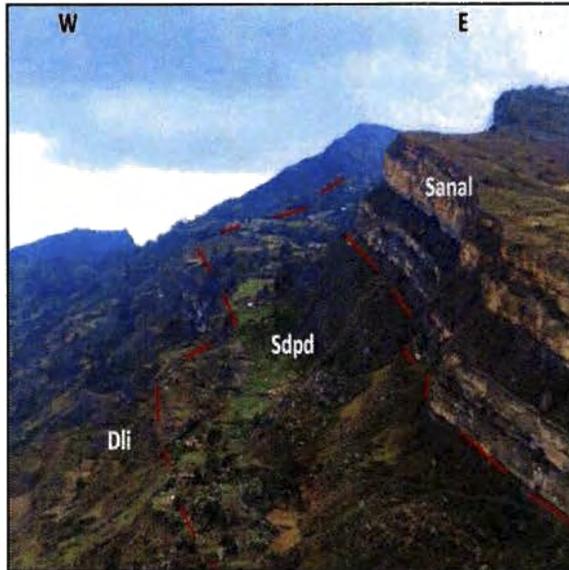


Fuente. Proyecto

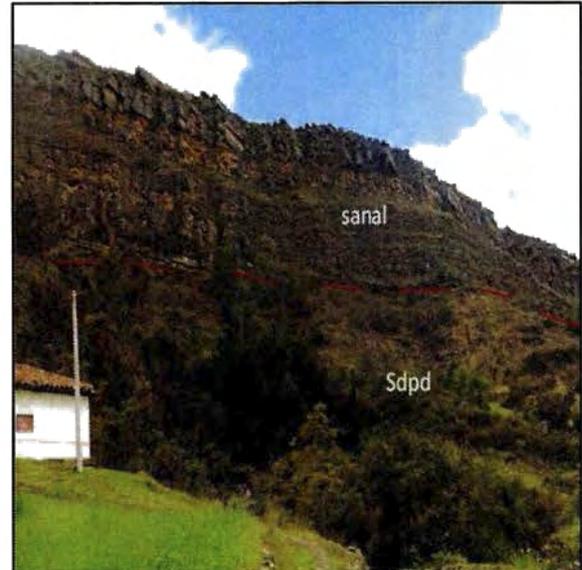
**Pie de ladera estructural Sdpd:**

Se localiza en el cerro Tambor al Oeste del área de estudio, se caracteriza por ser una geoforma que aún conserva rasgos morfogenéticos, morfológicamente se caracteriza por ser una ladera cóncava, corta, con pendiente inclinada y bajo relieve.

**Fotografía 4-19.** Pie de ladera estructural, Cerro Tambor.



**Fotografía 4-20.** Pie de ladera estructural, Sector Cocubal.



Fuente. Proyecto

### **Deslizamiento con influencia estructural (Sdz):**

Aunque gran porcentaje del área de estudio se encuentra afectado por los agentes modeladores y diversos fenómenos de remoción en masa, la exposición de planos de estratificación en múltiples sectores de la zona incide en la generación de deslizamientos tipo traslacional, donde se observan capas expuestas debido a la dirección de buzamiento NE y SE que exponen materiales de diversas composiciones como calizas lumaquelas, limolitas y lutitas, que posteriormente se convierten en zonas de falla.

**Fotografía 4-21.** Deslizamiento de influencia, sector La Estancia.



Fuente. Proyecto

### **Ladera Estructural Erosionada (Sle):**

Se localiza en el sector de Peña El Caracol, se originó a partir de esfuerzos tectónicos que produjeron el levantamiento y plegamiento de unidades geológicas, posterior a este evento ha sido afectada por agentes denudacionales como erosión laminar modelando los materiales blandos.

Morfológicamente se caracteriza por presentar una ladera irregular y corta longitudinalmente, pendiente muy inclinada, topografía abrupta y relieve alto.

**Fotografía 4-22.** Ladera Estructural Erosionada, Peña El Caracol.



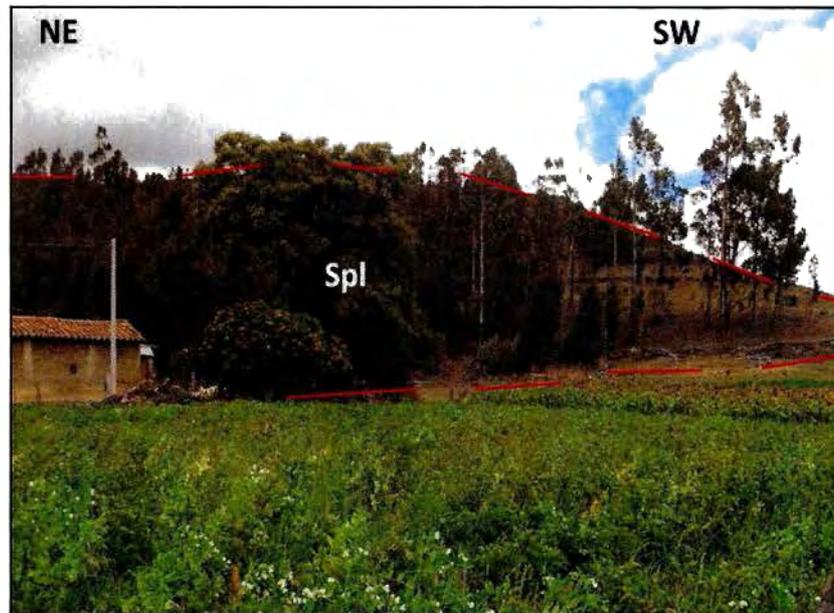
Fuente. Proyecto

#### **Pendiente Estructural Spl:**

Se localiza al Sureste de la zona de estudio en el sector de Pueblo Viejo de Ura, se caracteriza por que muestran una sucesión de capas en dirección NE e inclinadas hacia el Noroeste.

Representa un cambio de dirección de las capas, debido al desplazamiento que produce la falla El Oratorio en el sector. Morfológicamente presenta una topografía abrupta, ladera irregular y relieve alto.

**Fotografía 4-23.** Pendiente Estructural. Pueblo Viejo de Ura.



Fuente. Proyecto

#### 4.2.2.3 Subunidades Geomorfológicas Ambiente Fluvial

**Tabla 4-7.** Subunidades geomorfológicas ambiente Fluvial

SUBUNIDAD	SIMBOLO	LADERA	AREA Km2
Cauce activo	Fca	Cauce Fluvial	0,679819

Fuente. Proyecto

#### **Cauca activo Fca:**

Se encuentra en el área de influencia del Río Chitano, corresponde a zonas donde frecuentemente circulan corrientes de agua y varían dependiendo la época del año; se relaciona únicamente con el cauce del río Chitano y sus afluentes pero no se cartografiaron debido a que su longitud y amplitud no alcanza los valores mínimos en la escala de trabajo.

Morfológicamente se asocia con el sistema de fallas de la región, su extensión cartografiable puede variar dependiendo la época del año. La dinámica fluvial es la encargada de generar una socavación o erosión remontante dentro de macizos rocosos afectando materiales poco competentes, sirviendo como agente modelador del paisaje actual.

**Fotografía 4-24.** Cauce activo del Río Chitano.



Fuente. Proyecto.

#### **4.2.3 Morfodinámica**

La morfodinámica relaciona los procesos de denudación con el variable tiempo para lograr determinar el tipo de proceso que está ayudando a la modelación del paisaje y la conformación de las geoformas. Los procesos morfodinámicos corresponden a una serie de eventos sucesivos, simultáneos y cíclicos a través de las cuales los agentes geomorfológicos principalmente externos, modelan las formas del paisaje. Estos eventos continuos están asociados a una secuencia conformada por la erosión de las rocas, el

transporte de los materiales removidos y la sedimentación de dichos detritos. Finalmente, la sedimentación corresponde al depósito de los materiales removidos y desplazados en las dos etapas anteriores. La morfodinámica evalúa y plantea los posibles factores que intervinieron en la modelación del actual paisaje y en su evolución.

#### **4.2.3.1 Procesos Endógenos**

Los procesos internos están referidos a la energía endógena que mueve la corteza terrestre, los cuales generan cambios en su expansión, levantamiento y absorción.

Los procesos orogénicos como los esfuerzos compresionales y tensionales dieron origen a la Cordillera Oriental donde se desarrolló una geología estructural compleja a partir de la generación de un sistema de fallas direccionadas al NE y plegamientos

#### **4.2.3.2 Procesos Exógenos**

Los procesos exógenos son todos aquellos procesos que inciden en los cambios del paisaje, ya sea de origen geológico como procesos denudacionales, controles estructurales, plegamientos y de tipo biológico asociados a cobertura vegetal y antrópico. Los procesos exógenos actúan de manera externa ósea no ejercen ninguna presión en fuerzas internas, pero si hace que el relieve tenga algunas modificaciones debido a los agentes como la erosión que es la encargada de la destrucción de los suelos, para posteriormente actuar la sedimentación y depositación. Los agentes modeladores que actúan de forma directa son: Agua, hielo, temperatura, vegetación clima, viento y la acción del hombre.

## **Procesos Geológicos**

Dependen de una serie de factores externos relacionados con la energía del agente morfogenético y la posición geomorfológica, de factores internos tales como la composición mineralógica de las rocas, su textura y grado de cohesión.

- **Erosión por Socavación**

La cuenca del río Chitano que está conformada por las quebradas El Santuario, Landinez, El Bebedero y La Carbonera y el sistema de microdrenajes han modelado el paisaje originando escarpes de erosión mayor y menor, laderas poco disectadas y planos de estratificación expuestos.

**Fotografía 4-25.** Dinámica Fluvial y socavación 1. Quebrada el Santuario; 2. Rio Chitano; 3. Quebrada La Carbonera sector la Estancia; 4. Quebrada Landinez.



Fuente: Proyecto

- **Erosión Diferencial**

Asociada a la alternancia litológica o conjunto de rocas expuestas que presentan diferentes respuestas geodinámicas, es característico en ciertas zonas de área donde se evidencia el contraste litológico debido a la alternancia de rocas fisibles, lodosas con limolitas o areniscas cuarzosas.

**Fotografía 4-26.** Intercalación de areniscas cuarzosas y lutitas fisibles.



Fuente: Proyecto

- **Erosión laminar**

Es de tipo superficial y abarca gran parte de la zona de estudio, consiste en el proceso de remoción de partículas por escorrentía no concentrada en relación con la infiltración y saturación de los suelos, en ocasiones es poco perceptible debido a los eventos originados por las altas precipitaciones en el año 2011 que desencadenaron el escurrimiento de materiales generando coluviones de remoción.

**Fotografía 4-27. Erosión Diferencial sector La Estancia**



Fuente: Proyecto

- **Erosión Gravitacional**

El terreno es propenso a presentar movimientos en masa que a su vez están sujetos a diferentes parámetros que condicionan y favorecen la generación de estos movimientos. Laderas cóncavas-convexas, pendientes altas (30 – 45°), forma y longitud de las laderas y contrastes del relieve, son aspectos morfométricos dentro del análisis geomórfico que ayudan a entender la dinámica actual y futura del terreno.

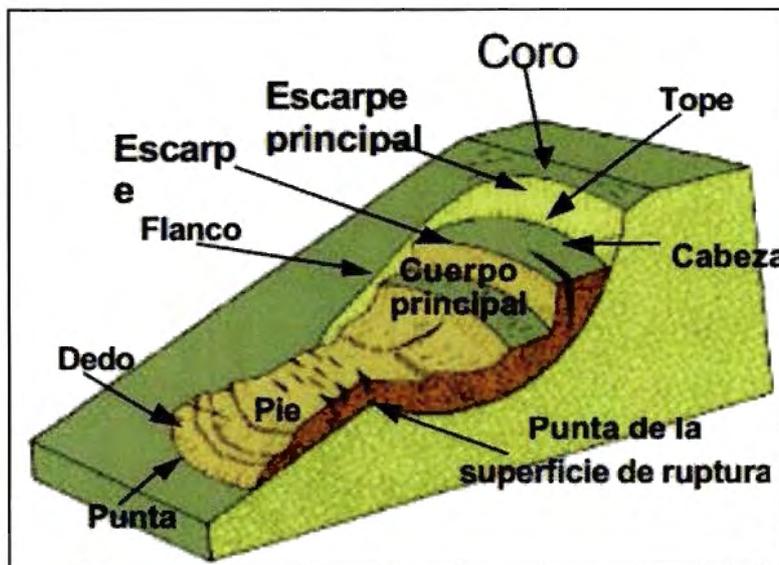
**Características morfológicas de un movimiento de masa:**

Con el objeto de dar claridad sobre la terminología relacionada con movimientos en masa a continuación se presenta una breve descripción de la morfología asociada a estos. (Varnes 1978).

Los elementos morfológicos de un movimiento en masa asociados al terreno intacto son:

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Calle 4 Sur n° 15-134; Teléfonos: 7705450 ext. 2623-2622  
Email: ingenieria.geologica@uptc.edu.co

Figura 4-12. Características morfológicas de un movimiento de masa



Fuente: Varnes 1978

**Corona:** sector de la ladera que no ha fallado y localizada arriba del deslizamiento. Puede presentar grietas, llamadas grietas de la corona.

**Escarpe principal:** superficie de pendiente muy fuerte, localizada en el límite del deslizamiento y originada por el material desplazado de la ladera. Si este escarpe se proyecta bajo el material desplazado, se obtiene la superficie de ruptura.

**Escarpe menor:** superficie de pendiente muy fuerte en el material desplazado y producida por el movimiento diferencial dentro de este material.

**Punta de la superficie de ruptura:** la intersección (algunas veces cubierta) de la parte baja de la superficie de ruptura y la superficie original del terreno.

**Cabeza:** la parte superior del material desplazado a lo largo de su contacto con el escarpe principal.

**Tope:** el punto más alto de contacto entre el material desplazado y el escarpe principal.

**Cuerpo principal:** la parte del material desplazado que sobreyace la superficie de ruptura localizada entre el escarpe principal y la punta de la superficie de ruptura.

**Flanco:** lado del deslizamiento

**Pie:** la porción de material desplazado que descansa ladera abajo desde la punta de la superficie de ruptura.

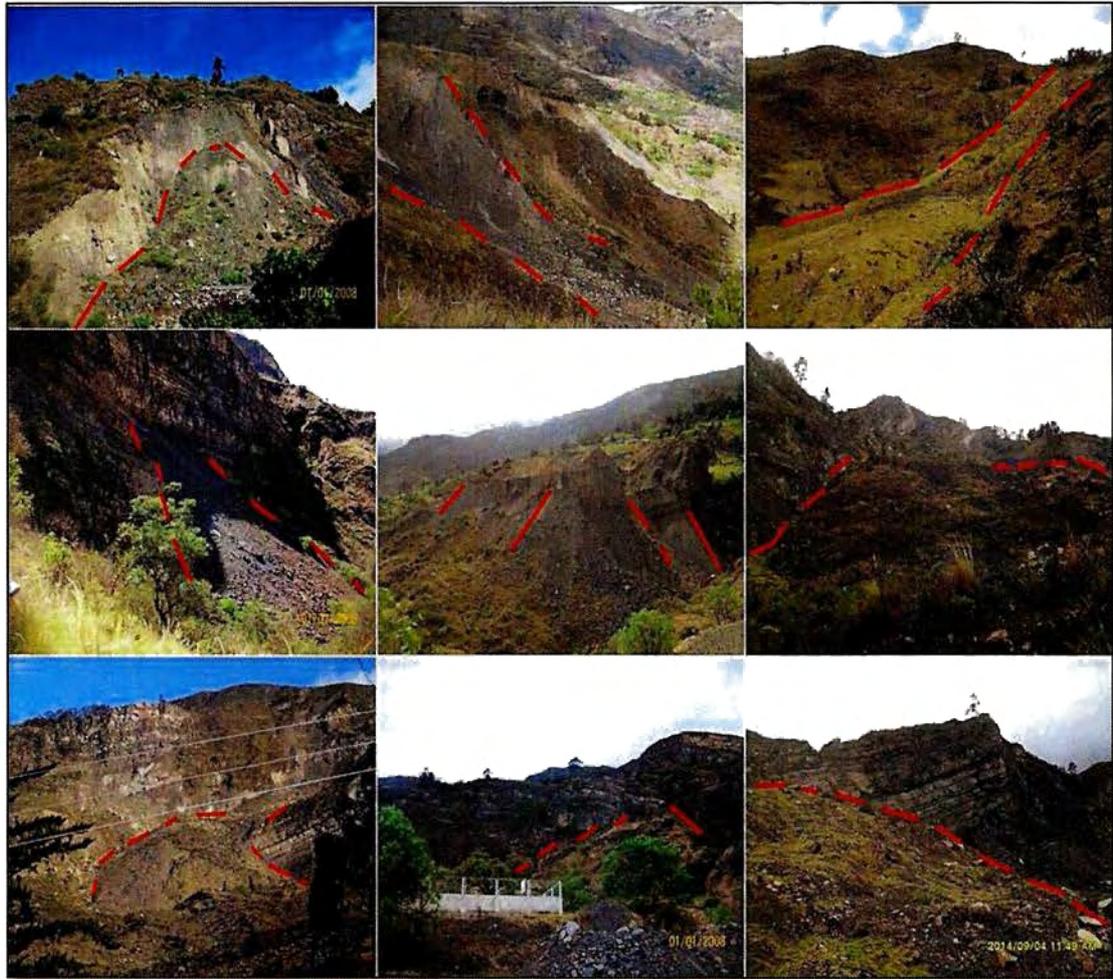
**Dedo:** el margen del material desplazado más distante del escarpe principal. **Punta:** el punto en el pie más distante del tope del deslizamiento.

#### **Fenómenos de Remoción en masa en la Zona De Estudio:**

Para el caso de estudio, desde el Sector de Pueblo Viejo de Ura hasta el río Chitano, se observan diferentes tipos de relieve, pendientes, laderas y sistemas de drenajes indicando la variabilidad geomorfológica y morfometría del terreno.

En general, el área de estudio es una zona modelada por los ambientes estructural, denudacional y fluvial que han creado las geofórmulas actuales y que continuarán desarrollándose y evolucionando durante el tiempo. Uno de los factores que más ha modelado el paisaje es la lluvia, la cual ha causado la meteorización, erosión y transporte de materiales de las unidades geomorfológicas preexistentes, por lo cual llegar a controlar el agua puede llegar a disminuir la amenaza así como un uso adecuado del terreno, dentro del contexto de las amenazas por FRM.

**Fotografía 4-28.** Algunos de los diferentes movimientos en masa observados en el área de estudio



Fuente: Proyecto

### **Zonas Morfodinámicas:**

De acuerdo al análisis geológico se puede establecer que la dinámica del deslizamiento en la vereda La Estancia es complejo: en su origen, mecanismo de ruptura y porcentaje de masa deslizada.

La zona morfodinámica se localiza al Sureste de la zona de estudio en la vereda La Estancia, es un deslizamiento complejo que involucra rocas de la formación

Chipaque (Ksc), Luna (Ksl), Los Pinos (Kslp) y Arenisca Tierna (ksat). En el sector se observan evidencias de movimientos antiguos por medio de escarpes expuestos, vegetación inclinada y rupturas en el suelo, se concluye que es un movimiento complejo debido a los múltiples mecanismos de falla y movimientos en su interior como desprendimiento de bloques, movimientos de tipo planar, traslacional, rotacional y reptación. El movimiento complejo cubre una zona activa aproximada de 1.200 m<sup>2</sup> desde la cabeza hasta la punta de ruptura, presenta un espesor promedio de masa deslizada de 25 m. A continuación, se describen las unidades morfodinámicas asociadas a este deslizamiento:

**Figura 4-13.** Detalle deslizamiento en La Estancia



Fuente. Proyecto

Detalle deslizamiento sector La Estancia, en la imagen tridimensional se observa la depresión morfológica evidencia de zona denudacional (A y B); La cabeza deslizamiento, la corona (Cr), Escarpe Principal (Ep), zona de falla El Oratorio

### **Cabeza del movimiento (Dzd\_Ca)**

Comprende la parte alta del deslizamiento activo en los que se destaca la corona y zona de falla se caracteriza por presentar una morfología irregular debido a los diversos procesos geomorfológicos que la han modelado. Estructuralmente presenta una inclinación de capa buzante al SW facilitando el mecanismo de falla por medio de deslizamiento traslacional.

### **Depresión morfológica (A y B)**

En cuanto a la depresión morfológica que se muestra en la imagen en la zona A, se formó a partir de la generación de mecanismos falla de debido a la exposición de planos de estratificación de la formación los pinos (Kslp) y luna (Ksl) que buzanan al SW, generando deslizamientos de tipo traslacional.

**Fotografía 4-29.** Deslizamiento de influencia, sector La Estancia



Fuente. Proyecto

### **Depresión Morfológica sector B**

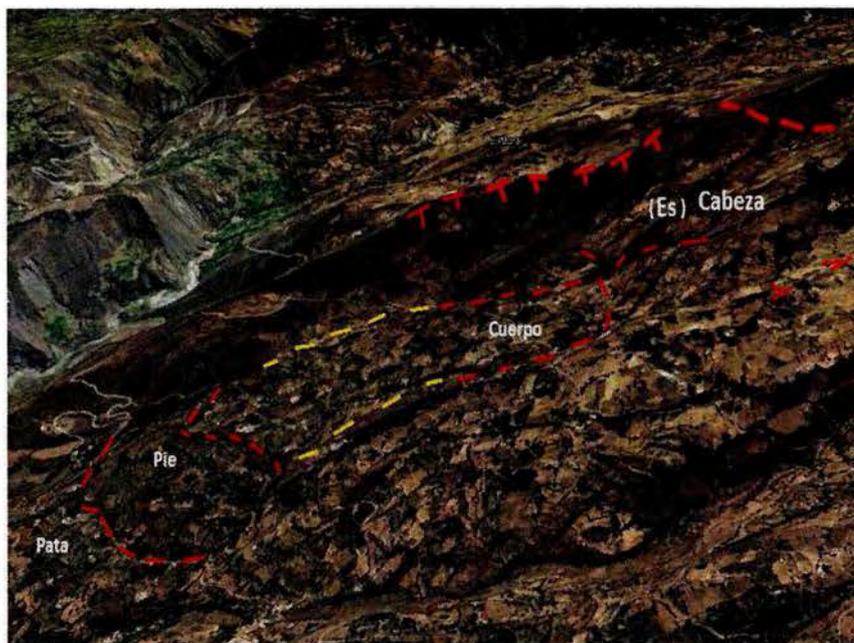
La depresión morfológica surge a partir de la acción de agentes denudacionales sobre una ladera inclinada, generando mecanismos de fallas a través de desprendimiento de bloques y volcamiento.

**Fotografía 4-30.** Volcamiento, sector La Estancia.



Fuente. Proyecto

**Figura 4-14. Cuerpo del Deslizamiento (Dzd\_Cu)**



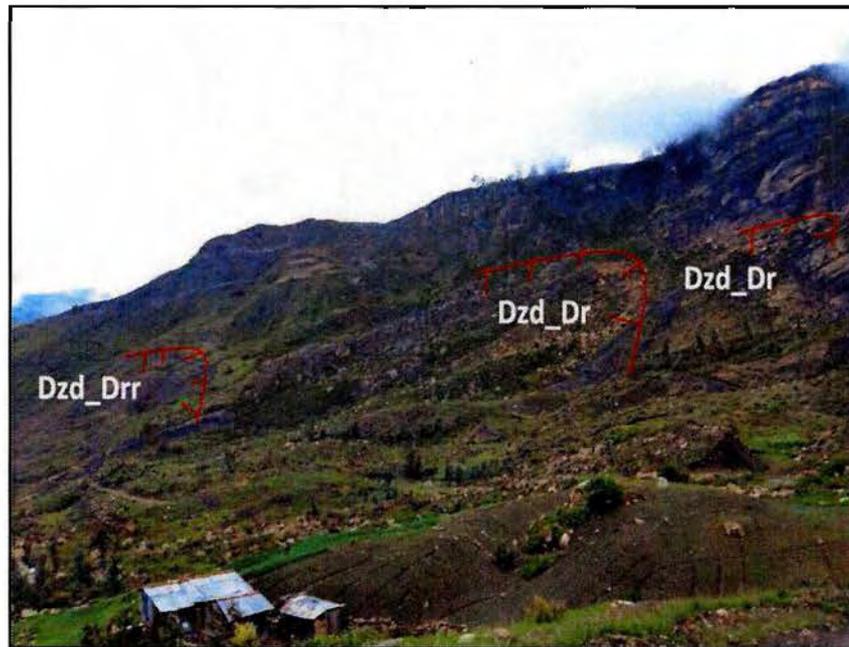
Fuente. Proyecto

En la imagen se observa la ubicación de los rasgos morfológicos del deslizamiento en la Vereda la Estancia, cabeza, Escarpe Principal (Es), Cuerpo, Pie, Pata.

#### **Cuerpo del deslizamiento La Estancia Dze, Dze\_Dr, Dld**

El cuerpo representa la masa desplazada del deslizamiento con cambios morfológicos en la superficie del terreno importante, donde se observa la reducción del relieve, topografía suave u ondulada y hacia la zona central se reconocieron diferentes mecanismos de falla como reptación, caída de bloques y deslizamientos de tipo rotacional y traslacional.

**Fotografía 4-31.** Deslizamiento (Dzd\_Drr) y caída de bloques, sector La Estancia



Fuente. Proyecto

### **Pie del deslizamiento (Dze\_Pie)**

Representa una zona compleja de deslizamiento donde se observa un leve incremento de la pendiente debido a posibles fallas inferidas en la zona las cuales ejercen un control estructural en el área interviniendo en la creación de lagunas de falla, en la parte superior del pie se observan grietas como respuesta al mecanismo de falla a través de reptación y movimientos rotacionales.

### **Lagunas de falla**

En la vereda La Estancia, se observan varias lagunas formadas por la acción de fallas. La falla El Bebedero, que ha actuado como control estructural en el movimiento en masa ocurrido en el año 2011 forma la Laguna *Limpia* ubicada cerca de la vía que conduce de Cheva hacia La Estancia. Fallas locales ubicadas

al SE de Cheva en la vereda La Estancia, generaron varias depresiones con ayuda del movimiento ocurrido.

**Fotografía 4-32.** Lagunas de falla.

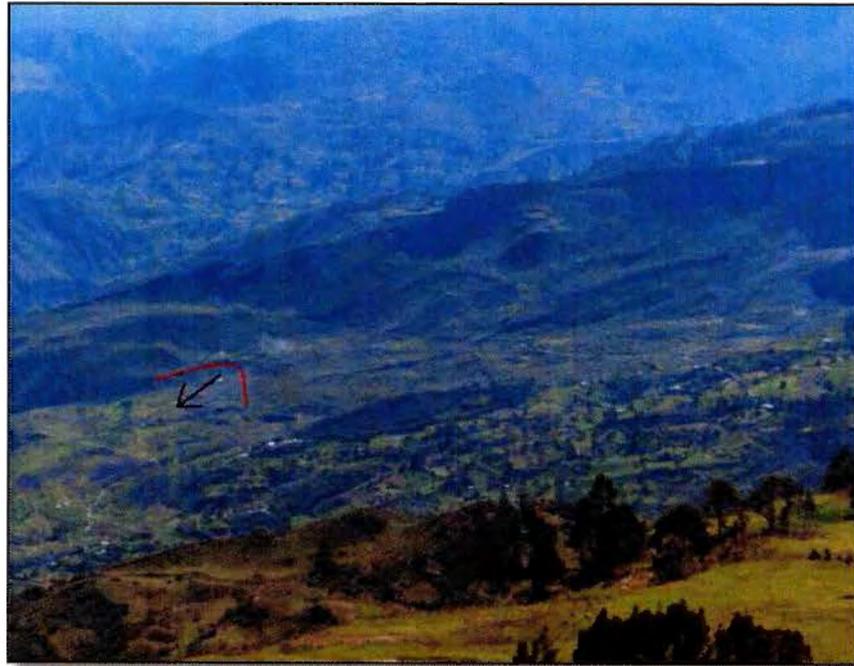


Fuente. Proyecto

### **Deslizamiento rotacional (Ddrt)**

Se localiza en el sector de La Estancia, donde se observa la incidencia de fenómenos de remoción en masa reflejados en la inestabilidad del terreno, la acumulación de bloques y desplome de materiales provenientes de depósitos inconsolidados; presenta una morfología suave con forma irregular y escalonada con laderas de longitudes cortas a medias.

**Fotografía 4-33.** Movimiento Rotacional sobre depósitos inconsolidados (Qc)



Fuente. Proyecto

### **Pata de deslizamiento (DZe\_pat)**

Cubre una superficie menor en proporción a las diferentes características del deslizamiento, representa la terminación de la masa desplazada que reposa sobre el terreno. Su morfología es ondulada. Está compuesta por material heterogéneo de rocas, suelos y escombros de construcciones.

## 5 HIDROLOGIA

### 5.1 ANÁLISIS HIDROLÓGICO

#### 5.1.1 Información recopilada

##### 5.1.1.1 Datos de lluvia y temperatura

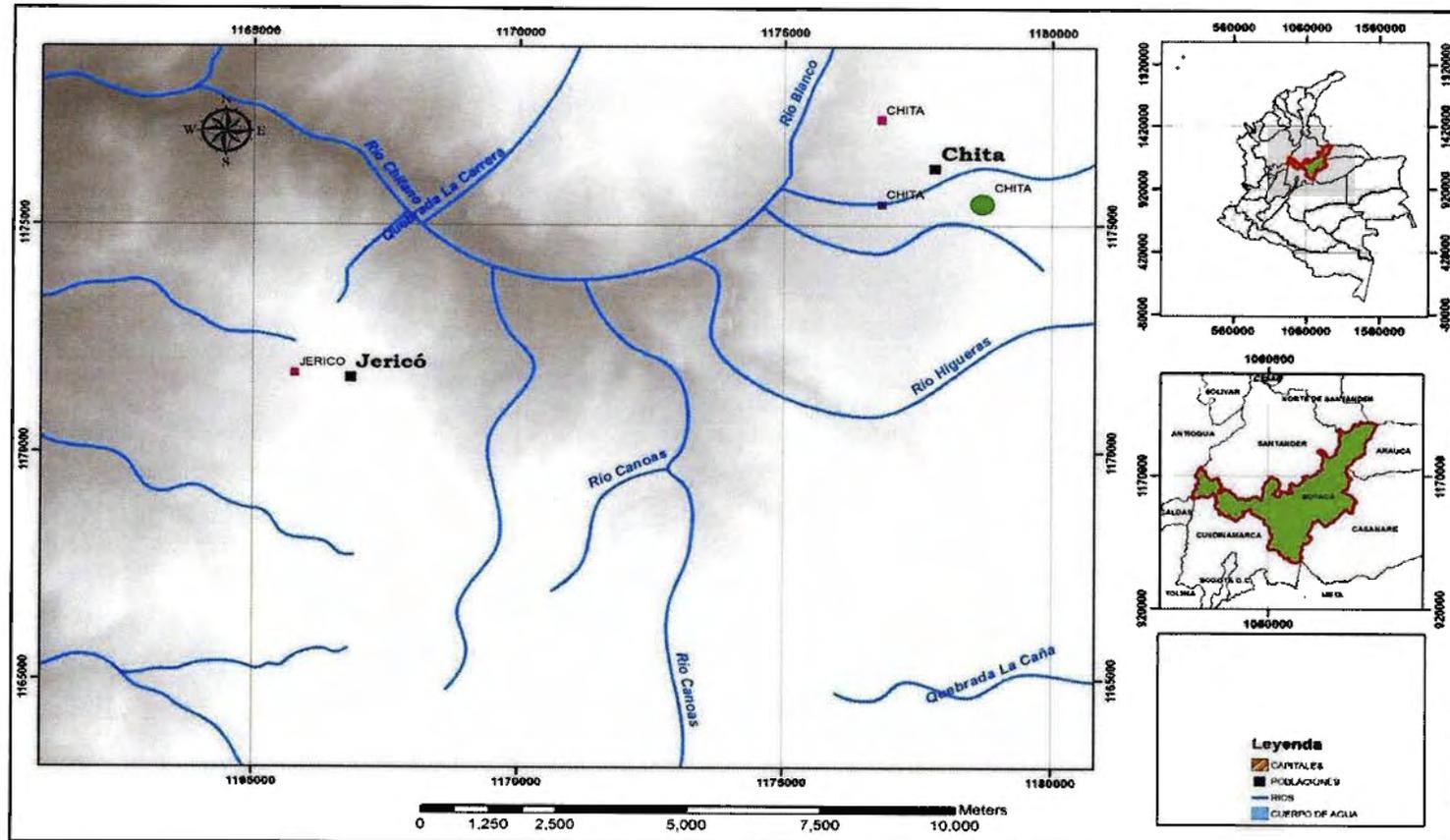
Los análisis hidrológicos regionales, se realizaron a partir de la información hidroclimatológica suministrada por el IDEAM, datos de precipitaciones totales mensuales, precipitación máxima en 24 horas y número de días con lluvia correspondiente a los datos presentada en la siguiente tabla.

**Tabla 5-1.** Datos de Estaciones hidroclimatológicas del IDEAM

Código	Nombre estación	Registros desde y hasta el año	Tipo	SECTOR	Latitud Norte (m)	Longitud Este (m)	Elevación (m.s.n.m.)
2403058	Jericó	1971-2013	PM	JERICÓ	6 09	-72 35	2962
2403025	Chita	1958-2013	PM		6 11	-72 29	3005
2403501	Cusagui	1986-2013	CO		6 15	-72 33	2950

Fuente: IDEAM

Figura 5-1. Localización de las Estaciones - Jericó



Fuente: Proyecto

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Calle 4 Sur n° 15-134; Teléfonos: 7705450 ext. 2623-2622  
Email: ingeniería.geologica@uptc.edu.co

### **5.1.1.2 Información cartográfica**

Para el presente estudio, se contó con información cartográfica a escala 1:10.000 del departamento de Boyacá, junto con el Modelo Digital de Elevaciones de la NASA.

### **5.1.2 Análisis de los datos de lluvia**

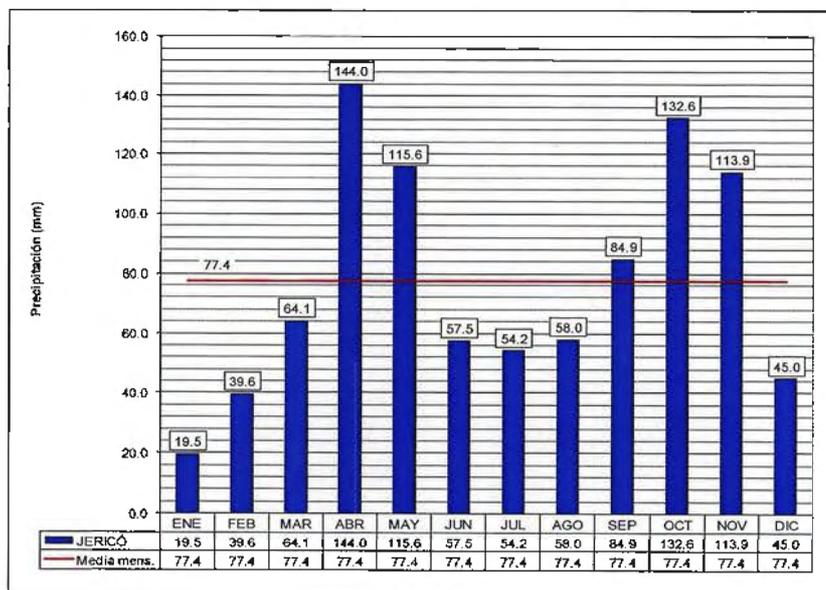
A partir de la información suministrada por el IDEAM, es posible realizar una caracterización del comportamiento regional de las lluvias a nivel temporal, análisis que se presenta a continuación.

#### **5.1.2.1 Análisis temporal de los datos de lluvia**

Los datos de la estación Jericó a nivel mensual muestran que en la zona el régimen de precipitación es bimodal, con dos períodos de lluvias intensas: uno en la primera mitad del año en los meses de abril y mayo, y la otra temporada entre los meses de septiembre a noviembre. Así mismo, este tipo de régimen indica dos periodos de sequía o baja precipitación, que en la estación se presentan entre los meses de diciembre a marzo y junio a agosto. El valor máximo de precipitación total mensual se presenta en el mes de abril, con un valor promedio de 144.0 mm. Para el mes de octubre, se presenta el segundo valor más alto que es de 132.6 mm. Las precipitaciones más bajas se presentan en el mes de enero, con un valor de 19.5 mm.

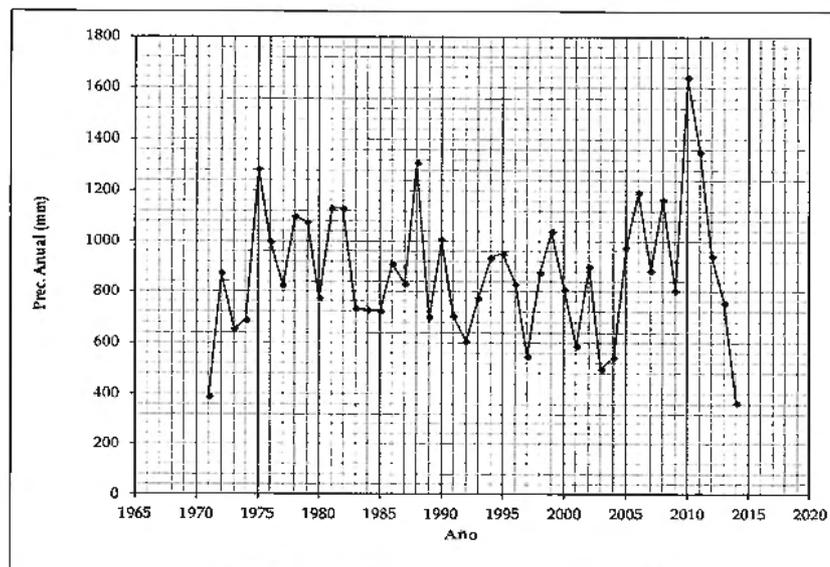
En el municipio de Jericó el valor promedio anual es de 877.7 mm. En la siguiente figura se presenta el comportamiento de la precipitación total anual en la estación.

**Figura 5-2. Precipitación media mensual. Estación Jericó.**



Fuente: Proyecto

**Figura 5-3. Variación anual de la precipitación media anual- Jericó.**



Fuente: Proyecto

### 5.1.2.2 Análisis de valores máximos de precipitación.

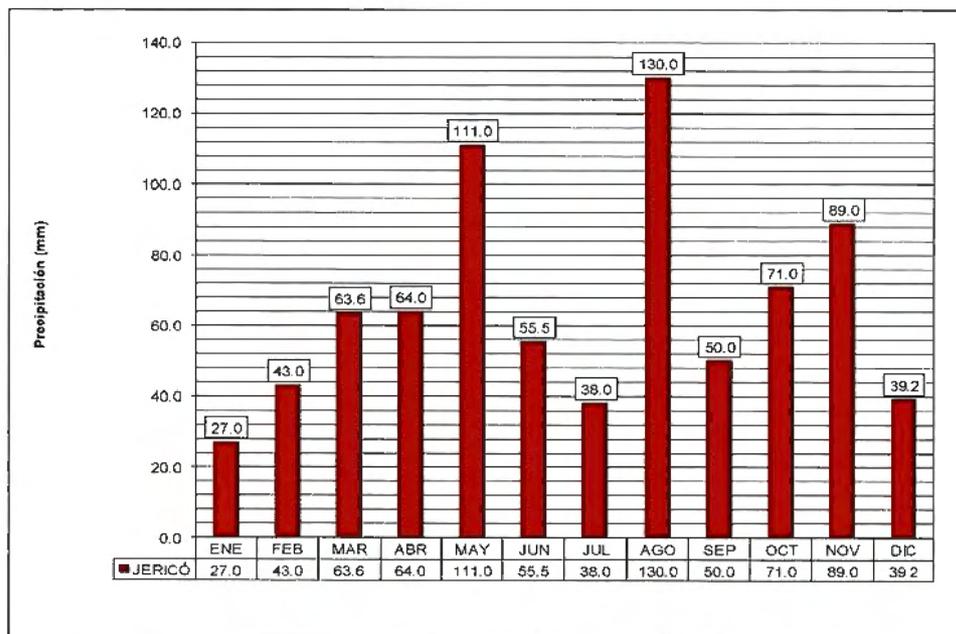
Como se aprecia, los valores máximos anuales de precipitación en 24 horas de la estación Jericó. A lo largo de los años se aprecia que en la estación los valores más altos se han presentado en los años 2004 (130 mm) y 1982 (111 mm).

**Tabla 5-2.** Precipitación máxima en 24 horas (mm)

Año	Estación Jericó	Año	Estación Jericó
1971		1993	28.0
1972	60.0	1994	37.4
1973	36.0	1995	45.3
1974	50.0	1996	34.7
1975	71.0	1997	55.5
1976	42.0	1998	37.2
1977	65.0	1999	50.0
1978	89.0	2000	33.4
1979	64.0	2001	40.0
1980	64.0	2002	51.5
1981	75.0	2003	39.0
1982	111.0	2004	130.0
1983	64.0	2005	40.0
1984	31.0	2006	50.9
1985	35.0	2007	63.6
1986	36.5	2008	44.4
1987	56.0	2009	38.3
1988	53.0	2010	48.5
1989	32.0	2011	52.5
1990	53.8	2012	53.1
1991	39.0	2013	36.4
1992	30.0	2014	

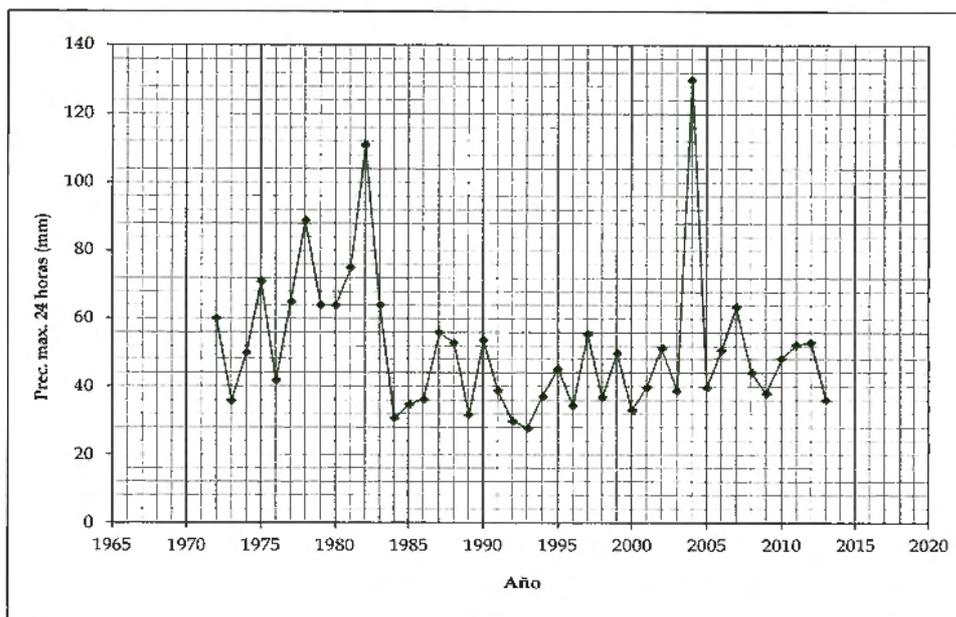
Fuente: Proyecto

**Figura 5-4.** Precipitación máxima en 24 horas. Estación Jericó.



Fuente: Proyecto

**Figura 5-5.** Valores de precipitación máxima en 24 horas. Estación Jericó.



Fuente: Proyecto

### 5.1.2.3 Curvas intensidad – duración – frecuencia (IDF)

Las curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF), permiten realizar la estimación de los caudales de diseño para las obras de drenaje; en el presente estudio, se estimaron las curvas IDF de la región de forma sintética.

La metodología empleada para tal fin, fue la establecida por Vargas y Díaz-Granados (1998), los cuales recopilaron información de 250 curvas IDF de diferentes estaciones dentro del territorio Colombiano y establecieron coeficientes para las ecuaciones propuestas por Kothyari y Garde para cada región; la ecuación es la siguiente:

$$I_m = a \cdot \frac{T^b}{t^c} \cdot M^d \cdot N^e \cdot PT^f$$

Donde  $I$  es la intensidad de lluvia en mm/h,  $T$  el período de retorno en años,  $t$  la duración en horas,  $M$  el promedio de valores máximos anuales de precipitación en mm,  $N$  el promedio del número de días con lluvia al año,  $PT$  la precipitación media anual en mm, y  $a, b, c, d, e$  y  $f$  valores hallados mediante correlaciones, que para la región Andina se han establecido como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 5-3.** Coeficientes para la ecuación IDF en la región Andina.

a	b	c	d	e	f
1.61	0.19	0.65	0.75	-0.15	0.08

Fuente: Proyecto

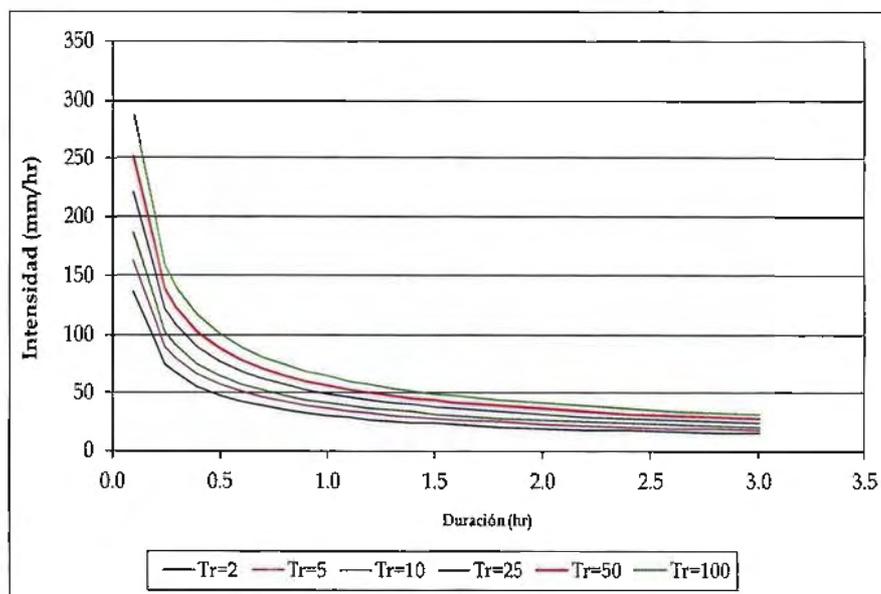
Para la zona de estudio, a partir de los datos de lluvia de las estaciones, se han establecido los siguientes parámetros:

**Tabla 5-4.** Parámetros generales para las Estaciones.

Parámetro	Jericó
Promedio de lluvias máximas en 24 horas (mm)	51.6
Promedio anual de días con lluvia	97.1
Precipitación media anual (mm)	877.7

Fuente: Proyecto

**Figura 5-6.** Curvas IDF. Estación Jericó.



Fuente: Proyecto

**Tabla 5-5.** Datos IDF. Estación Jericó.

Periodo de retorno (años)	Duraciones (Minutos) / Intensidad (mm/h)							
	5	10	15	30	45	60	180	1440
2	153.9	98.1	75.4	48.0	36.9	30.6	19.5	3.9
5	183.2	116.8	89.7	57.2	43.9	36.4	23.2	4.6
10	209.0	133.2	102.3	65.2	50.1	41.6	26.5	5.3
25	248.7	158.5	121.8	77.6	59.6	49.5	31.5	6.3
50	283.8	180.8	138.9	88.5	68.0	56.4	36.0	7.2
100	323.7	206.3	158.5	101.0	77.6	64.4	41.0	8.2

Fuente: Proyecto

## 6 ANÁLISIS GEOTÉCNICO

En este capítulo se tratan los aspectos geotécnicos del movimiento en masa, ocurrido en el año 2011 durante la fuerte ola invernal del primer semestre, en la vereda La Estancia del municipio de Jericó, y que afectó un área cercana a las 360 hectáreas, destinadas en ese tiempo a la actividad agrícola principalmente.

El fenómeno ocurrido se clasifica como un movimiento complejo, que incluyó caída de rocas en la parte alta, deslizamiento de tierra, rocas y detritos en el cuerpo y flujos de tierras y detritos en varios sectores de la zona intermedia y baja. Es por esto que no resulta fácil definir un modelo con un patrón único, para toda la masa desplazada.

Para las autoridades y la comunidad en general, no está claro qué grado de estabilidad tiene actualmente la zona afectada, ni cuál es el nivel de amenaza asociado a la misma, objetivos esenciales del presente capítulo.

