



INFORME FINAL



**ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD)
Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL SECTOR CHIVOR
CHIQUITO Y SAN MARTÍN, MUNICIPIO DE CHIVOR, JURISDICCIÓN DE LA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).**

**CONVENIO
Nº 038 DEL 2012
UPTC - CORPOCHIVOR
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1	GENERALIDADES 14
1.1	PRESENTACION (JUSTIFICACION Y ALCANCE)..... 14
1.1.1	ALCANCE..... 15
1.2	OBJETIVOS DEL PROYECTO 15
1.2.1.	Objetivo General..... 15
1.2.2	Metodología..... 16
1.3	LOCALIZACIÓN. 17
1.4	PERSONAL 18
1.5	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES REALIZADAS..... 19
1.5.1.	Trabajo de campo..... 19
1.6.	ANÁLISIS DE LABORATORIO..... 21
1.7.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS 22
1.8	ESTADO DE LA INFORMACIÓN 23
2	ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS 25
2.1.	ANÁLISIS HIDROLÓGICO 26
2.2.	BALANCE HÍDRICO..... 26
2.2.1.	Tipos de recarga..... 27
2.3.	ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA 29
2.4.	ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN. 34
2.4.1.	Mapas de Isoyetas generados a partir de los datos de Precipitación... 40
2.4.2.	ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP).. 46
2.4.2.1.	Formula de J. B. García y J.D. López..... 46
2.4.3.	Estimación del Balance Hídrico 47
2.4.4	Metodología..... 48
2.4.5	RESULTADOS OBTENIDOS 51
2.5.	CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO 55
2.5.1.	Resultados..... 55
2.9	MORFOMETRÍA DE LA CUENCA 56

3	HIDROGEOLOGÍA.....	65
3.1	Unidades Hidrogeológicas.....	65
3.1.1	Acuífero.....	65
3.1.2	Acuitardo.....	65
3.1.3	Acuícierres.....	66
3.2	MARCO HIDROLÓGICO GENERAL.....	66
3.2.1	UNIDAD I (Permeabilidad Media).....	66
3.2.2	UNIDAD II (Permeabilidad Baja).....	66
4	GEOLOGIA.....	68
4.1	GEOLOGIA HISTORICA.....	69
4.2	GEOLOGIA LOCAL.....	69
4.2.1	Formación Lutitas de Macanal (Kilm).....	69
4.3	Depósitos Cuaternarios.....	69
4.4	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	70
4.4.1	Estructuras Plegadas.....	70
5	GEOMORFOLOGÍA.....	71
5.1	GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	72
5.2	ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO.....	73
5.3	PROCESOS MORFODINÁMICOS.....	74
5.3.1	Desprendimiento.....	74
5.4	INCLINACIÓN DE LAS PENDIENTES.....	76
5.5	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	78
5.5.1	Geoformas de Origen Denudacional.....	80
5.6	EROSIÓN.....	83
5.6.1	Algunas Formas de Erosión.....	85
5.6.2	Factores externos.....	85
5.6.3	Factores internos.....	86
5.6.4	Morfodinámica - intensidad de erosión.....	87
5.7	USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO.....	89
5.7.1	DESCRIPCIÓN REGIONAL.....	90
5.7.2	VEGETACIÓN.....	91

5.7.3	COBERTURA Y USO DE SUELO PARA EL ÁREA.....	93
5.7.4	BOSQUES.....	112
5.7.5	ÁREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA.....	120
5.7.6	ÁREAS Y PORCENTAJES DE LAS COBERTURAS EN EL ÁREA.	125
5.7.7	UNIDADES DE COBERTURA VEGETAL	127
6	GEOELECTRICA	131
6.1	ESTUDIO GEOELECTRICO (TOMOGRAFIA).....	131
6.2	INTRODUCCION.....	131
6.3	OBJETIVO.....	133
6.4	PRINCIPIO DEL METODO GEOFISICO.....	134
6.4.1	Resistividad Aparente:.....	134
6.4.2	Dispositivos:	136
6.5	METODOLOGIA.....	137
6.5.1	TOMOGRAFIA N°1	139
6.5.2	TOMOGRAFIA N°2	142
6.5.3	RESULTADOS	144
7	GEOTECNIA	146
7.1	EXPLORACIÓN DE CAMPO.....	146
7.1.1	Sondeos geotécnicos	146
7.2	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y SUBSUELO	149
7.2.1	Trabajos de Laboratorio	149
7.2.2	Resumen de resultados.....	153
7.3	Clasificación del Macizo Rocoso.	154
7.3.1	Índice de Calidad de la Roca (RQD):	154
7.3.2	Clasificación Según el RMR:	157
7.3.3	Clasificación Según el Índice Geológico de Resistencia (GSI):.....	159
7.4	CINEMÁTICA DE LOS MOVIMIENTOS	160
7.5	CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA	160
7.5.1	Causas Reales	160
7.5.2	Causas Inmediatas	161
7.6	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN GEOTÉCNICA	162

7.6.1	Análisis estructuralmente controlado	166
7.6.2	Análisis estructuralmente no controlado	169
8	ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS	173
8.1	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE AMENAZAS	173
8.2	RESULTADO DE ANALISIS.....	176
8.3	ANALISIS DE AMENAZA	177
8.4	Evaluación de Vulnerabilidad	179
9	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.....	181
9.1	ANÁLISIS Y GRAFICAS ESTADÍSTICAS DE LAS ENCUESTAS. ...	182
10	OBRAS RECOMENDADAS	196
11	CONCLUSIONES	197
12	RECOMENDACIONES	198
13	BIBLIOGRAFÍA.....	199

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1.	Exploración directa del subsuelo (SPT).....	20
Fotografía 2.	GEOREFERENCIACION AREA DE ESTUDIO.....	90
Fotografía 3.	TEJIDO URBANO DISCONTINUO	99
Fotografía 4.	Tejido artificializado de nivel 4 red vial 122 C.L.C.	100
Fotografía 5.	Zea Mays.....	102
Fotografía 6.	Xanthorrhiza Bancroft (Hoker, 1831 Y Muñoz, 1968).....	104
Fotografía 7.	Allium fistulosum Linnaeus.....	105
Fotografía 8.	Psidium guajava	106
Fotografía 9.	Citrus Aurantifolia	107
Fotografía 10.	Saccharum officinarum	108
Fotografía 11.	Pastos limpios presente en la zona de estudio.....	110
Fotografía 12.	Pastos enmalezados.....	111
Fotografía 13.	Bosque denso bajo de tierra firme.	115
Fotografía 14.	BOSQUE RIPARIO.....	116
Fotografía 15.	CUPRESSACEAE	118
Fotografía 16.	Eucaliptos presentes en la zona de estudio.....	119
Fotografía 17.	Arbustal Abierto Mesofilo	121
Fotografía 18.	Herbazal	123
Fotografía 19.	Rio presente en el área de estudio.	124
Fotografía 20.	Parte alta del deslizamiento.....	140
Fotografía 21.	Parte media-alta del deslizamiento.	142
Fotografía 22.	Parte media-alta del deslizamiento.....	142
Fotografía 23.	Perforación realizada en la zona de estudio	148
Fotografía 24.	Prueba de Penetrometro de Bolsillo	148
Fotografía 25.	Muestra fallada en el ensayo de compresión no confinada. ...	152
Fotografía 26.	Muestras a las que se les realizo la prueba de corte directo. .	153
Fotografía 27.	Parte superior del movimiento	170
Fotografía 28.	Vista del deslizamiento que afecta la vía.....	182
Fotografía 29.	Vista del deslizamiento desde la vía.....	184

Fotografía 30.	Vista del deslizamiento en afectación al río.	186
Fotografía 31.	Vivienda afectada	187
Fotografía 32.	Casa construida en zona de alto riesgo.....	188
Fotografía 33.	Parte de la construcción antigua de la vivienda s.	189
Fotografía 34.	Vista de la parte posterior de la vivienda.	190
Fotografía 35.	Trapiche de la vivienda afectado	191
Fotografía 36.	Terrenos que antes eran cultivables.....	193
Fotografía 37.	Parte del terreno perdida por el deslizamiento.	193
Fotografía 38.	Parte baja del terreno desplazada.	195

LSTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla general para la determinación de número de curva (CN).....	31
Tabla 2. Escorrentía Estación Chivor, suelo tipo ML	33
Tabla 3. Escorrentía Estación Chivor, suelo tipo ML	34
Tabla 4. Estación pluviométrica utilizada en la estimación de la precipitación	35
Tabla 5. Precipitación media multianual mensual por estación.	36
Tabla 6. Precipitación media multianual mensual por estación.	37
Tabla 7. Rangos de temperatura Chivor.....	47
Tabla 8. Valores de Evapotranspiración.....	47
Tabla 9. Calculo de Infiltración, basado en los valores de escorrentía (R).....	50
Tabla 10. Calculo de Infiltración, basado en los valores de escorrentía (R).....	51
Tabla 11. Estimación del Balance Hídrico	52
Tabla 12. Estimación del Balance Hídrico	53
Tabla 13. Valores de parámetros morfométricos para la cuenca regional.....	61
Tabla 14. Valores de parámetros morfométricos para la cuenca local 1	63
Tabla 15. Valores de parámetros morfométricos para la cuenca local 2	64
Tabla 16. Clasificación de las pendientes.	78
Tabla 17. Descripción geomorfológica.	82
Tabla 18. AREAS METRICAS DE LAS COBERTURAS	126
Tabla 19. Unidades de cobertura vegetal.....	128
Tabla 20. Resistividades de algunos suelos y rocas.	136
Tabla 21. Resistividades de los materiales presentes en el área de estudio.	140
Tabla 22. Resistividades de los materiales presentes en el área de estudio.	143
Tabla 23. Coordenadas de los sondeos realizados.....	147
Tabla 24. Resumen de resultados ensayos de laboratorio.....	156
Tabla 25. Resumen de Resultados de la Clasificación RMR	158
Tabla 26. Coeficientes de aceleración sísmica para el departamento Boyacá....	164
Tabla 27. Coeficientes de reducción de coeficientes de aceleración sísmica	165
Tabla 28. Resultado análisis estructuralmente estructurado falla planar.....	166
Tabla 29. Resultado análisis estructuralmente estructurado falla cuña.....	166

Tabla 30. Resultado análisis estructuralmente estructurado falla cuña.....	167
Tabla 31. Valores de Propiedades Físicas y Mecánicas	169
Tabla 32. Factores de seguridad para el modelo perfil A-A'	172
Tabla 33. Parámetros físicos y naturales estimados	174
Tabla 34. Categorización de amenazas por FRM.	176
Tabla 35. Categorización de amenaza por (FRM) según nsr-10.....	177