Para su estudio es preciso dividir el área afectada, teniendo en cuenta rasgos morfométricos similares, en los cuales justamente sean comunes el tipo y condición de los materiales predominantes. Esta distinción tiene como propósito definir el tipo de análisis que corresponda a cada zona, con enfoque hacia las posibilidades y métodos de recuperación para su aprovechamiento futuro.

A partir de la zonificación se consideró necesario hacer un análisis de estabilidad en la zona intermedia, donde actualmente se desarrollan actividades agrícolas y ya se han establecido algunas familias, a fin de establecer las condiciones del terreno y el grado de amenaza asociado a ellas. Dicho análisis se efectúa sobre modelos físicos y geotécnicos derivados de la exploración del terreno adelantada por métodos directos e indirectos.

## 6.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

La exploración del subsuelo, se realizó de manera directa, mediante perforaciones y de modo indirecto por medio de tomografías eléctricas.

### 6.1.1 Exploración Directa

La exploración directa comprendió dos actividades: una primera consistente en la ejecución de 3 sondeos a profundidad de 10 m cada uno, con un equipo mecánico liviano de rotación y percusión tipo Acker, realizada por la firma López Hermanos Ltda, cuya sede está en la ciudad de Tunja. Una segunda campaña consistió en la ejecución de 7 sondeos manuales o sondajes por percusión hasta profundidades cercanas a los seis metros, que fue adelantada con personal de la institución. En ambos casos se realizaron pruebas de penetración estándar y muestreo alterado e inalterado.

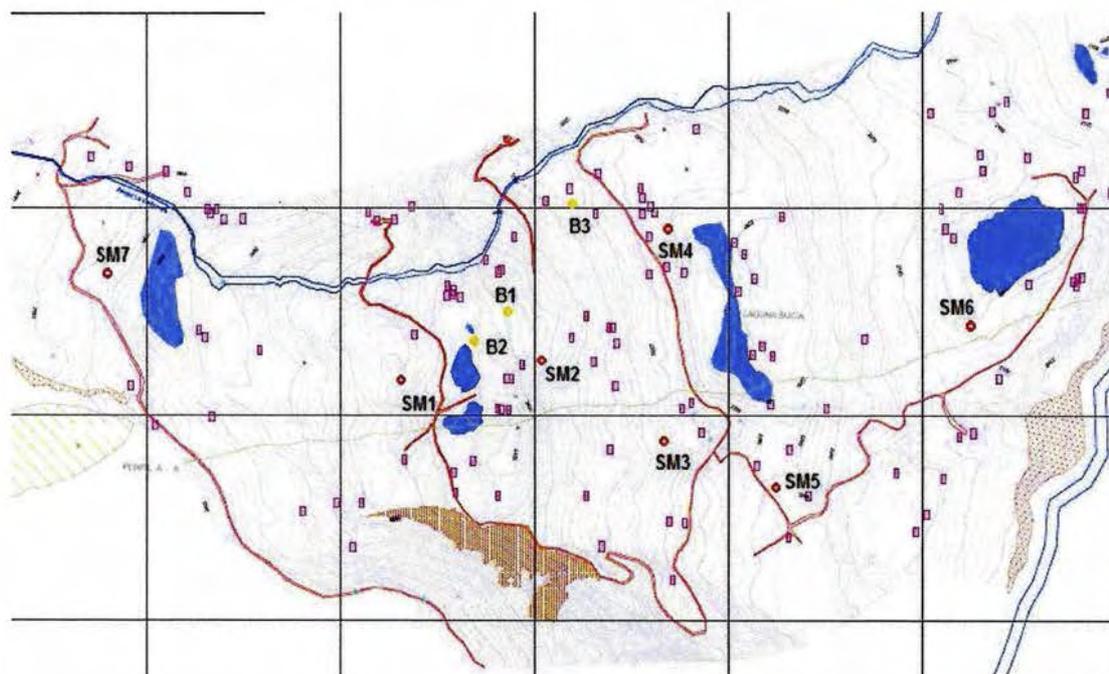
**Tabla 6-1.** Relación de Barrenos mecánicos y sondeos manuales

SONDEO N°	PROFUNDIDAD (m)
B1	10
B2	10
B3	10
S1	5.5
S2	5.5
S3	5.5
S4	6.0
S5	6.0
S6	5.7
S7	5.8

Fuente. Proyecto

La localización de los sondeos se ilustra en la **figura 6-1**. En la tabla siguiente se muestra una relación de la exploración directa efectuada.

**Figura 6-1. Localización de Sondeos**



Fuente. Proyecto

Para el programa de perforaciones mecánicas, se empleó el equipo liviano tipo Acker, mostrado en la **fotografía 6-1**.

**Fotografía 6-1.** Imagen barreno 1, vista hacia la parte baja de la zona afectada



Fuente. Proyecto

**Fotografía 6-2.** Imagen barreno 2, vista hacia la parte alta de la zona afectada



Fuente. Proyecto

De los distintos sondeos se obtuvieron muestras alteradas e inalteradas para la correspondiente caracterización en laboratorio. Los sondeos manuales se realizaron con avance por percusión.

**Fotografía 6-3.** Imágenes de actividades de exploración manual



Fuente. Proyecto

### 6.1.2 Ensayos de Laboratorio

Con las muestras obtenidas de la exploración directa se realizaron pruebas de laboratorio para determinar los parámetros físicos y mecánicos de los distintos materiales encontrados, y también para definir su clasificación UCS. Los ensayos fueron realizados por LÓPEZ HERMANOS, y algunas pruebas complementarias se ejecutaron en el laboratorio de la UPTC, sede Sogamoso.

**Tabla 6-2.** Relación de ensayos de laboratorio

<i>TIPO DE ENSAYO</i>	<i>CANTIDAD</i>
Humedad natural	53 unidades
Granulometría por tamizado	7 unidades
Límites de Atterberg	18 unidades
Compresión inconfiada en suelos	7 ensayos
Corte directo consolidado drenado	7 ensayos

Fuente. Proyecto

### 6.1.3 Exploración Indirecta

La exploración indirecta consistió en quince líneas de tomografías, como complemento a la exploración directa.

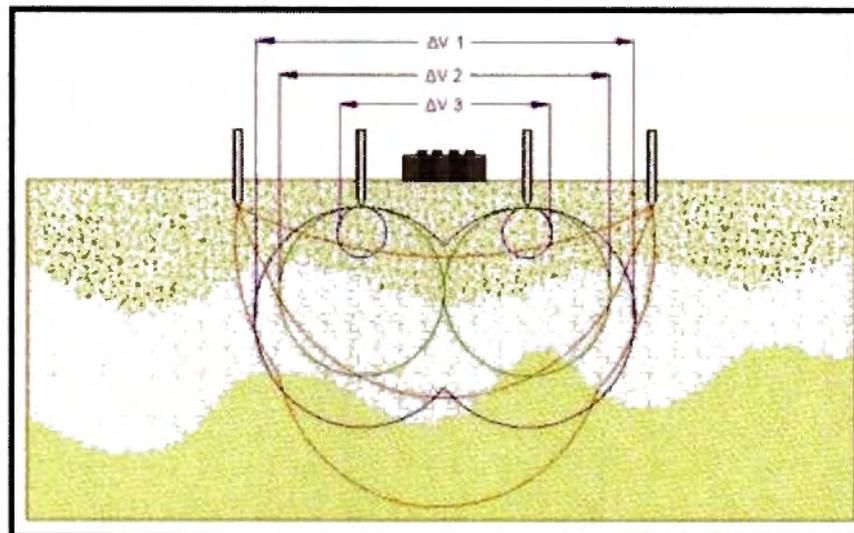
#### 6.1.3.1 Fundamento Teórico

Las Tomografías Eléctricas Resistivas (TER) son métodos geofísicos de exploración, constituidos por una serie de técnicas para medir las variaciones de diversas propiedades físicas en los materiales de la corteza terrestre tales como: densidad, susceptibilidad magnética, velocidad de propagación de las ondas elásticas, resistividad eléctrica o la radioactividad natural de las rocas, entre otras.

La medición de estas variaciones, permite inferir algunas condiciones litológicas y estructurales del subsuelo, correlacionando los valores medidos, con los efectos calculados de los modelos de laboratorio, en los que se conocen las relaciones causa-efecto en términos de una función matemática.<sup>2</sup>

El método consiste en inyectar una corriente eléctrica al interior del suelo, la cual regresa al voltímetro con una diferencia de potencial ( $\Delta V$ ) producto de las variaciones en resistencia que resultan del tipo de material (**Figura 6-1**); cada tipo de material tiene diferente manera a “resistir” una corriente eléctrica, los buenos conductores o materiales humedecidos presentan resistencia baja a la inyección de corriente, mientras que materiales aislantes resistencias eléctricas mayores.

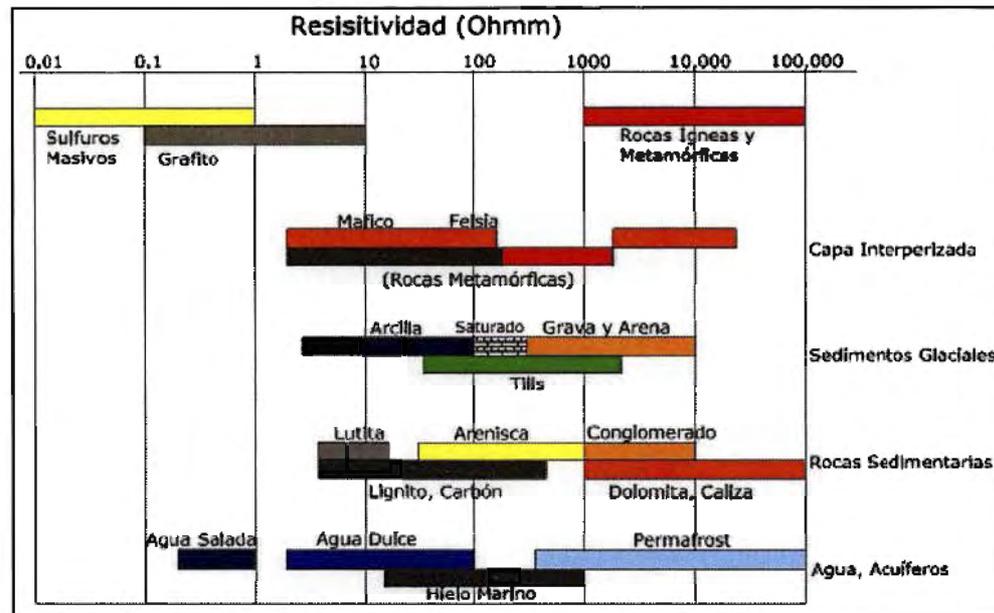
**Figura 6-2.** Principio teórico de operación de las TER"s.



Fuente. Mejora de técnicas geofísicas para la caracterización del subsuelo mediante innovación y el uso de herramientas de gestión de información espacial.

<sup>2</sup> LOKE, 2004.

Figura 6-3. Rangos de resistividad para diferentes materiales.



Fuente. Aplicación de la tomografía eléctrica para la caracterización de un deslizamiento de ladera en un vertedero, Aracil Avila, José Ángel.

La adquisición de datos de campo puede llevarse a cabo con configuraciones de electrodos que pueden variar su arreglo y que dependen estrictamente del objeto para el cual se realiza la exploración. De introducción reciente es la tomografía eléctrica, técnica multielectrónica en la que adquisición de datos está totalmente automatizado, permitiendo realizar un gran número de medidas, tanto en profundidad como lateralmente, en un breve espacio de tiempo (del orden de 500 medidas en una hora y media), obteniendo por tanto modelos 2D de gran resolución.

### 6.1.3.2 Metodología

La Tomografía eléctrica tiene por objetivo específico determinar la distribución real de la resistividad del subsuelo en el ámbito comprendido entre dos sondeos o bien hasta un cierto rango de profundidad a lo largo de un perfil de medida, a partir de los valores de resistividad aparente obtenidos mediante medidas realizadas por

métodos convencionales de corriente continua. Un factor clave de esta técnica es el número y distribución de las medidas de campo ya que de él depende tanto su resolución como la profundidad de investigación (mayor espaciamiento, mayor profundidad). Como regla general, un estudio mediante Tomografía eléctrica requiere la obtención de un número muy elevado de datos, con un pequeño espaciado entre medidas para conseguir la necesaria resolución lateral que viene dada por la siguiente formula:

$$d = X_{total} / N^{\circ}electrodos$$

Donde:

d= Distancia entre electrodos

X total= Distancia de la línea extendida

No. electrodos= electrodos a utilizar

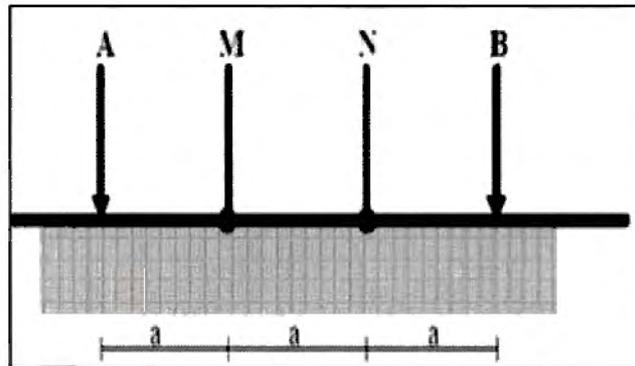
El resultado final de este tipo de estudio es una sección distancia-profundidad con la distribución de la resistividad real del subsuelo, fácilmente comprensible en términos geológicos o geotécnicos.

Un dispositivo es un arreglo de electrodos formado con dos pares de electrodos, dos emisores y dos receptores. A través de los electrodos emisores C1C2 se inyecta la corriente continua al terreno midiendo su intensidad con un miliamperímetro en serie, y a través del segundo par se mide la diferencia de potencial entre los electrodos P1P2 con un Mili voltímetro. En cualquier dispositivo electrónico, si conocemos el factor geométrico k, la corriente eléctrica I inyectada por los electrodos A y B, y la diferencia de potencial entre los electrodos M y N, podemos calcular la resistividad aparente mediante la expresión:

$$\rho = k \Delta V / I.$$

Se aplicó en estas tomografías el dispositivo WENNER, donde los electrodos se disponen equidistantes sobre una línea en el orden AMNB.

Figura 6-4. Dispositivo Wenner

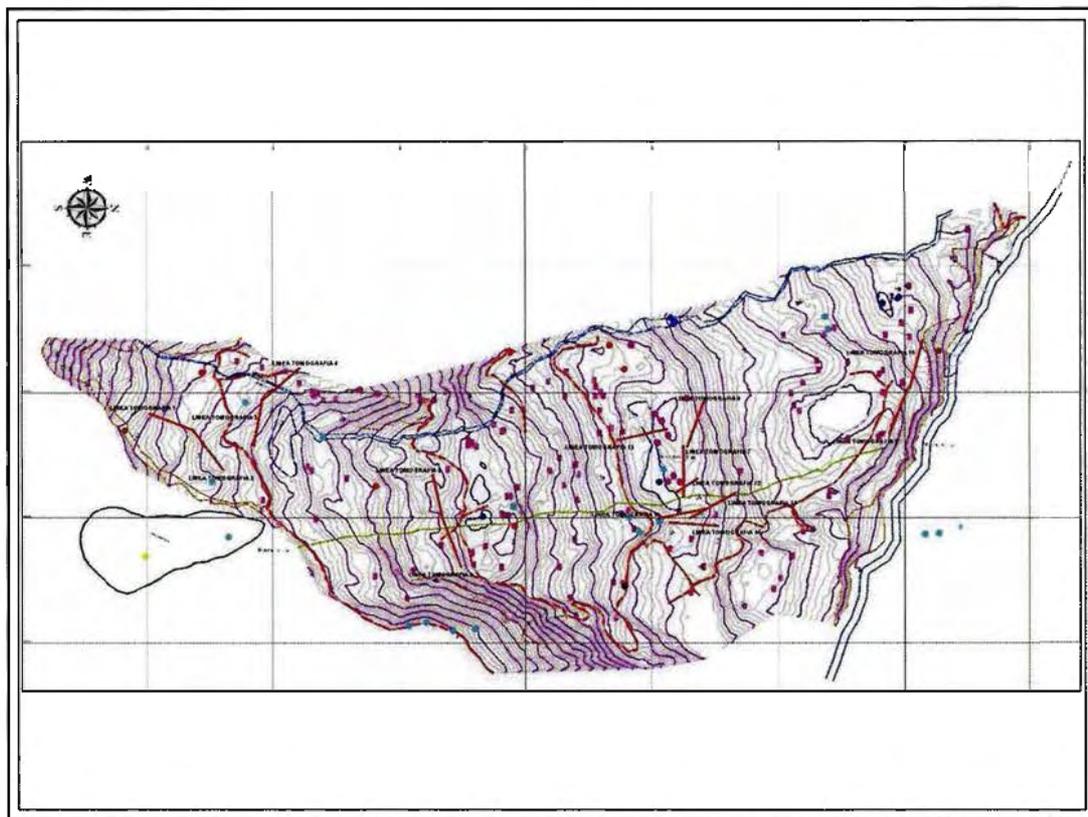


Fuente: Aplicaciones de la tomografía eléctrica 2-d al estudio del subsuelo Javier S. Salgado  
 El factor geométrico del dispositivo se deduce de:

$$K=2\pi (1/AM-1/AN-1/BM+1/BN)^{-1}, \text{ donde } K=2 \pi a.$$

Para la realización de las tomografías, en el municipio de Jericó, Vereda La Estancia , se utilizó el equipo TERRAMETER LS 04-064-250 propiedad de la UPTC, con 2 carretes de 210 m cada uno, 41 electrodos conectados cada uno al equipo, para obtener así las siguientes líneas con su respectiva interpretación. Se hicieron 15 líneas de tomografía con la localización que se muestra en la **figura 6-5**.

**Figura 6-5. Localización de Tomografías**



Fuente. Proyecto

### 6.1.3.3 Resultados

Con ayuda del software Res2DINVX64, se relacionaron datos de las respectivas resistividades de los materiales del área obtenidas por el equipo, resultando así el modelamiento en 2D del área de estudio, donde se observan que el área está conformada por un depósito reciente (generado por el movimiento en masa ocurrido) con resistividades que oscilan entre 60 – 4759  $\Omega \cdot m$ , rocas de tipo de sedimentario entre las que encontramos: una capa de areniscas, con resistividades que varían entre 40,6 – 80  $\Omega \cdot m$ , un segundo material, compuesto por lodolitas con resistividades entre 25 – 100  $\Omega \cdot m$ , un último material compuesto por lutitas con resistividades entre 5,42 - 106  $\Omega \cdot m$ , ver figuras 7 a la 26. □ En

las últimas 5 líneas se presentan resistividades más bajas que en las líneas anteriores debido a que se realizaron en época de verano (menor porcentaje de humedad en los materiales).

#### **6.1.3.4 Procesamiento de la información**

Para la realización de las tomografías, en el municipio de Jericó – Boyacá, sector La Estancia, se utilizó el equipo ABEM TERRAMETER LS 04-064-250 propiedad de la U.P.T.C., con 2 carretes de 210 m. cada uno, 41 electrodos conectados cada uno respectivamente al equipo, para obtener así las siguientes líneas con su respectiva interpretación:

Los resultados de las 15 tomografías realizadas en el sector la Estancia del municipio de Jericó se relacionan en el **ANEXO G**.

De los resultados obtenidos se llega a las siguientes conclusiones:

- ✓ Mediante la exploración geofísica se pudo determinar la composición litológica del área de estudio conformada por depósitos recientes (generados por el movimiento en masa ocurrido, como consecuencia de erosión, transporte y caídas de material, provenientes de otras formaciones como la luna y los pinos) y rocas de tipo sedimentario como Areniscas, calizas, lodolitas y lutitas; estos dos últimos en su gran mayoría.
  
- ✓ Fue posible establecer la traza de la falla Bebedero hacia la parte baja de la zona estudiada, la cual favoreció la acumulación de los depósitos en el sector aledaño a la laguna Limpia generando un abombamiento que es notable a simple vista.

## 6.2 EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD

### 6.2.1 Descripción del movimiento

El movimiento en masa comenzó el día 28 del mes de Abril del año 2011 y para el día 2 de Mayo ya había afectado un área aproximada de 360 hectáreas, en una longitud cercana a 3 km, desde la cabecera hasta el río Chitano. Las causas reales asociadas son el tipo de materiales presentes que corresponden a un depósito coluvial y la susceptibilidad geomórfica con pendientes medias a altas; la causa inmediata o detonante fué el agua producto de las intensas precipitaciones ocurridas desde la segunda semana del mes de Abril, y como factores contribuyentes se tuvieron, el agua proveniente del sistema de riego y la sobrecarga causada por el material rocoso caído desde el escarpe de la parte alta y que una vez iniciado el movimiento, se constituía en carga adicional sobre el terreno al cual era transportado, influyendo en su desestabilización. Este proceso sucedió en cadena ladera abajo, alcanzando las proporciones finales, hasta que el drenaje forzado y la pendiente del terreno favorecieron el equilibrio en condiciones residuales.

El fenómeno sucedido clasifica como un movimiento complejo, con caída de rocas en la parte alta, movimientos rotacionales, traslacionales y compuestos, en la casi totalidad del área afectada y con flujos en algunos sectores. Grandes bloques del depósito coluvial fueron arrastrados ladera abajo y quedaron depositados en el tercio superior de toda la longitud.

Con el paso del tiempo, alguna vegetación ha crecido en unos sectores llegando a ocultar la apariencia de material removido, pero en general aún de lejos, es evidente el fenómeno de remoción en masa, además porque en muchas partes se aprecian las ruinas de las viviendas y escuelas que fueron destruidas.

### 6.2.2 Zonificación del área afectada por el movimiento del terreno

La zona afectada por el fenómeno de remoción en masa se ha dividido, con miras a su estudio y recuperación en tres sectores, en función de su topografía, rasgos geomorfológicos y materiales constitutivos. En el siguiente esquema se muestran los sectores definidos para la evaluación geotécnica.

**Fotografía 6-4.** Panorámica de la zona afectada por el movimiento en masa con los sectores definidos



Fuente. Proyecto

La zona alta superior corresponde a un terreno de pendiente alta con materiales sueltos de diverso tamaño, entre los que sobresalen bloques con dimensiones

comprendidas mayormente entre los 40 cm y los 2.0 m, desprendidos y esparcidos por acción de la gravedad en un área aproximada de 10 hectáreas.

A continuación está la zona alta inferior que tiene una pendiente media y que corresponde a un terreno muy resquebrajado con alto porcentaje de bloques de tamaños entre 30 cm y 1m. La presencia de grietas, terrones y bloques lleva a pensar que no es fácil la intervención para recuperar este sector.

La zona media superior tiene pendiente entre media y baja en un terreno con escaso agrietamiento y que ha ido adquiriendo una cobertura vegetal natural donde los pastos se conjugan con algunas especies arbustivas. En algunas áreas de poca extensión se desarrollan actividades agrícolas. En la parte baja se han formado tres lagunillas, cuya aparición parece estar asociada a la presencia de un pequeño macizo que se constituye en un control estructural y una barrera al flujo subterráneo.

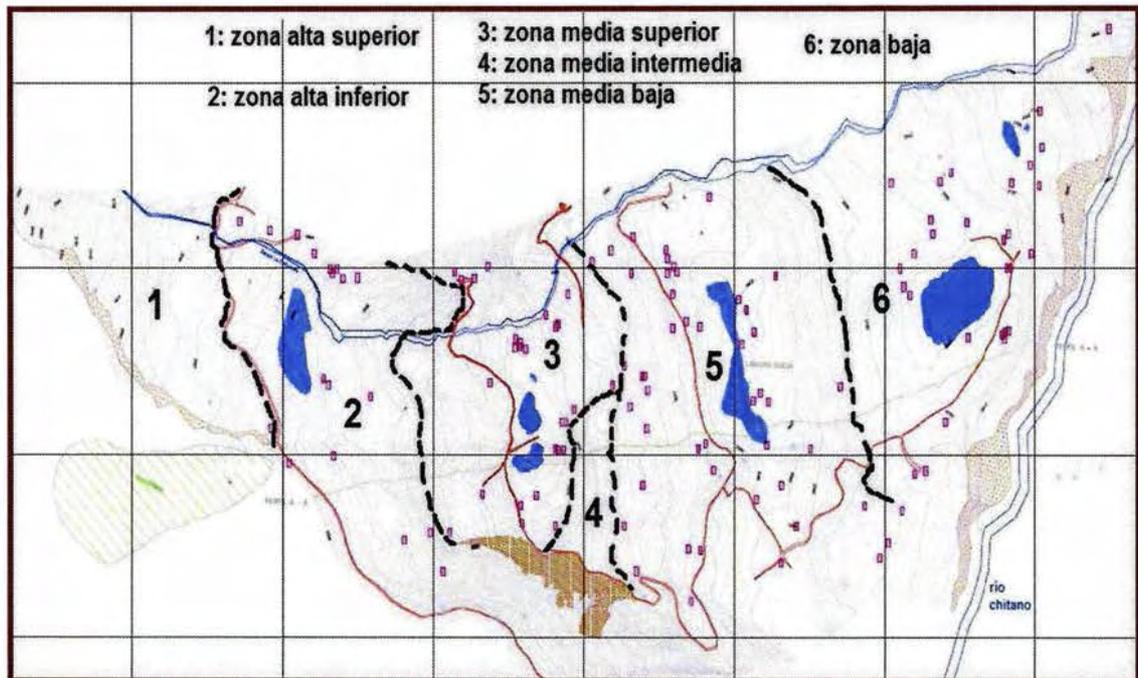
Como zona media intermedia se ha definido la zona escarpada del pequeño macizo donde no se encuentra material suspendido ni se aprecia una cobertura vegetal significativa.

La zona media inferior corresponde a un sector de cerca de 100 ha, con pendientes bajas y medias, donde es escasa la presencia de bloques de consideración, cuyo común denominador es la habilitación que han venido dándole sus propietarios para el uso agrícola. En la parte baja se encuentra la laguna conocida como laguna limpia que realmente ha sido invadida por una especie de alga que le confiere una apariencia contraria a su nombre. A continuación de la laguna está una zona en contrapendiente donde se acumularon estructuras en ruinas y materiales transportados durante el fenómeno de remoción en masa (FRM).

La zona baja corresponde a un sector de pendiente media a baja, a donde llegaron materiales finos con alto contenido de humedad que fueron esparcidos a manera de conos de deyección, algunos de los cuales llegaron hasta el río

Chitano. Esta área fue prontamente aprovechada para actividades agrícolas y en la actualidad no es fácil diferenciar los sectores afectados por el FRM de los que no lo fueron.

**Figura 6-6.** Zonificación del área afectada por el movimiento en masa



Fuente. Proyecto

### 6.2.3 Análisis de estabilidad de la zona media

Se decidió hacer un análisis de estabilidad en la zona marcada como media superior, por tratarse de un sector donde se han establecido ya varias familias, además de tener una pendiente más o menos considerable, y por estar abajo de las lagunas que se formaron luego del fenómeno de remoción en masa ocurrido.

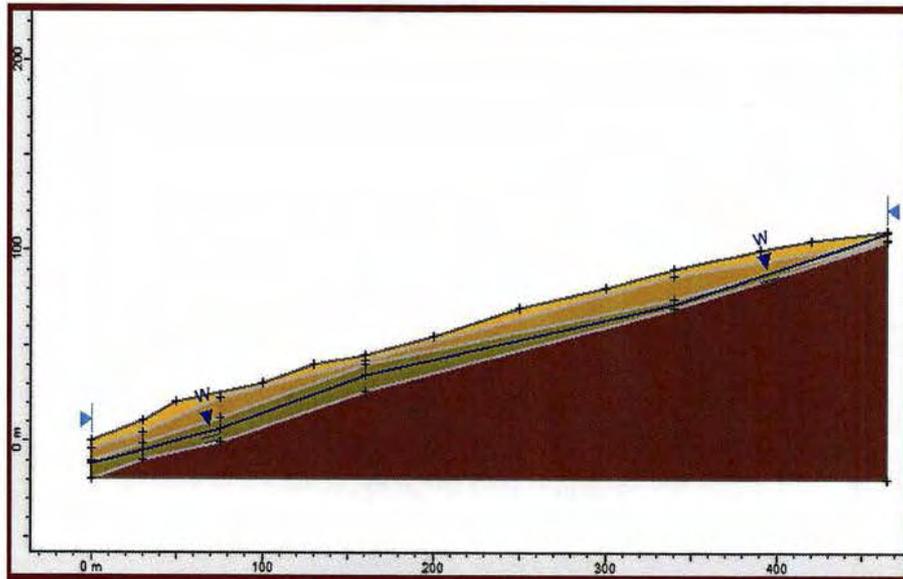
Para tal propósito se programaron tres barrenos con profundidades de 10 m a fin de obtener los parámetros necesarios para la modelación.

### 6.2.3.1 Modelo geotécnico

El modelo geotécnico está conformado por el modelo físico, a su vez compuesto por un perfil típico del terreno y los diferentes estratos, con adición de las propiedades físicas (peso unitario  $\gamma$ ) y mecánicas (cohesión  $C$  y ángulo de resistencia al corte  $\Phi$ ) de cada uno de ellos. El nivel freático se ha tomado en principio de manera arbitraria, pero será colocado convenientemente durante la modelación.

En la **figura 6-7** se muestra la sección del perfil, y en la **tabla 6-3** se consignan los parámetros físicos y mecánicos para cada uno de los distintos estratos que conforman el talud.

**Figura 6-7.** Modelo físico y geotécnico del perfil de la zona media



Fuente. Proyecto

**Tabla 6-3.** Parámetros geotécnicos del perfil modelado

COLOR	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	PESO UNITARIO	PARAMETROS RESISTENCIA
	CL	Arcilla limosa	<i>Seco</i> = 20 Kn/m <sup>3</sup> <i>Satu</i> = 22 Kn/m <sup>3</sup>	<i>C</i> = 37 Kpa $\Phi$ = 34°
	ML	Limo	<i>Seco</i> = 20 Kn/m <sup>3</sup> <i>Satu</i> = 22 Kn/m <sup>3</sup>	<i>C</i> = 150 Kpa $\Phi$ = 0°
	GC	Grava arcillosa	<i>Seco</i> = 20 Kn/m <sup>3</sup> <i>Satu</i> = 22 Kn/m <sup>3</sup>	<i>C</i> = 0 $\Phi$ = 35°
		Basamento	<i>Seco</i> = 20 Kn/m <sup>3</sup> <i>Satu</i> = 22 Kn/m <sup>3</sup>	<i>C</i> = 0 $\Phi$ = 40°

Fuente. Proyecto

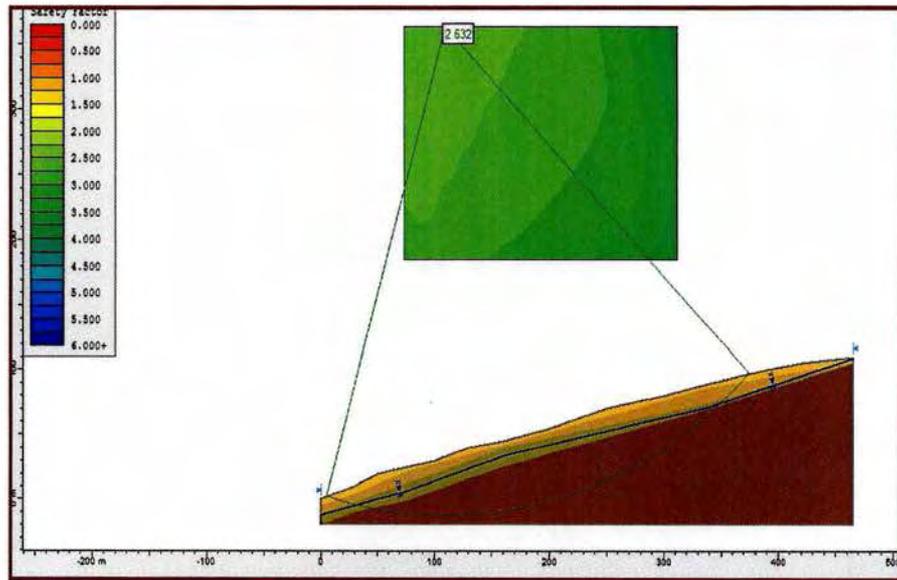
### 6.2.3.2 Análisis de Estabilidad

Entre los diferentes criterios para análisis de estabilidad de taludes, el de mayor aceptación es el criterio de equilibrio límite. Su principio consiste en relacionar la acción de las fuerzas resistentes o fuerzas que se opongan al movimiento, con la acción de las fuerzas que tienden a producir el movimiento. Esta relación establece el parámetro conocido como factor de seguridad, parámetro que está en relación inversa con la probabilidad de falla. La modelación de estabilidad efectuada para un perfil seleccionado de la zona media intermedia del área en estudio, consistió en determinar el factor de seguridad del modelo físico antes definido, por el método de equilibrio límite de momentos de Bishop para falla circular, mediante el programa SLIDE de Rocscience versión 5.

### 6.2.3.2.1 Modelación en equilibrio estático en la condición actual

La modelación de la condición actual para el perfil en consideración, además de indicar la probabilidad de falla sirve para verificar la validez del modelo físico, dado que el factor de seguridad no puede dar menos que la unidad. Se encontró que el factor de seguridad es 2.63, lo cual está asociado efectivamente a una situación de equilibrio con muy baja probabilidad de que el talud falle en las condiciones actuales.

**Figura 6-8.** Resultados del análisis estático al talud original

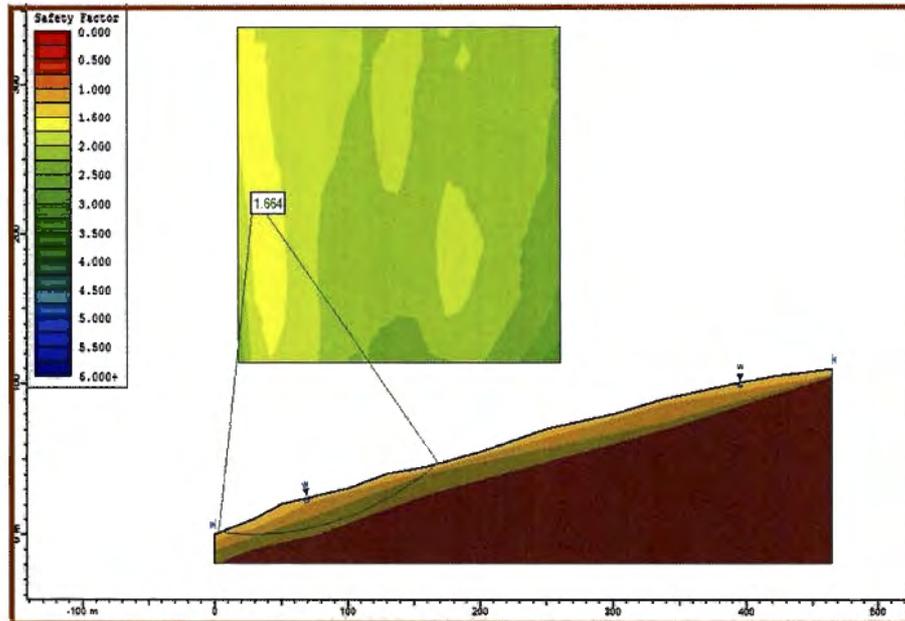


Fuente. Proyecto

### 6.2.3.2.2 Modelación en equilibrio estático del talud original saturado

La evaluación siguiente es para el supuesto de que el nivel freático alcance la superficie del terreno a todo lo largo del talud, pero sin considerar reducción en la resistencia intrínseca de los materiales. Para este caso se encontró que el factor de seguridad llegaría a ser de 1.66, lo que significa que sin variar los parámetros de resistencia de los suelos presentes, el talud no fallaría y en cambio la probabilidad de fallar sería escasa.

Figura 6-9. Resultados del análisis estático al talud original

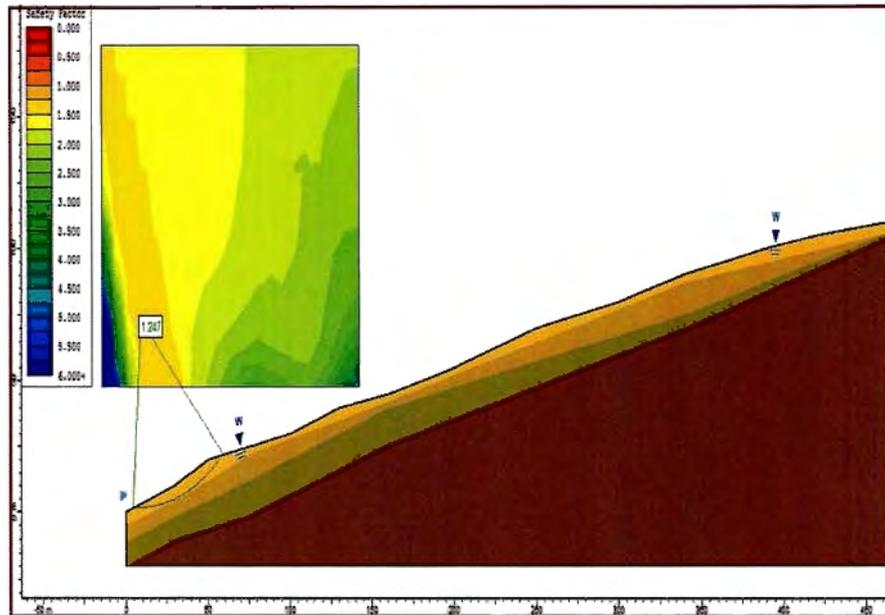


Fuente. Proyecto

#### 6.2.3.2.3 Modelación en equilibrio estático del talud original saturado

En la siguiente modelación se supone que el nivel freático alcance la superficie del terreno a todo lo largo del talud, y que además se afecten los valores de los parámetros de resistencia al corte de los suelos presentes, teniendo una reducción del orden del 50%. Para este caso se encontró que el factor de seguridad sería igual a 1.25, lo que significa que aún en este caso, el talud seguiría siendo estable.

Figura 6-10. Resultados del análisis estático al talud original

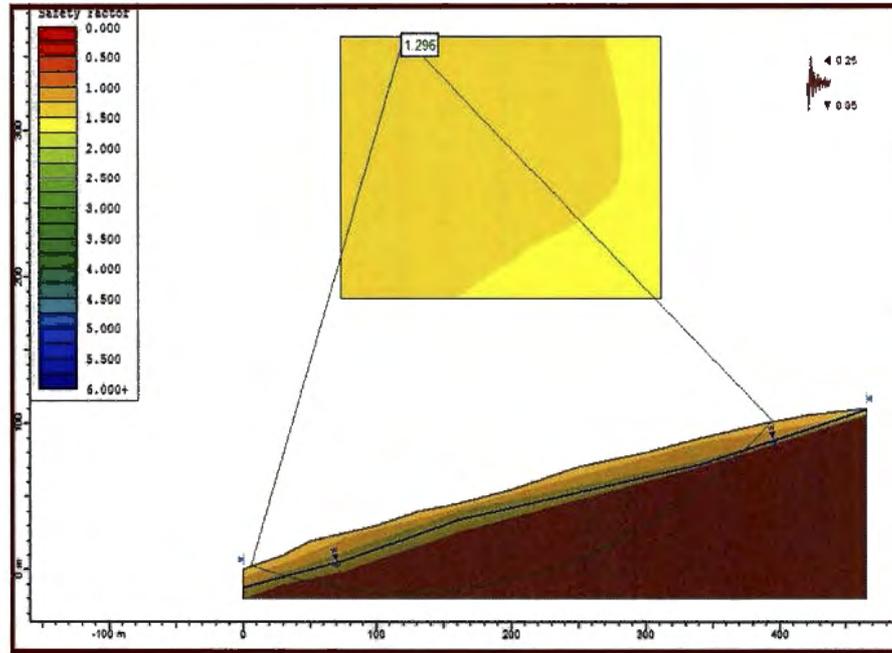


Fuente. Proyecto

#### 6.2.3.2.4 Modelación del talud en condición de equilibrio Pseudoestático

La siguiente modelación corresponde a la condición del talud en las condiciones actuales, considerando el equilibrio Pseudo estático, en el cual se aplican fuerzas horizontales equivalentes a las que podrían ser inducidas por un sismo. Los coeficientes de Pseudo aceleración espectral que sugiere la norma sismo resistente del año 2010, NSR-10, para la zona de estudio, clasificada como una región de amenaza sísmica alta, son  $K_H=0.25$  y  $K_v=0.05$ . El factor de seguridad encontrado en este caso es  $FS=1.3$ , que indica que bajo estas circunstancias el talud no fallará.

Figura 6-11. Resultados del análisis pseudoestático al talud original

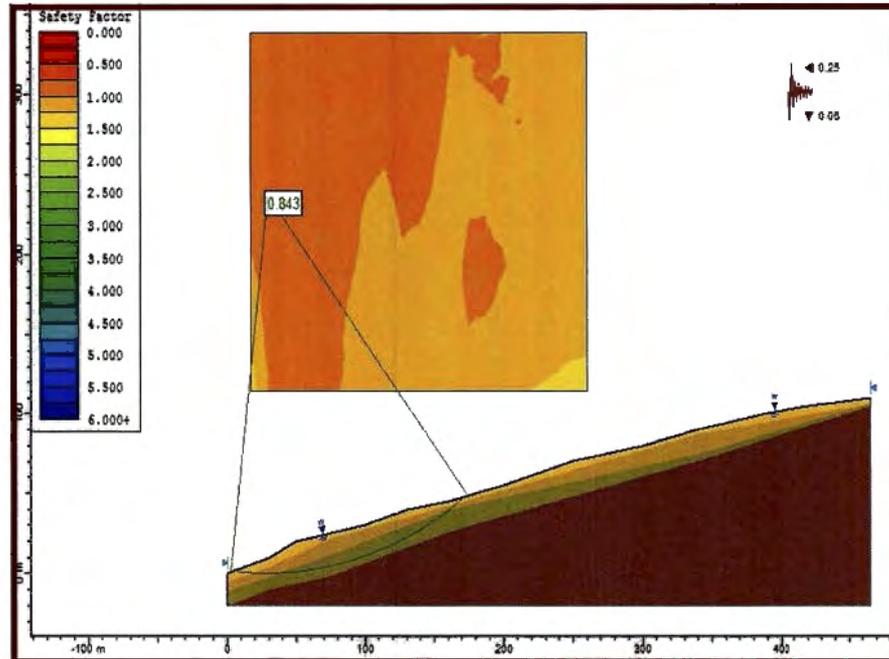


Fuente. Proyecto

#### 6.2.3.2.5 Modelación en equilibrio Pseudo estático con saturación plena

La siguiente modelación corresponde a la condición de equilibrio Pseudo estático, suponiendo que se satura el terreno. El resultado es un  $FS=0.84$ , indicando que si llegare a saturarse el talud y justamente en esas condiciones se presentara un sismo importante el talud fallaría

Figura 6-12. Resultados del análisis pseudoestático con talud saturado

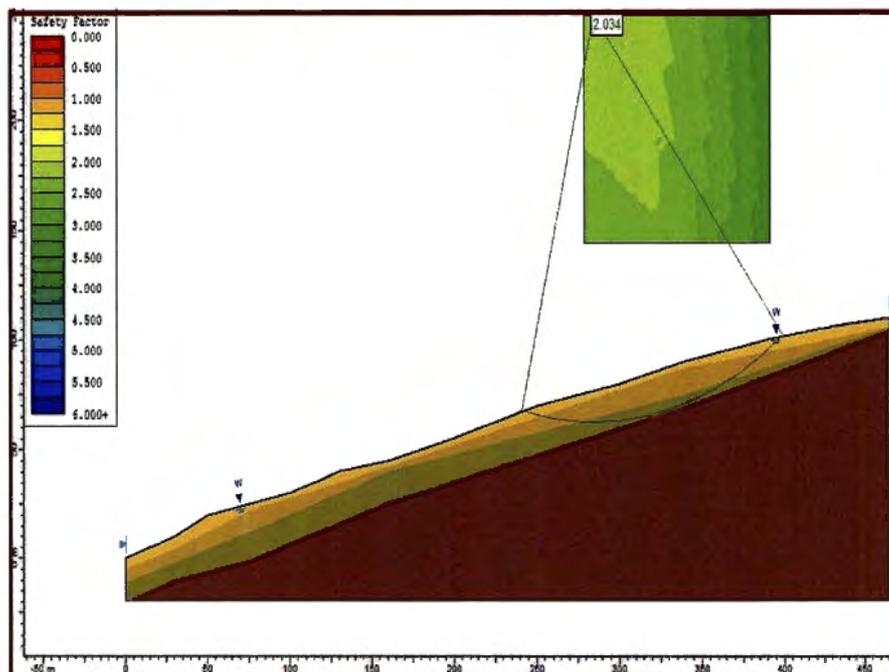


Fuente. Proyecto

#### 6.2.3.2.6 Modelación de la parte alta del talud saturado

La siguiente modelación consiste en evaluar la estabilidad de la parte alta del perfil considerado suponiendo saturación plena con reducción de la resistencia intrínseca. En este caso se obtuvo un factor de seguridad de 2.03 que significa que bajo estas circunstancias el talud es estable. En realidad lo que se pretende con este análisis es tener un punto de comparación para el caso de presentarse una sobrecarga como sucedería en el evento de desplazarse la masa que se encuentra más arriba, lo cual se simula con el siguiente modelo.

Figura 6-13. Resultados del análisis a la parte alta del talud en condición saturada

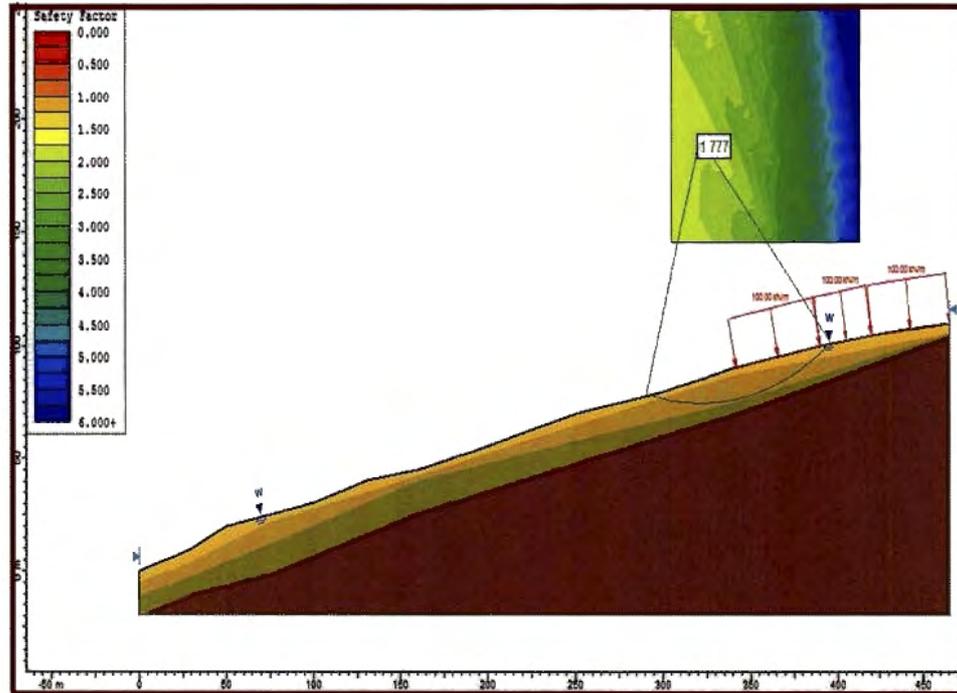


Fuente. Proyecto

#### 6.2.3.2.7 Modelación de la parte alta del talud saturado con sobrecarga

Aquí se evalúa el caso en el cual a la parte alta del talud (en condición saturada y suponiendo una reducción en los valores de la cohesión y el ángulo de fricción como en el modelo anterior) llega una sobrecarga, debida por ejemplo a la llegada de material deslizado desde la parte alta (de 4 m de espesor). El factor de seguridad para este caso es de 1.78, que representa un aumento en la probabilidad de falla respecto al modelo anterior, aunque permaneciendo la condición estable. Con esto se corrobora lo expresado al comienzo del capítulo, en relación con el mecanismo de falla que seguramente tuvo lugar durante el movimiento en masa presentado.

**Figura 6-14.** Resultados del análisis pseudoestático con talud saturado



Fuente. Proyecto

### 6.2.4 Evaluación de Resultados

La tabla siguiente resume los resultados obtenidos en la modelación de equilibrio del talud considerado, en los diferentes escenarios planteados.