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología realizada.....	16
Figura 2. Localización geográfica.....	17
Figura 3. Organigrama	18
Figura 4. Gráfico de precipitación media multianual mensual.....	38
Figura 5. Gráfico de precipitación media multianual.....	39
Figura 6. Isoyetas mes de Enero y Febrero	40
Figura 7. Isoyetas mes de Marzo y Abril	41
Figura 8. Isoyetas mes de Mayo y Junio	42
Figura 9. Isoyetas mes de Julio y Agosto	43
Figura 10. Isoyetas mes de Septiembre y Octubre	44
Figura 11. Isoyetas mes de Noviembre y Diciembre	45
Figura 12. Comportamiento de las Curvas del Balance Hídrico.....	54
Figura 13. Imagen ilustrativa de la cuenca regional Chivor	60
Figura 14. Imagen ilustrativa de la cuenca local Chivor	62
Figura 15. Imagen del mapa hidrogeológico.....	67
Figura 16. Imagen mapa geológico área de estudio	68
Figura 17. Ventana extraída del mapa regional.....	71
Figura 18. Fotografías pertenecientes al vuelo 2803- 267,268	74
Figura 19. Esquema del proceso de Desprendimiento.....	75
Figura 20. Esquema del movimiento, perfil desprendimiento	76
Figura 21. Imagen del Mapa de inclinación de las pendientes.....	77
Figura 22. Imagen del Mapa geomorfológico.....	79
Figura 23. Imagen del Mapa erosión.....	88
Figura 24. Posiciones aproximadas de las Líneas gula de las regiones.....	91
Figura 25. CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS BOSQUES.....	113
Figura 26. Mapa cobertura vegetal y uso de suelo.....	125
Figura 27. Porcentaje áreas de coberturas.....	126
Figura 28. Principio teórico de operación de las TER's.....	132
Figura 29. Rangos de resistividad para diferentes materiales.....	132
Figura 30. Dispositivo Wenner.....	137
Figura 31. Localización líneas de tomografía.....	139
Figura 32. Perfil 1 tomografía.....	141
Figura 33. Perfil litológico 1	141
Figura 34. Perfil 2 tomografía.....	143
Figura 35. Perfil litológico 2	144
Figura 36. Perfil Geotécnico S1.....	150
Figura 37. Límites de Atterbeg	151
Figura 38. Guía para la definición del Índice geológico de resistencia (GSI).....	159

Figura 39. Análisis cinemático, falla por volcamiento	167
Figura 40. Análisis cinemático falla planar	168
Figura 41. Análisis cinemático falla por cuña	168
Figura 42. Perfil geológico AA'	171
Figura 43. Modelo de análisis perfil A-A'	171
Figura 44. Imagen Mapa de Amenazas.....	178
Figura 45. Imagen Mapa de Vulnerabilidad Física y Social.....	180

LISTAS DE ANEXOS

ANEXO 1 - MAPAS TEMÁTICOS

MAPA 1 GEOLÓGICO

MAPA 2 GEOMORFOLÓGICO

MAPA 3 SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN

MAPA 4 DE PENDIENTES

MAPA 5 HIDROGEOLÓGICO

MAPA 6 ZONIFICACIÓN GEOMECÁNICA

MAPA 7 ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA

MAPA 8 VULNERABILIDAD FÍSICA Y SOCIAL

MAPA 9 ZONIFICACIÓN DE RIESGOS POR FRM

ANEXO 2 - ANÁLISIS FOTO INTERPRETACIÓN

ANEXO 3 – ENSAYOS DE SUELOS

ANEXO 4 - CARTERAS TOPOGRÁFICAS

ANEXO 5 - HIDROLOGÍA

ANEXO 6 - CURVAS IDF

ANEXO 7 - FICHAS DE INVENTARIO DE PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS

ANEXO 8 - ENCUESTAS SOCIOECONÓMICAS

ANEXO 9 - FORMATO DE INFORMACIÓN DE VULNERABILIDAD FISICA

ANEXO 10 - MEMORIAS DE DISEÑO DE OBRAS

ANEXO 11 - PRESUPUESTO DE OBRAS

ANEXO 12 - PLANOS DE OBRAS RECOMENDADAS



INTRODUCCION

Debido a que el Departamento de Boyacá es una de las áreas más vulnerables a los fenómenos de variación climática, y que los picos de precipitación en determinados periodos del año son relativamente altos estos se han convertido en el factor detonante de los diferentes fenómenos de remoción en masa, provocando diversas amenazas, lo que contribuye a que se presente determinada limitación en lo que tiene que ver con la gestión del riesgo y el desarrollo de cada una de las zonas afectadas por este tipo de fenómenos.

En los últimos años el nivel de pluviosidad ha ido en aumento lo que ha hecho que las precipitaciones sean mayores, esto relacionado con el fenómeno de la niña que aunque se presenta una vez al año, contribuye al incremento de caudales en ríos y por supuesto el exceso en recargas e infiltraciones que a su vez alimentan el desarrollo de deslizamientos afectación en laderas, taludes y desprendimiento de rocas, que provocan la erosión, socavamiento en las diferentes geoformas.

Con el desarrollo de este proyecto se pretende procesar la información, analizarla y a partir de esto recomendar el diseño e implementación de obras de mitigación teniendo en cuenta la modelación geotécnica, y así darle solución al problema presente en el área de la Sector Chivor Chiquito y San Martin Municipio de Chivor.

 <p>CORPORACIÓN COMUNIDAD Ambiental y Social</p>	 <p>Libertad y Orden</p>	<p>MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR -CORPOCHIVOR</p>	 <p>Uptc Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia</p> <p>EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1 GENERALIDADES

1.1 PRESENTACION (JUSTIFICACION Y ALCANCE)

Ante la permanente ocurrencia de Fenómenos de Remoción en Masa y Eventos Torrenciales en diferentes puntos del país, el Gobierno Nacional, emitió la Ley 99 de 1993, referente a los principios ambientales generales, responsabilidades y funciones de las Corporaciones Regionales y su Numeral 23 que contempla entre otros, el realizar actividades de análisis, seguimiento y control de desastres; en coordinación con las demás autoridades competentes y asistenciales, en los aspectos medioambientales, para la Prevención y Atención de Emergencias y Desastres.

En concordancia con la Ley 1523 de 2012, en la cual se adopta la política Nacional de gestión del Riesgo y sus Decretos reglamentarios, dispone que dentro del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres; corresponde al Concejo Departamental de Gestión del riesgo de Desastres el manejo de la cobertura departamental y al Concejo Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres, cuando trata de eventos municipales.

Siendo las amenazas por movimientos en masa, las más representativas en la generación de riesgos y desastres en 25 zonas de interés delimitadas previamente por parte de la Corporación Autónoma Regional de Chivor CORPOCHIVOR, se requiere una integración de los procesos geológicos exógenos (amenazas), por ser los que mayores impactos han tenido sobre las comunidades, evaluando su ocurrencia antes del Fenómeno de La Niña y durante el mismo, a fin de establecer nuevas áreas involucradas, vulnerabilidades y elementos en riesgo.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR -CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1.1.1 ALCANCE

Se aclara que, la metodología de evaluación de amenazas propuesto, involucra como detonantes, las precipitaciones, la actividad sísmica y antrópica, por lo que igualmente se hará una revisión de aspectos endógenos como la ocurrencia, magnitud y posibles áreas de afectación de los sismos asociados.

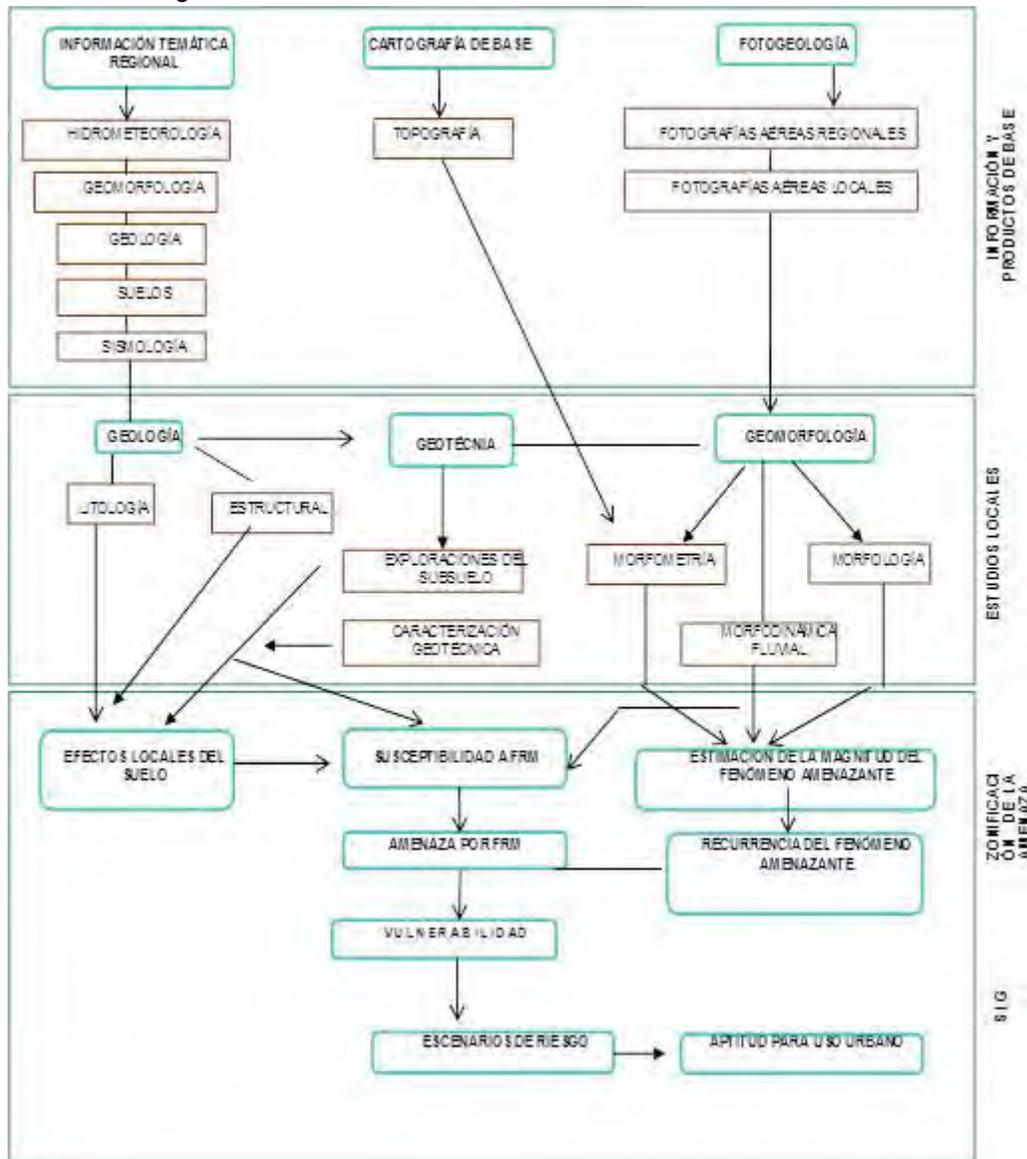
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1. Objetivo General

Realizar el estudio de riesgo (amenaza y vulnerabilidad) y diseño de obras en el Sector Chivor Chiquito y San Martin en el Municipio de Chivor, área afectada por Fenómenos de Remoción en Masa (FRM). Municipio de la Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Chivor CORPOCHIVOR.