**Tabla 6-4.** Resumen de resultados del análisis de estabilidad

ZONA	TIPO DE MODELO	MÍNIMO FS
<b>MEDIA</b>	Talud Original Estático	2.63
<b>MEDIA</b>	Talud Original Saturado Estático	1.66
<b>MEDIA</b>	Talud Original Pseudoestático	1.30
<b>MEDIA</b>	Talud Original Saturado Pseudoestático	0.84
<b>MEDIA</b>	Talud Original Saturado Estático con $c$ y $\phi$	1.24

ZONA	TIPO DE MODELO	MÍNIMO FS
	reducidos	
<b>MEDIA</b>	Original parte alta Estático Saturado $c$ y $\phi$ reducidos	2.03
<b>MEDIA</b>	Original parte alta Est. Sat. $c$ y $\phi$ reducidos sobrecarga	1.78

Fuente. Proyecto

De los resultados obtenidos se llega a las siguientes conclusiones:

- El resultado obtenido para la modelación en equilibrio estático permite concluir que de mantenerse las condiciones actuales, la zona media presenta pocas probabilidades de ocurrencia de movimientos en masa. A ello contribuye la pendiente no tan pronunciada y la suficiente resistencia al corte de los suelos presentes.
- Para saturación plena se corrió el modelo llevando a coincidir con la superficie del terreno la tabla de agua; para este caso se obtuvo un factor de seguridad de 1.66 en condición estática y de 0.84 para el análisis pseudoestático. Es decir que si llegare a coincidir la ocurrencia de un sismo con la saturación del terreno se presentaría la falla, situación poco probable, pero que no puede descartarse. También se corrió la modelación estática del terreno saturad, pero reduciendo de un modo un tanto arbitrario los valores de cohesión y fricción en un 50%, como podría darse en este tipo de terrenos remoldeados, obteniendo en este caso un factor de seguridad de 1.25, correspondiente a un talud estable.

- Para evaluar el efecto de una eventual sobrecarga que pudiese provenir de terreno desplazado desde las zonas altas adyacentes, se corrió un modelo con una superficie potencial de falla localizada en la parte superior del talud, encontrándose para condición estática con saturación plena, un factor de seguridad de 2.03; luego con sobrecarga para las mismas condiciones el factor de seguridad resultante fue de 1.78. Se concluye con esto que se presenta una afectación importante sobre la estabilidad por acción de sobrecargas, aunque no tan extrema en este caso.
- En síntesis, salvo que coincidan los efectos de saturación del terreno y de ocurrencia de un sismo de magnitud extrema, en la zona media de la vereda La Estancia tal como fue evaluada, no existe una significativa amenaza por remoción en masa; esto puede asegurarse siempre y cuando no actúen otros factores, como por ejemplo, la erosión hídrica derivada de indebidas prácticas de riego, los cortes viales, acumulación de materiales, reservorios u otros. En caso de proyectarse una vía deben efectuarse los análisis puntuales correspondientes.

## 7 ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS

En un marco general, el municipio de Jericó se encuentra ubicado en el margen oriental de la cordillera de los Andes, la cual aún está en un proceso de evolución tectónico y geomorfológico evidenciado en los distintos procesos exógenos y endógenos que comprometen el área de estudio.

Dos aspectos importantes dentro de la zonificación de amenazas por FRM que actúan como factores detonantes y controlan la generación de movimientos en masa en el área de estudio son la precipitación y la sismicidad.

Sísmicamente, este sector se encuentra en una zona de amenaza alta en donde las diferentes fallas y agentes geológicos tienden a actuar como factores desestabilizantes de las diferentes unidades comprendidas en la zona.

Las altas precipitaciones, que en la década de los 40 y en el año 2011 (sector Tintoba y la Estancia), actuaron como factor detonante en el desarrollo de una serie de deslizamientos y flujos de gran magnitud con alta incidencia sobre el sector agropecuario. Un mal manejo de aguas superficiales e implementación de sistemas de riego por gravedad generan un alto grado de infiltración, saturando los materiales y actuando como agente lubricante sobre contactos o planos de falla entre los depósitos y las formaciones con un buzamiento a favor de la pendiente ayudando a que se presenten movimientos en masa.

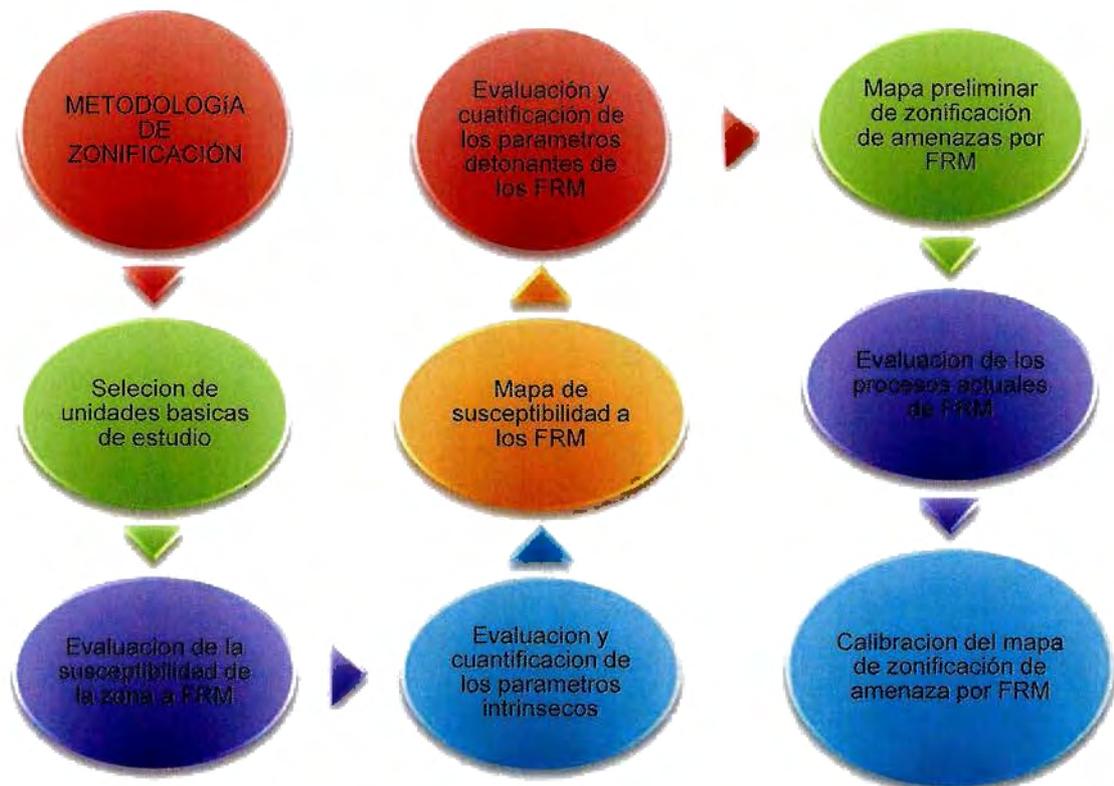
### 7.1 METODOLOGÍA DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

Para la zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa, en el área de estudio, se utilizó el método heurístico, el cual se basa en la aplicación de “pesos” o “valores” a cada uno de los parámetros internos y externos que condicionan la dinámica del terreno (Pendientes, Materiales, Vegetación, etc.).

Con esta puntuación se identifican las zonas de baja, media y alta susceptibilidad de cada variable y se realizó una sumatoria total en donde se establecieron las áreas de estabilidad dependiendo de los valores mínimos y/o máximos establecidos según la metodología y/o criterio evaluados por el autor.

Se utiliza como base de zonificación el método de: *Ecuaciones del Sistema Semicuantitativo de Evaluación de Estabilidad de Zonas Homogéneas (SES) para su uso en Sistemas de Información Geográfica (SIG) Autor: Álvaro J. González Año: 2006.*

**Figura 7-1. Metodología de Zonificación**



Fuente Ingeominas 2001, modificado proyecto

Esta metodología fue desarrollada por Ramírez-González en el año 1989, pero a causa del desarrollo y aplicación en Colombia de los Sistemas de Información

Geográfica se han modificado algunos aspectos de la metodología para realizar estudios de manera más general, puesto que anteriormente solo era aplicable a una unidad del terreno. Estas modificaciones y evaluación del método para la aplicación de los SIG's se desarrollaron en el año 2006 por Álvaro J. González, que junto con el Ingeominas se encargaron de probar la metodología para la realizar el mapa de zonificación de amenazas por FRM para la ciudad de Villavicencio con un resultado satisfactorio en la aplicación del método.

**Tabla 7-1.** Parámetros de Evaluación.

Parámetro		Símbolo y valor máximo	Factores
Material	Roca	M/50	Tipo de material rocoso. Condición de fracturamiento
	Intermedio		Tipo de material intermedio. Influencia de las estructuras
	Suelo		Tipo de suelo. Condición in-situ
Relieve		R/44	Pendiente. Forma de perfil longitudinal
Drenaje		D/35	Densidad de drenaje. Pendiente promedio de cauces
Erosión		E/35	Tipo de erosión
Clima		C/40	Precipitación
Vegetación		V/32	Pendiente. Tipo de vegetación
Sismicidad		S/24	Amenaza sísmica. Tipo de material
Factor Antrópico		A/40	Factor Antrópico

Fuente: Ramírez y González, 1989.

Los parámetros de evaluación se han dividido en dos grupos. Intrínsecos y detonantes. Los parámetros intrínsecos sirven como base para determinar la susceptibilidad de las laderas a los fenómenos de remoción en masa. La zonificación de amenaza por acción de estos fenómenos se obtiene al analizar la incidencia de los parámetros detonantes con la susceptibilidad de las laderas.

**Tabla 7-2.** Parámetros de evaluación para la zonificación de amenazas.

Parámetros de evaluación		Símbolo
Intrínsecos	Material	M
	Relieve	R
	Drenaje	D
	Vegetación	V
Detonantes	Erosión	E
	Clima	C
	Sísmica	S
	Factor Antrópico	A

Fuente: Álvaro J. González Año: 2006.

Para determinar el mapa de amenazas se realiza la sumatoria de cada uno de los parámetros que condicionan el terreno para luego dividir esta calificación en diferentes zonas de estabilidad desde muy baja hasta muy alta.

$$CE = M + R + D + V + E + C + S + A = \text{Mapa de amenazas por}$$

FRM

**Figura 7-2.** Evaluación de la amenaza por FRM según la calificación de estabilidad

AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA		CALIFICACIÓN DE ESTABILIDAD CE
Condición inestable	Muy Alta	CE < 126
	Alta	126.5 < CE < 151
	Media	151.5 < CE < 177
	Baja	177.5 < CE < 202
Condición Estable	Muy Baja	202.5 < CE

Fuente: Álvaro J. González Año: 2006.

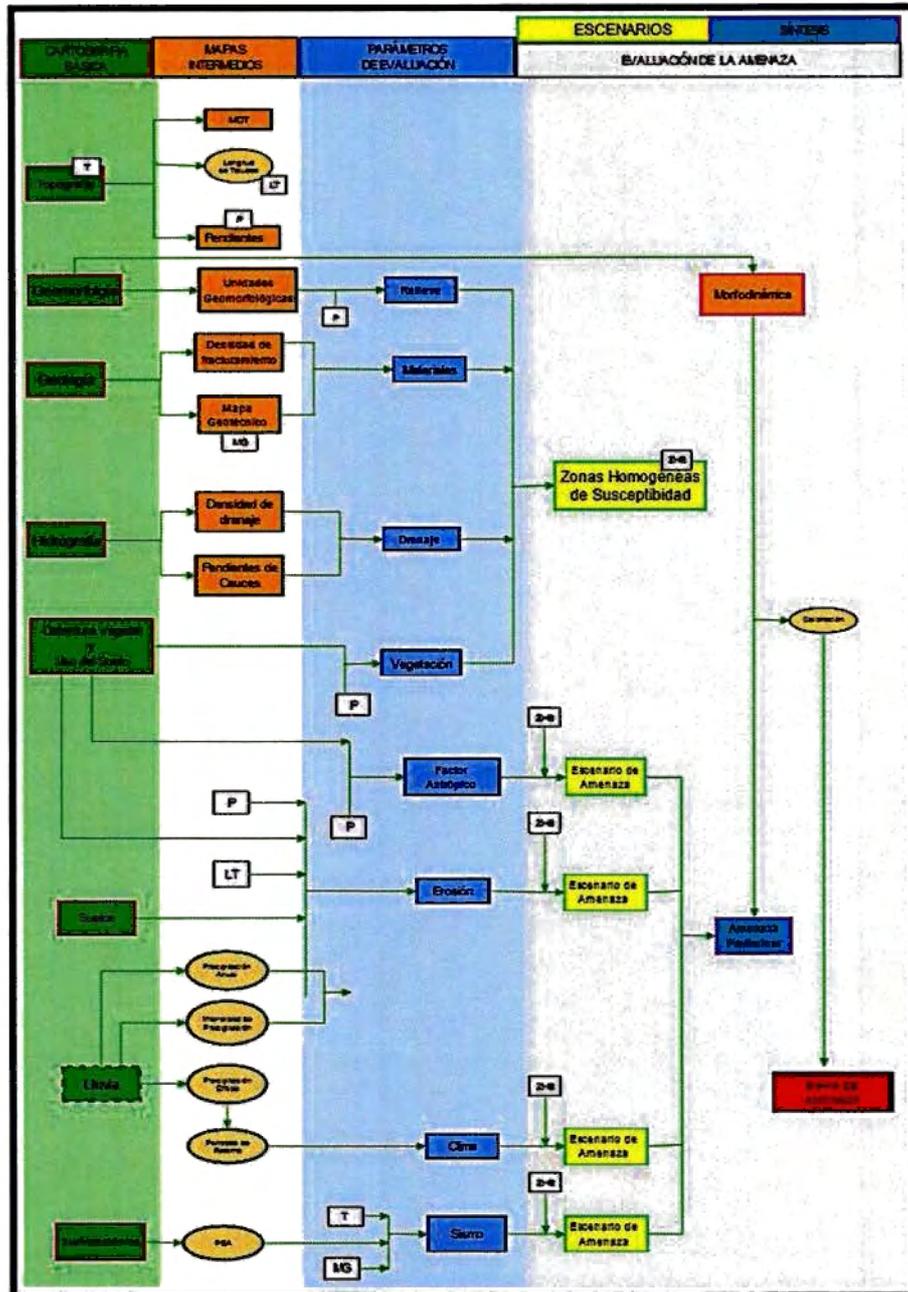
La calificación de estabilidad máxima es de 300 y la mínima es de 40. De acuerdo a estos valores en la siguiente tabla se aprecian el peso de porcentaje que tienen los diferentes parámetros en relación con las calificaciones máximas y mínimas.

**Figura 7-3.** Porcentaje de los parámetros de evaluación en relación con la calificación de Estabilidad máxima y mínima

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	PORCENTAJE SEGÚN VALORES MÁXIMOS (%)	PORCENTAJE SEGÚN VALORES MÍNIMOS (%)
M	17	3
R	15	15
D	12	15
V	11	7
E	10	28
C	13	20
S	9	3
A	13	9
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: Álvaro J. González Año: 2006.

Figura 7-4. Diagrama de Flujo explicativo de la evaluación de Amenaza por MM. Método Semicuantitativo



Fuente. Ingeominas 2001

## 7.2 EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD DE LADERAS A FENÓMENOS DE REMOSIÓN EN MASA (FRM)

Para evaluar el mapa de susceptibilidad de laderas a FRM se evalúan los cuatro parámetros considerados como intrínsecos de las laderas:

- Material
- Relieve
- Drenaje
- Cobertura vegetal

### 7.2.1 Parámetro Material

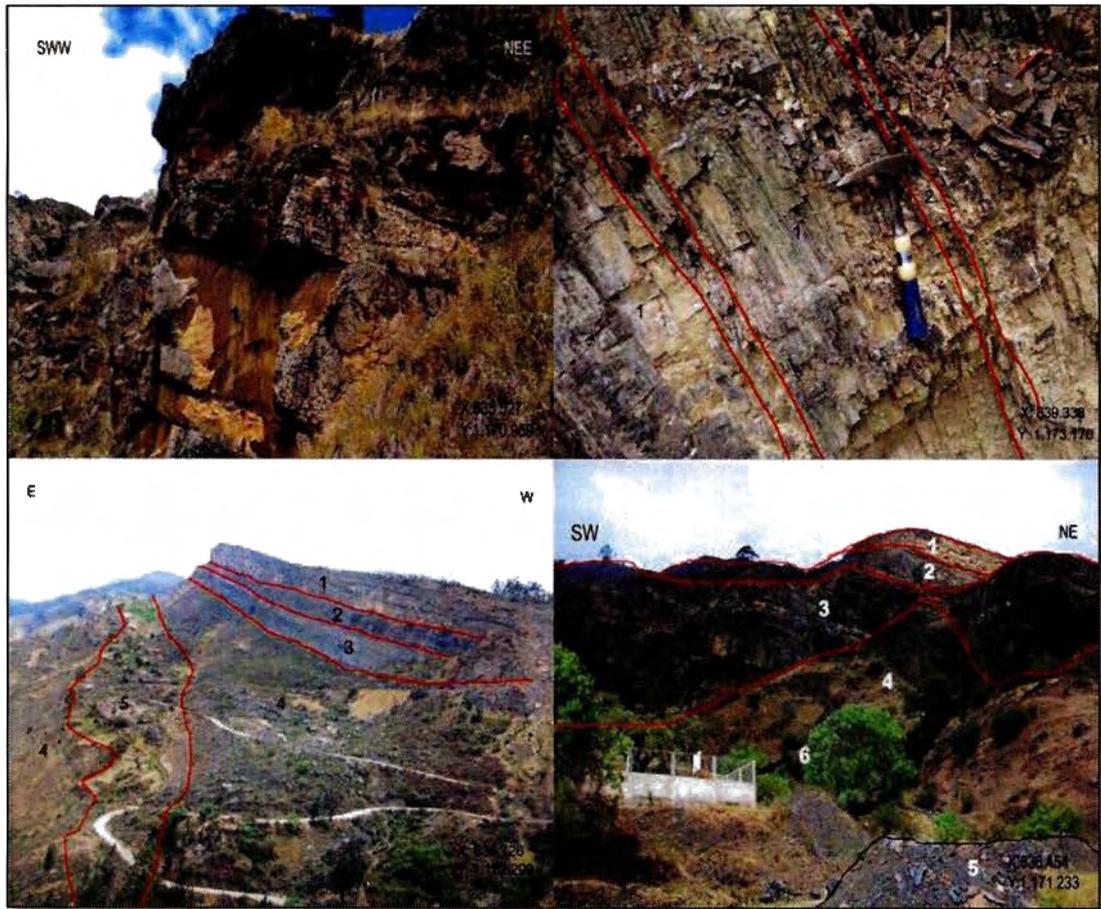
El relieve, el tipo de drenaje, el grado de erosión y la sismicidad del terreno están en función de los tipos de materiales. El material, es el parámetro intrínseco más importante de las laderas. Dependiendo del tipo de material y su resistencia, el grado de afectación de un proceso va a tener una mayor o menor incidencia. La disposición actual de los materiales de un área específica está condicionada por las características geológicas, estructurales y dinámicas del terreno.

El análisis de los materiales en la estabilidad de las laderas y la evaluación de amenazas constituye las bases esenciales, ya que este parámetro es el directamente afectado y puede sufrir colapso, falla, alteración, deformación, puede ser removido, transportado, etc., por lo cual un conocimiento adecuado del tema va a aportar de manera significativa en la valoración de amenazas.

El área de estudio está conformada por rocas del cretáceo superior y cuaternario. Entre las rocas del cretáceo superior se encuentran litologías de arenisca, lutita, limolita, porcelanita, caliza y chert, y los depósitos coluvial, aluvial y coluvio-aluvial del cuaternario. Tectónicamente, la acción de fallas, fracturas y estructuras han

deformado y fracturado las rocas, aumentado la susceptibilidad a movimientos en masa.

**Fotografía 7-1. Materiales presentes en el área de estudio**



Fuente: Proyecto

Superior Izquierda: 1) materiales de la formación arenisca tierna altamente diaclasados lo cual puede generar desprendimientos sobre la vía que comunica Cheva con Jericó. Superior Derecha: 1) Liditas oscuras material competente 2) Lutitas oscuras material mecánicamente incompetente Sector Landinez.

Inferior Izquierda: 1) Formación arenisca tierna (morfología abrupta a semivertical) 2) Formación los Pinos la cual presenta una ladera moderadamente inclinada 3) formación la Luna (expresión topografía fuerte o vertical) 4) laderas medianamente empinadas 5) plano de estratificación expuesto. Sector San Pedro-Tintoba. Inferior Derecha: 1) Formación Arenisca Tierna 2) Formación los Pinos 3) Formación la Luna 4) depósitos recientes 5) acumulación de material lutítico 6) Escuela el Cocubal.

Las características mecánicas de los materiales, según la metodología aplicada, están determinadas según la litología, rasgos estructurales y grado de meteorización.

La litología de los materiales está relacionada con su textura composición y fabrica. Los materiales se ven afectados por las estructuras como fallas, diaclasas y discontinuidades y su comportamiento está definido según el grado de consolidación. La alteración química o física de los materiales refleja la dinámica externa de un área y depende de la resistencia a la desintegración o descomposición de los materiales.

La metodología de zonificación, propone la evaluación de tres tipos de materiales: roca, intermedio y suelo. Para cada uno de los materiales se ha establecido una calificación de susceptibilidad de acuerdo a las características mecánicas. Para el caso de estudio, la delimitación de los materiales se realizó de acuerdo con la caracterización geológica donde se establecieron los tipos de rocas y depósitos.

Para la determinación de este parámetro se consideraron los tipos de materiales y la influencia de las estructuras. Las unidades rocosas, que corresponden a macizos rocosos de roca fresca a moderadamente facturada con pendientes

escarpadas, se definieron de acuerdo con la fotointerpretación y el análisis geológico realizado en campo. Las unidades de roca son las siguientes:

**Tabla 7-3.** Unidades de Roca.

UNIDAD DE ROCA	FORMACION CORRESPONDIENTE
Lodolitas fiibles grises y negras y arenisca cuarzosa	Formación Guaduas
Arenisca cuarzosa de grano fino a grueso	Formación Arenisca Tierna
Lutitas lodosas negras grisáceas y areniscas de grano fino	formación Los Pinos
Porcelanitas silíceas grisáceas, limolita silícea y lutita	Formación La Luna
Limolitas calcáreas	Formación La Luna
Liditas, lutita fosfórica y calizas grisáceas	Formación La Luna
Lodolitas y arenisca cuarzosa de grano muy fino	Formación Chipaque
Calizas lumaquelicas, lutitas y limolitas	Formación Chipaque
Lodolitas y calizas arenosas	Formación Chipaque

Fuente. Proyecto

Fotografía 7-2. Tipo de Suelos

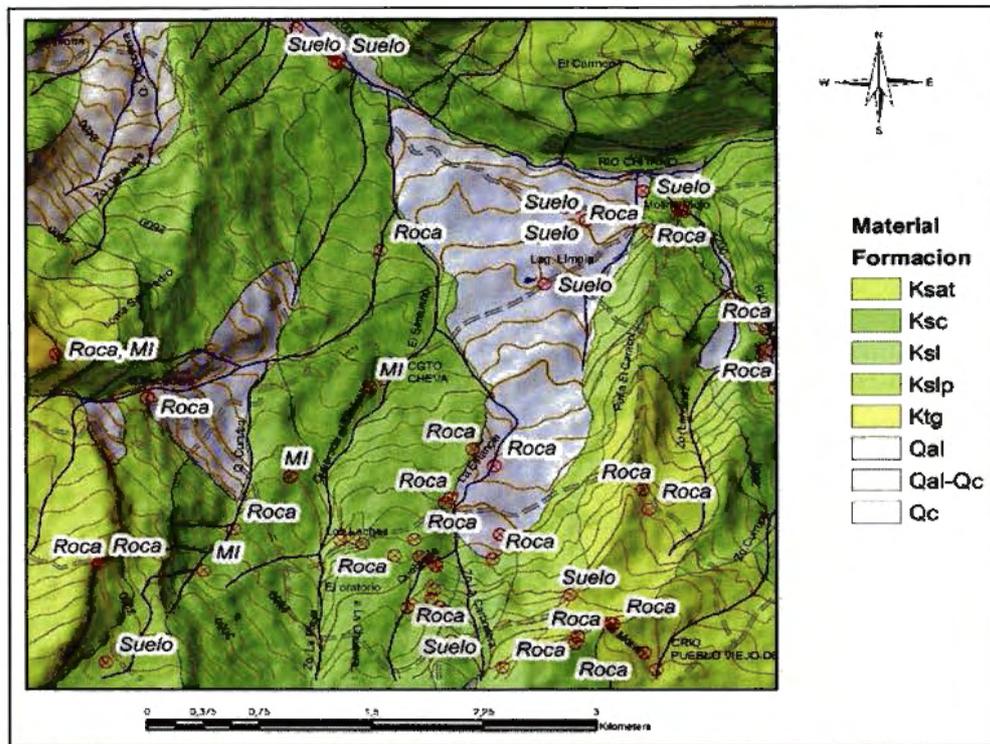


Fuente. Proyecto

El material intermedio es aquel que posee menos del 70% de matriz, comprende rocas con un grado de meteorización entre moderado a alto y los depósitos con predominio de bloques muy grandes clasto-soportados. . En este caso solo se delimitaron los depósitos aluviales de estructura clastosportada

El suelo, bajo la consideración ingenieril, es todo el material que contiene más de un 30% de matriz. Este factor se evalúa teniendo en cuenta su origen, naturaleza (granular, fino) y condición in situ. Se incluyen, los depósitos coluviales y aluviales excluyendo los depósitos clasto-soportados y los materiales que presentan un estado de alteración correspondiente a los horizontes V y VI perfil de meteorización.

**Figura 7-5. Tipo de Materiales**



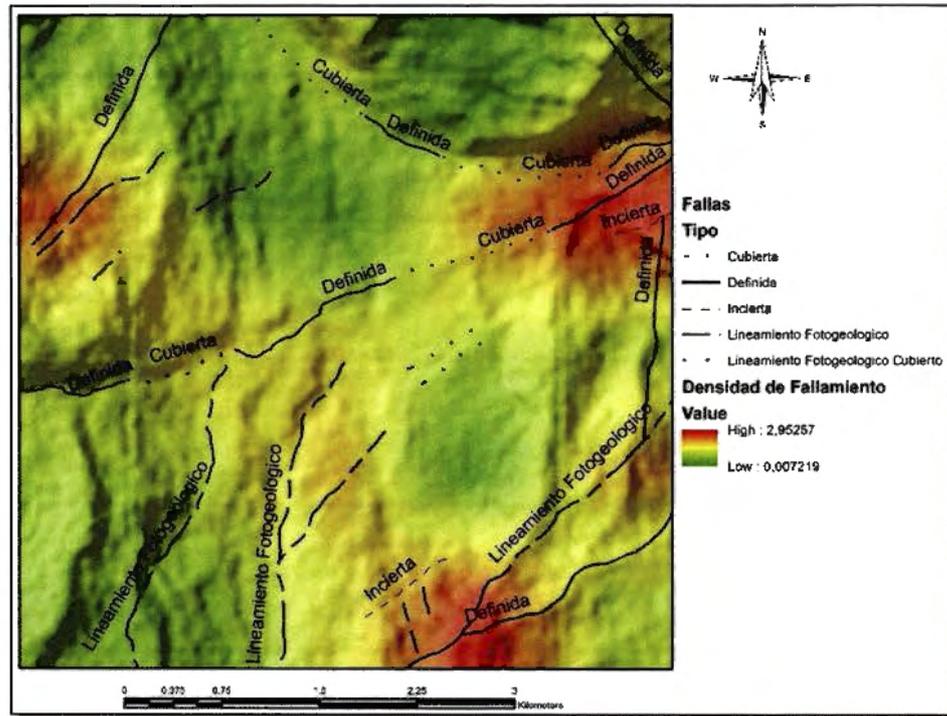
Fuente. Proyecto

**Tabla 7-4. Calificación de estabilidad, definidas para estos tipos e rocas según diferentes grados de fracturamiento.**

Tipo	Condición de fracturamiento			
	Masiva	Ligeramente fracturada	Moderadamente fracturada	Intensamente fracturada
<b>Tipo 1</b>	50	39	21	9
<b>Tipo 2</b>	38	29	16	7
<b>Tipo 3</b>	23	18	10	4
<b>Tipo 4</b>	11	8	5	2

Fuente. Proyecto

**Figura 7-6. Densidad de Fracturamiento**



Fuente. Proyecto

**Tabla 7-5. Valores de estabilidad para el factor suelo residual (G: granular, F: fino)**

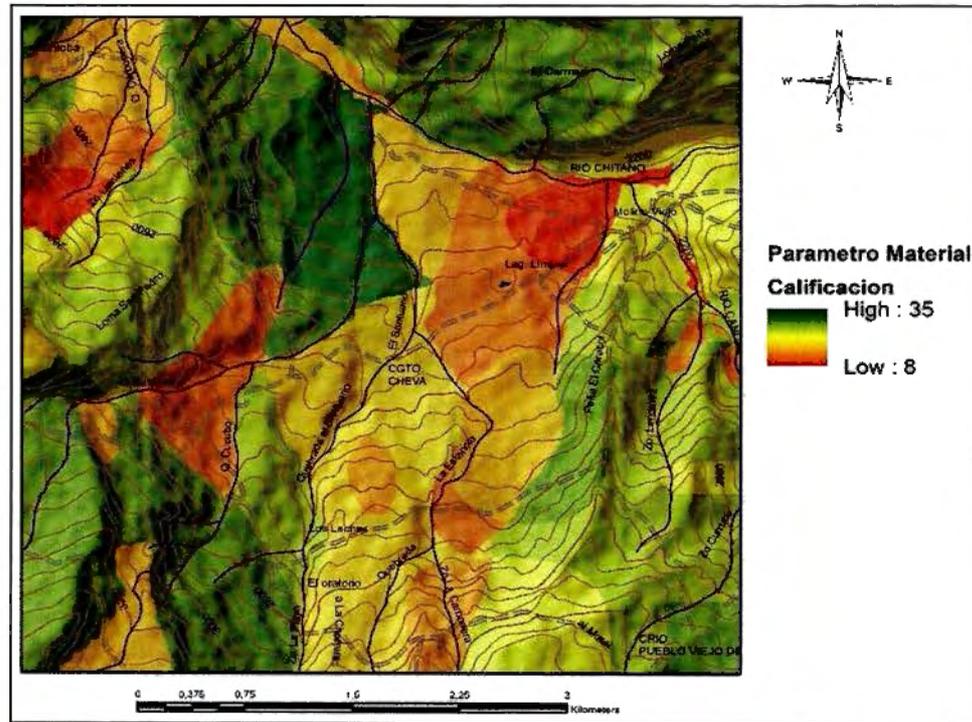
Roca parental	Suelo residual					
	Suelo			Suelo saprolítico		
	G		F	G		F
<b>Ígnea</b>	2		3	3		4
<b>Metamórfica</b>	1		2	2		3
<b>Sedimentaria</b>	1		2	2		3

Fuente. Proyecto

La influencia de las estructuras se halló estableciendo la densidad de fracturamiento definido por la razón de longitud de falla por unidad de área con la aplicación del SIG ArcGis.

La calificación del parámetro material se obtuvo sumando la densidad de fracturamiento con los tipos de materiales.

Figura 7-7. Mapa Parámetro Material

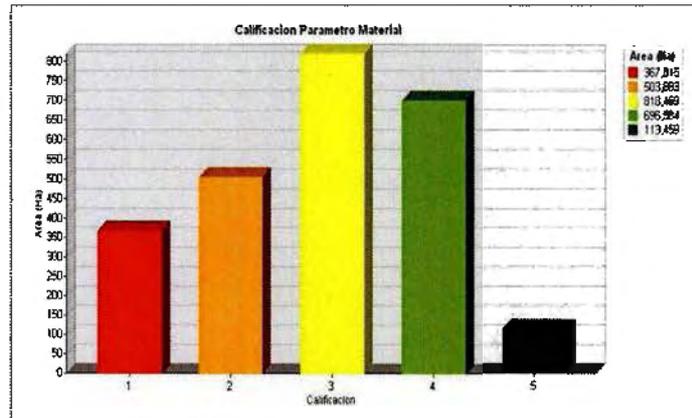


Fuente. Proyecto

Según el mapa de material, las zonas más susceptibles son los sectores de La Estancia, la vía de Cheva a Jericó y Tintoba; debido a que en estos sectores los materiales son de tipo suelo y la susceptibilidad es mayor, caso contrario de los sectores donde predominan las rocas, ya que el material de tipo roca presenta calificaciones más estables según la metodología.

El 14.71% del área presenta una susceptibilidad muy alta, el 20.14 es alta, el 32.73% es moderada, el 27.86% es baja y el 4.53% es muy baja. En conclusión el 65% del área presenta una susceptibilidad moderada a baja y el 35% una susceptibilidad alta.

**Figura 7-8.** Representación Gráfica de los resultados de Susceptibilidad



Fuente. Proyecto

**Tabla 7-6.** Ponderación de Susceptibilidad.

Calificación	Área (Ha)	Porcentaje
<b>Muy Alta (1)</b>	367,81452	14,71
<b>Alta (2)</b>	503,683462	20,14
<b>Moderada (3)</b>	818,459094	32,73
<b>Baja (4)</b>	696,583924	27,86
<b>Muy Baja (5)</b>	113,459	4,53
<b>Total</b>	2500	100

Fuente. Proyecto

### 7.2.2 Parámetro Relieve

El parámetro relieve, evalúa las características morfológicas y morfométricas del terreno relacionando la inclinación y forma de las laderas con el tipo de material, la disposición estructural, los procesos de meteorización y los tipos de movimientos en masa.

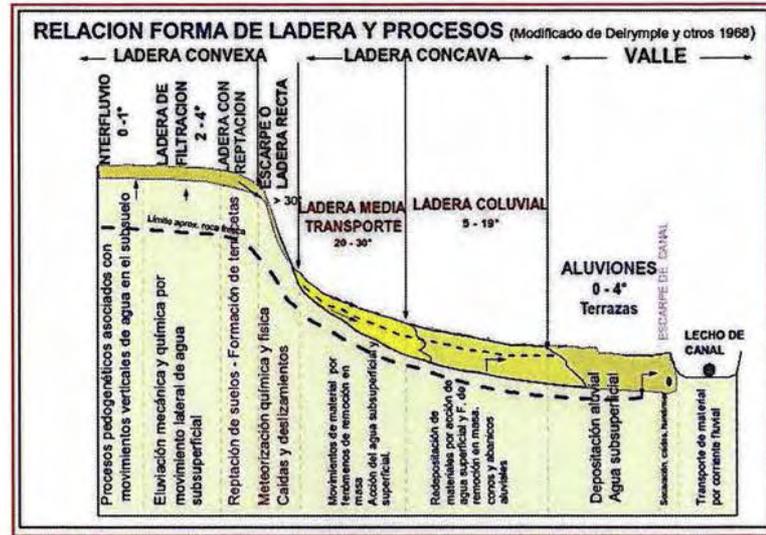
Las características geomorfológicas y morfométricas en un instante particular de evolución, dependen de la acción de las fuerzas internas de la Tierra (Tectónica) que generan cadenas montañosas y grandes valles, fuerzas externas que modelan el terreno y parámetros intrínsecos de las laderas que definen un paisaje específico. Los movimientos en masa son procesos que cambian la morfología del terreno y son expresión de la dinámica bajo las condiciones propias del relieve.

En el área de estudio se presenta, hacia el Oeste sobre el sector de La Loma San Pedro y hacia el Este en el sector de la Peña el Caracol. El relieve es fuerte y se presenta caída de bloques, y en el sector de La Estancia, se presentan deslizamientos y las pendientes moderadas a suaves generan zonas de depositación.

En el relieve se evalúan dos factores fundamentales: pendiente promedio y la forma de la pendiente. Los puntajes máximos corresponden a zonas de interfluvio y perfiles cóncavos, y los mínimos a zonas de laderas de cauce y perfiles convexos.

El parámetro relieve se obtiene de la suma de los parámetros A y B ( $R = A + B$ ). A se define dependiendo de la inclinación de las laderas y B según la forma de las laderas. Para el desarrollo del parámetro A, la metodología se basa en el modelo de procesos geomórficos propuesto por Dalrymple (1962). Este modelo propone nueve subzonas de ubicación dentro de una ladera de acuerdo a las características de pendiente y procesos erosivos. Para el parámetro B, forma de la ladera, se tienen en cuenta las zonas cóncavas, convexas y rectilíneas del terreno y su relación con los movimientos en masa.

Figura 7-9. Perfil hipotético de una ladera de Darymple



Fuente INGEOMINAS 2004.

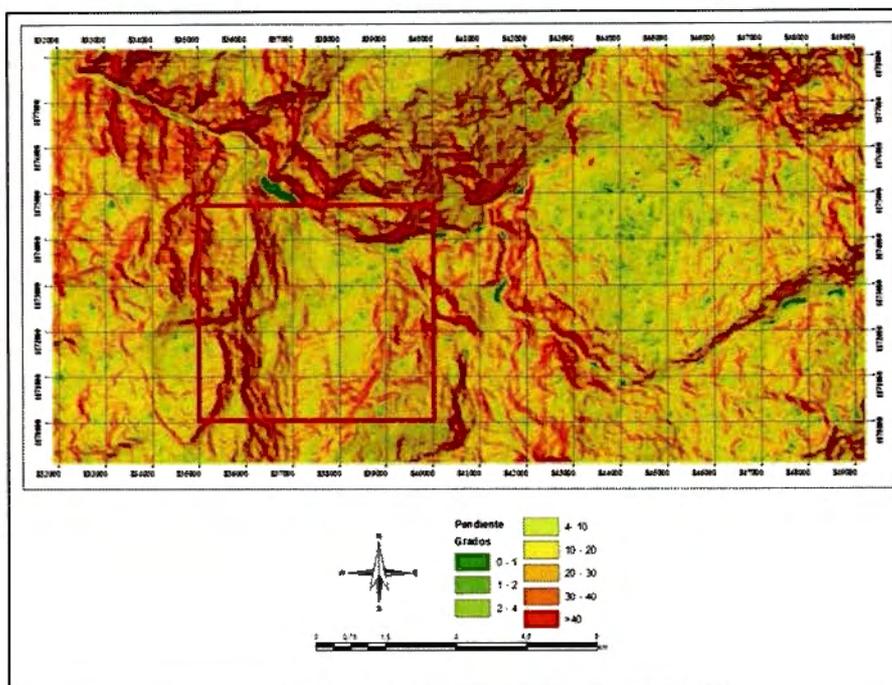
La Inclinción de las laderas se calcula a partir de los distintos intervalos de pendiente definidos en la metodología y a partir de esta tabulación se califica y evalúa el parámetro A.

Tabla 7-7. Valores de estabilidad para el Factor Inclinción de la Pendiente.

Sub-zonas	Inclinción de la pendiente en grados	Valor
Interfluvio	0 - 1	30
Ladera con infiltración	2 - 4	19
Escarpe o ladera rectilínea	10 - 30	8
Ladera intermedia de transporte	> 30	19
Ladera coluvial	20 - 30	6
Aluviones	0 - 4	21
Ladera de cauce	> 40	6

Fuente. (Ramírez y González, 1989)

**Figura 7-10.** Inclínación de Pendientes



Fuente: Proyecto

En la zona de estudio se presentan diversos tipos de pendientes que se relacionan con las clases de material, hacia la parte Oeste, en la Loma San Pedro y el sector la Playa: areniscas de grano fino a medio en bancos potentes generan pendientes escarpadas ( $>30^\circ$ ), sobre el sector de la Estancia, la formación Chipaque conformada por predominancia de lodolitas, forma pendientes moderados a bajas ( $4 - 20^\circ$ ), y la Peña el Caracol, la variación en las litologías de areniscas potentes a lodolitas, crea inclinaciones moderadas a fuertes ( $> 20^\circ$ ).

Bajo el marco de los movimientos en masa, los tipos de pendientes se acoplan de acuerdo a los tipos de fenómenos de remoción que pueden desarrollarse. Sobre pendientes bajas a moderadas se pueden presentar deslizamientos de tipo rotacional como en el sector la Estancia y Tintoba, y deslizamientos de tipo traslacional combinados con perfiles de laderas cóncavos. Sobre la vía que

comunica al municipio de Jericó con la vereda la Estancia, fuertes escarpes generan caída de bloques a causa de la meteorización física de los materiales y de igual manera se presenta en la Peña el Caracol donde se observan caídas de bloques provenientes de los materiales con pendientes fuertes.

El parámetro B, perfil o forma de la ladera, se determinó conforme a los puntajes establecidos por la metodología. A partir del análisis del DEM, se elaboró el mapa de curvatura, se recalifico para definir los tipos de curvatura (Concava, Convexa, Rectilínea) y se calificó según la siguiente tabla:

**Tabla 7-8.** Valores de estabilidad para el factor Forma de la Pendiente.

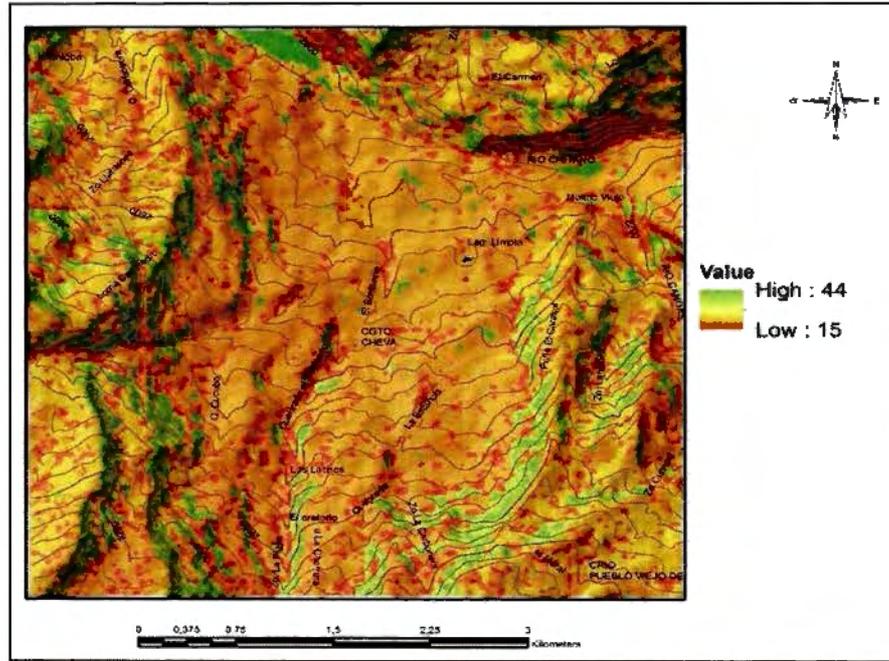
Perfil de la pendiente	Valor
Convexo	9
Cóncavo	12
Rectilíneo	14

Fuente. Ramírez y González, 1989

Al igual que la pendiente, el perfil de las laderas se relaciona con los tipos de movimientos en masa. En un perfil concavo-convexo, predomina la meteorización y erosión de materiales blandos y se presentan deslizamientos rotacionales. En un perfil rectilíneo, sobre materiales resistentes, los movimientos traslacionales y la caída de bloques son la principal causa de MM.

Como se mencionó anteriormente, para determinar la susceptibilidad a FRM por el parámetro relieve se suman los parámetros A y B. En la Figura 25, se presenta la calificación del parámetro relieve, el cual define un puntaje mínimo de 15 y un máximo de 44, donde los puntajes bajos representan condiciones de relieve favorables para la generación de movimientos en masa y caso contrario para puntajes altos.

**Figura 7-11.** Calificación del Parámetro Relieve



Fuente. Proyecto

La calificación del parámetro relieve, muestra las zonas con mayor o menor susceptibilidad a presentar movimientos en masa. Según el mapa de calificación del parámetro relieve la zona con mayor favorabilidad a deslizamientos es el sector de La Estancia, donde se presentan pendientes  $>10^\circ$ , materiales de tipo lutítico, morfología de ladera coluvial y perfil cóncavo-convexo.

**Tabla 7-9.** Calificación del parámetro Relieve.

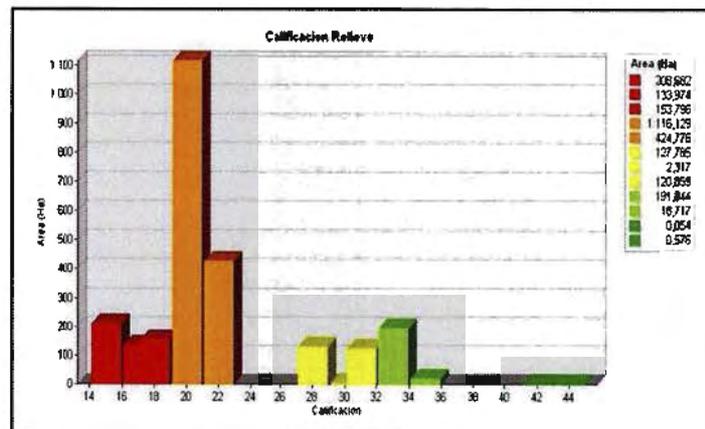
Calificación	Área (Ha)	Porcentaje (%)
15	208,682472	8,34
17	133,973837	5,36
18	153,795846	6,15
20	1116,12922	44,65

Calificación	Área (Ha)	Porcentaje (%)
22	424,776306	16,99
28	127,785463	5,11
30	2,31710383	0,092
31	120,858916	4,83
33	191,844083	7,67
35	18,7167547	0,74
42	0,0539399	0,00215
44	0,5760601	0,0230

Fuente. Proyecto

Según la tabla, el 13.7% del área presenta un puntaje menor de 17, el 50.8% entre 17 – 20, el 35.46% un puntaje mayor de 20. Es decir, el área presenta un 40% de área estable y el 60% por ciento favorabilidad a movimientos en masa.

**Figura 7-12.** Representación de la Calificación del Parámetro Relieve



Fuente. Proyecto

### 7.2.3 Parámetro Drenaje

La hidrografía de un área específica depende de varios factores como el clima, los tipos de material, la morfología, la vegetación y el uso del suelo, y es un indicador

de la resistencia de los materiales, cambios litológicos e intensidad de erosión. Un drenaje permanente tiene la capacidad o actúa sobre las laderas erosionando los materiales menos resistentes, arrastrando la cobertura vegetal y material deslizado, socavando la pata de los taludes, infiltrando agua en la parte alta de las laderas y exponiendo los materiales a la meteorización. La acción de un drenaje conlleva a aumentar la susceptibilidad de las laderas a deslizamientos por las causas mencionadas anteriormente. La zona de estudio comprende un área aproximada de 2500 Ha, lo cual restringe la identificación de cuencas, subcuencas o microcuencas por la extensión total del área dentro de los límites establecidos y para su análisis es necesario detallar la acción de los drenajes por unidad de área. Los drenajes presentes discurren al Río Chitano, que es el cauce principal. Las Quebradas el Bebedero, Cocubal, El Santuario, Carbonera, Landinez, Canoas conforman la red de drenajes secundaria hacia los cuales drena el agua cuando se presentan precipitaciones.

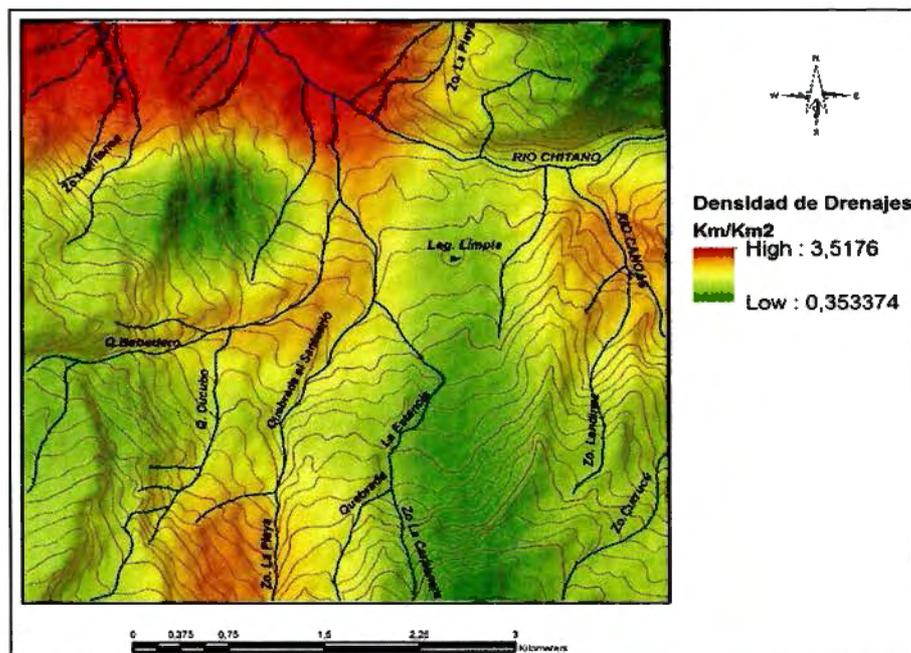
En las laderas los cauces de los ríos erosionan primero su base o lecho generando una característica visual de forma de "V". El drenaje al encontrar en su lecho un material más resistente comienza a erosionar y avanzar lateralmente formando cauces en forma de "U". Al avanzar lateralmente, el río va socavando la pata de los taludes, quedando las laderas sin soporte y dando origen a su falla. Cuando la masa deslizada obstruye el cauce, el río comienza a socavar el talud opuesto desestabilizándolo y produciendo su falla. El río al continuar erosionando genera cárcavas, afecta la dinámica hídrica del terreno y facilita o acelera la falla de los movimientos en masa.