1.2.2 Metodología

Figura 1. Metodología realizada.



Fuente: Convenio UPTC-CORPOCHIVOR.

1.3 LOCALIZACIÓN.

Figura 2. Localización geográfica.



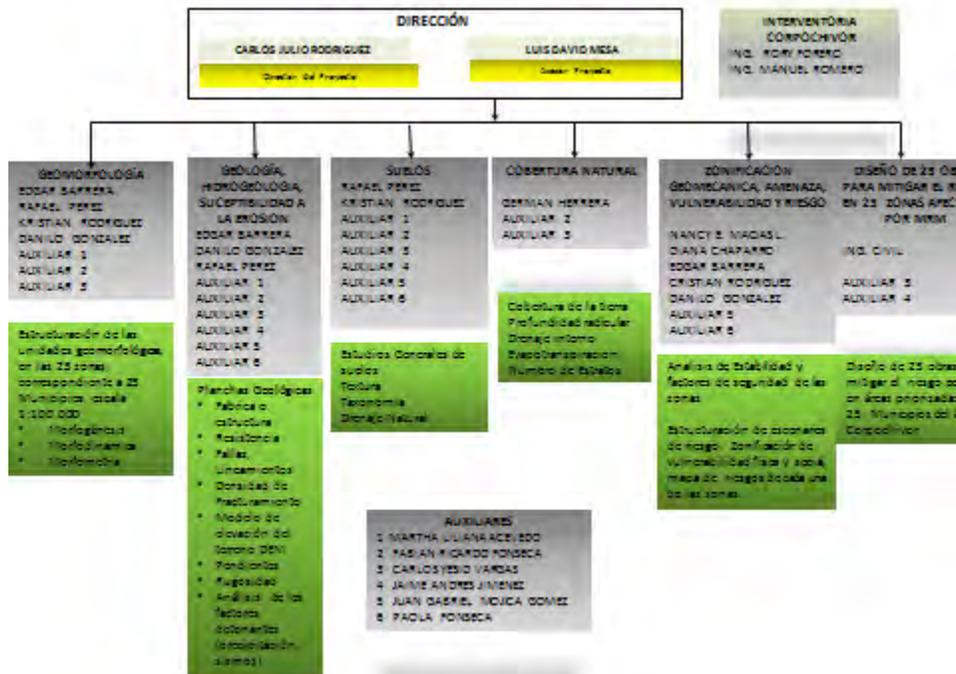
Fuente: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia - Boyaca - Chivor.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_-_Boyaca_-_Chivor.svg)

El área de Estudio se encuentra en las coordenadas N 1034372, E 1078310, a una altura de 1761 msnm; en la Provincia del Oriente, en el Municipio de Chivor, en el Sector Chivor Chiquito y San Martín.

1.4 PERSONAL

Para el desarrollo de éste proyecto, la UPTC contó con la dirección del Ingeniero Geólogo Carlos Julio Rodríguez, y los profesionales M.s.c. en Geotecnia, Rafael H. Pérez E y así como por los Ingenieros Geólogos, Luis D. Mesa, Edgar Barrera, Danilo H. Gonzalez, Nancy E. Macías Leguizamón, Kristian Rodriguez, Ingeniero Ambiental German Saavedra, Socióloga Diana Chaparro, El Ingeniero topógrafo Jorge Mesa y para el desarrollo de prospección Geoeléctrica se capacito personal que hace parte del convenio, la universidad contrato los servicios de Supervisión Rory Forero ,Manuel Romero, Catalina Rodríguez, la interventoría Técnica externa contratada por Corpochivor.

Figura 3. Organigrama



Fuente: Convenio UPTC-CORPOCHIVOR.



1.5 DESCRIPCION DE ACTIVIDADES REALIZADAS

En la primera fase de la investigación se hizo el reconocimiento de la zona inestable, estableciendo aspectos geológicos y sectores con similares patrones de desplazamiento, buscando definir la evolución cronológica de la inestabilidad, al igual que su dinámica y una clasificación preliminar de los eventos. Esto sirvió de base para proyectar la exploración del terreno (directa e indirecta) y demás actividades necesarias.

A continuación se relacionan las distintas actividades adelantadas para recopilar toda la información posible y que es la base de los análisis correspondientes.

1.5.1. Trabajo de campo

La exploración del subsuelo y reconocimiento de campo se ejecutó con un procedimiento de exploración directa para conocer las características litológicas y geomecánicas de los materiales removidos con el fin de diseñar los modelos de análisis. Durante la visita de campo al área afectada se llevó a cabo un recorrido con el fin de delimitar el fenómeno de remoción en masa (FRM), a partir de esta recopilación de información definir la zona mediante topografía. De acuerdo con lo observado en relación con la dinámica del movimiento, y los posibles mecanismos de falla, se establecieron los sitios adecuados para realizar la exploración directa del subsuelo, al igual que la realización de Tomografías.

El trabajo de campo consistió en:

Apiques y sondeos geotécnicos. En total, se realizaron 2 apiques geotécnicos y 1 sondeos manuales por SPT (standar penetration test), en los que se tomaron muestras para análisis, cuya profundidad de exploración varió de los 2 a los 10 m (Anexo 3 y figura 2).

Fotografía 1. Exploración directa del subsuelo (SPT)



Fuente: Registro fotográfico.

Levantamiento topográfico: Altimetría y Planimetría de cada uno de los sectores de estudio mediante uso de una estación total. Se incluyó: localización de viviendas, infraestructura visible y en general todo detalle de interés para el estudio delimitación de los deslizamientos.

El trabajo topográfico detallado, se elaboró en escala 1: 1.000.

Levantamiento Geológico y Geotécnico de la zona: Comprende el reconocimiento del lugar, haciendo el levantamiento geológico que permitió conocer la litología, rasgos estructurales, grado de alteración de la roca, depósitos no consolidados y demás detalles de utilidad que sirvieron para crear el modelo geológico local (escala 1: 500). Con el fin de conocer en detalle la naturaleza del subsuelo, y la caracterización de cada uno de los FRM se realizó la exploración del subsuelo mediante la realización de apiques, perforaciones.

Tomografías. En el área del estudio se realizaron dos tomografías, que se ubicaron dentro de zona afectada por el Fenómeno de Remoción en Masa (FRM) y el área periférica; los que permitieron identificar parámetros de resistividad del subsuelo, interpretar la litología, definir algunas características hidrogeológicas y geotécnicas.

Diagnóstico estructural de viviendas. Se realizó un inventario de tres (3) viviendas, calificando la afectación del fenómeno de remoción en masa (FRM), en aspectos estructurales, en donde se resaltó la presencia de fisuras en pisos y paredes (anexo 5). Se averiguó con los habitantes del sector acerca de la manifestación y evolución en el tiempo del fenómeno de remoción en masa (FRM), al igual que su relación con la ocurrencia de lluvias intensas o eventos sísmicos.

1.6. ANÁLISIS DE LABORATORIO.

En los laboratorios de Petrografía y Mecánica de Suelos y Rocas de la UPTC Sede Sogamoso se realizaron los ensayos necesarios para clasificación de suelos a las muestras recogidas en los apiques y sondeos. Los ensayos ejecutados fueron: Caracterización Petrográfica, límites de Atterberg, granulometría, humedad

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR -CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

natural, peso unitario, compresión inconfiada , Corte Directo, Coeficiente de Permeabilidad Propiedades Físicas, Tilt Test, Carga por punta, Angulo de reposo.

Trabajos de Oficina

Los trabajos de oficina incluyeron las actividades que se relacionan a continuación:

- Recopilación y revisión de información,
- Procesamiento y análisis de resultados,
- Concepción del modelo de secuencia cronológica de los distintos eventos ocurridos,
- Definición del mapa de Amenazas por movimientos en masa,
- Análisis de estabilidad para las zonas homogéneas definidas,
- Planteamiento de obras de control, manejo y recuperación del área afectada.

Las planchas geológicas del IGAC tomadas en cuenta, fueron la 191 y 210, a escala 1:100.000.; los datos de pluviometría del IDEAM de los años de 1959 a 2012, de la estación de Almeida.

1.7. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y SUS POSIBLES CAUSAS

En el área de la jurisdicción de CORPOCHIVOR se registran situaciones de amenaza en sitios que presentan evidencias de condiciones de riesgo inminente, para lo cual la Corporación Autónoma Regional de Chivor - CORPOCHIVOR ha hecho un reconocimiento de sitios críticos de riesgo por fenómenos naturales y antrópicos, para intervención con medidas de mitigación de riesgo. Por tal motivo, se requiere disponer de conceptos técnicos de ingeniería geológica que garanticen



la aplicación de criterios necesarios para realizar el diseño de obras de protección, mitigación y corrección de los efectos de los fenómenos de remoción en masa existentes.

El estudio incluye análisis geológicos y geotécnicos necesarios para realizar el análisis de ingeniería y el diseño detallado de la alternativa seleccionada junto con los cálculos de cantidades de obra, presupuesto y especificaciones técnicas.

1.8 ESTADO DE LA INFORMACIÓN

Mediante la evaluación de estudios suministrados por parte de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad Seccional Sogamoso, Escuela de Ingeniería Geológica, así como por la Corporación Autónoma Regional de Chivor (CORPOCHIVOR) se logró identificar información primaria, de diferentes temáticas necesarias para el desarrollo de análisis y procesamiento básico de parámetros en aras de dar cumplimiento a los objetivos propuestos para el presente estudio.

La información recopilada tuvo en cuenta aspectos tales como:

- Localización del estudio.
- Geología, Geomorfología.
- Hidrología y Climatología.
- Suelos y uso actual del suelo.
- Información Geofísica: sísmica, geoelectrica, sondeos eléctricos verticales, perfiles y registros eléctricos.



- Hidrogeológica: Inventario de puntos de agua, niveles de agua, cartografía hidrogeológica, balance hídrico.

Después de llevar a cabo el análisis de la información base de apoyo se procedió a evaluar y calificar el grado de confiabilidad de la misma, con la finalidad de clasificar, seleccionar y depurar determinada información.



2 ASPECTOS CLIMATICOS E HIDROLOGICOS

Desde el punto de vista biofísico, el clima es importante por su directa intervención en la evolución de los suelos y el paisaje. También por ser uno de los elementos o insumos necesarios para la determinación de las amenazas naturales y desde el punto de vista socioeconómico, por la influencia en la decisión de utilización de las tierras para determinados usos específicos utilizando el territorio.

Según la clasificación de Köppen, el área de estudio presenta un clima de tipo EH: Frío de alta montaña. Al igual que todas las regiones de la Zona Intertropical, el clima está influenciado solamente por la altitud y las corrientes oceánicas que causan leves variaciones de temperatura, las más significativas entre el día y la noche.