El parámetro drenajes se evalúa teniendo en cuenta dos componentes, la densidad de drenajes y la pendiente promedio de los cauces. Para su análisis, los drenajes se digitalizaron de la cartografía establecida por el IGAC a escala 1:25000.

La densidad de drenajes se calcula con la razón de la longitud de los drenajes por unidad de área expresada en Km/Km<sup>2</sup>. Para la metodología, la densidad está relacionada con la intensidad de erosión de los materiales así, a mayor densidad de drenaje el suelo presentara mayor susceptibilidad a ser erosionado. La densidad de drenajes se calculó mediante la utilización de software ArcGis 10.2 y el mapa se muestra en la **Figura 7-13**.

La mayor densidad de drenaje, según el mapa, se presenta en el sector de Tintoba (Parte Nororiental), donde una se encuentra la mayor cantidad de afluentes que drenan al Rio Chitano, la densidad baja se presenta en los sector de la estancian y el resto del area presenta una densidad moderada causada por las distintas quebradas que se distribuyen en el area.

**Figura 7-13.** Mapa de Densidad de Drenajes



Fuente. Proyecto



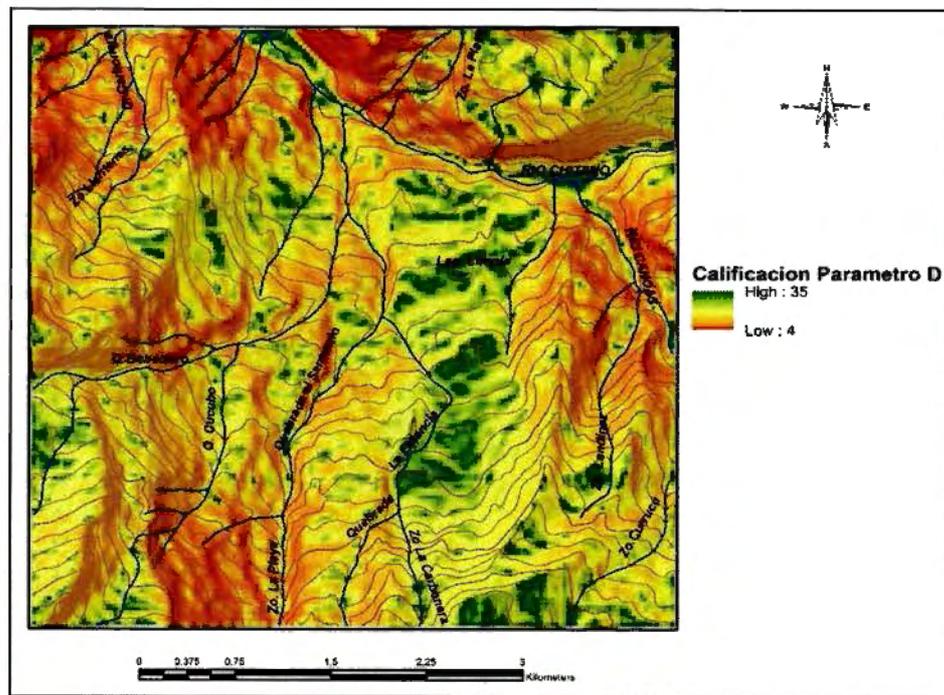
Dónde: Pd: Puntaje del parámetro densidad de drenaje.

: Dd: Densidad de drenaje.

: Sr: Pendiente de ladera.

El mapa generado se presenta en la **Figura 7-15**, los mayores puntajes representan las condiciones más favorables de estabilidad, y el menor puntaje, la mayor susceptibilidad a la ocurrencia de procesos denudacionales por el parámetro drenaje.

**Figura 7-15.** Mapa Calificación Parámetro Drenaje



Fuente. Proyecto.

El sector más estable, según el mapa, es la vereda La Estancia, el resto del área de estudio presenta una susceptibilidad moderada a alta.

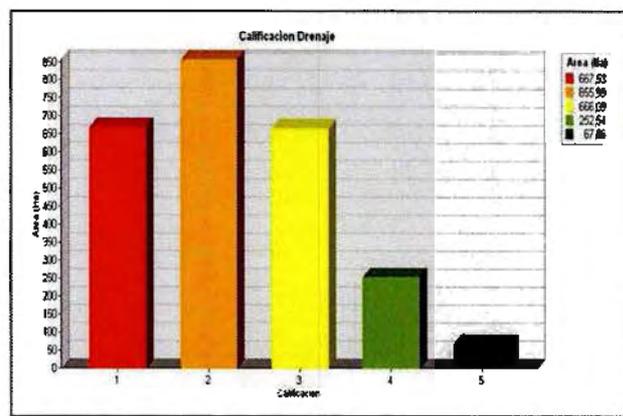
Según la siguiente tabla, el 26,5% del área presenta una calificación muy alta, el 34,1 alta, el 26.53% moderada, el 10,1% baja y el 2,7% muy baja. El área presenta una condición de estabilidad del 40%, y el 60% es favorable a la generación de movimientos en masa.

**Tabla 7-10.** Calificación del parámetro Drenaje.

Calificación	Área	Porcentaje (%)
Muy Alto (1)	667,44	26,59
Alto (2)	855,99	34,10
Moderado (3)	666,09	26,53
Bajo (4)	252,54	10,06
Muy Bajo (5)	67,86	2,70
Total	2509,92	100

Fuente. Proyecto

**Figura 7-16.** Representación gráfica de resultados del parámetro Drenaje



Fuente. Proyecto

#### 7.2.4 Parámetro Vegetal

La cobertura vegetal es de vital importancia para el control de la erosión, es el caso de los árboles o las plantas que con ayuda de sus copas u hojas amortiguan el impacto de una gota del agua sobre el terreno previniendo de alguna forma la erosividad de este, las raíces de las plantas ayudan a retener las partículas de suelo para que no sean arrastradas por la precipitación así como también ayudan a que el terreno mantenga la porosidad, la permeabilidad, la estructura y la consistencia facilitando así la infiltración del agua.

Para poder analizar el efecto de la vegetación sobre el suelo es necesario conocer las diferentes características de esta en el área de estudio como lo es el caso del volumen y la densidad del follaje en donde las coberturas más densas y vigorosas retardan el ciclo hidrológico y disminuyen el efecto de la erosión pluvial, otras coberturas como los pastos y la hierbas densas actúan como colchón protector contra aguas de escorrentía, acumulan el agua y facilitan su infiltración, la profundidad, el tipo y la forma de las raíces ejercen anclajes de la vegetación sobre el suelo previniendo de una forma natural los fenómenos de remoción en masa sobre las laderas.

De acuerdo con la metodología para la evaluación de fenómenos de remoción en masa (Ramírez y Gonzales 1989) la evaluación de la vegetación debe realizarse a través de la comparación de áreas protegidas y desprotegidas de cobertura natural, que permite valorar el grado de influencia en la dinámica de los procesos superficiales. Por lo tanto, debe considerarse la vegetación como un factor estabilizante del terreno.

Para el conocimiento de esta variable en el área de estudio se considera la clasificación de coberturas Corine land cover adaptada por Colombia del ITC Holanda la cual divide el territorio en diferentes clases en función de su naturaleza.

**Tabla 7-11.** Clasificación de Coberturas.

NIVEL			Simbolo
1	2	3	
Territorios Artificiados	Zonas Urbanizadas	Tejido urbano discontinuo	Tud
	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	Vf
TERRITORIOS AGRÍCOLAS	Cultivos transitorios	Oleaginosas y leguminosas	
	Pastos	Pastos limpios	Pl
		Pastos arbolados	Pa
		Pastos enmalezados	Pe
Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de pastos y cultivos	Pc	
BOSQUES Y AREAS NATURALES	Bosques	Bosque denso	Bd
		Bosque abierto	Ba
		Bosque Fragmentado	Bf
		Bosque de galería o ripario	Bg
	Áreas Con Vegetación Herbácea y/o arbustiva	Herbazal o Arbustal	Ha
	Áreas abiertas sin o con poca vegetación	Afloramientos rocosos	Ar
SUPERFICIES DE AGUA	Aguas continentales	Tierras desnudas o degradadas	Tdg
		Rios	R
		Lagunas, Lagos y cienagas naturales	LI

Fuente. Corind Land Cover

#### 7.2.4.1 Clasificación de Coberturas

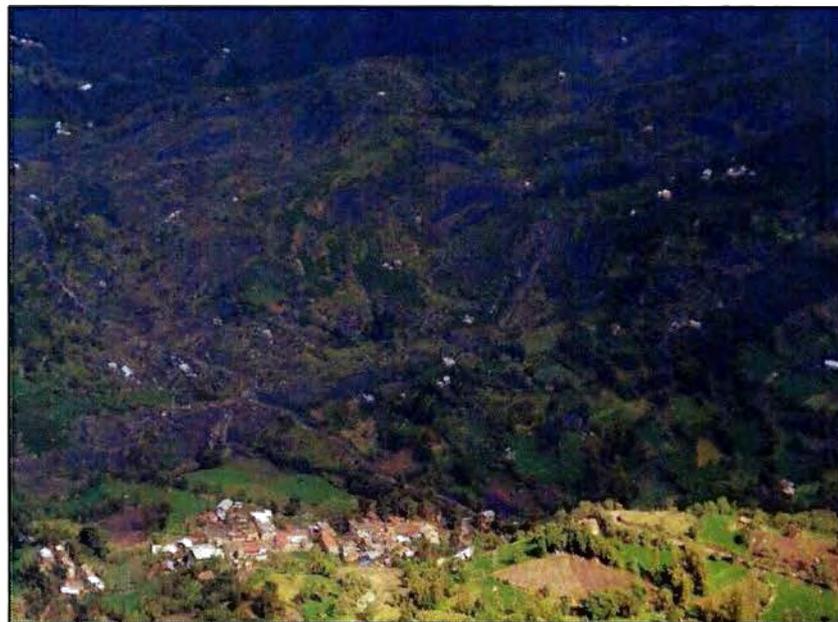
##### TERRITORIOS ARTIFICIADOS

Comprende las áreas de ciudades y poblaciones o aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos.

➤ **Zonas urbanizadas**

Incluyen territorios cubiertos por infraestructura urbana y aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano discontinuo: El corregimiento de Cheva en el área de estudio hace parte de este tipo de cobertura ya que es una área donde no se observan edificaciones mayores a tres niveles las cuales están dispersas en el área urbana y dicho sector posee un área de 8.6 hectareas aproximadamente.

**Fotografía 7-3.** Panorámica Corregimiento de Cheva



Fuente. Proyecto

## ZONAS INDUSTRIALES O COMERCIALES Y REDES DE COMUNICACIÓN

Comprende los territorios cubiertos por infraestructura de uso exclusivamente comercial, industrial, de servicios y comunicaciones. Se incluyen tanto las instalaciones como las redes de comunicaciones que permiten el desarrollo de los procesos específicos de cada actividad.

### ➤ Red vial, ferroviaria y terrenos asociados

Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras, autopistas y vías férreas; se incluye la infraestructura conexa y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes. A esta categoría pertenecen la vías de acceso que comunican el corregimiento de Cheva con el municipio de Jerico o la vía que conduce de este lugar hacia el municipio de Chita y otras carreteras que conducen a sectores rurales como es el caso de la ovejera, tintoba, la estacia entre otros.

**Fotografía 7-4.** Vía que comunica al Corregimiento de Cheva con Jericó



Fuente. Proyecto

## 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 en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas.

### ➤ **Cultivos transitorios**

Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa y yuca), las oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayor parte de las hortalizas y algunas especies de flores a cielo abierto. Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo

### ➤ **Oleaginosas y leguminosas**

Son las tierras ocupadas por cultivos transitorios no incluidos en los grupos de cereales, oleaginosas, leguminosas, hortalizas. En el área de estudio se encuentra predominantemente cultivos de alfalfa en sectores como Molino Viejo y la Ovejera

**Fotografía 7-5.** Cultivo de Alfafa, Sector Molino Viejo.



Fuente. Proyecto

## **PASTOS**

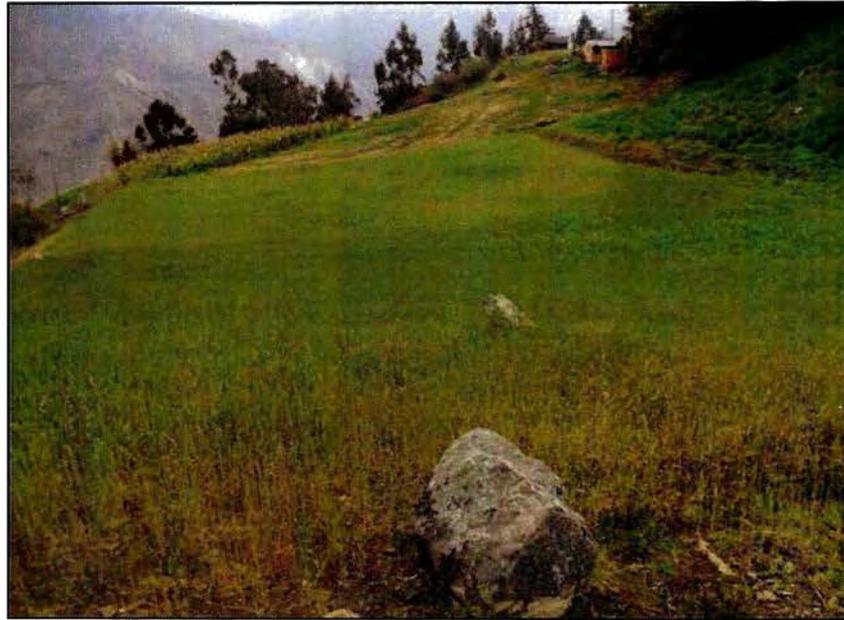
Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace. Para su clasificación se consideraron las siguientes unidades de pastos:

### ➤ **Pastos limpios**

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados

impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas. Esta cobertura es característica en sectores como el oratorio y la ovejera.

**Fotografía 7-6.** Pastos Limpios. Sector La Ovejera.



Fuente. Proyecto

➤ **Pastos arbolados**

Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. Presente en el sector la Ovejera.

**Fotografía 7-7. Pastos. Sector La Ovejera.**



Fuente. Proyecto

➤ **Pastos enmalezados**

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m. se Halla en el sector loma san pedro y en el lóbulo de inestabilidad presente en el sector la estancia.

**Fotografía 7-8.** Pastos Enmalezados. Sector Loma San Pedro.



Fuente. Proyecto

### **ÁREAS AGRÍCOLAS HETEROGÉNEAS**

Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra.

#### **➤ Mosaico de pastos y cultivos**

Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. Presente en el sector la ovejera y en la parte baja de la Estancia.

**Fotografía 7-9.** Mosaico de pastos y cultivos. Sector La Ovejera.



Fuente. Proyecto

## **BOSQUES Y AREAS NATURALES**

Comprende 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.

### **BOSQUES**

Comprende áreas naturales o seminaturales, constituidas por elementos arbóreos de especies nativas.

De acuerdo con FAO (2001), esta cobertura comprende bosques naturales y plantaciones.

➤ **Bosque denso**

Constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, que forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas coberturas no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999).

**Fotografía 7-10.** Bosque Denso. Sector Viejo de Ura.



Fuente. Proyecto

➤ **Bosque abierto**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbóreos regularmente distribuidos, que forman un estrato de copas discontinuo con altura superior a cinco metros y cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Presentes en la parte alta del sector landinez.

**Fotografía 7-11.** Bosque abierto. Sector Lardinez.



Fuente. Proyecto

➤ **Bosque Fragmentado**

Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural. Se encuentra incluidos en este tipo de cobertura la mayoría de los bosques presentes en el área.

**Fotografía 7-12.** Bosques Fragmentados. Sector El Santuario y La Ovejera.



Fuente. Proyecto

➤ **Bosque de galería o ripario**

Coberturas constituidas por 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. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas. Se presentan en áreas como la quebrada el Santurio, el Cocubal y el Bebedero.

Fotografía 7-13. Bosque Ripario. Quebrada el Berbedero.



Fuente. Proyecto

### **ÁREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA**

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica.

#### **➤ Herbazal**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos (Font Queur, 1982). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su

estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999). Cobertura presente en el sector alto de la estancia en donde predomina en pequeñas áreas los herbazales sobre el pasto.

**Fotografía 7-14.** Herbazal. Sector La Estancia.



Fuente. Proyecto

### ➤ **Arbustal**

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados de forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida<sup>3</sup>. En la zona de estudio se encuentra en áreas aledañas a la vía a Jericó, partes del sector el Caracol y la loma San Pedro.

---

<sup>3</sup> FAO 2001

**Fotografía 7-15.** Arbustal. Sector Corregimiento de Cheva.



Fuente. Proyecto

### **AREAS ABIERTAS SIN O CON POCA VEGETACIÓN**

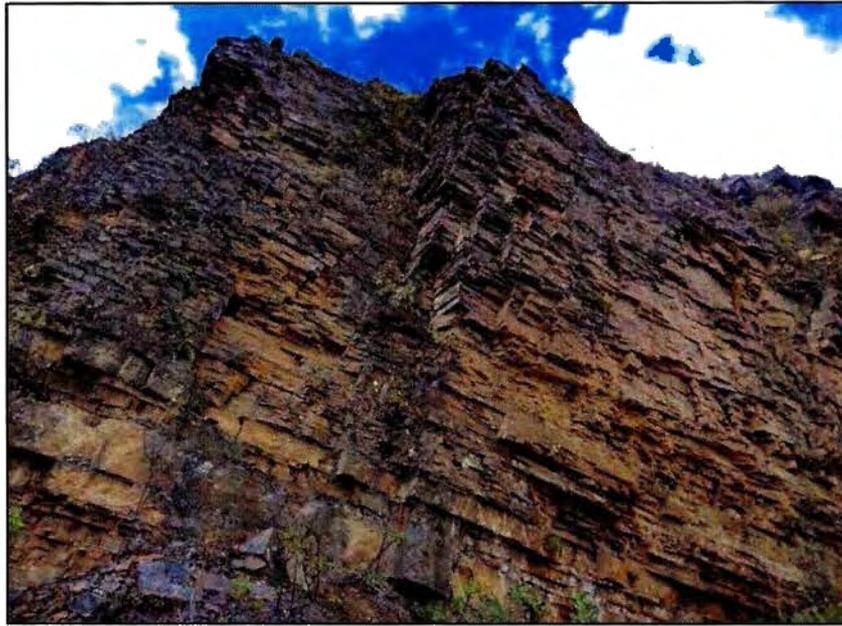
Comprende territorios donde la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos.

#### ➤ **Afloramientos rocosos**

Son áreas donde la superficie del terreno está constituida por capas de rocas expuestas, sin desarrollo de vegetación.

Se localizan principalmente en las áreas de fuerte pendiente, donde predominan los sustratos de rocas duras y resistentes, asociadas con fallas y deformaciones geológicas. En el área de estudio se encuentran afloramientos rocosos de las formaciones Los Pinos y La Luna.

**Fotografía 7-16.** Afloramiento Formación La Luna. Sector Pueblo Viejo de Ura.

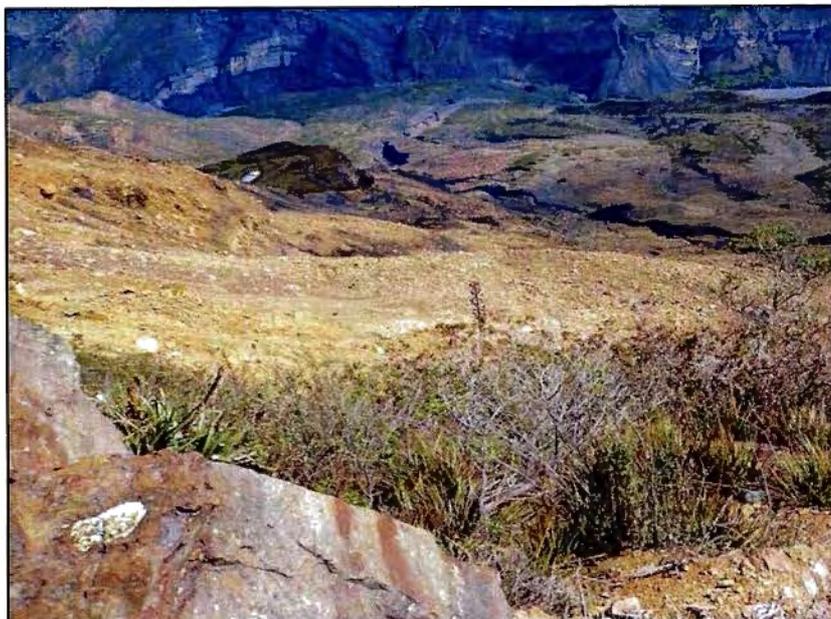


Fuente. Proyecto

➤ **Tierras desnudas o degradadas**

Corresponde a superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos. Se incluyen áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas. En esta cobertura se encuentra parte del sector de Tintoba y costados adyacentes al río Chitano.

**Fotografía 7-17.** Tierra Desnuda. Setor Tontoba.



Fuente. Proyecto

## **SUPERFICIES DE AGUA**

Son cuerpos y cauces de agua permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa continental.

### ➤ **Aguas continentales**

Son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce (no salina), embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales.

**Ríos:** Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río.

**Fotografía 7-18. Rio Chitano.**



Fuente. Proyecto

**Lagunas y lagos:** Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre.

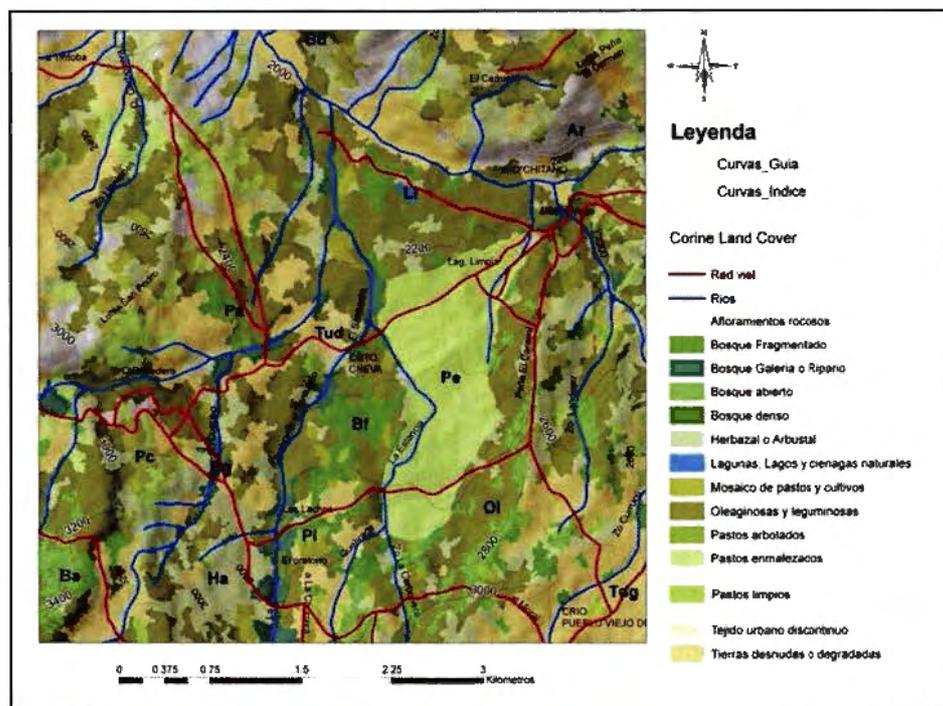
**Fotografía 7-19. Laguna Limpia.** Fuente: Proyecto



### 7.2.4.2 Mapa de coberturas

Tras definir los componentes del terreno se realizó el mapa de coberturas según la metodología Corine Land Cover. Dicho mapa se generó con ayuda de puntos de control sobre el terreno y una clasificación supervisada sobre una imagen ortorectificada del satélite digitalglobe del área de Jericó disponible en google earth. La clasificación supervisada arrojó una capa en formato raster la cual representa las coberturas presentes en la zona.

**Figura 7-17.** Mapa de Coberturas.



Fuente. Proyecto

### 7.2.4.3 Calificación del parámetro V

Según Ramirez la susceptibilidad que presenta un área por fenómenos de remoción en masa teniendo en cuenta el tipo de flora esta en función de esta y de la inclinación de la pendiente en donde la vegetación mas densa y vigorosa

expuesta en pendientes bajas ejercerá mayor estabilidad que las áreas con poca o nula cobertura en pendientes altas.

**Tabla 7-12.** Caificación del parámetro V.

PENDIENTE	0-20	20-45	>45
Bosque nativo, secundario, rastrojo alto.	32	25	19
Rastrojo bajo, cultivos permanentes o semipermanentes (Zona urbana pavimentada).	27	17	7
Pastos o vegetación herbácea (Zona urbana sin pavimentar).	25	14	6
Cultivos limpios o desmonte (Canteras).	20	8	3

Fuente. Proyecto.

En este punto tenemos la relación de dos variables que son la pendiente y la vegetación que con ayuda de los sistemas de información geográfica se pueden trabajar. La vegetación relacionada en la metodología se puede obtener mediante la conversión de las diferentes coberturas de Corine land Cover a las propuestas por Ramirez y Gonzáles.

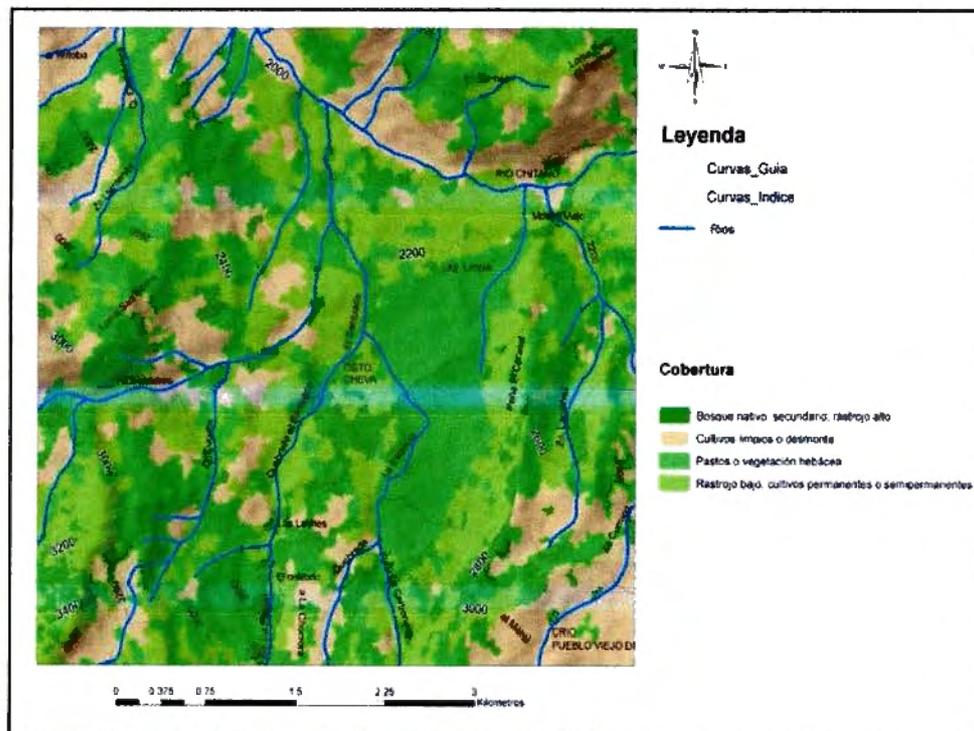
**Tabla 7-13.** Coberturas.

Cobertura vegetal Según Ramirez Y Gonzáles	Cobertura vegetal Según Corine Land Cover
Bosque nativo, secundario, rastrojo alto.	Bosque denso
	Bosque abierto
	Bosque Fragmentado
	Bosque de galería o ripario
Rastrojo bajo, cultivos permanentes o semipermanentes (Zona urbana pavimentada).	Tejido urbano discontinuo
	Oleaginosas y leguminosas
Pastos o vegetación herbácea (Zona urbana sin pavimentar).	Pastos limpios
	Pastos arbolados
	Pastos enmalezados
	Mosaico de pastos y cultivos
	Herbazal o Arbustal

Cobertura vegetal Según Ramirez Y Gonzáles	Cobertura vegetal Según Corine Land Cover
	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados
Cultivos limpios o desmonte (Canteras).	Afloramientos rocosos
	Tierras desnudas o degradadas
	Ríos
	Lagunas, Lagos y cienagas naturales

Fuente. Proyecto.

**Figura 7-18.** Clasificación de Coberturas según la metodología utilizada.

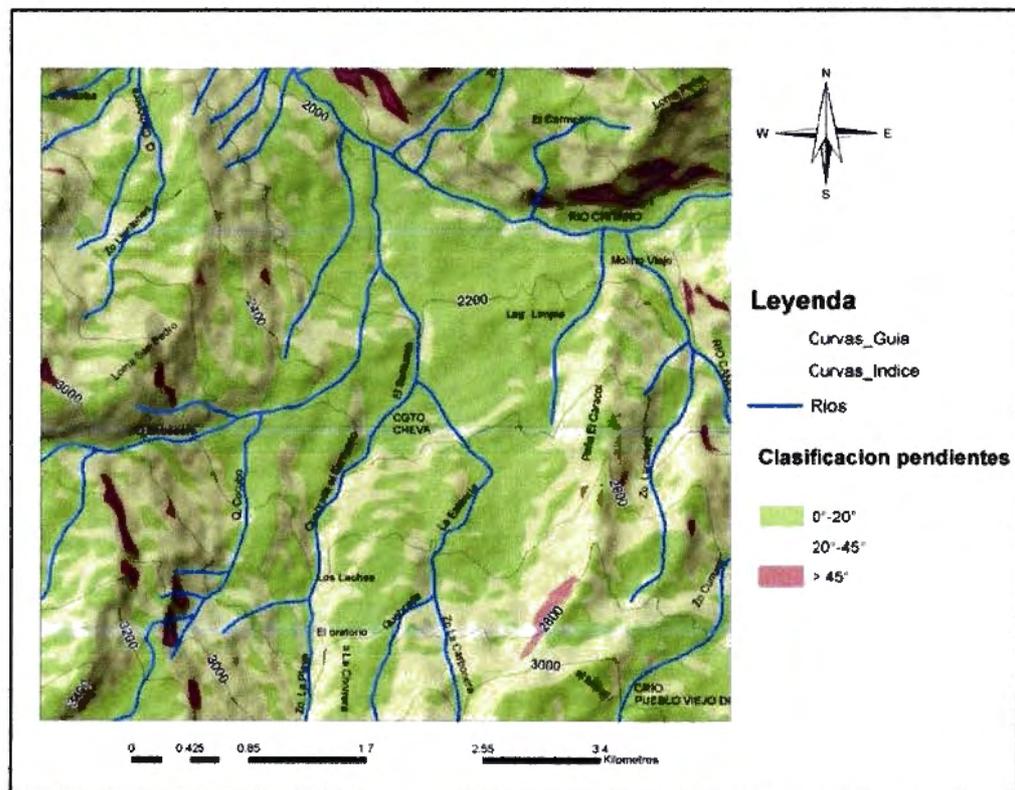


Fuente. Proyecto

Ya definida la cobertura vegetal se debe definir las pendientes correspondientes a la clasificación; esta tarea se realiza con la ayuda de los sistemas de información geográfica en este caso el software Arcgis 10.3 el que toma como insumo principal el modelo digital de elevación del terreno suministrado por la nasa con una

resolución de 30 metros el valor del pixel. Con la pendiente general en grados se procede a ser clasificada según los rangos de la tabla... generando así una capa tipo raster con el contenido de esta variable.

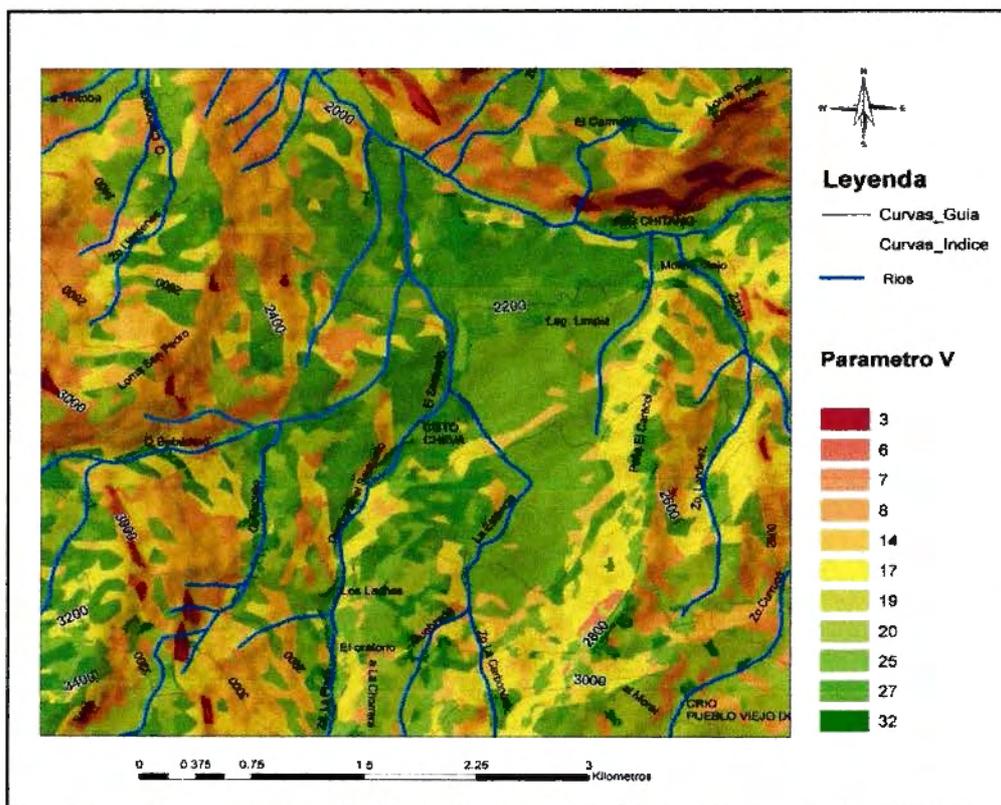
**Figura 7-19.** Clasificación de Pendientes según la metodología utilizada.



Fuente. Proyecto

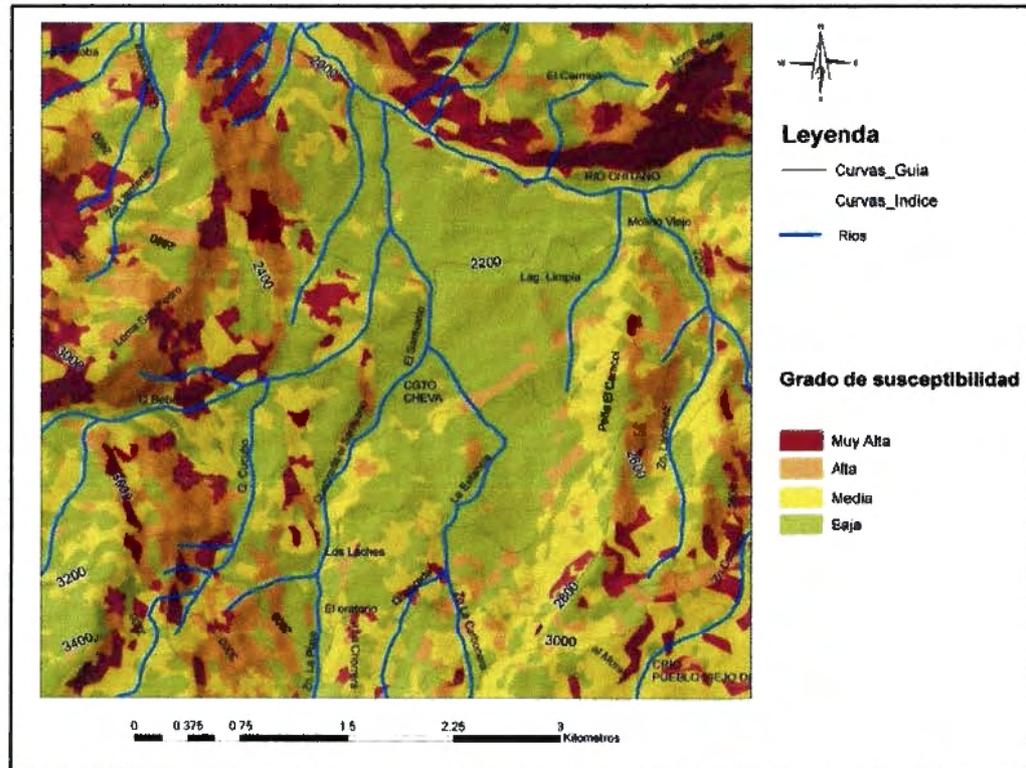
Las capas que contienen estas variables deben estar en formato vector el cual define los rasgos en funciones geométricas como líneas puntos y polígonos, las coberturas como las pendientes clasificadas son entidades poligonales. Al unir estas dos variables y condicionarlas en su tabla de atributos y calificarlas según la clasificación del parámetro generan el mapa de susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa por vegetación

**Figura 7-20. Calificación Parámetro V.**



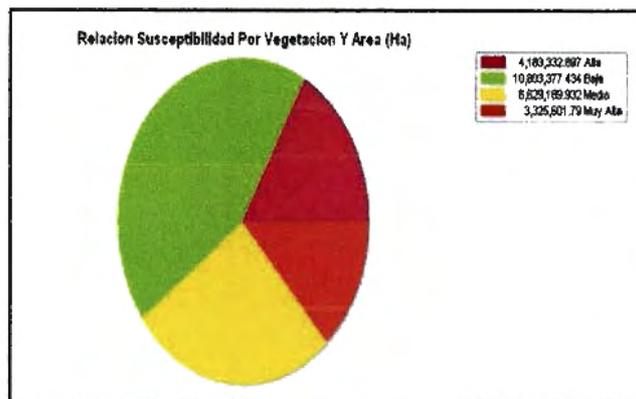
Fuente. Proyecto

**Figura 7-21. Grado de Susceptibilidad parámetro V.**



Fuente. Proyecto

**Figura 7-22. Relación Susceptibilidad por Vegetación y Área.**



Fuente. Proyecto

**Tabla 7-14.** Porcentaje susceptibilidad por vegetación.

susceptibilidad por Vegetacion	Area (Ha)	porcentaje
Muy Alta	332.560179	13.3336067
Alta	418.3332897	16.772578
Media	662.9189932	26.5789523
Baja	1080.337743	43.314863

Fuente. Proyecto

En conclusión, las áreas que contienen cobertura vegetal abundante o densa poseen mayor estabilidad que otras como corresponde al caso del la margen Norte del rio Chitano, que se encuentra descubierta y sometida a altas pendientes; también de igual forma laderas abruptas de la Loma San Pedro y El Tambor.

En el sector La Estancia se presenta susceptibilidad baja, debido a que la zona removida esta generando pastos enmalezados y vegetación herbácea además la parte baja esta protegida con pastos y cultivos, esta área posee una pendiente baja inferior a 20 grados.

### 7.3 EVALUACIÓN DE PARÁMETROS DETONANTES

#### 7.3.1 Parámetro Erosión

La erosión, es importante en el modelado de la corteza terrestre debido a la acción de procesos geodinámicos internos y externos que permiten la construcción de elementos del paisaje, así como su disgregación o denudación a causa de los agentes atmosféricos responsables de los movimientos en masa y demás procesos morfodinamicos.

Tanto la erosión como los movimientos en masa, son acelerados por las actividades humanas cuando los suelos están sujetos a usos inadecuados según su potencialidad como la ganadería, los cultivos, las obras de ingeniería y la explotación incontrolada de recursos.

La erosión promueve el desarrollo de fenómenos de remoción en masa debido a que permite el desplazamiento de grandes cantidades de suelo hacia la parte baja de las laderas, en donde es transportado hídricamente por los diferentes afluentes creando así en algunos sectores obstrucciones del cauce natural o daños ecológicos. A partir de la metodología utilizada en la zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa, se tienen en cuenta los siguientes tipos de erosión:

➤ **Erosión laminar**

Se presenta en suelos arcillosos de la Formación Chipaque que aflora en la parte central del área de estudio, también en los miembros arcillosos de la Formación La Luna y en la Formación Los Pinos.

**Fotografía 7-20.** Erosión Laminar. Corregimiento de Cheva.



Fuente. Proyecto

➤ **Erosión concentrada**

Es debida a la acción de agentes atmosféricos sobre materiales duros o blandos generando así cárcavas pronunciadas, se encuentra adyacente al río Chitano sobre materiales arcillosos de la Formación La Luna.

**Fotografía 7-21.** Erosión Concentrada en la Formación La Luna.

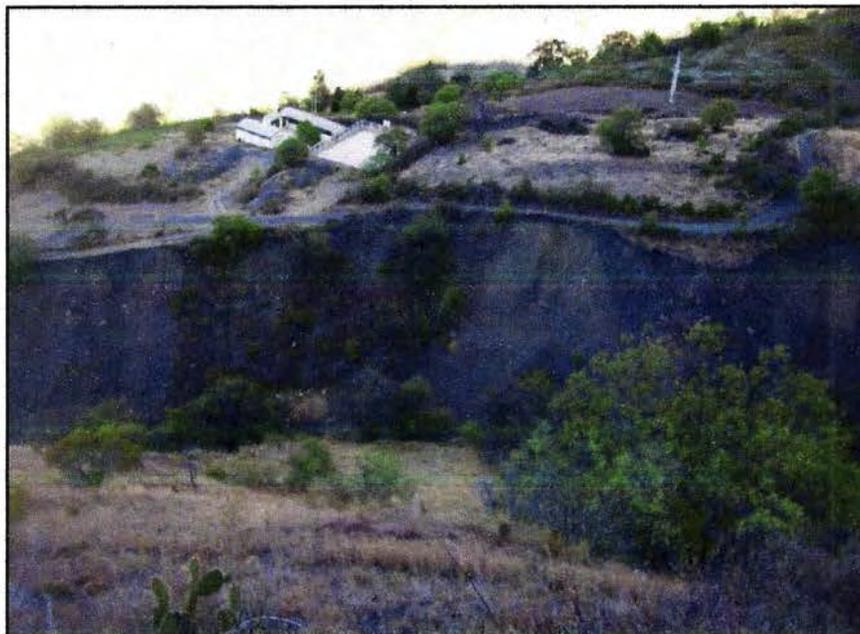


Fuente. Proyecto

➤ **Erosión por socavación**

Se produce por acción de los drenajes en la base de las laderas adyacentes a estos, permitiendo movimientos de material que convergen a estos cauces. Esto se puede evidenciar en las quebradas El Santuario y El Cocubal, donde material lutítico converge hacia estos drenajes.

**Fotografía 7-22. Erosión por Socavación.**



Fuente. Proyecto

### **ECUACIÓN DE PÉRDIDA DE SUELO**

En la evaluación de este parámetro, se tuvo en cuenta la ecuación universal de la pérdida de suelo (Rusle) debido a que permite predecir la erosión entre surcos, pastos y sitios de construcción; la ecuación RUSLE ofrece mayor confiabilidad porque considera múltiples variables

El RUSLE tiene la siguiente expresión matemática:

$$A = R * K * LS * C * P$$

*Donde:*

*A = Pérdida de suelo promedio anual en [t/ha/año]*

*R = Factor erosividad de las lluvias en [MJ/ha\*mm/hr]*

*K = Factor erodabilidad del suelo en [t/ha.MJ\*ha/mm\*hr]*

*LS = Factor topográfico (función de longitud-inclinación-forma de la pendiente), adimensional*

*C = Factor ordenación de los cultivos (cubierta vegetal), adimensional*

*P = Factor de practicas de conservación (conservación de la estructura del suelo), adimensional*

### **7.3.2 Factor de Erosividad de Las Lluvias (R)**

Este factor juega un papel importante para los procesos erosivos y los fenómenos de remoción en masa ya que la precipitación puede desmoronar y arrastrar partículas de suelo además debido a la capacidad de infiltración de este puede ser fuertemente humedecida, saturándose a tal grado que se puede favorecer el escurrimiento superficial.

Para determinar el factor es necesario conocer a cabalidad la precipitación media anual del área de estudio suministrada por las diferentes estaciones pluviométricas como estas estaciones se encuentran lejos del área el modelo interpolado generado por ellas puede no ser tan acertado, así que estos datos son tomados de un modelo raster mundial de datos de precipitación.

A través del modelo recortado para el área de estudio se aplica la siguiente ecuación tomada "zonificación integral por amenazas naturales para la ciudad de Villavicencio – META"

$$R = Peros \cdot (0,119 + 0,0873 \cdot \text{Log}_{10} (I30 \text{ tip}))$$

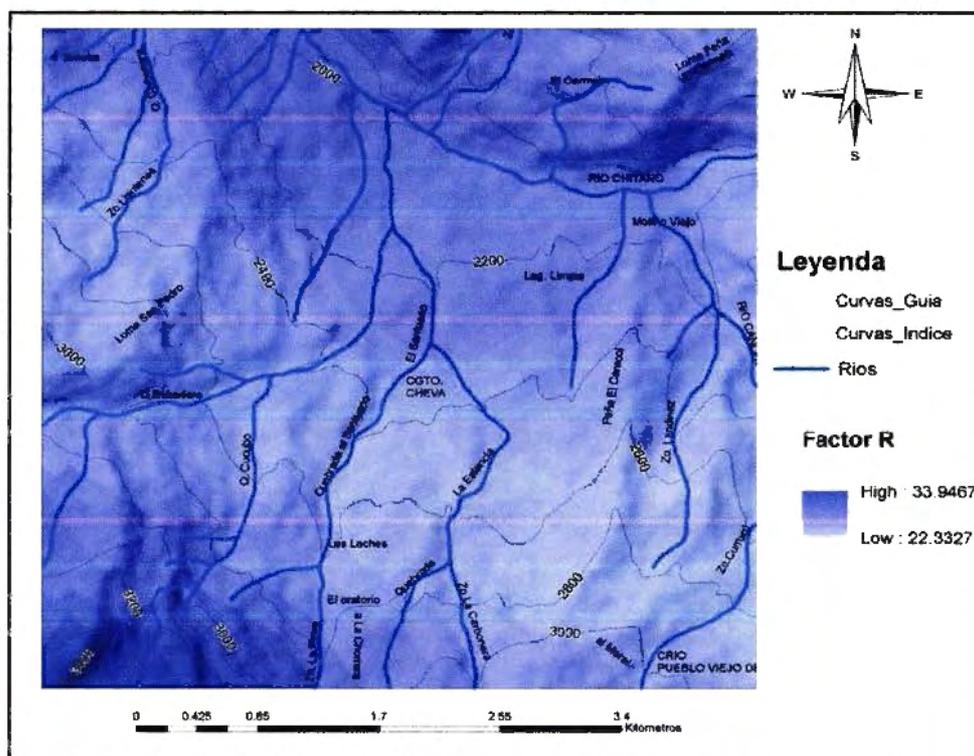
Donde:

Peros = Precipitación media anual erosiva (mm).

I30 tip = Intensidad típica de la precipitación media anual erosiva

Jericó posee multiple climas debido ala diferencia altitudinal que ofrece el municipio pero la temperatura promedio anual de este es 13°C lo cual generaliza a un clima templado, en este tipo de climas según Hudson el 5% de la precipitación media anual es erosiva debido al desarrollo de la vegetacion en este tipo de climas y la intensidad típica de la precipitación media anual erosiva es aproximadamente 25 mm./h pero en circunstancias criticas es de 75 mm./h el cual se va a tomar para el calculo, pero debido a los sucesos del fenómeno de la niña en el año 2011 el valor de Peros es igual al valor de la precipitación total multianual con el fin de hacer un analisis mas fuerte y critico .