Cuenta con dos periodos de baja precipitación (Diciembre a Marzo y Julio a Septiembre) y dos periodos lluviosos (Abril a Junio y Octubre a Noviembre), que varían su intensidad según la influencia de los fenómenos de la Corriente de Humboldt que se presentan cada 2 o 3 años en los países del norte de Sudamérica.

El control climático está afectado principalmente por el factor altitud, común en la región tropical. La altitud a la que se encuentra, hace que se presente piso térmico frío montano bajo. Ocasionalmente corresponde a temperaturas entre los 10 y 15.5°C pero que ocasionalmente, pueden llegar a variar entre 4.5° en horas de la noche y 20.2°C en el medio día.



Se pueden definir dos periodos secos y dos lluviosos con precipitaciones promedio entre 700 y 900 mm anuales.

La presencia de vientos alisios que provienen de la región amazónica con características húmedas, penetran en los meses de Julio y Agosto haciendo que estos meses sean lluviosos.

2.1. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

El análisis hidrológico tiene como punto de partida la delimitación de subcuencas de tal manera que se determinen los parámetros morfométricos correspondientes, para posteriormente establecer la relación directa con datos pertenecientes al balance hídrico dentro del contexto mensual multianual. De esta forma es posible establecer aspectos básicos indicativos y preliminares para determinar las áreas de mayor interés respecto a la relación de infiltración y evapotranspiración.

2.2. BALANCE HÍDRICO.

Para estimar las reservas del agua subterránea de los sistemas acuíferos que se extienden subsuperficialmente y en el subsuelo dentro del área de estudio perteneciente al municipio de Chivor y sus alrededores, se debe evaluar la magnitud de la recarga potencial proveniente de la precipitación a través de los suelos teniendo en cuenta espacial y temporalmente la magnitud de la escorrentía, la evapotranspiración y la variaciones de contenido de humedad de los suelos de cada una de las cuencas y/o subcuencas involucradas en el área de estudio. Por tal razón se hace necesaria la estimación de la escorrentía superficial, evapotranspiración y valores de precipitación media mensual multianual en cada



una de las subcuencas, lo que permitirá estimar el Balance Hídrico con el fin de obtener la oferta total de agua subterránea y superficial.

La información obtenida puede ser utilizada para evaluar los recursos hídricos del área de trabajo (calidad, cantidad y distribución en tiempo y espacio), además de la capacidad para el suministro y satisfacción de la demanda; así mismo se pueden proyectar y diseñar proyectos relacionados con el agua, planificar buenas estrategias de gestión del recurso hídrico; de la misma forma es de gran importancia que exista una actualización de las redes de datos en las estaciones en la zona de trabajo que permitan tomar los datos reales del comportamiento de las diferentes variables que se utilizan para la estimación del balance hídrico.

La recarga a un acuífero puede definirse como el agua que alcanza las reservas subterráneas. Este concepto es importante para estudios de recursos hídricos y para determinar el comportamiento de ciertos contaminantes que puedan llegar a presentarse en un momento dado.

2.2.1. Tipos de recarga

La recarga a un acuífero puede darse naturalmente debido a la precipitación, a las aguas superficiales, es decir, a través de ríos y lagos, o por medio de transferencias desde otras unidades hidrogeológicas o acuíferos; pero también puede darse de manera artificial producto de actividades como la irrigación, fugas de redes de abastecimiento o por infiltraciones de embalses y depósitos (Balek, 1988; Custodio, 1997; Simmers, 1990; Lerner, 1990; Samper, 1997).



Lerner propone una clasificación similar pero un poco más completa sobre las fuentes de recarga:

1. Recarga directa o recarga difusa, proveniente del agua lluvia.
2. Recarga concentrada o indirecta, producto de cauces permanentes, estacionales y efímeros.
3. Flujos laterales, procedentes de otros acuíferos
4. Retorno de riegos, excesos de riegos o las pérdidas en los canales de distribución
5. Recarga Urbana, producto de fugas de redes de desabastecimiento y redes de alcantarillado.

Lerner (1990) y luego Simmers (1997) definen la recarga localizada como una categoría intermedia la cual implica un movimiento horizontal del agua antes de que termine el proceso de recarga.

La recarga puede determinarse por varios métodos, y se clasifican en 5 grupos:

Medidas directas: La recarga se mide directamente mediante la construcción de lisímetros. Un lisímetro es un bloque de suelo dotado de dispositivos que permiten medir el flujo que drena hasta el acuífero.

Balance hídrico: Se determinan los flujos de entrada y de salida de un sistema, y la recarga al acuífero constituye el residuo de la ecuación de balance; hacen parte

de este grupo los balances de humedad del suelo, de agua en canales, el método de fluctuaciones del nivel freático y el que iguala la descarga a la recarga.

Trazadores: Su principal uso es determinar fuentes de recarga y zonas de descarga aunque se utilizan para cuantificar la recarga a través de un balance de masa del trazador.

Aproximaciones de Darcy: Se encuentran valores de cabezas hidráulicas a partir de las ecuaciones de flujo de Richards y Boussinesq y luego se determina la velocidad de filtración. Si se asumen condiciones estables la recarga se determina directamente de la ecuación de Darcy.

Empíricos: Consiste en el desarrollo de ecuaciones empíricas que relacionan la recarga con alguna variable como la precipitación.