**Figura 7-23. Factor R.**



Fuente. Proyecto

### 7.3.3 Factor erodabilidad del suelo (K)

Es un factor intrínseco, que condiciona la pérdida de los suelos. Está ligado a la granulometría, porosidad, permeabilidad y estabilidad estructural que permite condicionar el tipo de movimiento en masa y el mecanismo de ruptura. La materia orgánica se aprecia como una sustancia protectora del suelo ya que ejerce una acción cementante sobre sus partículas mejorando el movimiento del agua y la distribución de los poros disminuyendo la susceptibilidad a la erosión. Este factor se califica en función de las propiedades físicas del suelo mediante la extracción de muestras en el terreno para observar los diferentes contenidos de arcilla, limo, materia orgánica y arena.

El factor de erodabilidad, se evalúa en función de los materiales expuestos en la superficie contemplados en el mapa geológico del área y se correlacionan los materiales con las propiedades de infiltración y profundidad.

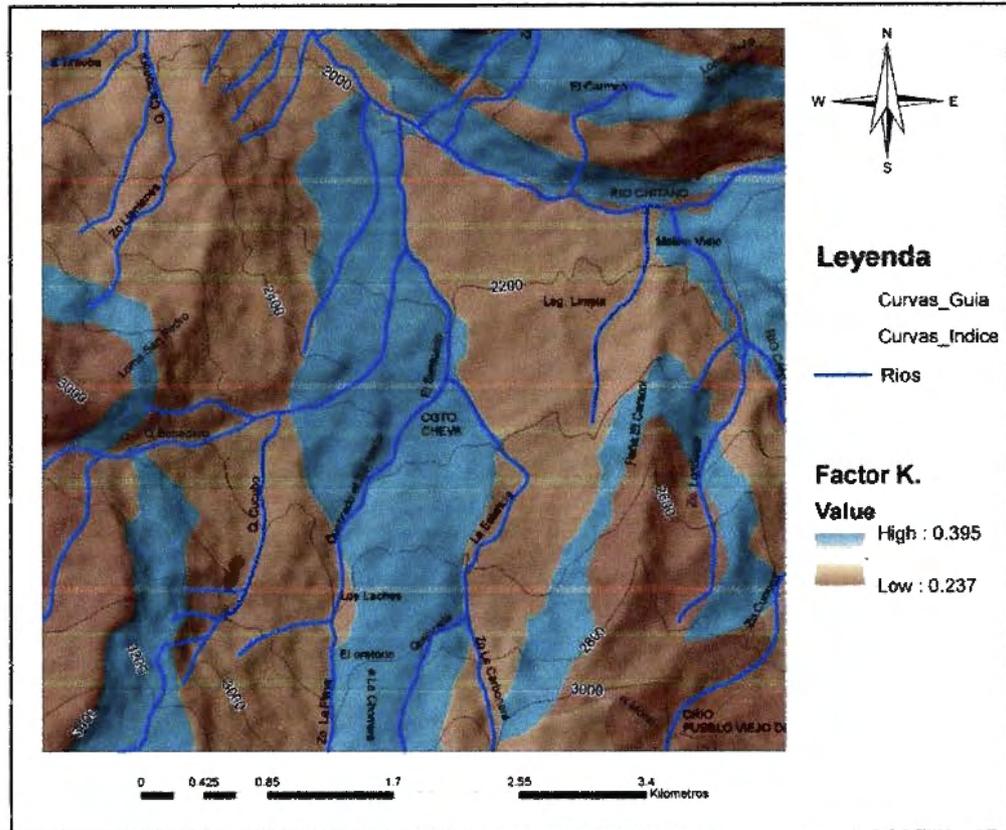
**Tabla 7-15.** Calificación Factor K.

Entidad geológica	Material Predominante	Nomenclatura	Descripción	Parámetro K
Deposito cuaternario Coluvial y Aluvial (Qal-Qc)	Bloques y Cantos	Spsib	Suelos profundos a superficiales, imperfectos a bien drenados, susceptibles a encharcamientos.	0.385
Deposito cuaternario Aluvial	Cantos	Ssbm	Suelos superficiales (depósitos inestables), bien a moderadamente drenados, susceptibles a inundaciones.	0.238
Deposito cuaternario coluvial (Qc)	Bloques y Arcilla	Spsib	Suelos profundos a superficiales, imperfectos a bien drenados, susceptibles a encharcamientos.	0.385

Entidad geológica	Material Predominante	Nomenclatura	Descripción	Parámetro K
Formación Chipaque (Ksc)	Arcilla	Smsip	Suelos moderadamente profundos a superficiales, imperfectos a pobremente drenados, susceptibles a inundaciones.	0.393
Formación La Luna (Ksl)	Limolita Y Porcelanita	Spsib	Suelos profundos a superficiales, imperfectos a bien drenados, susceptibles a encharcamientos.	0.385
Formación los pinos (Kslp)	Arcilla	Spmbi	Suelos profundos a moderadamente profundos, bien a imperfectamente drenados, susceptibles a encharcamientos.	0.395
Formación Tierna (Ksat)	Arena	Sspbe	Suelos muy superficiales a profundos, bien a excesivamente drenados.	0.237
Formación Guaduas	Arcilla	Spsib	Suelos profundos a moderadamente profundos, bien a imperfectamente drenados.	0.385

Fuente. Proyecto

**Figura 7-24. Factor K.**



Fuente. Proyecto

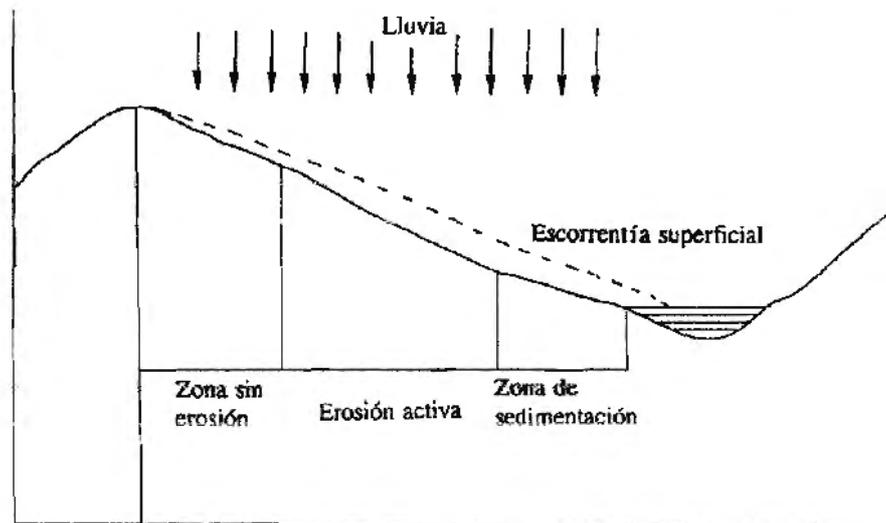
### 7.3.4 Factor topográfico (LS)

Tanto la longitud de la ladera como su pendiente influyen considerablemente en las tasas de erosión de un suelo, siendo el relieve uno de los principales factores que determinan la emisión de sedimentos de las cuencas vertientes.

Respecto a la longitud del declive, se conoce la existencia de una zona prácticamente sin erosión en las partes más altas de la ladera, la aparición de fenómenos erosivos de mayor intensidad en la parte media y la sedimentación como proceso dominante en la parte más baja de la ladera, donde en general disminuye su pendiente.

Respecto al efecto de la pendiente, su influencia sobre la erosión es muy notable, ya que es directamente proporcional a la cantidad de escorremía que se genera en una ladera por unidad de superficie y determina la velocidad de las aguas y su fuerza de arrastre.

**Figura 7-25.** Modelo de escorrentia y zonas de erosión de una ladera.



Fuente. Horton

Este análisis se desarrolla con ayuda del SIG, tomando nuevamente como insumo principal el modelo digital del terreno DEM en donde se extrae las pendientes así como también la dirección de flujo y la acumulación de este.

Con esta información se procede aplicar las siguientes ecuaciones con ayuda de la calculadora raster del software arcgis 10.3.

$$L = \left( \frac{\lambda}{22,13} \right)^m \quad m = \frac{F}{(1+F)} \quad F = \frac{\sin \beta / 0,0896}{3(\sin \beta)^{0,8} + 0,56}$$

Donde:

$\lambda$ . es la longitud de la pendiente

$m$ : es el exponente de la longitud de la pendiente

$\beta$ : es el ángulo de la pendiente

La longitud de la pendiente se define como la distancia horizontal desde donde se origina el flujo superficial al punto donde comienza la deposición o donde la escorrentía fluye a un canal definido<sup>4</sup>. El factor  $L$  con el área de drenaje aportadora (Desmet & Govers, 1996, citado por VELÁSQUEZ, 2008).

$$L_{(i,j)} = \frac{(A_{(i,j)} + D^2)^{m+1} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m \cdot D^{m+2} \cdot (22,13)^m}$$

Donde  $A(i, j)$  [m] es el área aportadora unitaria a la entrada de un pixel (celda),  $D$  es el tamaño del pixel y  $x$  es el factor de corrección de forma.

El factor  $S$ : El ángulo  $\beta$  se toma como el ángulo medio a todos los subgrids en la dirección de mayor pendiente (McCOOL *et al.*, 1987, 1989, citado por BARRIOS y QUINONEZ, 2000).

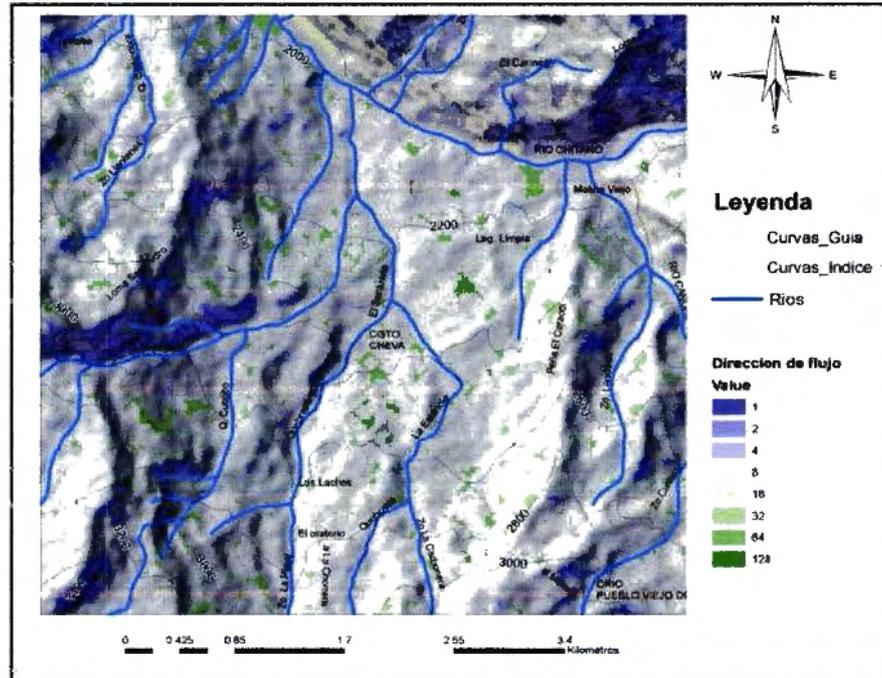
$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10,8 \sin \beta_{(i,j)} + 0,03 & \tan \beta_{(i,j)} < 0,09 \\ 16,8 \sin \beta_{(i,j)} - 0,5 & \tan \beta_{(i,j)} \geq 0,09 \end{cases}$$

VELÁSQUEZ (2008) nos dice que, cuando se aplica esta fórmula en el Raster Calculator de ArcGIS se debe tomar en cuenta que el ángulo deberá ser convertido a radianes (1 grado sexagesimal = 0,01745 radianes), para que pueda ser multiplicado por los demás componentes de las ecuaciones.

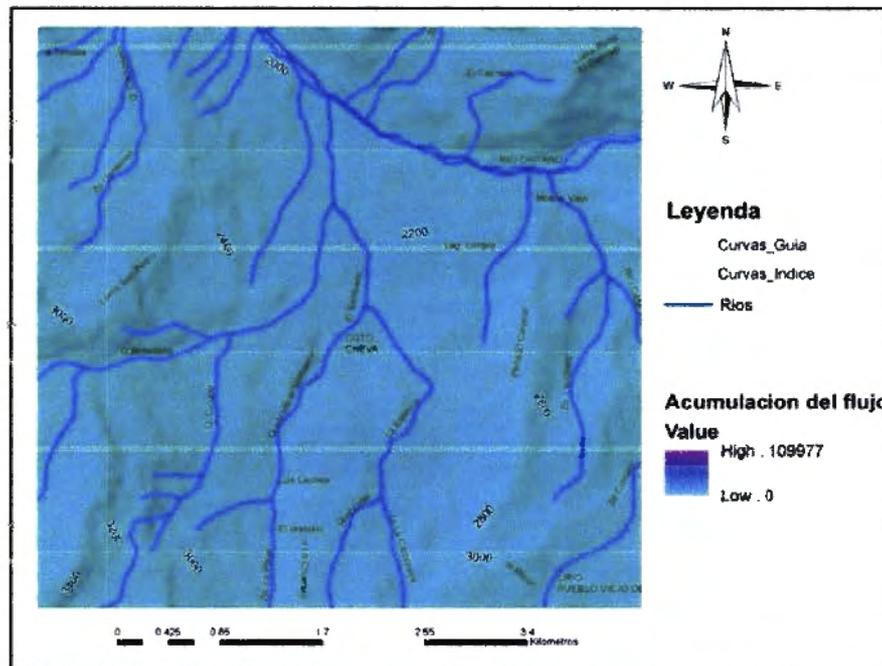
$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10,8 \sin \beta_{(i,j)} + 0,03 & \tan \beta_{(i,j)} < 0,09 \\ 16,8 \sin \beta_{(i,j)} - 0,5 & \tan \beta_{(i,j)} \geq 0,09 \end{cases}$$

<sup>4</sup> Foster *et al.*, 1977, citado por BARRIOS y QUINONEZ, 2000

**Figura 7-26. Dirección de Flujo. Fuente. Proyecto**

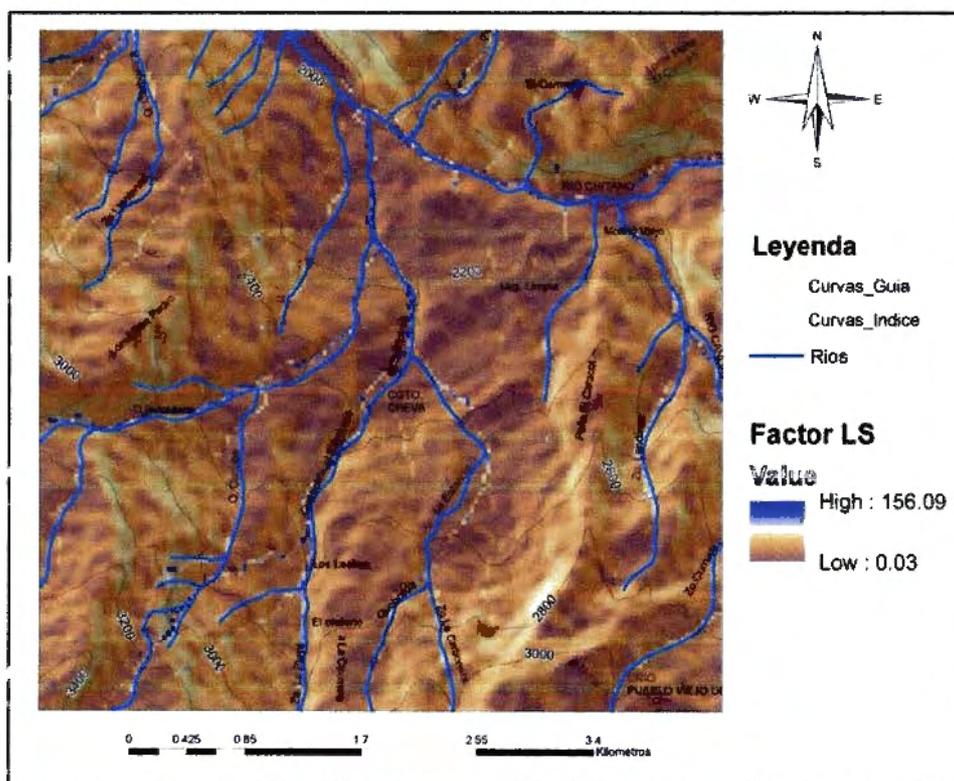


**Figura 7-27. Acumulación de Flujo.**



Fuente. Proyecto

**Figura 7-28. Factor Ls.**



Fuente. Proyecto

### 7.3.5 Factor ordenación de los cultivos (C)

El análisis de cobertura vegetal es muy importante ya que las regiones bien protegidas y con una adecuada cobertura vegetal, permiten una apropiada infiltración y un almacenamiento superficial, retardando el escurrimiento y por tanto, alargando la duración del mismo.

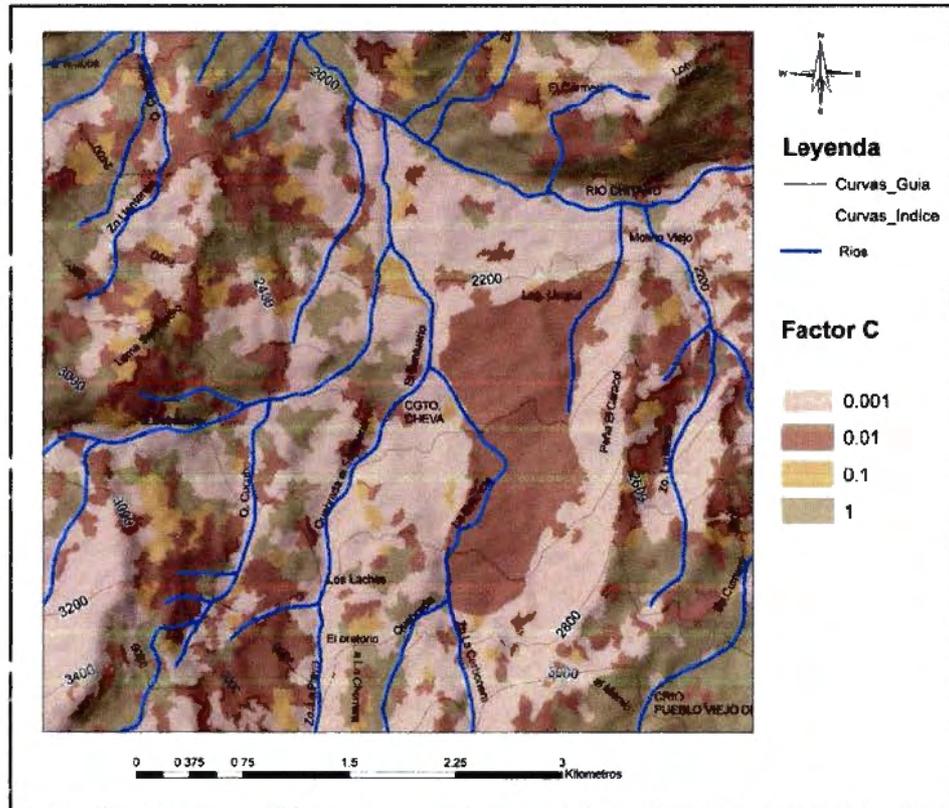
La evaluación de este parámetros se realiza haciendo una correlacion entre las coberturas existentes propuestas por la Rusle y las que se encuentran involucradas en el mapa de coberturas Corine land Cover propuestas anteriormente.

**Tabla 7-16.** Calificación entre las coberturas Rusle y coberturas CORINE LAND COVER propuestas.

Cobertura vegetal Según Corine Land Cover	Cobertura vegetal La Rusle	Factor C
Tejido urbano discontinuo	Suelo Desnudo	1
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados		
Afloramientos rocosos		
Tierras desnudas o degradadas		
Rios		
Lagunas, Lagos y cienagas naturales		
Bosque denso	Bosque natural denso o cultivo acolchado	0.001
Bosque abierto		
Bosque Fragmentado		
Bosque de galeria o ripario		
Oleaginosas y leguminosas		
Herbazal o Arbustal	Sabana o pradera herbacea en buen estado	0.01
Pastos limpios	Sabana o pradera herbacea sobre pastada	0.1
Pastos arbolados		
Pastos enmalezados		
Mosaico de pastos y cultivos		

Fuente. Proyecto

**Figura 7-29. Calificación Factor C.**



Fuente. Proyecto

### 7.3.6 Factor de prácticas de conservación (P)

Este factor al igual que el de cobertura vegetal se puede modificar y mejorar para controlar la erosión, con la finalidad de utilizar practicas adecuadas para la conservación del suelo a través del desarrollo de la actividad agrícola y pastoril adecuada.

La zona de estudio carece de un adecuado manejo de protección del suelo, aunque existan rusticas obras hidráulicas como son los canales o zanjas sin protección de concreto a su vez estas actúan como agentes favorables a los procesos de remosion en masa.

**Tabla 7-17.** Valores del Factor de Conservación de Suelos.

Prácticas de conservación de suelos	Factor P
En curvas de nivel (1-16% pendiente)	0.6
En curvas de nivel (15-25% pendiente)	0.85
Terrazas (desagues con cesped)	0.14
Terrazas (desagues subterrneos)	0.05
Hoyos de nivel	0.13
Sin prácticas de conservación	1

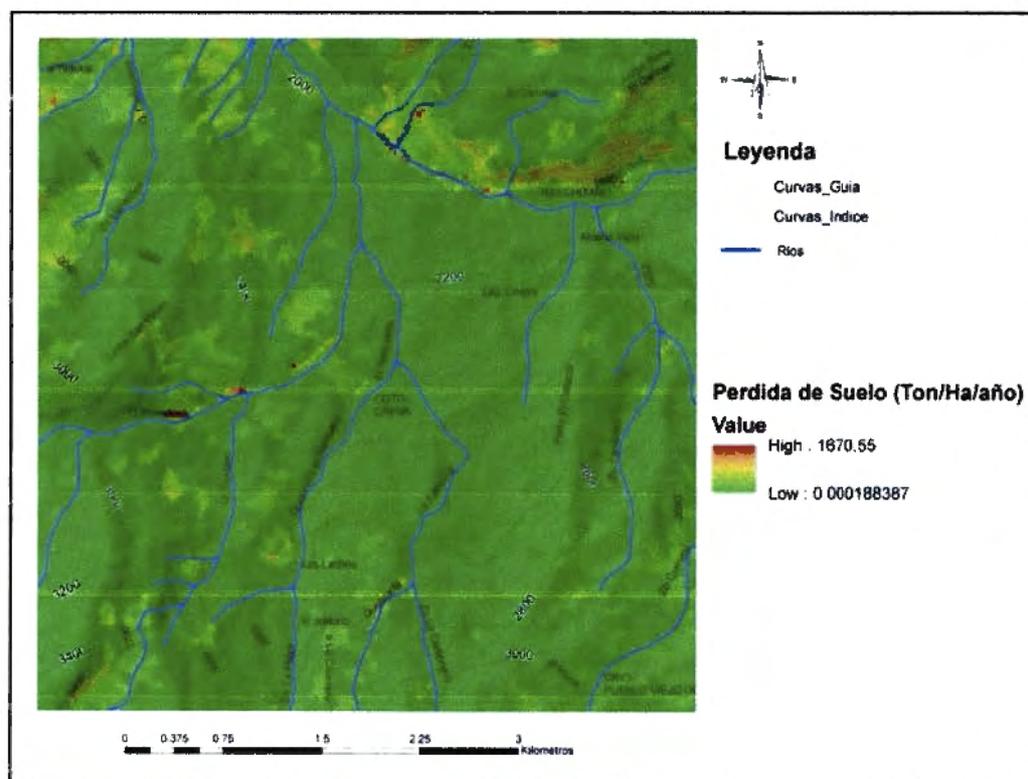
Fuente. Proyecto

Como el área no presenta ninguna de las prácticas de conservación anteriormente descritas el valor del factor P será igual a 1.

### **CALIFICACION TOTAL DE EROSIÓN**

Al obtener cada uno de los componentes temáticos se procede a aplicar la ecuación de la Rusle que consiste en el producto entre la erosividad por lluvias, la erodabilidad del suelo, el factor de la topografía y la cobertura vegetal ya las practicas de conservacion poseen un valor uniforme de 1; esta operación se realiza mediante el algoritmo calculadora raster de arcgis 10.3 para calcular finalmente cuantas toneladas de suelo se remueven en una hectárea por año.

**Figura 7-30.** Pérdida de suelo en el área.



Fuente. Proyecto

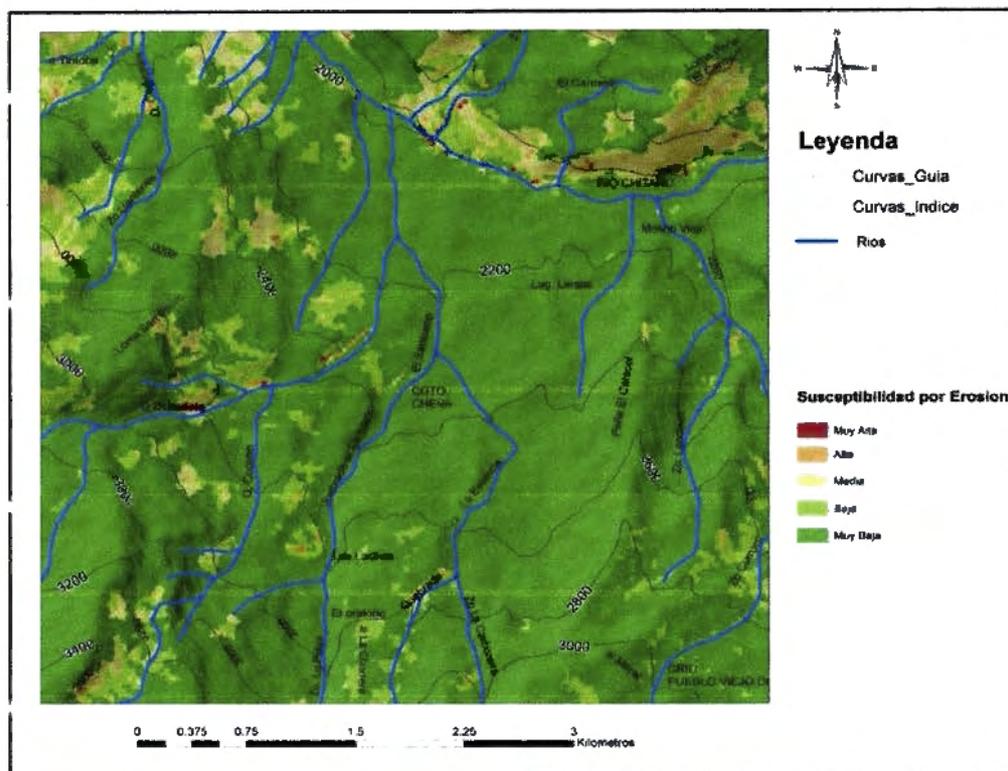
Aplicando un proceso de clasificación según la siguiente tabla se obtiene la influencia de la erosión en el área.

**Tabla 7-18.** Rangos de Erosión.

Clase	Erosion ( ton/ha/año)
Muy baja	<40
Baja	de 40-80
Media	de 80-160
Alta	de 160-320
Muy alta	> 320

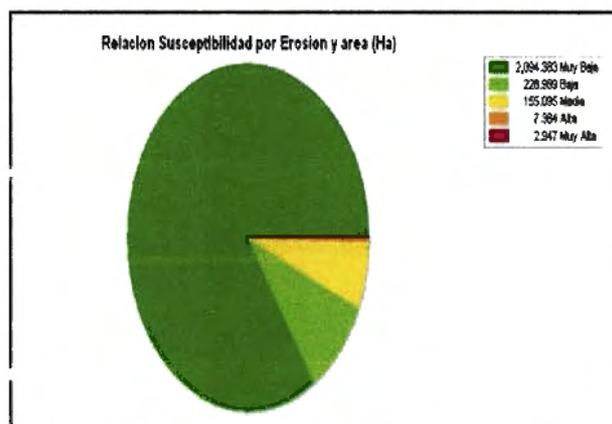
Fuente. "zonificación integral por amenazas naturales para la ciudad de villavicencio – META"

**Figura 7-31. Susceptibilidad por Erosión.**



Fuente. Proyecto

**Figura 7-32. Distribución del grado de erosión en el área de estudio**



Fuente. Proyecto

**Tabla 7-19.** Porcentaje de áreas afectadas por erosión.

Susceptibilidad po erosion	Area (Ha)	Porcentaje
Muy Alta	2.946539757	0.11839309
Alta	7.383840776	0.29668553
Media	155.0946354	6.23176148
Baja	228.9685158	9.20004211
Muy Baja	2094.38329	84.1531178

Fuente. Proyecto

El área presenta perdidas bajas de material por erosión, debido a la densa cobertura vegetal en algunos sectores que protege al suelo del desmoronamiento ocasionado por el impacto de las gotas de lluvia y la escorrentía.

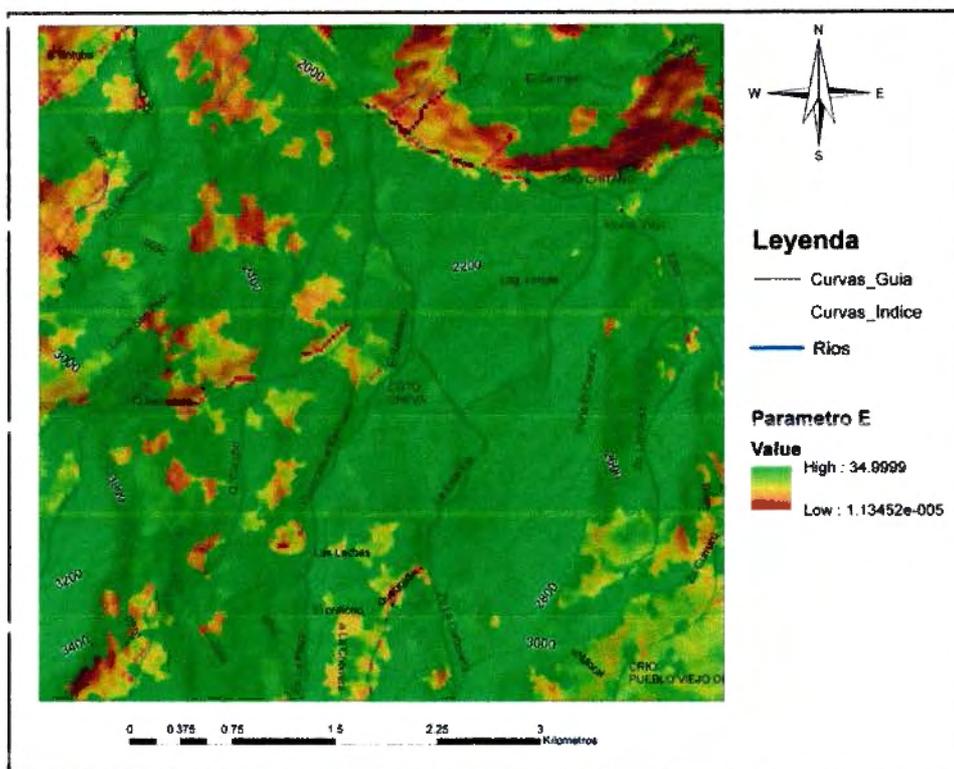
El sector La Estancia presenta valores de perdida bajos debido a que el área ha sido nuevamente trabajada en la parte baja por el desarrollo de cultivos transitorios como la alfalfa y en la parte alta el crecimiento de pastos enmalezados, arbustos y herbazales generan protección contra la erosión.

Las partes que han tenido perdidas de suelo son los afloramientos rocosos como lo es el caso de la Loma San Pedro debido a que estas laderas no poseen protección vegetal contra la erosión y poseen pendientes abruptas y perdidas altas son expuestas en los diferentes cursos hídricos estrechos debido a que la acción del agua y la pendiente generan despendimiento de partículas de suelo considerables como en el caso de la quebrada el bebedero, a pesar de que el mapa anterior presente coloraciones verdes indicadoras de estabilidad el análisis de este parámetro se hace en función del valor de los pixeles que lo conforman. Al resultado generado en el mapa de perdida de suelo se le aplica la siguiente ecuación propuesta por el documento "zonificación integral por amenazas

naturales para la ciudad de villavicencio – META” con el fin de plasmar los diferentes valores según la metodología de ramirez y gonzales

$$\text{PUNTOS} = 35 \exp (-0.008944378 E)$$

**Figura 7-33. Calificación del parámetro E.**



Fuente. Proyecto

### 7.3.7 Parámetro clima

La precipitación es uno de los factores desencadenantes de fenómenos de remosion en masa ya que cuando llueva parte de esta es recibida por la vegetación mientras que otra parte se infiltra en el suelo o es captada para luego infiltrarse en el. Aun después de llover los procesos de infiltración continúan; el agua que atraviesa los poros aumenta la presión en ellos lo cual reduce la

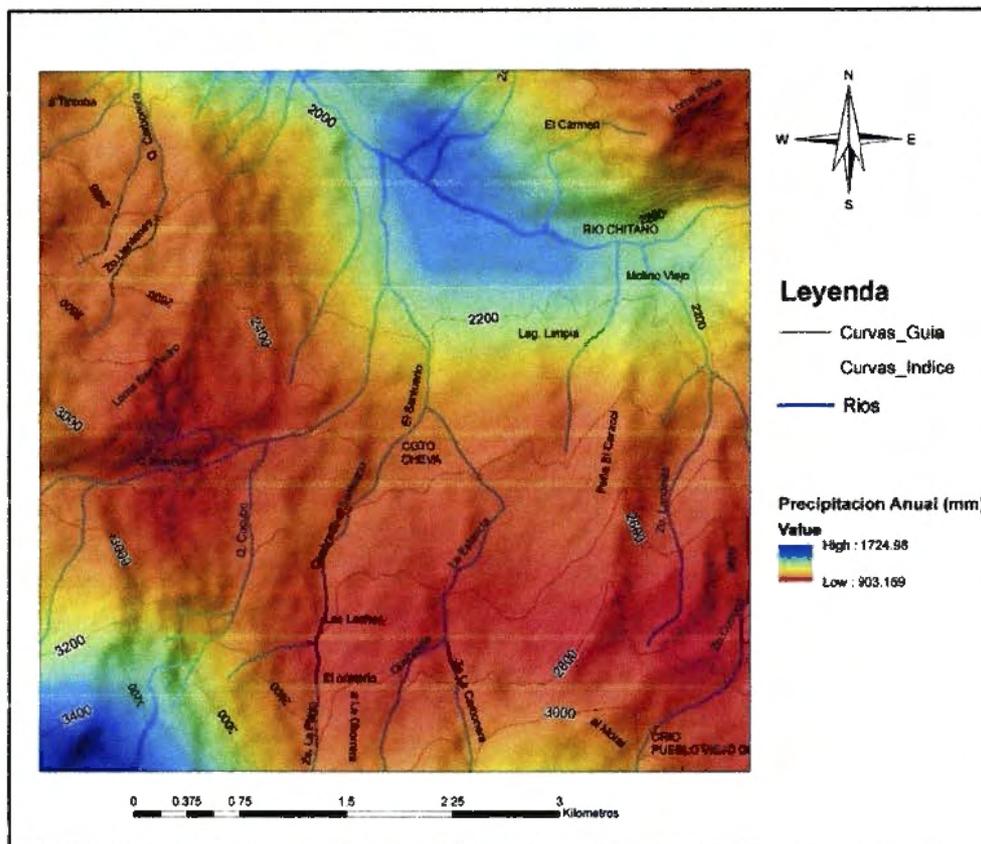
resistencia al corte y los esfuerzos efectivos hasta el posibilidad de generar movimientos ladera abajo.

En conclusión según (Baker, 1990) la acción del agua puede incrementar los esfuerzos cortantes por aumento de peso en la masa deslizada y por adición de fuerzas de infiltración, se reduce la resistencia al corte a lo largo de la superficie de falla por ablandamiento o por presiones hidrostáticas o de poros y por la existencia de cambios físicos y químicos en los materiales.

Las condiciones iniciales de humedad y la posición del nivel freático guardan una relación con precipitaciones anteriores así como la duración de la lluvia y su intensidad también pueden ser factores favorables para los movimientos en masa, así que para determinar la acción de la precipitación frente los movimientos de ladera es necesario recurrir a datos históricos en los cuales se encuentra las lluvias críticas, la duración de la precipitación y el pronóstico del comportamiento de esta variable en un futuro con ayuda de la estadística generada a partir de estaciones captadoras y medidoras de lluvia.

En el caso del área de estudio se realizó una interpolación de datos de precipitación mensual obtenidos de una base mundial de información climática con el fin de conocer el comportamiento de la variable a través del tiempo registrando así precipitaciones entre los 903 y 1724 mm al año.

**Figura 7-34.** Precipitación anual de la zona de estudio.



Fuente. Proyecto

Según la metodología, la precipitación se califica en función de su intensidad máxima diaria acumulada en alta, media y baja donde los valores de mayor estabilidad se presentan siempre y cuando la variable contemple valores bajos.

**Tabla 7-20.** Calificación del parámetro C.

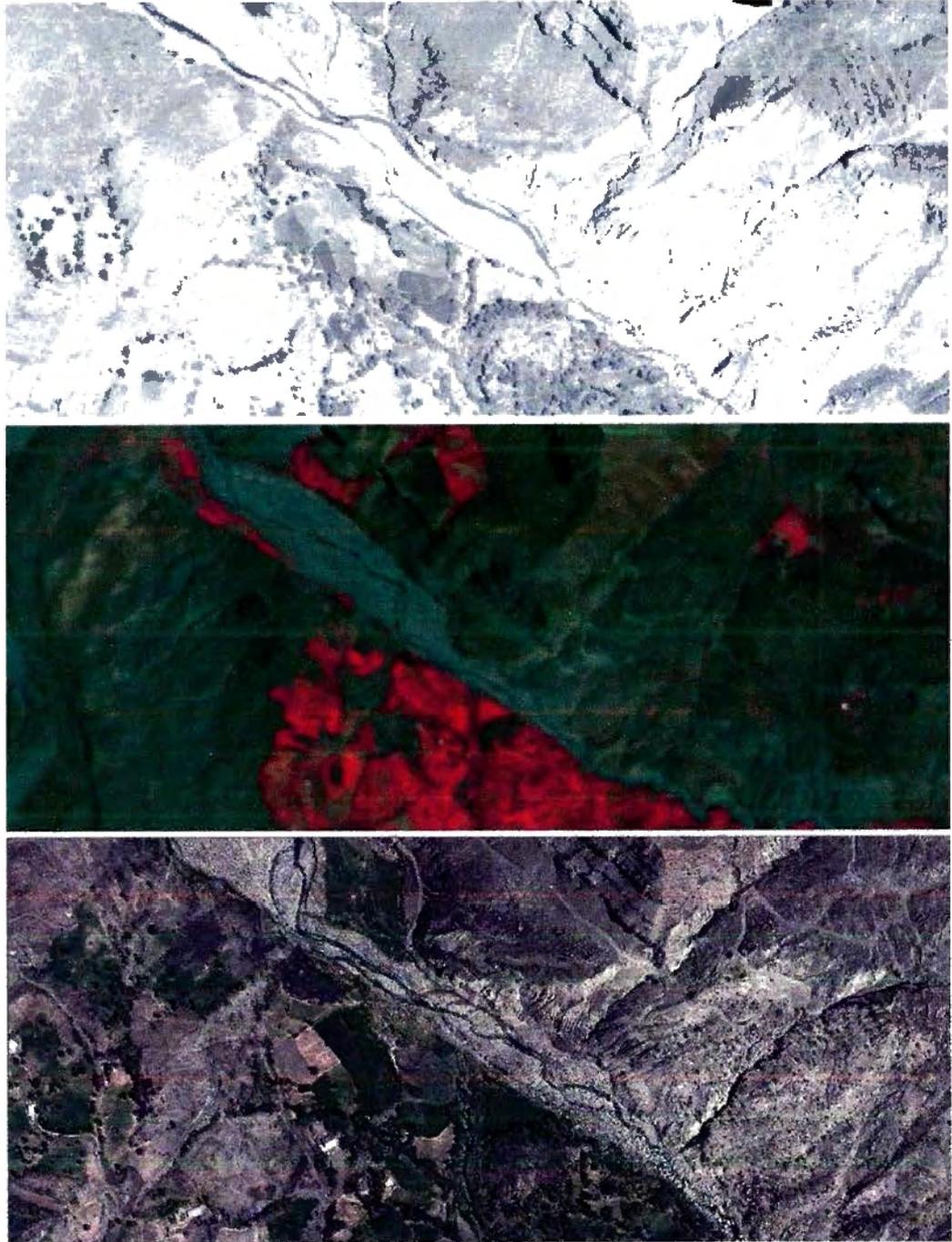
Parametro C			
PMDA	Baja	Media	Alta
Puntaje	40	19	8

Fuente. Proyecto

Al tener en cuenta y hacer una comparación con los valores más altos de precipitación que para el caso de Colombia son 13000 mm al año en el municipio de Iloro Choco, los más bajos en menos de 500 mm en el desierto de Atacama Chile y las zonas selváticas presentan lluvias de 2000 mm al mes aproximadamente se puede concluir que el valor máximo de precipitación anual en el área corresponde a una categoría baja

Mediante un análisis multitemporal con ayuda de una fotografía aérea de la década de los 60, una imagen del satélite Spot del año 2005 y una imagen de Digital Globe 2010 suministrada por Google Earth se observa que el río Chitano presente en la zona contempla caudales bajos debido a que los aportes hídricos no son sustanciosos.

**Figura 7-35.** Variación del caudal del Río Chitano desde la década del 60 hasta 2010.



Fuente. Proyecto

Aunque la categoría del área en función de la precipitación anual es baja no se puede olvidar que producto de las altas precipitaciones han ocurrido eventos importantes como en la década de los 40 en el sector de Tintoba expresado mediante un flujo de detritos considerable y en el año 2011 producto del fenómeno de la niña un movimiento complejo de gran extensión en el sector La Estancia; además que en los últimos meses las lluvias son tan fuertes que hacen que los cauces transporten grandes cantidades de material fracturado proveniente de los macizos fracturados provocando obstrucciones y taponamientos como es el caso de la quebrada el santuario y la vía que conduce a Cheva con el sector la ovejera ,donde dichos problemas son frecuentes. Por estos argumentos se ve necesario el uso del valor de precipitación alta optada por la metodología en un polígono uniforme para toda el área con el fin de contemplar situaciones críticas.

**Fotografía 7-23.** Vía corregimiento de Cheva - La Ovejera.



Fuente. Proyecto

### 7.3.8 Parámetro Sismo

La sismicidad de una zona en un momento determinado puede ser natural o artificial. La sismicidad natural es causada por los esfuerzos a los que están sometidas las rocas y la sismicidad artificial es la generada por el hombre como las voladuras.

Los sismos naturales son fenómenos causados por los movimientos de las fallas al interior de la corteza terrestre. Al moverse una falla se producen ondas de diferentes tipos que viajan a través de las rocas. Los movimientos sísmicos pueden activar deslizamientos.

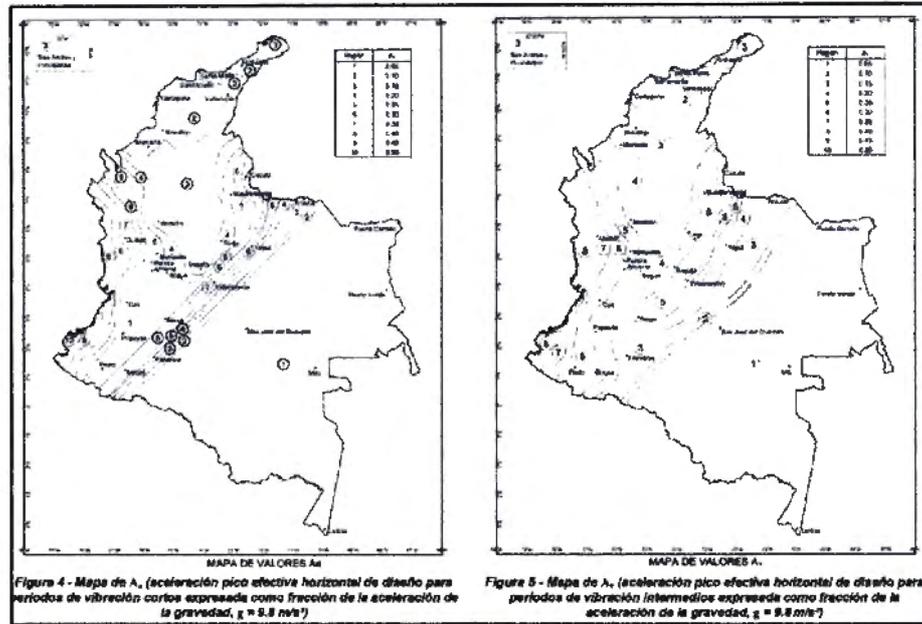
Los eventos sísmicos afectan la estabilidad de las laderas produciendo:

- Fracturación
- Remoldeo
- Deformación
- Aumento de la presión de poros
- Disminución de la resistencia del suelo
- Generación de fuerzas de tipo dinámico sobre las masas del talud

Estos factores pueden generar deslizamientos, especialmente en los taludes con alta susceptibilidad, por licuación y traslación en suelos y agrietamiento y desintegración en los taludes de roca.

Los sismos crean aceleraciones horizontales y verticales sobre los taludes y dependiendo del tipo de material, varían los esfuerzos que actúan sobre la ladera provocando inestabilidad momentánea.

**Figura 7-36. Mapa de aceleración sísmica.**



Fuente. NSR-10

La ocurrencia de deslizamientos durante un evento sísmico, depende de las condiciones del terreno (materiales, topografía, vegetación, etc.), el comportamiento dinámico de los materiales y el efecto de la topografía.

En la propagación de las ondas sísmicas hay tres factores fundamentales que contribuyen al movimiento: la fuente, el medio por el cual se transmiten las ondas y el efecto local. Los efectos locales, que tienen gran incidencia en los deslizamientos y es el factor de estudio para determinar el parámetro sismo, dependen de:

- Las propiedades geológicas y dinámicas del material
- La topografía
- La composición y dirección de la base rocosa

Estos efectos locales se manifiestan en el evento sísmico de distintas formas:

- Producen amplificaciones y/o desamplificaciones del movimiento
- El contenido frecuencial se ve afectado
- Varían los parámetros característicos del movimiento del suelo
- En ciertas ocasiones puede haber un comportamiento no lineal del suelo
- Puede haber una gran variabilidad del movimiento entre lugares próximos

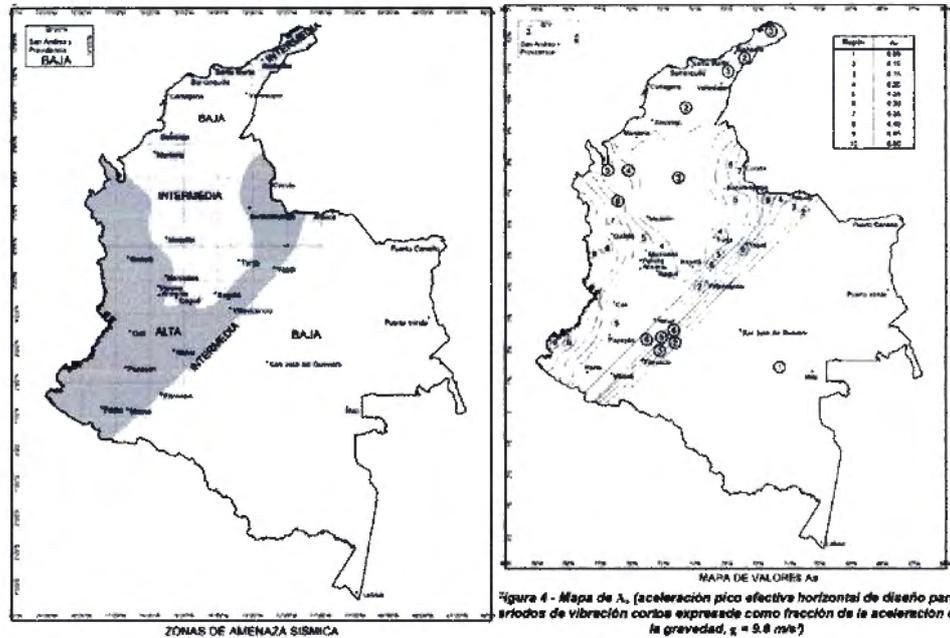
Para la evaluación del parámetro sismo, se tiene en cuenta lo siguiente:

- Amenaza sísmica regional
- Efectos por el tipo de material
- Efectos topográficos locales

### **Amenaza sísmica regional**

Para el análisis de la amenaza sísmica regional se toma como base los parámetros establecidos por la norma sismo resistente (NSR-10) y el estudio general de amenaza sísmica de Colombia (AIS 2009), donde, para el municipio de Jericó, se estableció un valor de aceleración en roca ( $A_a$ ) de 0.25 y una zona de amenazas sísmica alta.

**Figura 7-37. Amenaza sísmica y valores de aceleración.**



Fuente. NSR-10

➤ **Efectos por el tipo de material**

Por el tipo de material se evaluó y califico según la metodología expuesta en la zonificación de amenaza por movimientos en masa del municipio de Villavicencio (Ingeominas 2003), donde se establecen los puntajes por tipo de material y pendiente.

**Figura 7-38. Efecto por tipo de material.**

GEOLOGIA M	MATERIAL	FACTOR Q		
		$\theta \leq 10^\circ$	$10^\circ < \theta \leq 30^\circ$	$\theta > 30^\circ$
Roca	S1	1.0	1.1	1.2
Material Intermedio y Coluvión Duro	S2	1.2	1.3	1.4
Coluvión	S3	1.5	1.6	1.7

Fuente. Calificación según los tipos de materiales y pendientes. Ingeominas 2003

➤ **Efectos topográficos locales**

Las irregularidades topográficas del terreno pueden amplificar el movimiento en las cimas de las montañas (en general, de las topografías convexas), y desamplificar en el fondo de los valles (en general de las topografías cóncavas). Las amplificaciones son sensibles a la pendiente de la topografía en forma directa por lo tanto entre mayor sea la pendiente, mayor es la amplificación. Los mayores valores de amplificación se aplicaron a geometrías convexas, los valores intermedios a geometrías rectas y las menores geometrías cóncavas.

**Figura 7-39.** Valores de amplificación topográfica.

$\chi = 1.0$	para $\Delta i \leq 0.4$
$\chi = 1.0 + 0.8 (\Delta i - 0.4)$	para $0.4 \leq \Delta i \leq 0.9$
$\chi = 1.4$	para $0.9 \leq \Delta i$

en las cuales  $\chi$  = factor de amplificación topográfica = aceleración amplificada/aceleración

$$\Delta i = \text{abs} (I - i)$$

$I$  = pendiente del talud de la ladera

$i$  = pendiente de la parte superior de la ladera  $i \leq (1/3)$

Fuente. Ingeominas 2003

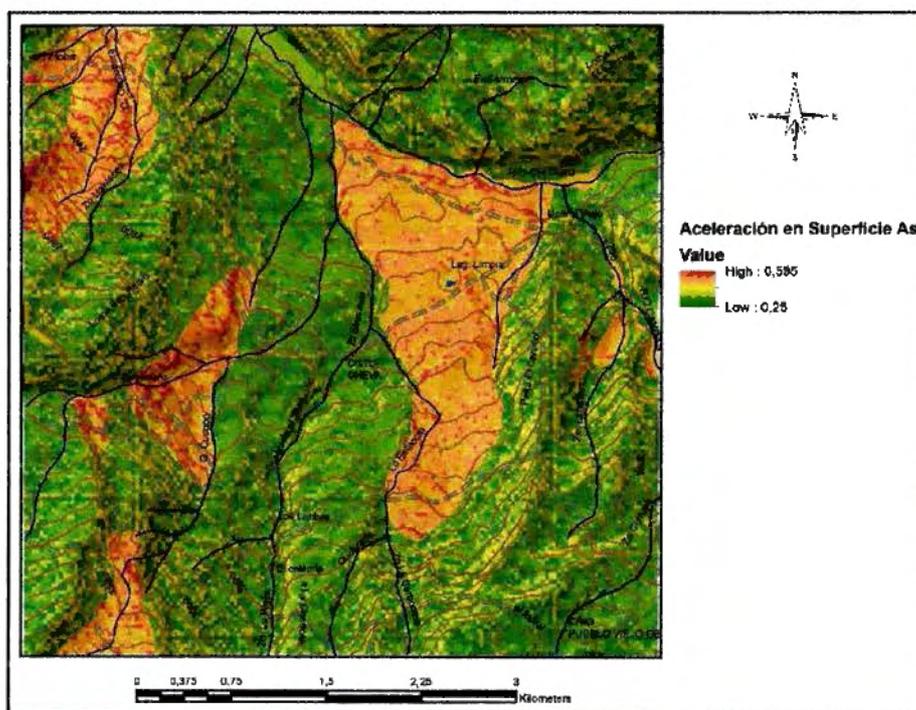
Para la calificación del parámetro sismo, se tienen en cuenta los parámetros mencionados anteriormente (Amenaza sísmica ( $A_a$ ), efecto por material ( $Q$ ) y efecto por topografía ( $\chi$ )) para calcular la aceleración en superficie  $A_s$ .

$$A_s = A_a * Q * \chi$$

A partir de la metodología expuesta en la zonificación de amenaza por movimientos en masa del municipio de Villavicencio (Ingeominas 2003), se califica el parámetro sismo con la siguiente expresión:

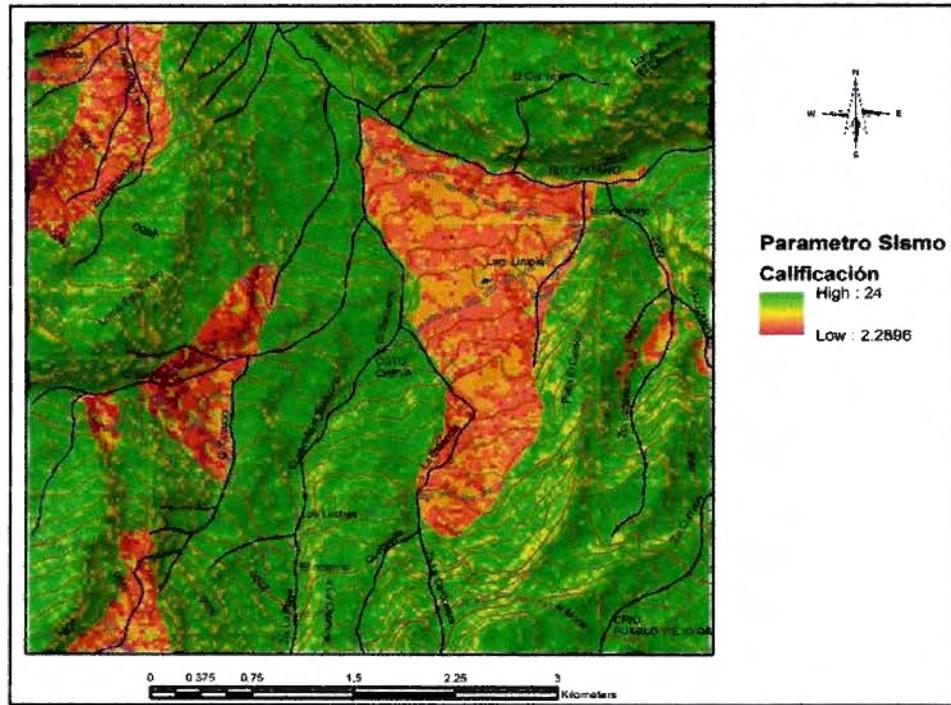
$$PSIS = 24 \exp[- 27 \times (As-0.3)^2]$$

**Figura 7-40. Mapa de Aceleración en superficie  $A_s$ .**



Fuente. Proyecto

**Figura 7-41.** Mapa de calificación del parámetro Sismo.



Fuente. Proyecto

Según el mapa de sismicidad, las zonas de mayor afectación por el parámetro sismo, son los sectores de la Estancia y Tintoba, donde predominan materiales de tipo suelo y la susceptibilidad a deslizamiento en caso de un sismo es mayor.

El 13.9% del área presente una susceptibilidad muy alta, el 10.42% es alta, el 11.21% es moderada, el 9.83% es baja y el 54.5% es muy baja. En conclusión el 40% del área presenta una susceptibilidad alta a moderada y el 60% una susceptibilidad baja.

**Tabla 7-21.** Porcentajes del parámetro Sismo.

Calificación	Grado	Sismicidad	Área (Ha)	Porcentaje %
< 14	1	Muy Alta	349,17	13,96

Calificación	Grado	Sismicidad	Área (Ha)	Porcentaje %
14 a 18	2	Alta	260,58	10,42
18 a 21	3	Moderada	280,22	11,21
21 a 23	4	Baja	245,94	9,83
> 23	5	Muy Baja	1363,70	54,55
			2499,63	100

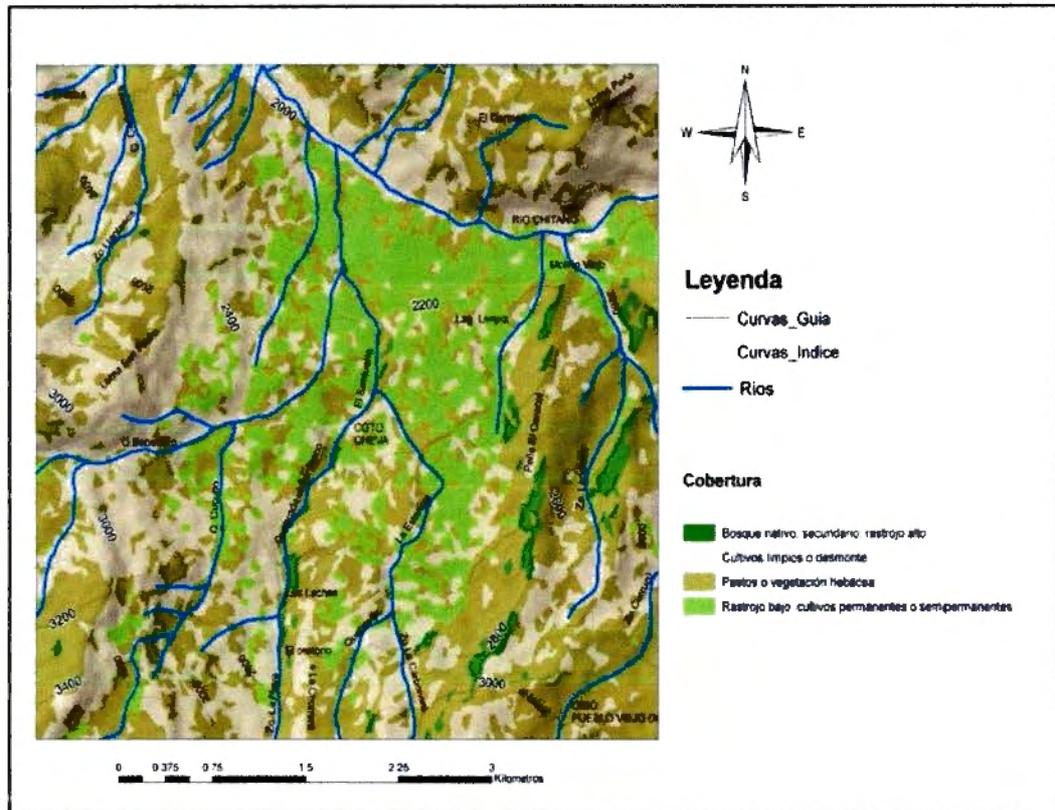
Fuente. Proyecto

### 7.3.9 Factor Antrópico Parámetro A.

La acción hombre sobre la superficie terrestre también es un factor que se debe considerar para la evaluación de fenómenos de remoción en masa ya que tiene la capacidad de reducir y controlar su ocurrencia así como también de acelerarla. Las diferentes actividades en el corto ciclo de vida humana como lo son la explotación de un recurso mineral, la ganadería, la agricultura el crecimiento urbanístico entre otros pueden ser procesos que inestabilicen el terreno o lo tiendan a estabilizar, por esta razón en la metodología se evalúa este factor como un agente negativo o positivo en la ocurrencia de dichos fenómenos

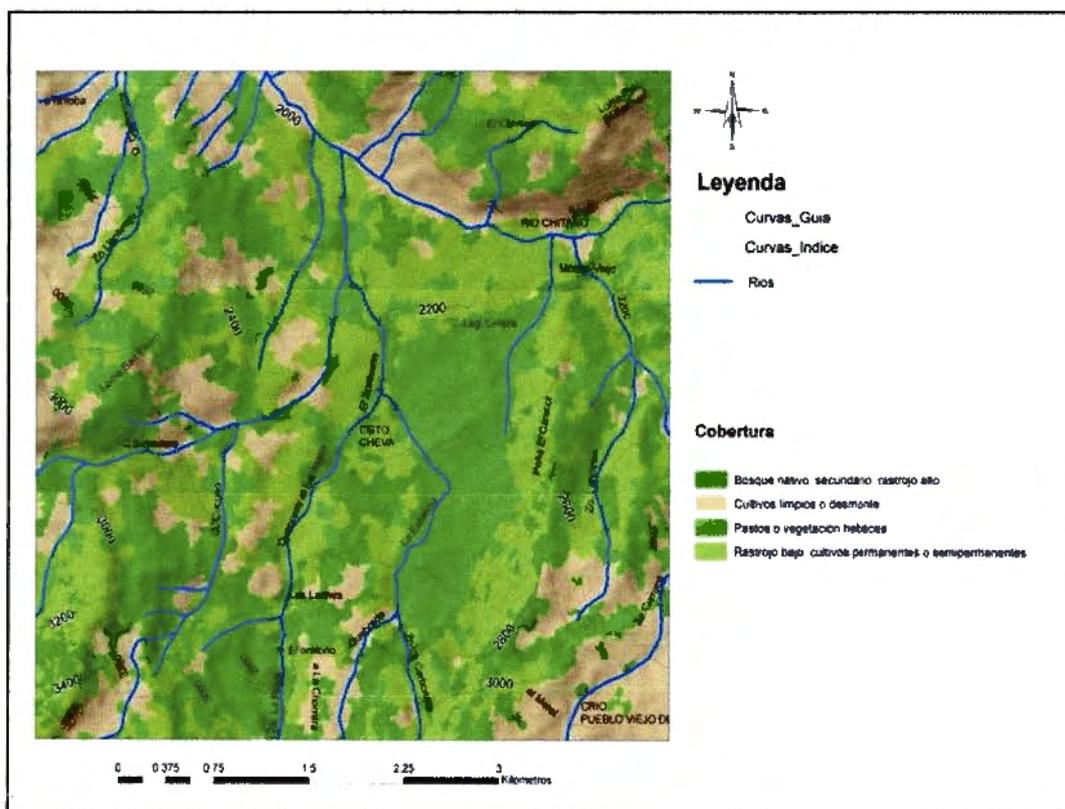
Para la evaluación del parámetro A se tiene en cuenta los diferentes cambios que han ocurrido sobre el terreno a través del tiempo, cambios que pueden ser del pro de la estabilidad y o en contra de esta, así que se opta por hacer una clasificación de las coberturas existentes en el año 2005 con ayuda de una imagen multiespectral Spot para ser comparada con la clasificación de coberturas según la metodología propuestas en la evaluación del parámetro de vegetación.

**Figura 7-42. Análisis de cobertura en el área. Año 2005.**



Fuente. Proyecto

**Figura 7-43. Mapa Cobertura Actual.**



Fuente. Proyecto

Con estos dos insumos se procede a realizar una diferencia en función de los valores propuestos de cobertura con el fin de hallar los cambios positivos y negativos y las superficies que no han cambiado con el tiempo.

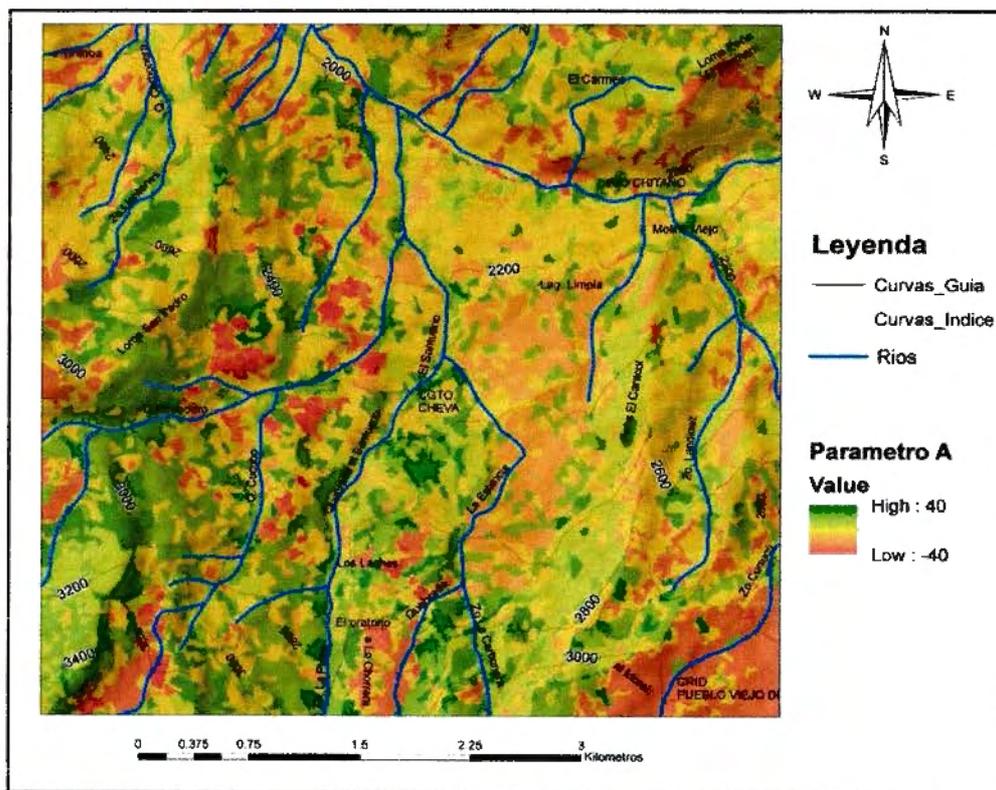
**Tabla 7-22. Calificación de Coberturas.**

COBERTURAS SEGÚN LA METODOLOGIA EN LOS AÑOS 2005 Y ACTUAL	PUNTAJE
Bosque nativo, secundario, rastrojo alto.	40
Rastrojo bajo, cultivos permanentes o semipermanentes (Zona urbana pavimentada).	32

COBERTURAS SEGÚN LA METODOLOGIA EN LOS AÑOS 2005 Y ACTUAL	PUNTAJE
Pastos o vegetación herbácea (Zona urbana sin pavimentar).	20
Cultivos limpios o desmonte (Canteras).	0

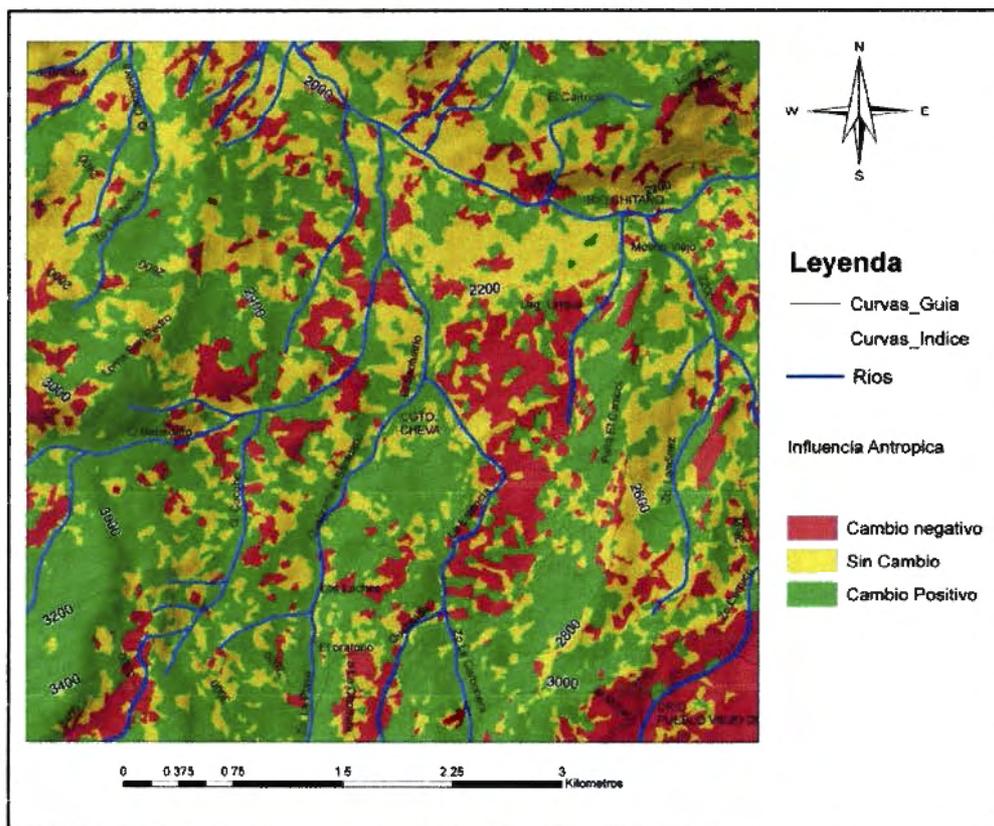
Fuente. Proyecto

**Figura 7-44. Parámetro A (Factor Antrópico).**



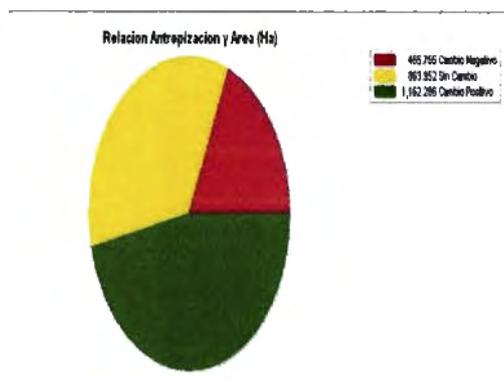
Fuente. Proyecto

**Figura 7-45. Grado Antrópico.**



Fuente. Proyecto

**Figura 7-46. Distribución del grado antrópico en el área de estudio.**



Fuente. Proyecto

**Tabla 7-23.** Porcentaje del grado Antrópico del área.

ANTROPIZACION	AREA (HA)	PORCENTAJE
Negativa	465.7646314	18.6903735
sin cambio	863.9518498	34.6689759
Positiva	1162.286319	46.6406506

Fuente. Proyecto

En aproximadamente 10 años las prácticas de agricultura han fortalecido suelos desnudos en diferentes partes del área creando así un factor favorable contra la erosión, así como zonas en donde existían pastos han quedado totalmente descubiertas de esta capa protectora. Suelos desnudos en el pasado han generado cobertura vegetal en la actualidad. Pero el cambio más notorio y sustancial de todos es el del sector la estancia que en el 2005 en la parte alta poseía cultivos de alfalfa, tras el evento del 2011 estas coberturas han sido reemplazadas por pastos enmalezados y poco densos utilizados para la ganadería; dicho cambio fue negativo. Al observar este comportamiento es necesario recomendar planes de recuperación forestal en aquellas áreas que han perdido densidad en su cobertura con el fin de mejorar su estabilidad.

#### 7.4 EVIDENCIAS DE INESTABILIDAD

Es importante conocer la estabilidad de una región a través del tiempo para de esta manera puntualizar diferentes métodos de mitigación y planes de mejoramiento, en el caso de los deslizamientos evaluar un evento pasado es importante para conocer si este puede tener nuevos planos de falla y los factores que lo pueden volver a reactivar, en las caídas de rocas se pueden proyectar obras de

contención para evitar su propagación, es importante saber que los fenómenos en masa son parte de procesos geodinámicos externos donde se ve plasmado la evolución de las diferentes formas del relieve y la mayoría de veces se desarrollan en zonas donde no se encuentra ningún elemento vulnerable y por lo tanto no representan una amenaza para la comunidad, en otros casos suelen dejar lobullos de grandes dimensiones como lo es el caso de los flujos de tierra o detritos en donde se pueden acentar con el tiempo futuros centros urbanos, puentes, etc. El conocimiento de las evidencias de inestabilidad permite desarrollar planes eficaces de ordenamiento territorial y obras de infraestructura.

En el área de estudio se aprecian diferentes tipos de evidencias de inestabilidad desde locales hasta las que abarcan decenas de hectáreas. Que con ayuda de trabajo de campo e imágenes satelitales pudieron ser delimitadas en el plano; entre estas tenemos:

➤ **Flujos de tierra**

Son movimientos en materiales tipo suelo donde las partículas son de tamaño limo o arcilla; en el área de estudio se encuentran en las ladera de erosión adyacentes a la quebrada el santuario en la que los materiales mayoritariamente son Lutitas de la formación chipaque que cuya meteorización genera suelos arcillosos.

**Fotografía 7-24.** Flujo de tierra. Quebrada El Santuario.



Fuente. Proyecto

#### **7.4.1 Caída de roca**

Cuando las paredes de los macizos sufren bastos procesos de meteorización pueden fracturarse debido a que pueden estar cerca a una zona de fallamiento , sometidos a practicas de minería o construccion de obras viales ; en las abundantes fracturas puede entrar agua la cual facilita desprendimiento de roca que con ayuda de la pendiente pueden llegar a zonas bajas con facilidad ; esto se aprecia en la via que comunica cheva con jerico en materiales de la formación arenisca tierna y en la loma el caracol .

#### **7.4.2 Flujos de Detritos**

En épocas de altas precipitaciones se pueden desplazar con ayuda de la gravedad cantidades de material compuesto por rocas y suelo que al estar fuertemente

saturados fácilmente pueden avanzar ladera abajo; fenómeno se aprecia en el sector de Tintoba y en el área cercana a la Escuela El Cocubal donde se aprecian materiales provenientes de la Formación La Luna.

**Fotografía 7-25.** Flujo de Detritos. Sector El Cocubal.



Fuente. Proyecto

### ➤ Reptación

Son movimientos lentos debido al grado bajo de la pendiente y de la saturación del contacto entre material competente e incompetente el cual puede ser agravado por factores antrópicos como la ganadería; se logra apreciar en el sector del oratorio y en la vereda La Ovejera.

**Fotografía 7-26.** Reptación de suelo. Sector El Oratorio.



Fuente. Proyecto

### **7.4.3 Movimiento complejo**

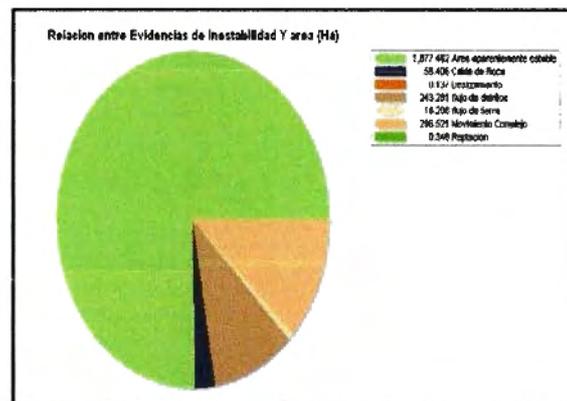
Tipo de movimiento compuesto por diferentes factores de inestabilidad como variaciones de pendiente y materiales de afectación, el ejemplo más claro es el ocurrido en el sector la estancia tras el fenómeno de la niña en el año 2011 en donde la parte alta presenta caída de rocas, flujo de detritos y en general se aprecia desplazamiento de material arcilloso oscuro en dirección al Rio Chitano.

**Fotografía 7-27.** Movimiento complejo. Sector La Estancia.



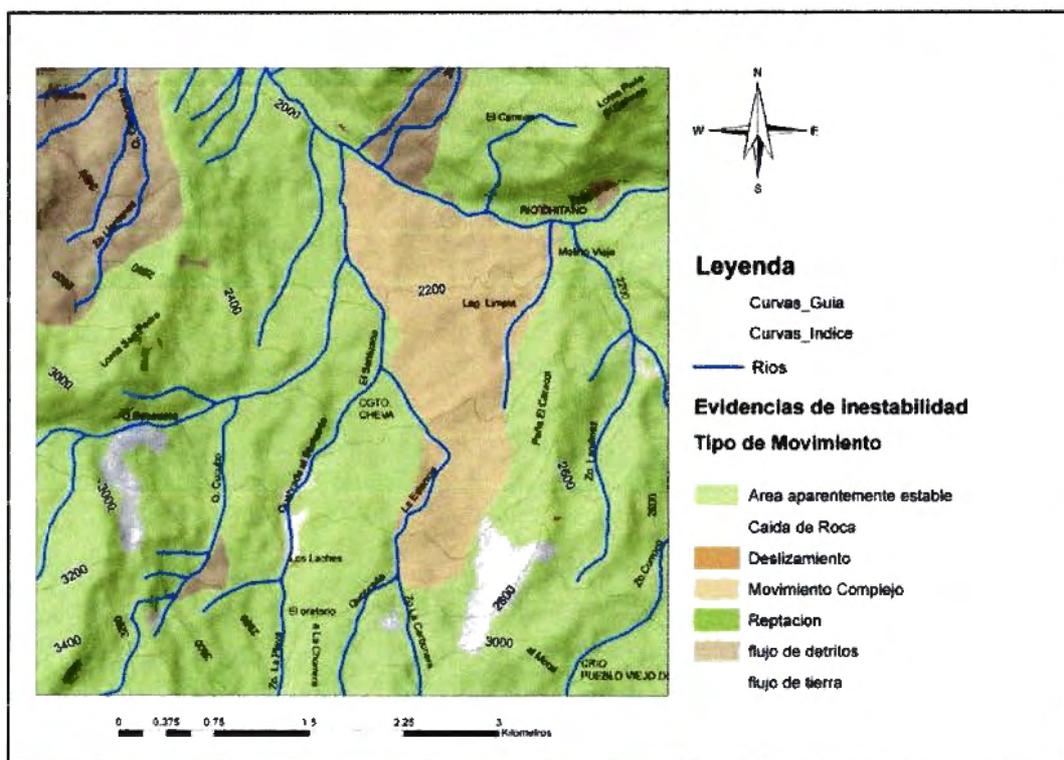
Fuente. Proyecto

**Figura 7-47.** Distribución del gardo de erosión.



Fuente. Proyecto

**Figura 7-48. Evidencias de Inestabilidad en el área de estudio.**



Fuente. Proyecto

**Tabla 7-24. Porcentaje de evidencias de Inestabilidad.**

Evidencias de inestabilidad	Area (Ha)	Porcentaje
Area aparentemente estable	1877.461826	75.3285772
Caída de Roca	58.40560273	2.34338237
Deslizamiento	0.137139114	0.00550237
flujo de detritos	243.2812836	9.76106821
flujo de tierra	16.20843452	0.65032391
Movimiento Complejo	296.5207163	11.8971706
Reptación	0.348317276	0.01397538

Fuente. Proyecto

En conclusión, se observa que el 25% del área presenta evidencias de inestabilidad visibles y reconocibles en donde la mayor parte inestable se encuentra en el movimiento complejo del sector la estancia, el otro 75% pertenece a zonas aparentemente estables en las cuales superficialmente no se puede apreciar la estabilidad por lo cual es necesario el estudio y caracterización de zonas de riesgo por medio de la zonificación de amenazas por FRM en la cual se tienen en cuenta las diferentes variables que pueden contribuir a estabilizar o inestabilizar el terreno.

Se analiza la intervención del hombre en las laderas, evaluando la cobertura y uso del suelo y su relación con los procesos de inestabilidad actual. Teóricamente este proceso debe conducir a identificar los conflictos de uso en relación con los deslizamientos o la erosión.

## 7.5 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

Una vez evaluados los diferentes parámetros, y haber relacionado la susceptibilidad de las laderas a los fenómenos de remoción en masa y los factores detonantes, se calcula el valor de CE, Calificación de Estabilidad, tal como se indicó anteriormente.

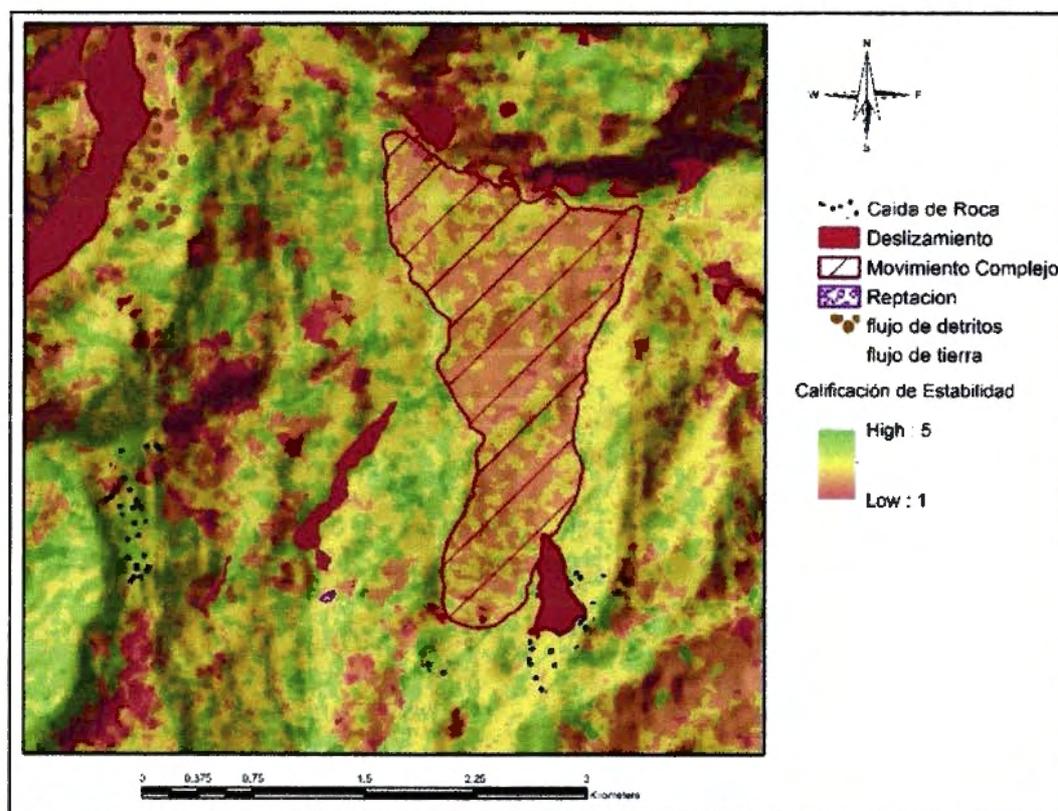
**Tabla 7-25.** Susceptibilidad por movimientos en masa.

CALIFICACIÓN	RANGO	AREA (HA)	PORCENTAJE (%)
Muy Alto (1)	<100	188,865275	7,606248296
Alto (2)	100 - 130	649,647188	26,16350633
Moderado (3)	130 - 160	1007,99331	40,59532608

CALIFICACION	RANGO	AREA (HA)	PORCENTAJE (%)
Bajo (4)	160 - 190	589,733136	23,75056327
Muy Bajo (5)	> 190	46,7890877	1,884356023
Total		2500	100

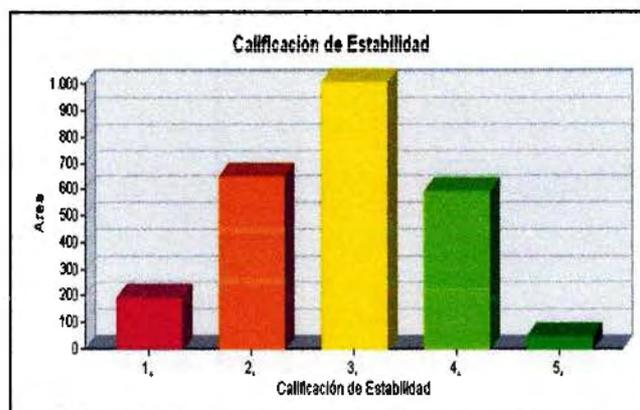
Fuente. Proyecto

**Figura 7-49. Mapa de zonificación de amenaza relativa por Fenómenos de Remoción en Masa.**



Fuente. Proyecto

**Figura 7-50. Calificación de Estabilidad.**



Fuente. Proyecto

El área de estudio presenta en general un grado de estabilidad moderada. El corregimiento de Cheva presenta un grado de amenaza baja a moderada debido al tipo de cobertura presente. El sector de Tintoba presenta un grado de amenaza alta a causa de los procesos geodinámicas inciden en el sector. El sector la ovejera tiene un grado de estabilidad alta a moderada debido a la cobertura vegetal que protege el terreno de los procesos erosivos. EL sector el Cocubal presenta un grado de amenaza alta a moderada por causa del desprendimiento de material de la Loma el Tambor. El sector de Pueblo Viejo tiene un grado de amenaza alto a muy alto por la ausencia de cobertura vegetal. La Estancia presenta un grado de amenaza moderado a alto por el tipo de material inconsolidado, la cobertura vegetal está en proceso de desarrollo y por los antecedentes de inestabilidad.

Por lo anterior se recomienda en zonas como es el caso del sector pueblo viejo que se realice un plan d reforestación o recuperación de cobertura vegetal porque su inestabilidad es debida mayoritariamente al factor antrópico.

**Tabla 7-26.** Grado de amenaza y sectores donde se presenta.

Grado de Amenaza	Variable								Sector
	Material / Grado de Meteorización	Pendiente	Drenaje/Densidad	Vegetación	Lluvia	Sismicidad/Grado de Afectación	F. Antrópico	Erosión/Perdida de Suelo	
<b>Amenaza Relativa Muy Baja</b>	Roca Sana	Plana (0 - 7°)	Muy Baja	Bosques	Alta	Muy Baja	Zonas de Reforestación	Muy Baja	Loma San Pedro Carr
<b>Amenaza Relativa Baja</b>	Roca con meteorización Baja	Inclinada (7 - 11)	Baja	Pastos limpios y arbolados	Alta	Baja	Zonas de arbustos y herbazales	Baja	Loma San Pedro Lanc, M Viejo
<b>Amenaza Relativa Moderada</b>	Roca con meteorización alta	muy Inclinada (11° - 19°)	Moderada	Pastos enmalezados y cultivos permanentes	Alta	Moderada	Zonas de cultivos y pastos	Moderada	Peñón Care, Cher, La Esta, La oveja, Puel Viejo
<b>Amenaza Relativa Alta</b>	Suelos consolidados	Abrupta (19° - 40°)	Alta	Cultivos Transitorios y áreas de desmonte	Alta	Alta	Zonas de desmonte o degradación	Alta	Mar del chita, La Esta, Puel Viejo
<b>Amenaza Relativa Muy Alta</b>	Suelos Coluviales	Escarpada (> 40°)	Muy Alta	Afloramientos rocosos y área con vegetación nula	Alta	Muy Alta	Zonas de Deforestación	Muy Alta	Mar del chita, Tinto, La Carta, Baja la El Tam

Fuente: Proyecto

## 8 ANÁLISIS AGROECONÓMICO

Según el CLOPAD<sup>5</sup> de Jericó, antes del 28 de Abril del año 2011, se veían los cultivos de alfalfa, cuyo nombre científico es Medicago sp., como una alfombra verde en las veredas del Corregimiento de Cheva y sus alrededores. Sin embargo un desastre natural destruyó el campo, junto con su infraestructura, viviendas, galpones de beneficio de alfalfa o Caney's. La zona más afectada fue la vereda de La estancia en un 99%, seguida de la vereda Tintoba en un 50%. Antes había una laguna, después del desastre natural aparecieron cuatro nuevas lagunas naturales, ubicadas en El Higuerón, Santa Helena, Laguna Limpia y Cachavita.

El presente estudio se basa en la vereda la Estancia, que fue afectada en su totalidad. Aun se observan como testigos mudos del desastre los muros destruidos, los postes de energía eléctrica arrancados, afloran cimientos de lo que fueron casas, caney's o secaderos y molinos de alfalfa. Pero también se mira a la gente cuya actividad económica agrícola fue suspendida en ese entonces, que han regresado con la esperanza de reconstruir sus vidas basadas como lo fue siempre, en el cultivo y beneficio de la alfalfa, pero bajo condiciones y restricciones que imponen las zonas declaradas en riesgo.

### 8.1 ESTADO ACTUAL DE DESTRUCCION INSTANTANEA DE CAPITAL

Entiéndase por capital el patrimonio de las personas que constituye su riqueza. Más importante aún se considera riqueza al capital humano (conjunto de conocimientos científicos y empíricos de la actividad económica de cada persona) y capital social (sistemas de organización de las personas en pro del bien de las comunidades). Sin embargo los desastres provocados o naturales tales como: guerras, incendios forestales, volcanes, tsunamis, terremoto, ciclones, rayos,

<sup>5</sup> Plan de emergencias y contingencias PLEC's de Jericó, 2011.

tornados, huracanes, inundaciones, sequías, deslizamientos y avalanchas, pueden en cualquier momento destruir la riqueza de los seres humanos. En este caso los días 28 y 29 de Abril del 2011 en las veredas La Estancia y Tintoba “se destruyeron más de quinientas viviendas que estaban en buenas condiciones de habitabilidad, se cayeron dos sedes educativas rurales de primaria y tres quedaron en alto riesgo. Aproximadamente cuatrocientos jefes de hogar quedaron sin trabajo”<sup>6</sup>.

**Fotografía 8-1.** Destrucción de la riqueza física en la vereda La Estancia



Fuente. Proyecto- Tomada Diciembre 14 de 2014.

Si quisiéramos valorar en dinero las pérdidas haciendo un supuesto fuerte de que cada obra tiene aproximadamente 60 m<sup>2</sup> de construcción con un costo medio de \$500.000 el m<sup>2</sup>, las viviendas destruidas costaron \$ 15.000.000.000. Y las 5

<sup>6</sup> Ibidem

escuelas se valoraron en \$4.000.000.000, para un total de 19 mil millones de pesos de hoy 2015.

Afortunadamente no se perdieron vidas, cuyo capital humano es el conocimiento científico y empírico de la cultura y la experiencia de la producción agrícola, ganadera y del sistema de economía campesina basado en la alfalficultura. Este el tema principal de la recomendaciones para la recuperación sostenible de la actividad económica con restricciones en la vereda La Estancia del Municipio de Jericó.

## **8.2 AGROECONOMIA ACTUAL DE LA VEREDA LA ESTANCIA**

Una forma de analizar la situación actual de la vereda La Estancia es mediante observación directa y una serie de entrevistas y encuestas a las personas que han regresado a la vereda con el ánimo de continuar su actividad económica debido a que están cansados de estar en situaciones de desempleo y de sobrevivir de subsidios que son cada vez más pequeños y escasos. De esta manera se hizo el presente estudio con trece unidades, tratando de encontrar la existencia del sistema de economía campesina, que es a la vez la propuesta de solución para la recuperación sostenible de la vereda La Estancia. Para comprender la propuesta primariamente haremos una presentación de la estructura de la economía de la producción agropecuaria en nuestro país.

La estructura de la economía de la producción agraria en Colombia muestra la existencia de tres sistemas de economía: El Sistema de Agricultura Comercial (SAC), El sistema de Economía Campesina (SEC) y el Sistema de Agricultura Precaria (SAP).

El Sistema de Agricultura Comercial es aquel cuya producción 100% va exclusivamente para el mercado y la mano de obra 100% es contratada o alquilada. Ejemplo de este Sistema son los cultivos de flores de exportación de la

Sabana de Bogotá y Valle de Aburrá, la zona bananera de Urabá y los cultivos de caña azucarera en el Valle del Cauca.

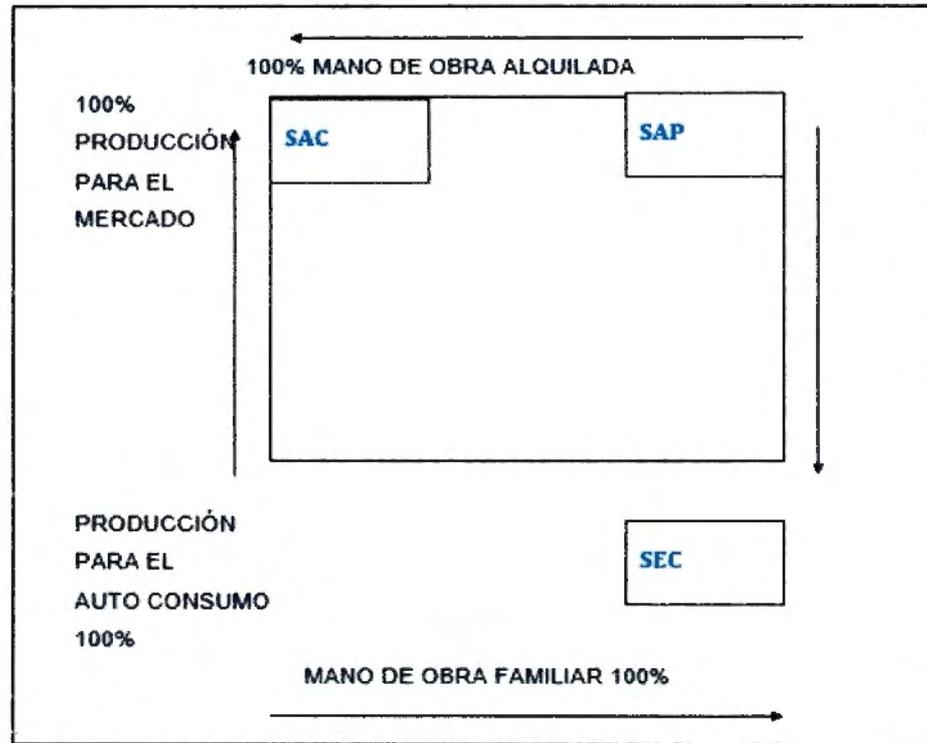
El Sistema de Economía Campesina en su forma pura dedica el 100% de la producción para el autoconsumo y el 100% de la mano de obra es familiar. Ejemplo de este sistema se encuentran en los minifundios de Boyacá, Nariño y el Oriente Antioqueño. Este Sistema produce más del 50% de las hortalizas, la carne y la leche que se consumen en Colombia.

Y el Sistema de Agricultura Precaria donde el 100% de la mano de obra es familiar y el 100% de la producción agropecuaria van con destino al mercado. Ejemplo de este Sistema son los cultivadores de cebolla cabezona roja en Ocaña, Cebolla Junca en Aquitania (Boyacá) y cultivadores de Tabaco en el norte de Boyacá.

En la **figura 8-1**, se muestran los tres sistemas de economía rural en Colombia:

Sistemas de producción rural universalmente encontrados en Colombia. El Sistema de Economía Campesina SEC se caracteriza porque su producción es 100% para el autoconsumo y el 100% de la mano de obra es familiar.

**Figura 8-1.** Sistemas de producción rural universalmente encontrados en Colombia



Fuente. Proyecto

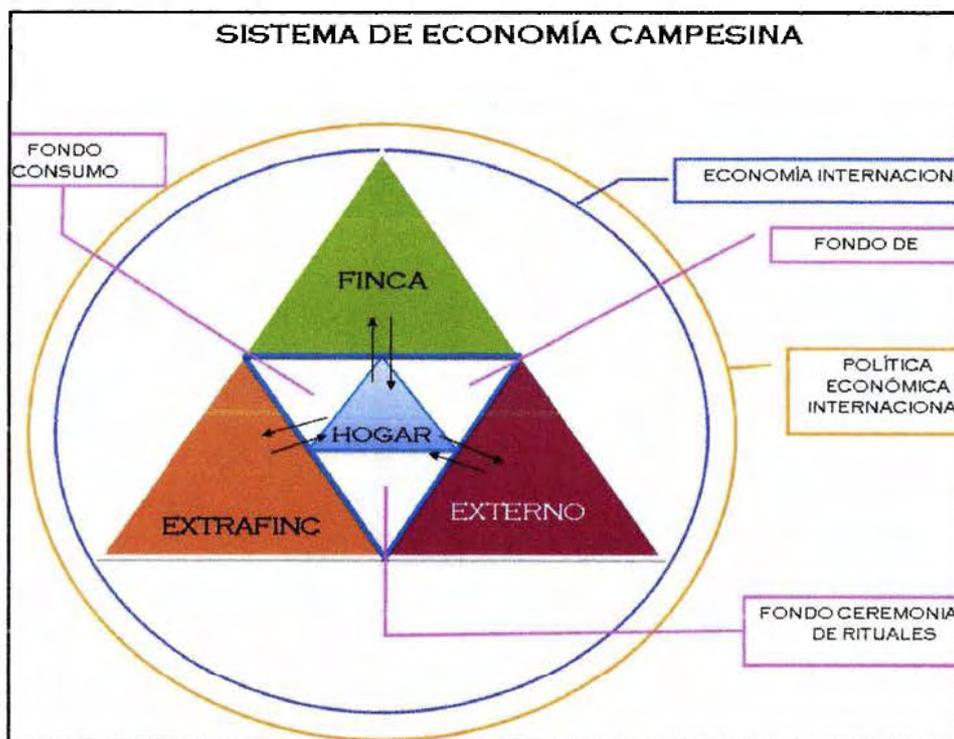
### 8.3 SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA EN LA ESTANCIA

En la vereda La Estancia se trata de encontrar algún Sistema de Economía Rural, para lo cual se plantea el modelo de Sistema de Economía Campesina con sus cuatro subsistemas: **Subsistema Hogar** que se considera el núcleo del SEC; **Subsistema Finca** donde se realizan las actividades agropecuarias en general y en particular el cultivos de la alfalfa y la cebolla cabezona, aquí también se encuentra los reservorios de agua o "jagueyes", el monte nativo o las pequeñas microcuencas; Subsistema **Extra-finca** en el cual se realizan actividades de beneficio de la alfalfa, procesamiento de productos agrícolas o pecuarios o actividades económicas como trabajo fuera de finca o tienda con espacios para

lúdica y la cultura (cancha de tejo) y el **Subsistema Externo**, que es el que rodea al sistema, se internaliza en el SEC y lo afecta desde el punto de vista de las políticas fiscal, monetaria, cambiaria, tecnológica, de innovación y desarrollo, de prevención de desastres y de la globalización. Con base en este modelo se procede a mostrar lo encontrado en la vereda La Estancia en diciembre del 2014.

En la **figura 8-2**, se muestra el Sistema de Economía Campesina en sus rasgos más importantes: Observe los cuatro subsistemas: Finca, Extra-finca, Externo y Hogar. En éste último los tres fondos: de Ceremonias o rituales, de Riesgos y de Consumo (Alimentos y Semillas), y los agentes económicos: padres-hijos-nietos. Las flechas son los insumos y productos que entran y salen de cada subsistema.

**Figura 8-2.** Sistema de Economía campesina



Fuente. Proyecto

A continuación se muestra lo observado en las trece fincas de la vereda La Estancia, notando que en algunas propiedades no había gente y por lo tanto no se pudo efectuar el estudio. Esta información es obtenida de las personas que están ejerciendo una actividad económica en esta vereda y necesitan que se les defina su situación para poder obtener los servicios públicos de energía, acueducto y asesorías que mejoren su nivel de necesidades básicas insatisfechas. Cabe resaltar aquí que el 100% de los campesinos dijeron no temer al riesgo de un nuevo deslizamiento.

### 8.3.1 Unidades Encuestadas

A continuación se describen las unidades encuestadas:

#### 8.3.1.1 Primera unidad de producción rural

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
María Rosalba Duarte y Santos Rodríguez Cuevas	Propietarios	"La chagra"	6.3 fanegadas repartidas en dos superficies de 4 Fanegadas ( 2.56 hectáreas) y 2.34 Fanegadas ( 1.5 hectáreas) respectivamente.

### AGRICULTURA

Son dos fundos que están ubicados en la vereda "La Estancia" con una Cultivos perennes son alfalfa principalmente. También cebolla Junca en pequeña cantidad (uso doméstico) y breva. Cultivo semestrales son papa (una melga) cebolla de bulbo (una melga). La huerta casera contiene las siguientes plantas medicinales: Albahaca (*ocimum tenuiflorum*), cilantro (*Coriandrum sativum*), cidrón (*lippia alba*) y limonaria (*Murraya paniculata*).

## GANADERIA

Disponen de y novillo y 1 vaca que le produce de 10 a 12 botellas de leche. Para el transporte de la alfalfa tienen 1 caballo. De especies menores tienen 4 cabras, 2 porcinos y 15 aves de corral con una producción de 10 huevos diarios.

## SILVICULTURA

Disponen de bosques incipientes de muelle, mangle, sauce y eucalipto, cuyos usos son la protección del suelo y la obtención de leña.

**MICROECUENCA:** No refiere. Únicamente recuerda la alerta de desvolcanamiento de la quebrada.

## SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA

Subsistema Hogar: padre y madre de edad madura. Los hijos se fueron a trabajar a otras partes, lo cual hace sensible la sostenibilidad del sistema. La casa tiene 12 m<sup>2</sup> de construcción, con luz trifásica y acueducto, dos alcobas y dos baños. Dispone de tres fondos constituidos de la siguiente manera: Fondo de riesgos: un cerdo o una vaca y el SISBEN. Fondo ceremonial: un chivo o una gallina. Fondo de alimentos (food arsenal) Semillas de alfalfa, una huerta casera con árboles de breva y plátano y una enredadera de granadillo. Adicionalmente los cultivos de pan coger encontrados son: Maíz, papa criolla y arveja.

Subsistema Finca: Disponen de 4 hectáreas de tierra con mucha regolito o piedras que afloran del subsuelo. El suelo tiene una capa irregular de aproximadamente 15 cm de horizonte arable, pudiéndose clasificar esta finca en clase agrologica V. Tiene un pequeño monte nativo de arboles de muelle, mangle, sauce y eucalipto. Aquí se observan dos tanques que cumplen del papel de reservorio de agua para riego. Junto a la casa han construido un secadero y molino de alfalfa. En la finca existen también 3 aljibes naturales. Los frutos de

Breva los venden a compradores del municipio de Chita. También cultivan en la finca maíz y papa. Cultivan alfalfa hace más de 50 años. No cultivarían jamás Eucalipto porque consideran que este árbol es “egoísta y envidioso”; si sembrarían arboles de Urapan, cedro y mangle que son arboles amigables.

Subsistema extra finca: trabajan fuera de la finca en actividades de construcción y en una mina de carbón que está a punto de derrumbarse.

Subsistema externo: Manifiestan haber recibido apoyo de la alcaldía municipal, observar presencia esporádica de las fuerzas militares y los funcionarios del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, pero no han tenido contacto con ellos, igualmente han observado la presencia, topógrafos e ingenieros de la UPTC que están estudiando el problema del deslizamiento de la tierra en la Vereda la Estancia.

### 8.3.1.2 Segunda unidad de producción rural

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
Jorge Julio Duarte (Hijo mayor)	Arrendatario	“El Bosque”	6 Fanegadas ( 3.84 ha)

#### AGRICULTURA

Cultivos perennes de alfalfa en una superficie de 5 hectáreas principalmente. También cultivan cebolla Junca en pequeña cantidad (uso doméstico) chirimoya, cítricos y breva. Los cultivos semestrales son tomate (*Lycopersicum esculentum*) papa y cebolla de bulbo (una melga). También cultiva maíz y trigo. La huerta casera contiene las siguientes yerbas aromáticas: toronjil (*Melissa officinalis*), yerbabuena (*Clinopodium douglasii*), canelón (cuyo nombre verdadero es congona, *Piperonia refileta*) y albahaca.

## GANADERIA

Mostraron ganado bovino así: Bovinos 4 novillos y 6 adultos de raza criolla. Para el transporte de la alfalfa tienen 2 caballos. De especies menores existen en la finca 4 cabras, 2 porcinos y 15 aves de corral con una producción de 8 huevos diarios y 15 conejos.

## SILVICULTURA

Disponen de bosques incipientes de muelle y sauce y eucalipto, cuyos usos son la protección del suelo y la obtención de leña.

**MICROECUENCA:** Quebrada la Estanciera

## SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA

Subsistema Hogar: padre y madre de edad madura. 8 hijos y 7 nietos, de ellos 4 hijos se fueron a trabajar a otras partes, lo cual hace menos sensible la sostenibilidad del sistema. La casa tiene 12 m2 de construcción, con luz trifásica y acueducto, dos alcobas y dos baños. Dispone de tres fondos constituidos de la siguiente manera: Fondo de riesgos: un cerdito o una vaca y el SISBEN. Fondo ceremonial: un buey. Fondo de alimentos (ood arsenal) Semillas de alfalfa producidas acá mismo, papa, maíz y frijol; una huerta casera con cebolla y cilantro; y de pan coger una conejera.

Subsistema Finca: Disponen de 3.8 hectáreas de tierra con mucha regolito o piedras que afloran del subsuelo. El suelo tiene una capa irregular de aproximadamente 15 cm de horizonte arable, pudiéndose clasificar esta finca en clase agrologica V. Aquí se observa un (1) reservorio de agua para riego. Cultivan alfalfa, la cosechan, la secan y la muelen en una construcción denominada "casino" o "caney" indistintamente construido junto a la casa. Albergan en el predio 7 reses: 1 buey, una vaca y 5 novillos.

Subsistema extra finca: Trabajan fuera de la finca en molienda en otros casinos, en este caso en el de un familiar. Están construyendo una cancha de tejo asociada a la tienda de su propiedad para aumentar sus ingresos.

Subsistema externo: Manifiestan no haber recibido apoyo de la alcaldía municipal, ni del clopad, ni servicios del SENA, GOBERNACION O NACION; y a veces observan presencia esporádica de las fuerzas militares.

### 8.3.1.3 Tercera unidad de producción rural

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
Yesid Monsocua Duarte (Hijo)	Propietario	"Laguna Limpia"	3 Fanegadas ( 1.92 ha)

#### AGRICULTURA

Se observa y el entrevistador informa que no practica actividad agrícola alguna.

#### GANADERIA

Dispone de un equino. El joven se dedica a la crianza y entrenamiento de gallos de pelea.

#### SILVICULTURA

Disponen de bosques incipientes de breva.

#### MICROCUENCA:

Menciona la existencia de una quebrada llamada Cheva.

#### SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA

Subsistema Hogar: padre y madre de edad madura y tres hermanos varones. Existe una casa que tiene aproximadamente 20 m<sup>2</sup> de construcción, con luz

trifásica y acueducto, dos alcobas y dos baños. Dispone de tres fondos constituidos de la siguiente manera: Fondo de riesgos: el SISBEN. Fondo ceremonial: una docena de gallinas. Fondo de alimentos (food arsenal), papa, maíz y frijol; una huerta casera con breva, auyama y achira (canna indica) llamada también sagú o risgua,

Subsistema Finca: Disponen de casi dos hectáreas para sembrar alfalfa y cebolla cabezona, pero no han iniciado el proceso. El suelo tiene una capa irregular de aproximadamente 15 cm de horizonte arable, pudiéndose clasificar esta finca en clase agrologica V. Aquí se observa 10 rollos de manguera extendidos para riego desde la represa la laguna nueva. Subsistema extra finca: Trabajan fuera de la finca en molienda en otros casinos, en este caso en el de un familiar. Están construyendo una cancha de tejo asociada a la tienda de su propiedad para aumentar sus ingresos.

Subsistema externo: Manifiestan no haber recibido apoyo de la alcaldía municipal, ni del clopad, ni servicios de la GOBERNACION O NACION; y a veces observan presencia esporádica de las fuerzas militares. También han recibido información del SENA y de la UPTC

#### 8.3.1.4 Cuarta unidad de producción rural

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
Karen Paredes (Hija)	Propietario	"El Trebol"	21.9 Fanegadas ( 14 ha)

#### AGRICULTURA

Cultivos perennes de alfalfa en una superficie de 13 hectáreas principalmente. También cultivan BREVA para uso doméstico). Los cultivos semestrales son

tomate (*Lycopersicon esculentum*) y cebolla de bulbo ( una melga). También cultiva maíz.

#### GANADERIA

Mostraron ganado bovino así: 3 adultos de raza criolla y un ternero. La vaca produce 5 litros diarios de leche. Igualmente disponen de 1 asno para el transporte de productos y 15 aves de corral.

#### SILVICULTURA

Disponen de bosques incipientes de muelle, sauce y eucalipto, cuyos usos son la protección del suelo y la obtención de leña.

MICROECUENCA: No hay

#### SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA

Subsistema Hogar: padre y madre de edad madura. 2 hijos y 2 hijas. Una de las hijas estudia en la Universidad Juan de castellanos Veterinaria. La casa tiene aproximadamente 100 m<sup>2</sup> de construcción, con luz trifásica y acueducto, tres alcobas y dos baños. Dispone de tres fondos constituidos de la siguiente manera: Fondo de riesgos: el SISBEN. Fondo ceremonial: un cabrito. Fondo de alimentos (food arsenal) Semillas de cebolla de bulbo "Sun blast" y "Takir", alfalfa nativa y una llamada "panameña" que trajo el ICA. Pronto hará la huerta casera y mejorará los cultivos de pancoger.

Subsistema Finca: Disponen de 14 hectáreas de tierra con mínimo regolito o piedras que afloran del subsuelo, lo cual muestra el trabajo del agricultor con cuyas piedras mejoró las cercas. El suelo tiene una capa de aproximadamente 20 cm de horizonte arable, pudiéndose clasificar esta finca en clase agrologica IV. Aquí se observa un (1) reservorio de agua para riego. Cultivan alfalfa, la

cosechan, la secan y la muelen en una construcción denominada "casino" o "caney y también cebolla de bulbo. Albergan en el predio 3 bovinos criollos.

Subsistema extra finca: No Trabajan fuera de la finca.

Subsistema externo: Manifiestan haber recibido apoyo del departamento en la época de la catástrofe o desastre por el término de 6 meses únicamente. A veces observan presencia esporádica de las fuerzas militares. También mencionan la presencia de la UPTC y del SENA.-

### 8.3.1.5 Quinta unidad de producción rural

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
Luis Hernando Marín (Hijo del dueño, tiene 10 hermanos)	Arrendatario	"Santa Barbara"	1 Fanegada (0.64 ha)

#### AGRICULTURA

Principalmente cultivos perennes de alfalfa en una superficie de aproximadamente 1 Fanegada. Adicionalmente y de manera esporádica cebolla de bulbo. También cultivan Brevia, Tomate de árbol y granadilla.

#### GANADERIA

Disponen de 1 vaca lechera y 1 asno para el transporte de productos, 4 ovinos, 5 caprinos y 20 aves de corral.

#### SILVICULTURA

Disponen de plantas esparcidas de Higuera, mangle y muelle

**MICROECUENCA:** Colindan con el cauce de un pequeño riachuelo llamado Rio Veraguas

### SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA

Subsistema Hogar: padre, madre y 2 hijos menores. Dispone de tres fondos constituidos de la siguiente manera: Fondo de riesgos: una oveja y el SISBEN. Fondo ceremonial: una parte del dinero obtenido por la venta de la harina de alfalfa. Fondo de alimentos (food arsenal) Semillas de alfalfa, maíz y frijol. Tienen una huerta casera, tomates de árbol, granadilla y breva.

Subsistema Finca: Tiene un monte nativo con plantas de Higuera esparcidas. No tiene reservorio de agua pero piensa construirlo. De los cultivos el único es la alfalfa. En cuanto a ganadería tiene una vaca lechera. No quiere tener bosque de eucaliptos.

Subsistema extra finca: Tienen una tienda pequeña y una cancha de tejo, a veces deben trabajar mediante el sistema de "brazo prestado" con sus vecinos.

Subsistema externo: Manifiestan haber recibido apoyo de la nación, el departamento y la alcaldía en la época del desastre natural. Reconoce la presencia de instituciones como el SENA y las FFMM.

#### 8.3.1.6 Sexta unidad de producción rural

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
Yomaira Díaz (Le compró el lote al tío Marcos Rodríguez)	Propietario	"Quetavita"	1/2 Fanegada (0.32 ha)

## AGRICULTURA

No tiene ninguna clase cultivos debido al reducido tamaño del predio y las malas condiciones del suelo, sin embargo tiene huerta casera y jardines con flores.

## GANADERIA

Tiene poquitos caprinos, ovinos, porcinos y aves de corral, ya que ha construido la casa de habitación con crédito. Piensa tener unos conejos.

## SILVICULTURA

No tiene ningún tipo de arboles.

**MICROECUENCA:** no colinda con ninguna quebrada, pero tiene acueducto del Moral.

## SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA

Subsistema Hogar: Madre y 3 hijas: dos gemelas de 6 años cada una y la mayor de 13 años. E Fondo de Riegos esta constituido por el SISBEN y Comparta. Fondo ceremonial; dispone de una pequeña renta y ahorros. El fondo de alimentos está constituido por productos que adquiere en el mercado, además tiene organizada una huerta casera es una fuente importante de pancoger.

Subsistema Finca: Disponen de un predio tan pequeño que prácticamente no tiene finca. Subsistema extra finca: Dispone de una pequeña tienda, pero debido a la falta de energía eléctrica no funciona adecuadamente. Recibe ayuda de sus padres.

Subsistema externo: Manifiestan haber recibido apoyo del CLOPAD, También mencionan la presencia de la UPTC y esporádicamente de las FFMM, Del SENA ha recibido cursos de capacitación.

### 8.3.1.7 Séptima unidad de producción RURAL (parte alta)

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
Pedro Rincón Mesa	Propietario	"Cañabrava"	Fanegada (13 ha)

#### AGRICULTURA

Cultivaba alfalfa y cada 3 meses recolectaba, la secaba y molía obteniendo de 7 a 8 toneladas de harina. De maíz cultivaba "una yugada" que le dio de 10 a 12 cargas de maíz seco desgranado. Sembraba una fanega de papa parda pastusa. Y de trigo "crespo" obtuvo hasta 25 bultos por cosecha.

#### GANADERIA

Tiene 5 novillos criollos, 3 bovinos adultos y 3 equinos.

#### SILVICULTURA

Existen Eucaliptos, muelles y uvos que fueron destruidos en parte por la avalancha.

**MICROECUENCA:** no colinda con ninguna quebrada, pero tiene acueducto con manguera del agua que va para Cheva, aunque la planta de tratamiento hace 4 meses no funciona.

#### SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA

**Subsistema Hogar:** Está constituido por el Padre, la Madre y 10 hijos: cinco varones y 5 mujeres. Actualmente no tiene fondo de riesgos, ni ceremonial y está reconstruyendo el fondo de consumo, antes lo tenía todo pero se perdió con la avalancha. No tiene huerta casera ni cultivos de pancoger.

Subsistema Finca: Tiene 13 reses de ganado bovino, piensa volver a cultivos de alfalfa, maíz y trigo ya que debe al banco Agrario un crédito de 5 millones de pesos. Tiene dos tanques de reserva de agua de 5 metros cúbicos cada uno.

Subsistema extrafinca: se configura con el trabajo de sus hijos fuera de la finca que en algo ayudan al sostenimiento del hogar.

Subsistema externo: Manifiestan haber recibido apoyo del Departamento de Boyacá cuando sucedió la avalancha, y de nadie más. Este relato muestra la magnitud de la tragedia “fue el 19 de abril del 2011 Que arrasó con parte de Tintoba y La Estancia, y la ayuda fue “haga fila en el coliseo” para mantenerse con agüita panela, fue triste la vida y aún es muy triste porque no hay ayuda, por el momento necesitamos energía eléctrica”

### 8.3.1.8 Octava unidad de producción rural

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
José Gonzalo Guerrero Sandoval	Propietario	“Vista Hermosa”	1,56 Fanegadas (1 ha).

#### AGRICULTURA

Cultivaba alfalfa, caña panelera y cítricos. También papa, arveja, maíz y cebolla de bulbo

#### GANADERIA

Tiene 2 bovinos adultos criollos, un porcino y un equino.

#### SILVICULTURA

Existen, muelles, guayacan, paloduro y Guayabo.

**MICROECUENCA:** Cheva-Lejos y Rio Aragueño, pero tiene poquita agua con manguera del acueducto de "Agua blanca".

### SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA

**Subsistema Hogar:** Tiene fondo de riesgos constituido por el SISBEN y Comparta, aunque a veces tiene que vender una cabra. Fondo de ceremonias está constituido por dinero con el que paga a los obreros. El Fondo de alimentos esta constituido por semillas de alfalfa y de maíz. No tiene huerta casera ni cultivos de pancoger debido que manifiesta "falta de agua"

**Subsistema Finca:** Tiene dos reses de ganado bovino, cultivos de alfalfa, maíz, frijol y arveja, un monte nativo de cactus y muelles.

**Subsistema extra finca:** Dispone de un "casino" o construcción para el secado y la molienda de la alfalfa. También se alquila de obrero en fuera de la finca.

**Subsistema externo:** Manifiestan no haber recibido apoyo de ninguna institución pública y que ha visto a los investigadores de la UPTC y cada seis meses a las FFMM.

#### 8.3.1.9 Novena unidad de producción rural

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
Luis Antonio Galvis Fuentes	Propietario	"El Granadillo"	23,4 Fanegadas (15 ha).

### AGRICULTURA

Cultivaba alfalfa en cantidad cosechada de 1 a 2 toneladas de harina por corte. Cebolla de bulbo en una cantidad de 2 tarros de libra de semilla hibrida. También cultivan yuca, caña panelera, tomate, papa, arveja en menor cantidad.

## GANADERIA

Tiene 3 bovinos adultos criollos, 5 ovinos, 2 porcinos y 30 aves de corral.

## SILVICULTURA

Existen, sauces, muelles, y mangles para leña.

**MICROECUENCA:** Se surte del Rio Veraguas. Además tiene un pozo o tanque de reserva. Relatan lo siguiente: Pasaba una quebrada cerca de la finca y la avalancha tapó el zanjón, que luego de 20 horas de maquinaria se logró recuperar. Para la Toma del agua hicieron un pozo en el rio para lo cual se asociaron 28 usuarios, antes de la avalancha se repartían el agua en cantidad de 1 ó 2 pulgadas de esta manera: 8 días al mes para 30 hectáreas y 2 días al mes para 5 hectáreas.

## SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA

**Subsistema Hogar:** Constituido por Padre, madre y tres hijos (uno de ellos en Bogotá). El fondo de riegos lo constituye el SISBEN, Comparta y la venta de un animal. El fondo ceremonial esta constituido por aportes en dinero de los hijos. El Fondo de alimentos lo constituyen semillas de maíz, frijol, alfalfa y tarros con semilla de cebolla de bulbo. Tienen huerta casera y cultivos de pan coger (platanito Y otros).

**Subsistema Finca:** Tiene tres reses de ganado bovino, cultivos de alfalfa y cebolla cabezona, con monte nativo bordeando los linderos de la finca

**Subsistema extra finca:** Dispone de tienda y cancha de tejo.

**Subsistema externo:** Manifiestan haber recibido apoyo del SENA pero no volvieron. Mencionan presencia de instituciones como la UPTC y las FFMM.

### 8.3.1.10 Decima unidad de producción rural

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
Luis Antonio Galvis Fuentes	Propietario	"El Granadillo Dos"	Varios lotes para un total de 12 Fanegadas (7.68 ha).

#### AGRICULTURA

Cultiva 2 hectáreas de alfalfa. Había árboles de chirimoyo pero se perdieron con la avalancha. Hoy existen Cítricos (limón y naranja), plátano, mango y aguacate. En la huerta casera tienen limonaria, perejil y toronjil.

#### GANADERIA

Tiene 3 novillos y 2 adultos bovinos, 1 equino para el transporte, 5 ovinos y 15 aves de corral.

#### SILVICULTURA

Ha plantado con fines protectores mangle, muelle y sauce. Se observan muchos afloramientos de rocas que antes no existían y que dificultan el trabajo.

MICROECUENCA: Se surte de la acequia del I Rio Veraguas. Además tiene un humedal llamado Laguna Nueva.

#### SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA

Subsistema Hogar: Constituido por Padre, madre y cuatro hijos varones.

El fondo de riegos lo constituye CAPRECOM, la venta de ganado, de alfalfa y a veces el crédito. El fondo ceremonial es una oveja que se destina al sacrificio. El Fondo de alimentos lo constituyen semillas de alfalfa, papa R12, maíz "porva" o blandito y frijol tipo I o de arbolito. Está pensando en hacer la huerta casera, y los cultivos de pan coger son plátano, aguacate y caña panelera.

Subsistema Finca: Tiene monte nativo, cultiva alfalfa, cebolla cabezona Sun blest o Takis, existe un reservorio de agua llamado Laguna nueva que consideran es un humedal. Dispone de cinco reses de ganado bovino.

Subsistema extra finca: No lo maneja ni ha necesitado usarlo.

Subsistema externo: Manifiestan no haber recibido apoyo de ninguna institución gubernamental.

### 8.3.1.11 Undécima unidad de producción rural

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
Ángel María Marín Lizarazo y María Marín	Propietario	“La Veranita”	3.12 Fanegadas ( 2 Ha)

#### AGRICULTURA

Cultiva alfalfa produciendo de 1 a 2 toneladas de harina de alfalfa Quedaron pocos árboles de chirimoyo después de la avalancha. Hoy cultivan Brevia del cual cosechan 2 arrobas y Café. Siembran papa, arveja y de 1 a 2 libras de semilla de cebolla de bulbo. También cultivan perejil.

#### GANADERIA

Tiene una vaca lechera y una yunta de bueyes, 2 caprinos, 2 camuros, 4 aves de corral y un equino.

#### SILVICULTURA

Ha plantado con fines protectores mangle, muelle y guayacán. Se observan muchos afloramientos de rocas que antes no existían.

**MICROECUENCA:** Se surte de la acequia del I Rio “Veragüño”, son 28 usuarios y “cada uno pone su manguera según turnos ya que este acueducto tiene mas de cien años”.

#### **SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA**

**Subsistema Hogar:** Constituido por Padre, madre, once hijos y 12 nietos. Con la avalancha perdieron: dos casas (una de 1 piso y otra de dos pisos) y 1 caney que disponían de energía eléctrica y acueducto. La casa actual es nueva y tiene un año de construida y necesitan volver a recuperar la energía eléctrica y acueducto.

El fondo de riegos lo constituye COMPARTA, mas crédito y a veces la venta de un animal. No dispone de fondo ceremonial ni de Fondo de alimentos. Tiene huerta casera, y los cultivos de pan coger son plátano llanero y yuca.

**Subsistema Finca:** Tiene monte nativo de Mangles, muelles y sauces. Cultiva alfalfa y cebolla cabezona o de bulbo. Han cosechado hasta 3 bultos de maíz y de papa. Disponen de una alberca como reservorio de agua. También pastorean tres reses de ganado bovino y un equino.

**Subsistema extra finca:** Trabaja fuera de finca para aumentar sus ingresos monetarios.

**Subsistema externo:** Manifiestan haber recibido apoyo del CLOPAD y dos de sus hijos prestaron servicio en las FFMM. Petición especial a las instituciones gubernamentales (IGAC): “Aclarar las superficies de las fincas porque unas se agrandaron y otras se encogieron”

#### **8.3.1.12 Decimosegunda unidad de producción rural**

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
Eudocio Cuevas Marín	Propietario	“San Antonio”	21.8 Fanegadas (14 Ha)

## AGRICULTURA

Cultiva alfalfa produciendo 3 toneladas de harina de alfalfa. También cultivan árboles de chirimoyo, cítricos y breva. Igualmente caña panelera, yuca, arracacha, batata, papa, maíz y estropajo.

## GANADERIA

Tiene una vaca lechera y un ternero. 1 equino (yegua), 2 caprinos, 2 ovinos y 5 aves de corral.

## SILVICULTURA

Ha plantado con fines protectores muelle y sauce.n. Se observan muchos afloramientos de rocas que antes no existían.

**MICROECUENCA:** Se surte de la acequia del I Rio "Veragüeño" o Veraguas sin tratamiento alguno.

## SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA

Subsistema Hogar: Constituido por Padre, madre, siete hijos (5 varones y 2 mujeres). El fondo de riegos lo constituye COMFAMILIAR Y SISBEN, Dispone de fondo ceremonial que consiste en un cabrito. No existe Fondo de alimentos. Tiene huerta casera muy poquito, y el cultivo de pan coger es plátano.

Subsistema Finca: Esta finca dicen "se corrió 50 metros" y volvieron a ocuparla hace 2 años. Tiene monte nativo de Mangles, muelles y sauces. Cultiva alfalfa, maíz, papa y breva.

Subsistema extra finca: Los hijos trabajan fuera de finca y "nos protegen con una ayudita".

Subsistema externo: Manifiestan haber recibido apoyo del CLOPAD, de la nación unos mercaditos al principio y después "cada cual defiéndase", de la

alcaldía “no ayudan por estar en zona de riesgo”. 1 hijo prestó servicio en la FFMM. Conocen la UPTC por las visitas de sus investigadores.

### 8.3.1.13 Decimotercera unidad de producción rural

ENTREVISTADOS	TENENCIA	FINCA	EXTENSIÓN REFERIDA
Silvio Alberto Cuevas Cuevas	Propietario	“Santa Helena”	2,18 Fanegadas (1, 4 Ha).

#### AGRICULTURA

Cultiva alfalfa produciendo 7 toneladas de harina de alfalfa cada 3 meses. También cultivan cebolla de bulbo obteniendo 800 bultos por año en dos etapas. Obtiene y cargas de maíz por año, 2 a 3cargas de trigo y un bulto de cebada para autoconsumo “para el cuchuco”

#### GANADERIA

Tiene seis novillos y una yunta de bueyes, con las vacas produce 20 litros diarios de leche, 4 ovinos, 4 caprinos y 10 aves de corral. También tiene un equino. Es dueño o dispone de un lago y la mitad de otro, en los cuales cultiva peces.

#### SILVICULTURA

Ha plantado con fines protectores muelle y sauce y mangle. Se observan muchos afloramientos de piedra.

**MICROECUENCA:** Se surte de la quebrada “ La estanciera” con manguera.

#### SISTEMA DE ECONOMIA CAMPESINA

Subsistema Hogar: Constituido por Padre, madre, cinco hijos de los cuales solo 1 vive acá. No tienen fondos de riesgos, ni ceremonial ni de alimentos. Pendiente de hacer la huerta casera.

Subsistema Finca: Esta finca tiene poco monte nativo y contiene pequeños lagos, que según manifiesta el propietario al mandar examinar el agua resultó con 15 partes por millón de azufre. Cultivan alfalfa y cebolla cabezona, pero no tienen "caney" que lo obtendrán si les otorgan un crédito. Tienen 3 vacas lecheras novillas. Necesitan energía eléctrica, agua potable y saneamiento ambiental con letrinas.

Subsistema extra finca: Trabaja fuera de finca o "jornalea".

Subsistema externo: Manifiestan haber recibido apoyo del CLOPAD, y dicen " se robaron el arriendo que les dio la gobernación" Conocen la UPTC por las visitas de sus investigadores.

#### **8.4 ANALISIS AGROECONÓMICO GLOBAL DE LA VEREDA LA ESTANCIA**

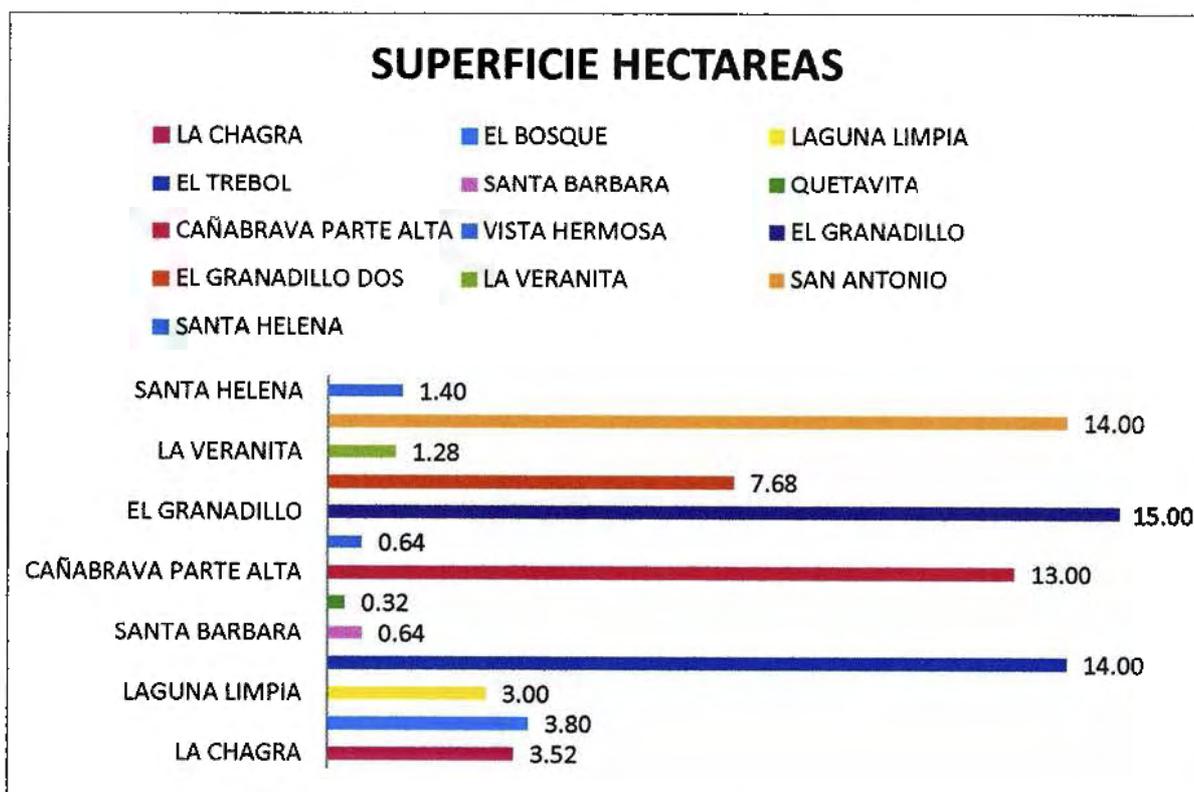
Este análisis incluye tanto el enfoque normal de la producción agropecuaria, así como el nuevo enfoque bajo el Sistema de Economía Campesina encontrado en las 13 fincas de la vereda.

##### **8.4.1 Área de estudio**

Abarca 13 fincas para un total de 78.2 hectáreas vigentes. Estas fincas están ubicadas en la parte alta, media y baja. La mayoría están en la parte media y baja de la vereda. En la parte alta la destrucción fue más grande ya que sus tierras se movieron cerca de 500 metros hacia abajo. En la parte media se ubican las nuevas lagunas y los incipientes procesos de reanudación de la actividad agroeconómica. En la parte baja hay una gran actividad principalmente agrícola

basada principalmente en la alfalfa y la cebolla de bulbo y en menor escala pecuaria. En cerca de 11 unidades se encontró la posibilidad de desarrollar la actividad de recuperación económica sostenible bajo el modelo del SEC. La zona de estudio se muestra en la Fotografía 3, de la carretera hacia arriba la actividad económica es de bosque protector. De la vía hacia debajo de protección y cultivos. Las fincas o unidades de producción rural entrevistadas se muestran en la siguiente figura: **Unidades de Producción encuestadas en la vereda La Estancia. Un total de 78.2 hectáreas y 13 Unidades Rurales.**

**Figura 8-3.** Unidades de producción encuestadas en la vereda La Estancia



Fuente. Proyecto

### 8.4.2 Agrología y silvicultura

El 76 % de las fincas pertenecen a la clase agrológicas VI y VII. El resto (24%) a la clase agrológica VIII. En cuanto a silvicultura declaran que el 30% de los bosques son comerciales y el 70% son protectores. En cuanto a fuentes de agua el 61% de las fincas tienen acceso a quebrada y el 70% a jaguey o reservorio o alberca, como se observa en la siguiente figura: **Silvicultura, disponibilidad de agua y clases agrológicas de las fincas de La Estancia. Obsérvese que no existe la minería.**

Figura 8-4. Silvicultura en la vereda La Estancia



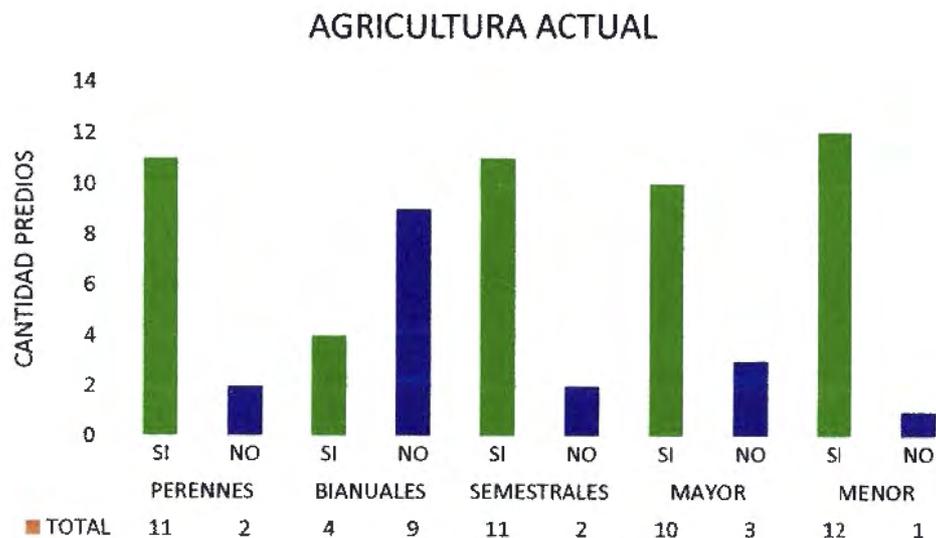
Fuente. Proyecto

### 8.4.3 Agricultura y ganadería

El 84% de los encuestados manifestaron tener cultivos perennes, el 30% cultivos bianuales y el 84% cultivos semestrales. En cuanto a ganadería el 79% dispone de ganado mayor y el 92% ganado menor, como se observa en la siguiente figura:

**Agricultura y ganadería informada por los campesinos de la vereda La Estancia en diciembre del 2014.**

**Figura 8-5. Agricultura y ganadería**



Fuente. Proyecto

#### 8.4.4 Cultivos Perennes y bianuales

Los perennes más cultivados son: la alfalfa que abarca un 83% de las fincas, seguido del Chirimoyo y el Brevo, en un 61 %, los cítricos en un 38% y la cebolla Junca en un 23 %. De los bianuales la caña y la yuca ocupan un 32% de las fincas. Ver gráficos 6a y 6b.

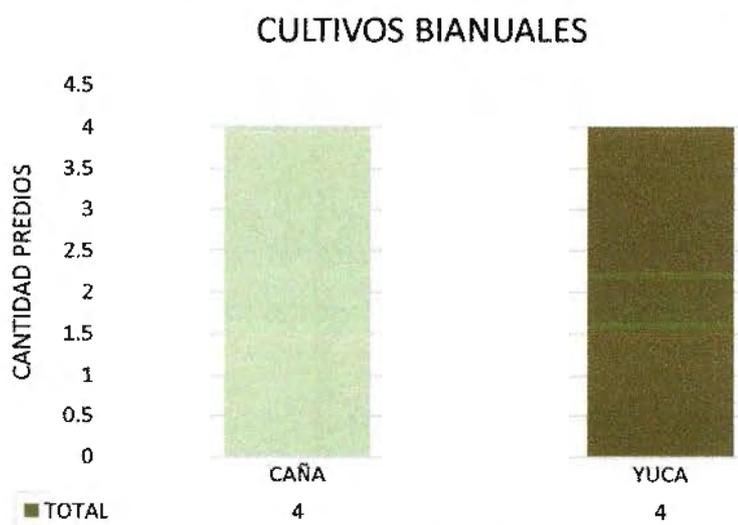
4.4.2. Cultivos semestrales: La más cultivada es la cebolla de bulbo que ocupa el 73% de las fincas, luego la papa un 54%, el tomate para cocina un 32% y la arveja el 23%. El gráfico 6c y fotografía 3 muestran los cultivos de La Estancia en el 2014. También cultivan maíz en un 61% y trigo un 16%.

**Figura 8-6. Cultivos perennes en la vereda La Estancia**



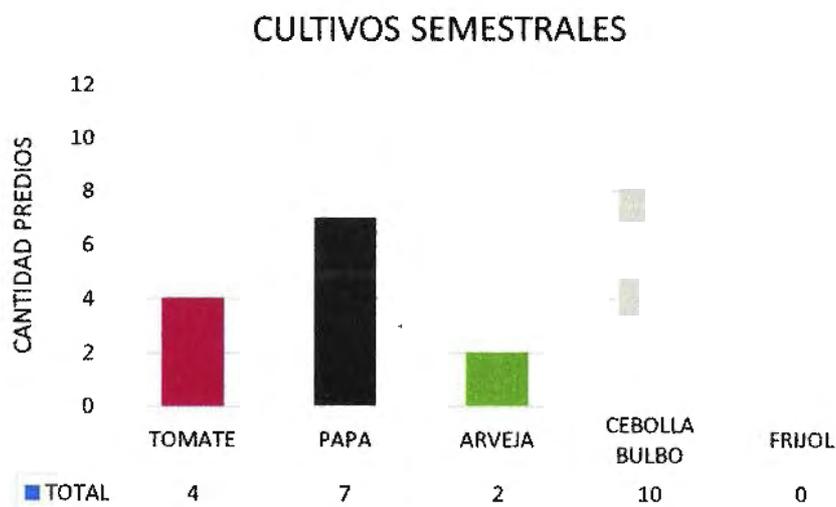
Fuente. Proyecto

**Figura 8-7. Cultivos bianuales en la vereda La Estancia**



Fuente. IDEAM

**Figura 8-8. Cultivos semestrales en la vereda La Estancia**

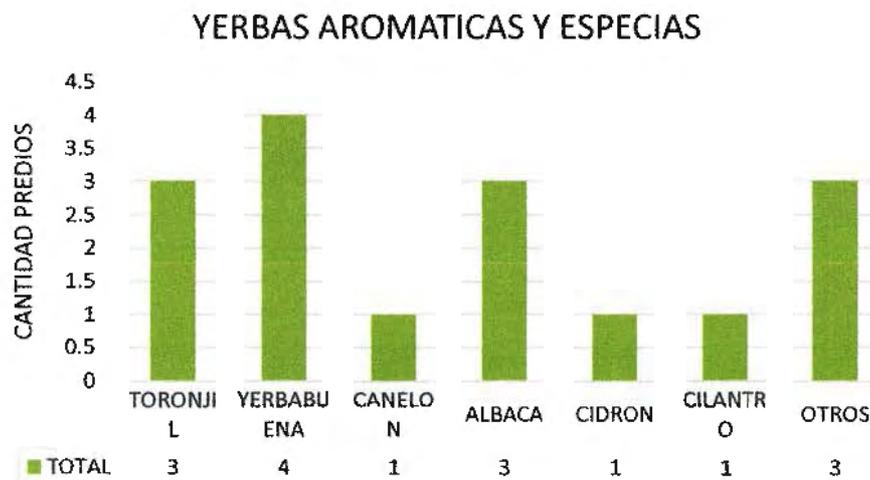


Fuente. IDEAM

#### 8.4.5 Los cultivos de yerbas aromáticas y especias

Son toronjil, yerbabuena, canelón, albahaca, cedrón, cilantro que ocupan de 7% al 31% de las fincas.

Figura 8-9. Hierbas aromáticas en la vereda La Estancia



Fuente. Proyecto

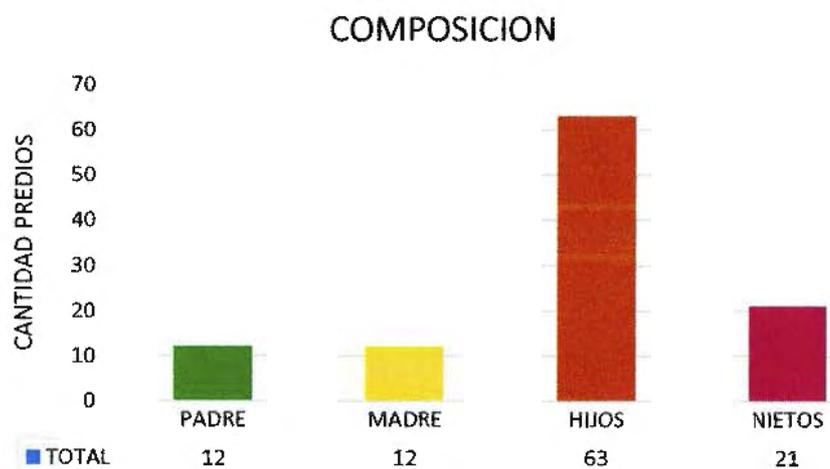
#### 8.4.6 Sistema de Economía Campesina en la Estancia

Se encuentra desarrollados los cuatro subsistemas con algunas excepciones. A continuación describiremos la conformación encontrada.

**Subsistema Hogar:** en forma global esta conformado por 12 padres, 12 madres, 63 hijos y 21 nietos que garantizan la continuidad del SEC, como se observa en el grafico7a. En este subsistema existen los tres fondos: ceremonial, riesgos y “food arsenal” o almacén de alimentos y semillas.

Se encuestaron 13 hogares y son 128 personas que hacen relevo padre-hijo-nieto para garantizar la continuidad del SEC, con un promedio de 9 personas por unidad familiar.

**Figura 8-10.** Composición del subsistema hogar del SEC en la vereda La Estancia



Fuente. Proyecto

**Figura 8-11.** Fondos de alimentos y semillas



Fuente. Ibidem

Los fondos de alimentos y semillas o “food arsenal” ( verde) ocupan el 77% , de ceremonias o rituales ( azul) el 100% y el fondo de riesgos (rojo) El 70%.

Subsistema finca: los moradores de La Estancia manifiestan que el 92% de las fincas tienen monte nativo, cultivos y ganados, un 75% de ellas tiene reservorios y el 23 % tienen bosques.

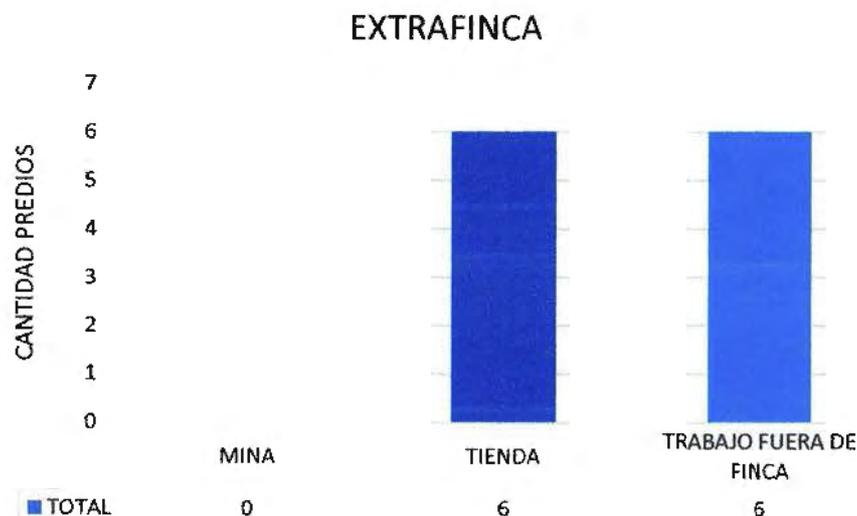
**Figura 8-12.** 12 de cada 13 fincas o sea un 92% tiene monte nativo, cultivos y ganados. 9 de 13 o sea un 75% tienen reservorio de agua



Fuente. Ibidem

Subsistema extra-finca: esta mostrado por trabajo fuera de la finca y alguna actividad económica como tienda de víveres y cerveza. Ocupa el 43% de los SEC.

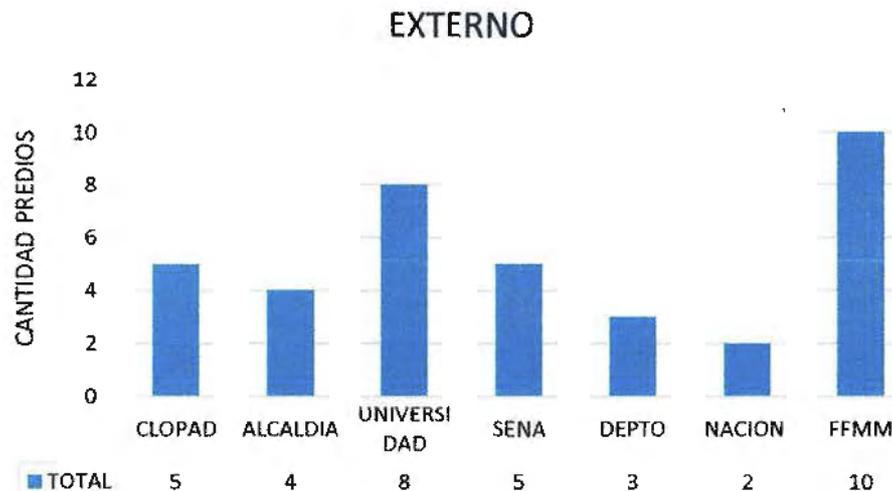
**Figura 8-13.** El 46% de los SEC tienen subsistema extrafinca. Ninguno practica la minería



Fuente. Proyecto

Subsistema externo: conformado por agentes fuera del SEC. Tales como los agentes políticos, económicos y sociales. En este caso son el Clopad, la alcaldía, la UPTC, el SENA, la gobernación o departamento, la nación y las fuerzas militares.

**Figura 8-14. Subsistema externo**



Fuente. Proyecto

## 8.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES AGROECONOMICAS

### Conclusiones

- La gente ha regresado a los predios de la Estancia con el fin de recuperar la actividad económica.
- Según informan, algunos otros emigraron a otras regiones buscando alternativas económicas para su vida.
- Al parecer están cansados de recibir mínimos apoyos en la cabecera municipal y notan el abandono gubernamental y nacional.
- Consecuentes con lo anterior quieren volver a cultivar en sus fincas, pero debido a que sigue siendo zona de riesgo no reciben ningún apoyo en servicios públicos.
- Ninguno de los encuestados le temen a los fenómenos naturales como los deslizamientos de tierra y piensan que pueden hacer agricultura sostenible.

- El Sistema de Economía Campesina existe en la vereda la Estancia y con este modelo se puede hacer una recuperación sostenible económicamente.

### **Recomendaciones**

- Permitir la actividad agroeconómica en la parte media y baja de la Estancia para volver a conseguir la riqueza perdida.
- Hacer replanteamiento de la ubicación de las fincas con base en la nueva conformación de predios
- Prestar servicios públicos de energía y acueducto a los habitantes de la Estancia.
- Reabrir el sistema de Créditos para cultivar, y reconstruir o construir sus viviendas y caneyes.
- Si se usa riego debe usarse por aspersión y no por gravedad.
- Hacer análisis de suelos y aguas para determinar sus cualidades químicas y físicas con destino a los cultivos y acueductos rurales.
- Apoyar la reconstrucción del tejido social de los residentes de La Estancia.
- Usar el modelo de Sistema de Economía Campesina para la recuperación sostenible de la vereda La Estancia
- Continuar recibiendo el apoyo de Clopad, Corpoboyaca y la UPTC en todos los procesos de recuperación de la vereda La Estancia.
- Solicitar al gobierno nacional exención tributaria de toda índole para esta zona por el término de al menos 10 años.

## 9 COMPONENTE FORESTAL

Los procesos y desastres naturales conllevan a la pérdida de la cobertura vegetal existente, la mayoría de las veces alterada por la intervención antrópica, por las continuas intervenciones agrícolas y pastoriles. Estos usos finalmente influyen en alterar más el ecosistema, principalmente por las condiciones geológicas del terreno, los grandes eventos de épocas invernales y posiblemente por el inadecuado uso del agua. La implementación de un adecuado manejo de las áreas afectadas por el deslizamiento se hace necesario para realizar una compensación que sea muy ecológicamente equivalente a la inicial, para generar un manejo o estrategia de conservación, protección y un uso mixto que genere recursos económicos y a su vez se protejan ambientalmente las áreas para una mejor vida útil de los recursos suelo, agua, bosque, con beneficios para el hombre, la flora y la fauna.

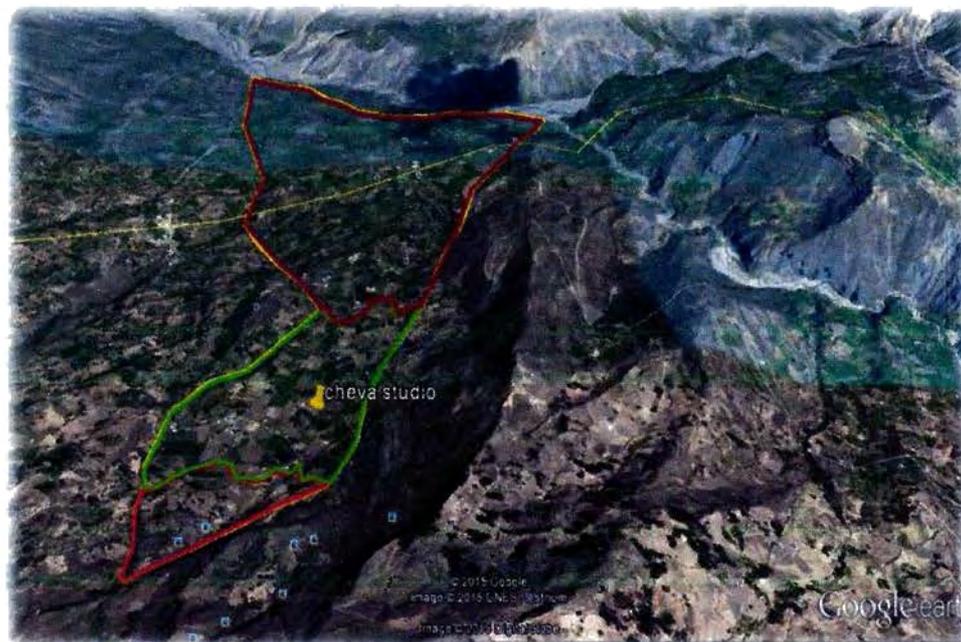
De esta manera se pretende crear diferentes áreas de manejo que además de proteger los suelos con alta eficacia, permitan un desarrollo más diverso que van desde la protección, sombra para el ganado, hasta madera para usos domésticos y otros productos de posible industria menor.

El uso agrícola ya establecido con cultivos de alfalfa y cebolla cabezona, ya tienen sus instancias técnicas establecidas, las cuales se deben mejorar con modelos de agricultura campesina renovados.

## 9.1 AREA DE ESTUDIO

La zona de intervención se ubica en la Vereda La Estancia (Chevas), Municipio de Jericó, al Nor Oriente del Departamento de Boyacá. Comprende aproximadamente 573.17 hectáreas.

**Figura 9-1.** Área de estudio



Fuente. Google Earth

## 9.2 DEFINICIÓN DE ZONAS DE APTITUD AGRÍCOLA Y FORESTAL

Realizar la definición de zonas de aptitud agrícola y forestal con estudio económico tendiente a definir políticas para ocupación del territorio en el sector la estancia (Cheva) del municipio de Jericó – Boyacá.

### 9.2.1 Diagnóstico y vegetación

El municipio se ubica en la cordillera Oriental colombiana, con altitud que oscila entre los 1438 msnm en la ribera del río Chicamocha hasta los 4.000 msnm en el sitio “Peña Negra” ubicada en el Parque Nacional Natural Pisba. La diversidad de los pisos térmico, implica diversidad climática, con temperaturas entre 0 °C a 30°C, cuenta con las siguientes microcuencas: Río Canoas, Quebrada Cocubal, Río Chicamocha, Río Veraguas. Quebradas: quebrada Honda (Pueblo Viejo), del Valle, El Bebedero o quebrada de Cheva, quebrada del Juncal, quebrada Honda (Bacota), quebrada del Muerto o la Chagra. Lagunas: la laguna Limpia (vereda la Estancia), la laguna de Tintoba Chiquito, originada por un deslizamiento en 1980.

El municipio de Jericó cuenta con un estudio de clasificación agroecológica de suelos de la subdirección agrológica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), identificando las siguientes clases:

- Clase IV – CLIV: veredas Centro, Cocubal, Juncal y Tintoba, adecuado para cultivo.
- Clase VI – CLVI: suelos de baja amplitud, con exceso de drenaje, ondulados, escarpados y erosionados, con baja fertilidad; se les utiliza para el cultivo de papa, haba y pastos.
- Clase VIII – CLVIII: los suelos áridos, rocosos con suelos superficiales y laderas inclinadas. Esta zona está localizada a los costados occidente y noroeste de Jericó.

Jericó tiene buena parte de su territorio localizado en zonas de geo inestabilidad, especialmente en sectores de Tintoba y Juncal. En la vereda de Tintoba, sector Tintoba Chiquito, existen varios deslizamientos y en particular el localizado al este de la quebrada Agua Agria. Estos fenómenos de movimientos en masa son principalmente deslizamientos y erosión severa. Los suelos están fuertemente

degradados por el alto grado de erosión, el cual ha generado cárcavas y deslizamientos de gran magnitud.

Los suelos del Municipio de Jericó se encuentran distribuidos en zona de montaña, en laderas de alta pendiente, con suelos superficiales afectados por fuertes procesos de erosión especialmente en el constado NW del municipio<sup>7</sup>.

**Fotografía 9-1.** Estado general de la zona de estudio



Fuente. Proyecto

En cuanto a la vegetación predominante, se caracteriza por pastizales y cultivos transitorios de menor escala; se encuentra vegetación nativa como quiche, puya, cortadera, helechos, valeriana, garrocho, encenillo, chusque, tuno, gaque, chite, cardón, flor bearina, juncos, musgo, líquenes, hongos y colorado entre otros. (Fuente: Plan de desarrollo 2012-2015 Municipio de Jericó).

### 9.2.2 Áreas de manejo propuestas

En la **tabla 9-1** y en la **figura 9-2**, se observa la distribución para el manejo propuesto en la zona de intervención. Se proponen tres (3) zonas de uso, así:

<sup>7</sup> Plan de desarrollo 2012-2015 Municipio de Jericó

Zona Protectora (5.41%), Zona Protectora – Productora (20.99%) y Zona Agroforestal (73.60%). Ver mapa adjunto de uso propuesto.

**Tabla 9-1. Áreas de manejo**

No.	USO	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE (%)
1	ZONA PROTECTORA	30,99	5,41%
2	ZONA PROTECTORA - PRODUCTORA	120,31	20,99%
3	ZONA AGROFORESTAL	421,87	73,60%
	<b>ÁREA TOTAL</b>	<b>573,17</b>	<b>100,00%</b>

Fuente. Proyecto

**Figura 9-2. Manejo agroforestal**



Fuente. Proyecto

En la figura 9-3, se observan las convenciones empleadas en el mapa propuesto para la intervención por zonas, y se describen los puntos para el establecimiento

de: 1. Bosque dendroenergético, 2. Cercas vivas y cortinas rompevientos, 3. Cultivos agroforestales. Ver mapa adjunto de uso propuesto (**Anexo I**).

**Figura 9-3.** Convenciones de uso

CONVENCIONES DE USO		
No	SIMBOLO	USO
1		BOSQUE DENDROENERGETICO
2		CERCAS VIVAS
3		CULTIVOS AGROFORESTALES

Fuente. Proyecto

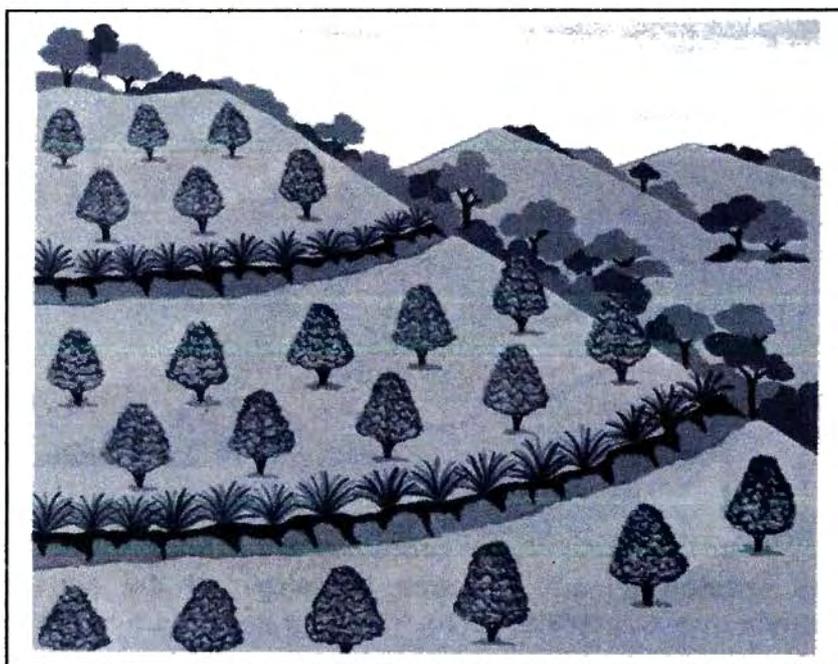
En cuanto a las zonas de manejo para la zona se proponen cinco (5), discriminadas así:

- Zona protectora.
- Zona protectora – productora.
- Zona de manejo agroforestal.
- Bosques dendroenergéticos (Bosques de leña)
- Cercas vivas y cortinas rompevientos.

A continuación se describe cada una de las áreas de manejo:

### 9.2.2.1 Área de manejo forestal protector

Figura 9-4. Manejo forestal protector



Fuente. Proyecto

Con la intervención que se pueda realizar en estas áreas se pretende mejorar y acelerar los procesos de restauración ecológica apoyada con el establecimiento de sistemas protectores y especies invasoras o coberturas forestales sostenibles con especies que permitan la recuperación de las zonas degradadas por la acción de la naturaleza, con ello se pretende mejorar principalmente la microcuenta de la Quebrada de El Santuario.

Con la intervención a desarrollar se pretende dar prioridad al establecimiento de especies nativas y de fácil adaptación a la zona.

Se debe considerar también el bosque como productor de agua, protector del suelo, donde la pérdida del recurso forestal y del suelo se pueden corregir con la implementación de especies vegetales protectoras. En este caso el follaje, la hojarasca y en gran número los árboles y arbustos favorecen una lenta pero total infiltración de agua lluvia. Entre más haya cubierta boscosa mitiga la acción del viento y a su vez la densa red de raíces mantiene un poco más fijo el suelo y por ende protege contra la erosión del suelo y el movimiento de tierras tales como deslizamientos en masa y caída de rocas.

“Los suelos forestales absorben cuatro veces más agua de lluvia que los suelos cubiertos de pastos y 18 veces mas que el suelo desnudo, con sus profundos sistemas de raíces, los árboles son capaces de extraer agua de zonas profundas del suelo”.

En las siguientes fotografías, se observan algunas áreas propuestas para el manejo forestal protector. Ver mapa adjunto de uso propuesto (**Anexo I**)

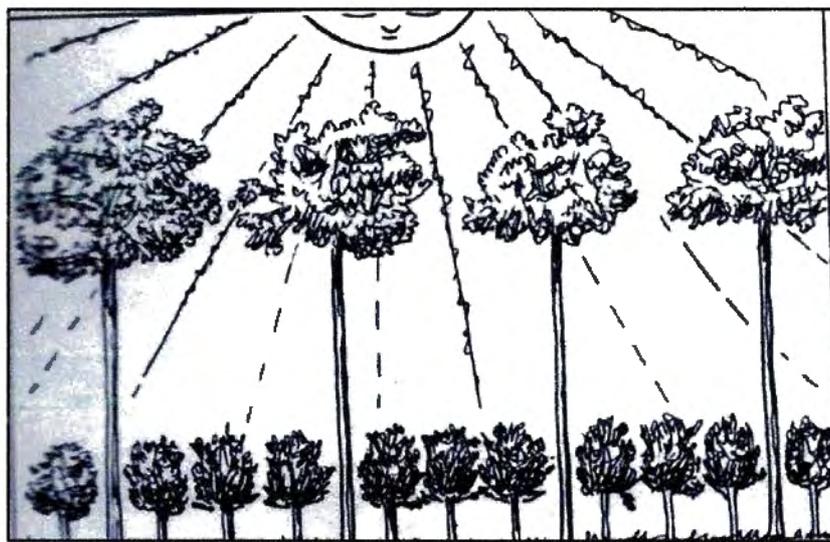
**Fotografía 9-2.** Zonas propuestas para el establecimiento de áreas protectoras



Fuente. Proyecto

### 9.2.2.2 Área de manejo forestal Protector – Productor

Figura 9-5. Manejo forestal protector - productor



Fuente. Proyecto

Con la propuesta de este manejo se pretende que se pueden intervenir algunas áreas con fines de protección y producción forestal. Con la implementación de árboles se aspira a tener un ingreso económico por medio del aprovechamiento y venta de los productos de los árboles y una protección de los recursos naturales y también de las obras civiles como acueducto, sistemas de riego, etc. Para un mejor aprovechamiento y protección cuando los árboles estén en época de corte se requiere que se haga en forma selectiva o por sectores, preferiblemente es mejor sembrar árboles de vida larga e intercalando con mas de 2 estratos para con ello la acción de la precipitación pluvial se vuelve menos intensa.

En las siguientes fotografías, se observan algunas áreas propuestas para el manejo forestal protector - productor. Ver mapa adjunto de uso propuesto (Anexo I).

**Fotografía 9-3. Áreas propuestas para el establecimiento de áreas protectoras - productoras**

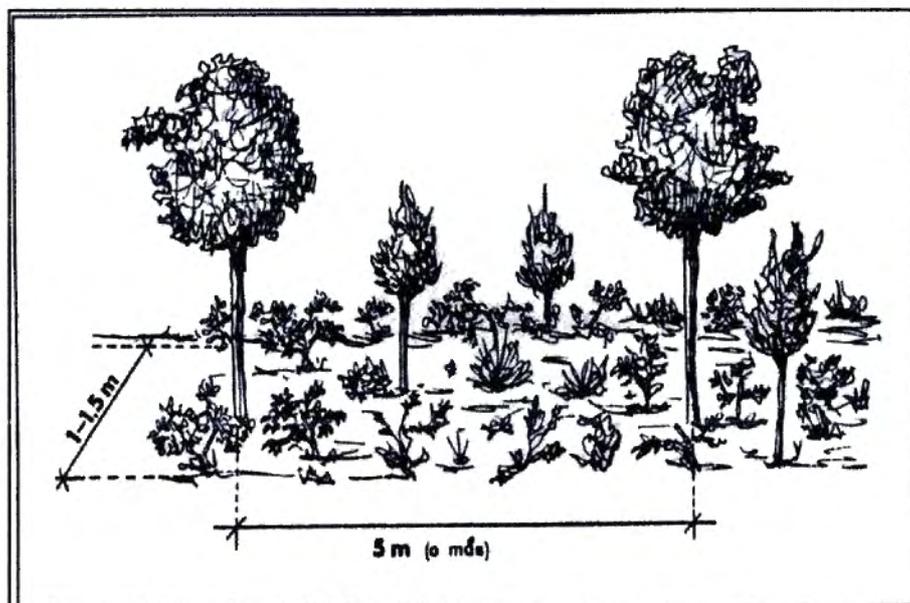


Fuente. Proyecto

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
Calle 4 Sur n° 15-134; Teléfonos: 7705450 ext. 2623-2622  
Email: ingenieria.geologica@uptc.edu.co

### 9.2.2.3 Área de manejo agroforestal

Figura 9-6. Manejo agroforestal



Fuente. Proyecto

En este tipo de denominación se pretende realizar un manejo integrado de especies forestales de tal manera que produzcan beneficios a las actividades agrícolas en general. Con esta propuesta lo que se quiere es realizar plantaciones de especies forestales en cercas vivas, cortinas rompevientos, mezcla con cultivos agrícolas teniendo en cuenta la competitividad de luz entre los árboles y los cultivos. Igualmente se puede implementar árboles que produzcan forraje e igualmente como sombrío para proteger al ganado de las condiciones climáticas adversas. Para el caso de la zona en estudio el único uso mixto que se puede realizar es el denominado silvoagrícola, donde se combina la agricultura y los árboles, permitiendo siembra, labranza y recolección de la cosecha junto con la remoción continua y frecuente del suelo, donde se combine el sombrío con los

cultivos. Ej: Frijol y Maiz con Nogal, Yuca con Eucalipto, Tomate de árbol con Urapán.

En las siguientes fotografías, se observan algunas áreas propuestas para el manejo agroforestal. Ver mapa adjunto de uso propuesto (**Anexo I**).

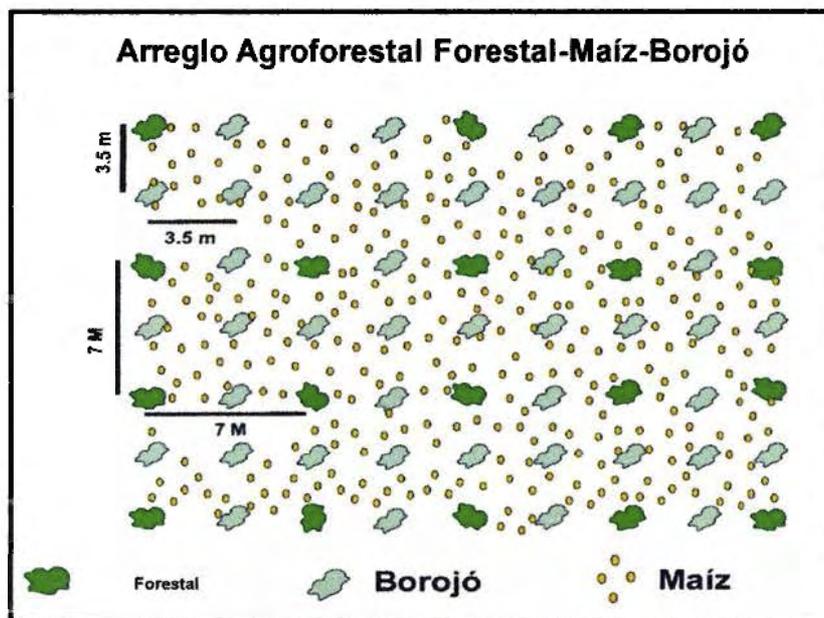
**Fotografía 9-4. Áreas propuestas para el manejo agroforestal**



Fuente. Proyecto

En las siguientes figuras se observan algunos modelos que se pueden implementar en la zona para el manejo agroforestal:

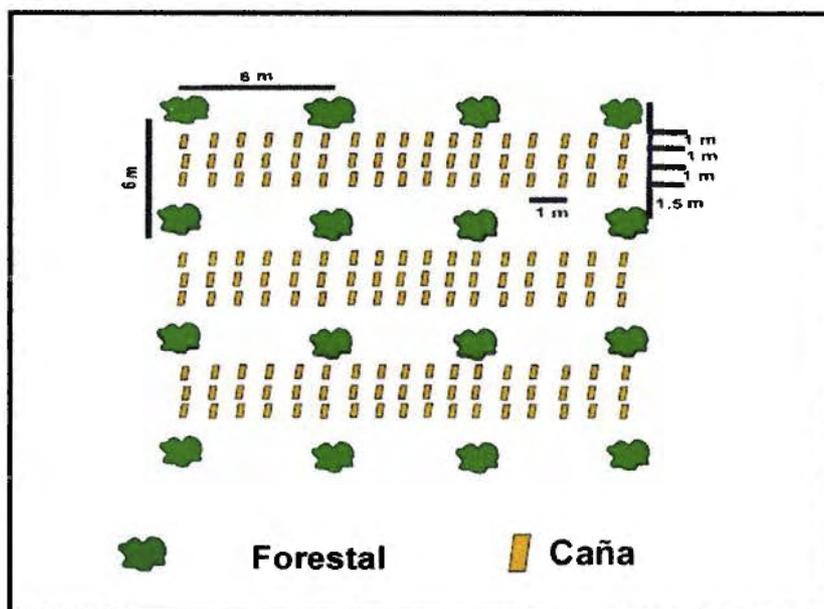
**Figura 9-7. Arreglos agroforestales (Forestal-semipermanente-transitorio)**



Fuente. Proyecto

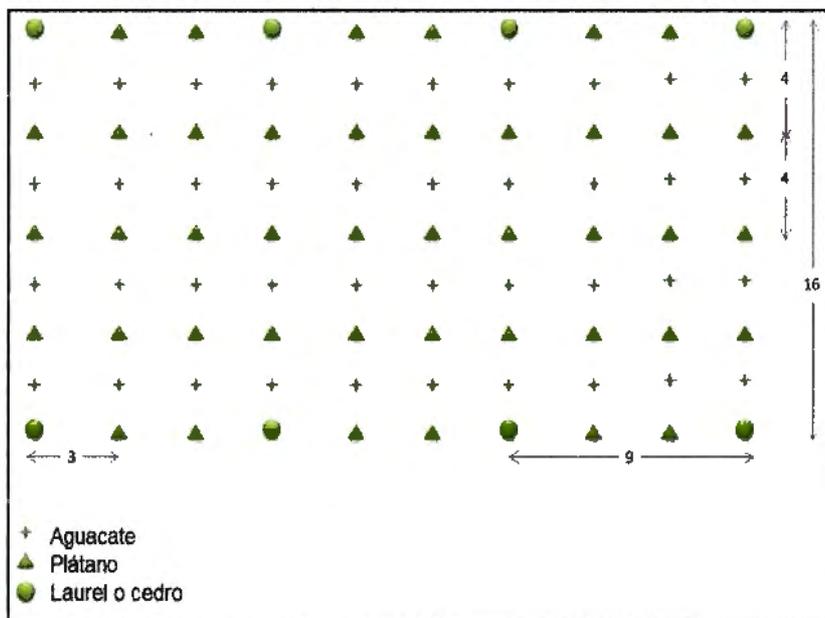
NOTA: Se reemplaza el Borojó por otras especie apta para esta zona, como es el caso del Brevo.

**Figura 9-8. Arreglos agroforestales (Forestal-Caña)**



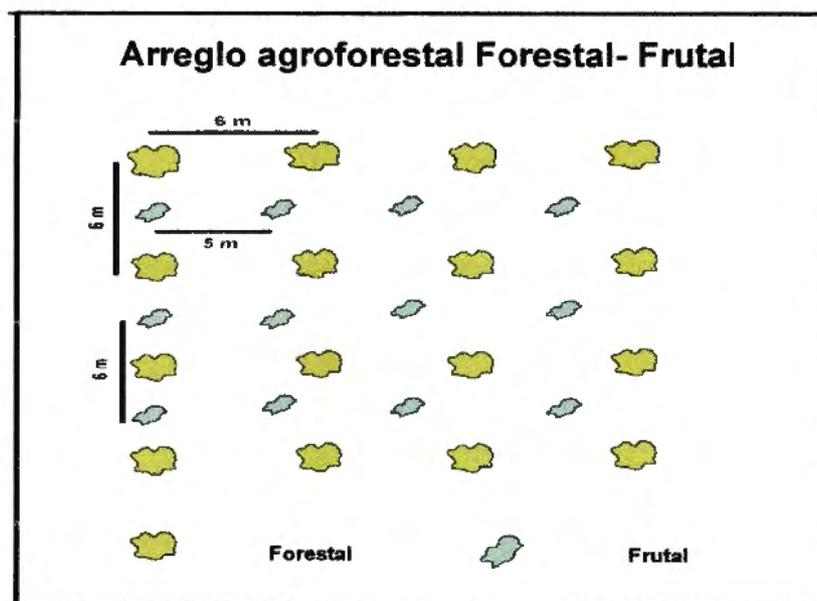
Fuente. Proyecto

**Figura 9-9. Arreglos agroforestales (Cedro-Aguacate-Platano)**



Fuente. Proyecto

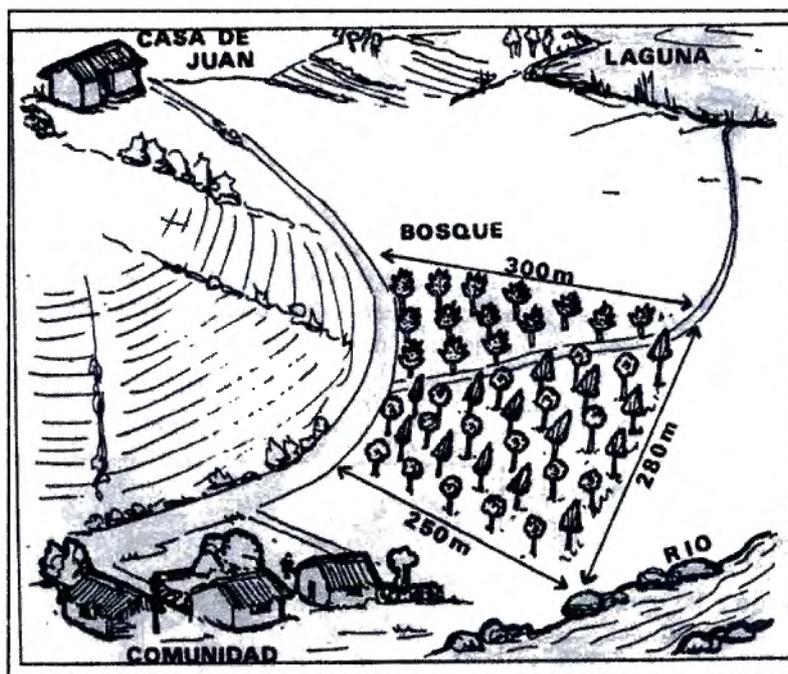
**Figura 9-10. Arreglo agroforestal (Forestal-Frutal)**



Fuente. Proyecto

#### 9.2.2.4 Área de manejo Forestal Dendroenergético (Bosques de leña)

Figura 9-11. Bosques de leña



Fuente. Proyecto

En este tipo de manejo lo que se proyecta es el de continuar con la tradición y la necesidad de utilizar la leña como fuente energética para cocinas, para trapiches, etc., donde su fuente principal de abastecimiento son las cercas vivas y los árboles de sombrero principalmente. También se puede implementar una plantación de árboles de rotación corta en pequeñas áreas, en lo posible es conveniente ubicarlos lo mas cerca posible de la vivienda.

En las siguientes fotografías, se observan algunas áreas propuestas para el establecer bosques Dendroenergéticos. Ver mapa adjunto de uso propuesto (Anexo I).

**Fotografía 9-5. Áreas propuestas para establecer bosques Dendroenergéticos**



Fuente. Proyecto

Las características de las especies aptas para bosques dendroenergéticos (leña), tienen que presentar las siguientes características:

- Gran capacidad de rebrote.
- Crecimiento rápido.
- Facilidad de secado.
- Planta de fácil prendimiento.
- Buen poder calorífico.
- Brasas de excelente calidad.

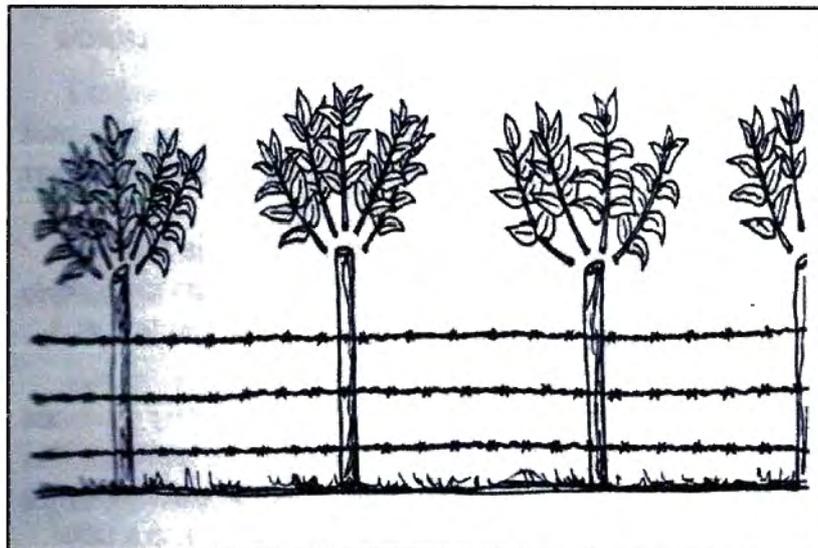
- Resistencia a plagas y enfermedades. (CDBM 1989)

Los árboles se deben cosechar en turnos muy cortos de 3 o 5 años, igualmente las distancias de plantación deben ser muy cortas de 1 a 1,5 m para aprovechar al máximo el áreas de producción. En este caso particular por las condiciones del terreno, las cuales presentan por las condiciones del terreno, las cuales presentan numerosas rocas en su entorno; es necesario aprovechar los espacios donde oportunamente las condiciones edáficas lo permitan.

El aprovechamiento del bosque de leña se debe realizar durante la época seca. En especies que no rebrotan por ejemplo: Eucalipto, Roble, Sauce, la cosecha debe ser total y realizada al inicio de la época de lluvias (Salazar 1984).

### 9.2.2.5 Áreas de manejo de Cercas vivas y cortinas Rompevientos

**Figura 9-12.** Cercas vivas y Cortinas rompevientos



Fuente. Proyecto

En este concepto se tiene en cuenta la siembra de árboles en forma lineal dentro de los perímetros de las fincas, por lo general son prácticas agroforestales que conllevan a aumentar la producción de bienes y servicios, lo cual tiene buena aceptación por parte de los propietarios. Esta práctica tiene comúnmente el nombre de “cerchas vivas” o cortinas rompevientos, de acuerdo con el objetivo primordial para el que se realice, igualmente también tiene otras consideraciones con objetivos secundarios y diseños diferentes de acuerdo con los requerimientos propuestos.

En las siguientes fotografías, se observan algunas áreas propuestas para el establecimiento de cercas vivas. Ver mapa adjunto de uso propuesto (**Anexo I**).

**Fotografía 9-6.** Áreas propuestas para el establecimiento de cercas vivas

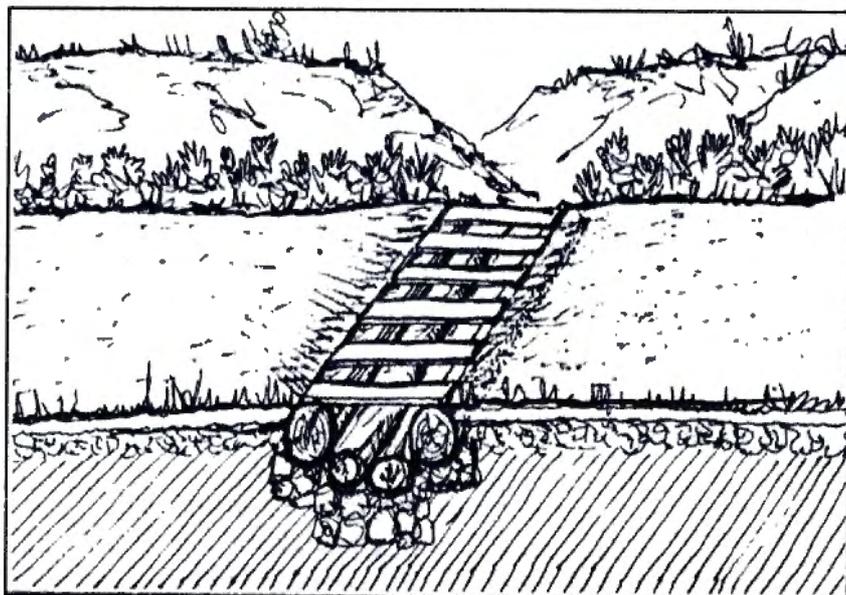


Fuente. Proyecto

### 9.2.3 Obras civiles

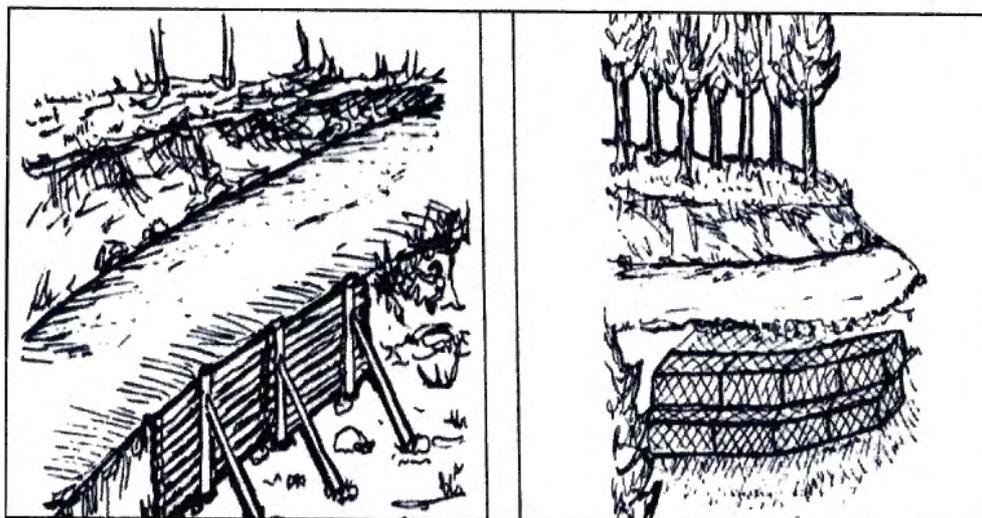
Otras actividades que se pueden realizar para la protección de la zona corresponden a obras de tipo civil, como se muestra en las siguientes figuras:

**Figura 9-13.** Obras civiles para la protección de taludes



Fuente. Proyecto

**Figura 9-14.** Obras civiles: muros de retención



Fuente. Proyecto

### 9.3 ESPECIES RECOMENDADAS

#### 9.3.1 Descripción de especies forestales recomendadas

**Tabla 9-2.** Especies forestales recomendadas

ESPECIE	USOS
ALISO	CERCAS VIVAS Y MEDICINAL
ARBOLOCO	INDUSTRIAL Y ARTESANAL
ARRAYAN	CERCAS VIVAS Y MEDICINAL
ARRAYAN COMUN	INDUSTRIAL Y ARTESANAL
BREVO	ALIMENTO, INDUSTRIAL
CAJETO	CORTAVIENTOS, LEÑA
CARISECO	CERCAS VIVAS
CASUARINA	CERCAS VIVAS Y MEDICINAL
CAUCHO SABANERO	PROTECCIÓN Y CERCAS VIVAS
CEDRO DE TIERRA FRIA	SOMBRIO Y MEDICINAL
CEREZO	CERCAS VIVAS
CHICALA	INDUSTRIAL Y ORNAMENTAL
CIPRES	CERCAS VIVAS
CIRO	RECUPERACIÓN DE SUELOS
CURAPIN	LEÑA Y CERCAS VIVAS
DIVIDIVI DE TIERRA FRIA	
ESPECIE	USOS
EUCALIPTO	CERCAS VIVAS Y MEDICINAL
EUGENIA	CERCAS VIVAS
GUAYACAN DE MANIZALES	INDUSTRIAL Y ORNAMENTAL
HAYUELO	RESTAURACIÓN
HIGUERILLA	INDUSTRIAL
HOLLY ESPINOSO	RECUPERACIÓN DE SUELOS
HOLLY LISO	RECUPERACIÓN DE SUELOS
JAZMIN DEL CABO	INDUSTRIAL
LAUREL DE CERA HOJIMENUDO	RECUPERACIÓN DE SUELOS

ESPECIE	USOS
MANO DE OSO	RESTAURACIÓN
NOGAL	CORTINAS ROMPEVIENTOS Y MEDICINAL
PAJARITO	ORNAMENTAL
PINO COLOMBIANO	PROTECCIÓN DE SUELOS
PINO OOCARPA	CERCAS VIVAS
PINO PATULA	CERCAS VIVAS
ROBLE	AGROFORESTERIA
SANGREGAO	SOMBRIO Y LEÑA
SAUCE	CERCAS VIVAS
SAUCO	SOMBRIO Y CERCAS VIVAS
URAPAN	CERCAS VIVAS

Fuente: CDMB – 1989 / CAR – 2012 / Internet – 2015

La descripción de cada una de las especies forestales se pueden observar en el **Anexo I: Componente Agroforestal.**

## 10 PLAN DE MANEJO PROPUESTO

Las medidas más comúnmente aplicadas para el control de los fenómenos de remoción en masa, son el manejo de las aguas, tanto superficiales como subterráneas, el perfilado y la proyección de estructuras de contención, siendo esta última una opción no aplicable en este caso.

Para determinar que tratamiento es el más adecuado para la recuperación de la vereda La Estancia se han de considerar de manera particular los distintos sectores definidos en los apartes anteriores. En este capítulo se hace referencia a las obras geotécnicas necesarias, pero ellas irán complementadas con las recomendaciones derivadas del estudio económico y agroforestal.

Tal como se concluyó luego de los análisis de estabilidad realizados para la zona intermedia, donde se han reactivado notablemente las actividades agrícolas, la condición de equilibrio solo se perdería en el evento en que coincidan la saturación plena de la ladera con la ocurrencia de un sismo de importancia. La estabilidad de esta zona también es dependiente de la estabilidad que se tenga en la zona superior adyacente, puesto que como ya se ha mencionado en este estudio al desestabilizarse la ladera en la parte alta se desarrolla un movimiento en cadena que afecta la estabilidad de las zonas aledañas, en razón a que el material desplazado ladera abajo se constituye en una sobrecarga que reduce el factor de seguridad, tal como se demostró con la modelación.

Por esto es de suma importancia garantizar condiciones estables para la zona alta, teniendo en cuenta el tratamiento que aquí se recomienda. Este incluye actividades de recuperación forestal para la zona alta superior y obras geotécnicas para la zona alta inferior.

Tal como se encuentra el terreno en la zona alta inferior - donde se pudo establecer que el espesor del depósito sobrepasa los 30 metros – corresponde a un conjunto de suelo remoldeado y rocas de distinto tamaño que dan lugar a una superficie irregular con montículos y oquedades donde el agua superficial puede

correr e infiltrarse de manera aleatoria y caótica con consecuencias impredecibles. Para la recuperación de este sector es necesario un plan de reconfiguración de la superficie del terreno mediante el terraceo. Junto con la disposición de terrazas deberán construirse baterías de subdrenaje profundo, construcción de cunetas contra el talud interno de cada terraza y canales laterales para la conducción adecuada de las aguas hasta la zona media baja. En combinación con estas obras se realizará el manejo agroforestal tal como se consigna en el capítulo correspondiente.

En las zonas media baja y baja, solo se considera recomendable reconfigurar el terreno en aquellos sectores donde se acumularon materiales acarreados desde las zonas altas.

## 11 CONCLUSIONES

- Desde el punto de vista geológico la zona en estudio se considera compleja en razón a varios factores, como la presencia de fallas, el estado de alteración de las rocas aflorantes, la baja competencia intrínseca de las formaciones presentes (Chipaque, la luna y los pinos) y la existencia de depósitos de origen coluvial.
- El régimen de precipitaciones de la región es bimodal, con picos máximos en los meses de Abril donde el máximo valor mensual promedio es 144 mm y Octubre donde el valor mensual promedio es 132.6 mm. Las precipitaciones más bajas se presentan en el mes de enero, con un valor de 19.5 mm. Entre 1971 y 2014 los picos máximos de precipitación se han dado en los años 2010 con un valor acumulado de 1640 mm y 2011 con un total de 1360 mm, periodos en los que estuvo presente el fenómeno de La Niña.
- Con la zonificación de amenazas por movimientos en masa, desarrollada por el método heurístico de Ramírez y González (1989), con el software ArcGis 10.1, se logró diferenciar las zonas de alta, media y baja susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, en la vereda La Estancia y sectores aledaños a escala 1:10000.
- Al sector La Estancia, afectado casi en su totalidad por el movimiento en masa ocurrido en Abril de 2011, se ha dirigido puntualmente el análisis de estabilidad actual del terreno. El fenómeno que afectó cerca de 360 hectáreas se ha clasificado como un movimiento complejo. Las causas

reales asociadas son el tipo de materiales presentes que corresponden a un depósito coluvial y la susceptibilidad geomórfica; la causa inmediata o detonante fué el agua producto de las intensas precipitaciones ocurridas desde la segunda semana del mes de Abril, y como factores contribuyentes se tuvieron, el agua proveniente del sistema de riego y la sobrecarga causada por el material rocoso caído desde el escarpe de la parte alta y que una vez iniciado el movimiento, se constituyó en carga adicional a medida que el movimiento avanzaba ladera abajo.

- Para su estudio el área afectada de La Estancia se dividió en sectores, teniendo en cuenta entre otros aspectos, el grado de afectación geomorfológica, el tipo de materiales presentes y la consistencia aparente del terreno. Se distinguieron, una zona superior con pendiente entre media y alta, con evidentes muestras de inestabilidad compuesta por suelo remodelado y un apreciable número de rocas de tamaño medio, una zona intermedia con pendiente media, conformada por terrenos que fueron removidos en bloque, con apariencia estable, la cual debió ser verificada mediante el análisis por métodos determinísticos, y una zona baja que dada su escasa pendiente evidencia condición de estabilidad.
- Dadas sus condiciones morfológicas y de composición del terreno, la zona denominada como alta superior deberá ser recuperada mediante reforestación tal como se consigna en el capítulo 8 y su anexo. En cambio en la zona alta inferior es necesario primero conformar la superficie del terreno con maquinaria, y disponer un adecuado manejo de aguas de escorrentía. Si en el futuro se observa que el terreno conformado presenta alta permeabilidad deberá disponerse la construcción de filtros y subdrenes de penetración, para el control de las aguas subterráneas.

- El resultado obtenido para la modelación de la zona intermedia en equilibrio estático, permite concluir que de mantenerse las condiciones actuales, este sector presenta pocas probabilidades de ocurrencia de movimientos en masa. A ello contribuye la pendiente no tan pronunciada y la suficiente resistencia al corte de los suelos presentes. Sin embargo, si llegare a saturarse el terreno y en tal condición ocurriera un sismo de consideración, se presentaría falla del terreno por movimientos en masa. Esto implica que las condiciones de humedad deben controlarse, de manera que el nivel de las aguas subterráneas permanezca suficientemente debajo de la superficie.
- Del estudio socioeconómico se concluye que con el pasar del tiempo, las familias que migraron luego de la ocurrencia del movimiento en masa de Abril de 2011, han regresado a trabajar sus parcelas, y aunque saben de la amenaza presente, dicen no temer a una nueva ocurrencia de deslizamientos.
- Para la recuperación vegetativa de la vereda La Estancia y otros sectores afectados, se proponen varios sistemas de reforestación, con zonas protectoras, zonas protectoras productoras, sistemas agroforestales, bosques dendroenergéticos, cercas vivas y cortinas rompevientos.
- Además de las obras de terraceo, drenaje y subdrenaje, y del plan de reforestación propuesto, resulta recomendable abolir sistemas de riego por gravedad, que reducen la resistencia al corte del terreno e incrementan los esfuerzos actuantes.

## 12 RECOMENDACIONES

- Con el fin de evitar que se repita un fenómeno como el ocurrido en el sector La Estancia en Abril de 2011, deben acometerse a la mayor brevedad posible las obras de conformación del terreno en la zona definida como alta inferior, al igual que la canalización de las cañadas laterales y los sistemas de drenaje, dispuestos en el plano de obras.
- La recuperación de la zona denominada en este estudio como alta superior, se podrá garantizar en el mediano y largo plazo, mediante el plan de reforestación definido. Es claro que mientras más pronto se inicie esta tarea más temprano se verán los resultados.
- En las zonas marcadas como intermedia y baja, las cuales han venido siendo aprovechadas para uso agrícola, es importante insistir en la conveniencia de aplicar sistemas de riego donde el flujo del agua esté convenientemente dosificado, como puede ser el riego por aspersión o sistemas por goteo. En definitiva el riego tradicional por gravedad debe ser abolido para toda el área de La Estancia.
- Se sugiere aplicar lo más rigurosamente posible las recomendaciones entorno a las prácticas agrícolas que incluyan sistemas agroforestales, silvopastoriles y demás, consignados en el presente informe.
- Se subraya la conveniencia de llevar a efecto las prácticas de la economía campesina, con las cuales la población puede garantizarse su sostenimiento en armonía con el entorno.

- Para la ocupación definitiva del sector La Estancia, deberán haberse ejecutado todas y cada una de las obras recomendadas, esto es, la conformación o terraceo de la zona alta inferior, la construcción de canales, la apertura de los cauces laterales, la construcción de cortacorrientes en los mismos, la construcción de cunetas en las terrazas y de considerarse necesario la construcción de sistemas filtrantes.
- De manera simultánea con el emprendimiento de las obras y demás actividades de control y recuperación de la zona afectada, podrán adelantarse las gestiones correspondientes para el levantamiento de la condición de zona de desastre dada a la estancia.

### 13 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Chow, V., T., Mays, L., W., Maidment, D., R., (1994). "Hidrología Aplicada", McGraw-Hill, Santafé de Bogotá.
- [2] Monsalve, G., (1999). "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C.
- [3] U. S. Army Corps Engineers, (2000). "Hydrologic Modeling System HEC-HMS" Technical Reference Manual, Hydrologic Engineering Center, Massachusetts.
- [4] Vargas, R., M. Díaz-Granados, (1998). "Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia," XIII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología, Cali.
- [5] Correa, L. C., (1997). "Convalidación del método para obtener curvas Intensidad – Duración – Frecuencia a partir de las lluvias máximas en 24 horas para la zona norte de Colombia", Tesis de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
- [6] CAVO, G (2013) "Diagnóstico de amenazas potenciales por fenómenos de Remoción en masa en el cerro de la Popa, aplicando la metodología de Ramirez y González"
- [7] Colombiano, S.G. (2013). Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa. Bogotá.

- [8] UPTC. 2007. "Evaluación Preliminar de la Zonificación de Amenazas por fenómenos de Remoción en Masa y Flujos Torrenciales, Vulnerabilidad y Escenarios de Riesgo en la Cabecera Municipal de Yopal, aplicando SIG"
- [9] INGEOMINAS. 2000. Informe de Visita Técnica al Municipio del Libano, para Evaluar Fenómenos de Remoción en Msa. Ibagué.