2.3. ESTIMACIÓN DE LA ESCORRENTÍA

La escorrentía superficial se estima con el fin de conocer las variaciones espaciales y temporales de los caudales que drenan por los cauces de las cuencas o subcuencas delimitadas para el área de estudio, y su magnitud está condicionada por la precipitación, las características físicas y estructurales del suelo, además de la influencia de otros factores como son la pendiente, el tipo de uso asociado a éste, la densidad y tipo de cobertura vegetal.

Para tal fin el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica (USSCS) desarrolló un método directo de estimación del escurrimiento que integra la interceptación, infiltración y el almacenamiento en

pequeñas depresiones, excepto la evapotranspiración potencial, en una sola abstracción. El método, conocido como Número de Curva, establece que la relación lluvia-escorrentía es una función del tipo de suelo, uso del suelo y de condiciones hidrológicas (Chow et al., 1964; USDA, 1986).

La estimación del escurrimiento superficial por el método de Número de Curva se realiza con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

Dónde:

S= (25400/CN)-254

P= Precipitación

CN= Número de curva (tablas)

Q= Escorrentía

En el método de la Curva Numérica cada tipo o clase de suelo es asignado a un grupo hidrológico. Los grupos hidrológicos se basan fundamentalmente en la capacidad de infiltración, la cual puede relacionarse con la conductividad hidráulica saturada de la superficie del suelo. La información cartográfica de suelos, y los mapas de cobertura vegetal y uso de suelo fueron reclasificadas. La cobertura vegetal y uso del suelo se reclasificó como cobertura/tratamiento y condición hidrológica. La información de suelos se reclasificó con objeto de generar el mapa de grupos hidrológicos de suelo.

La información anteriormente descrita constituye los principales insumos del método de Sistema de Clasificación de Suelos (SCS), para la estimación del

número de curva, que representa un coeficiente de escurrimiento para una zona, o una cuenca hidrológica (ver Tabla 1) (Chow et al., 1994; USDA, 1986).

Tabla 1. Tabla general para la determinación de número de curva (CN).

Tipo de vegetación	Tratamiento	Condición Hidrológica	Tipo de suelo			
			A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93
	CR	Buena	74	83	88	90
Cultivos alineados	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	66	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	78	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
	C + T + CR	Buena	61	70	77	80
	Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	R	Pobre	65	76	84
R		Buena	63	75	83	87
R + CR		Pobre	64	75	83	86
R + CR		Buena	60	72	80	84
C		Pobre	63	74	82	85
C		Buena	61	73	81	84
C + CR		Pobre	62	73	81	84
C + CR		Buena	60	72	80	83
C + T		Pobre	61	72	79	82
C + T		Buena	59	70	78	81
C + T + CR		Pobre	60	71	78	81
C + T + CR		Buena	58	69	77	80

Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	R	Pobre	66	77	85	89
	R	Buena	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
	C + T	Pobre	63	73	80	83
	C + T	Buena	51	67	76	80
Pastizales o pastos naturales	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
	-	Buenas	39	61	74	80
Pastizales	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
	C	Buenas	6	35	70	79
Prados permanentes	-	-	30	58	71	78
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Pobres	48	67	77	83
	-	Regulares	35	56	70	77
	-	Buenas	≤30	48	65	73
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	-	Pobres	57	73	82	86
	-	Regulares	43	65	76	82
	-	Buenas	32	58	72	79
Montes con pastos (aprovechamiento silvopastorales)	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
	-	Buenas	25	55	70	77
Bosques	-	I Muy pobre	56	75	86	91
	-	II Pobre	46	68	78	84
	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
	-	V Muy buena	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
Caminos en tierra	-	-	72	82	87	89
Caminos con firme	-	-	74	84	90	92

Fuente: Chow et al., 1994; USDA, 1986

Dónde:

CR= Con cubierta de residuos vegetales que ocupe al menos el 5% de la superficie del suelo durante todo el año.

R= Si las labores de la tierra (labrar, gradear, sembrar, etc.) se realizan en línea recta, sin considerar la pendiente del terreno.

C= Si el cultivo se realiza siguiendo las curvas de nivel.

T= Si se trata de terrenos aterrazados (terrazas abiertas con desagüe para la conservación de suelos).

Tabla 2. Escorrentía Estación Chivor, suelo tipo ML

P	R	S ML (A)	CN
436,6666667	204,8232992	310,444444	45
219,5833333	53,00799019		
8,833333333	11,02751448		
252,3333333	72,28630282		
221,4166667	54,03755176		
230,575	59,27283049		
238,75	64,0706061		
280,5833333	90,25583722		
246,3333333	68,62093746		
226,8333333	57,11567044		
206	45,5819405		
213,3333333	49,54609592		
246,6666667	68,82308414		
202,1666667	43,55342058		
226,5	56,92470719		
225,8333333	56,54338116		
232,8333333	60,58673835		
189,5	37,07522042		
195,1333333	39,91266668		
221,6416667	54,16433905		
200,2916667	42,57244186		
193,2083333	38,93504234		
260,1	77,11273816		
236,1083333	62,50779003		
221,9	117,3081441		
215,7833333	112,1921398		
218,4	114,3760927		

Fuente: Resultado del estudio.

Tabla 3. Escorrentía Estación Chivor, suelo tipo ML

250,5083333	141,6938305
216,975	113,1858695
262,2	151,8493459
236,9916667	130,0841273
192,8166667	93,35003976
233,75	127,3224494
230,6083333	124,6548209
248,1583333	139,6648814
219,3833333	115,1986204
236,7166667	129,8494923
229,6333333	123,8287477
246,175	137,9558524
214,7916667	111,3663156
283,6416667	170,7141986
243,05	135,2694039
231,2666667	125,2130857
232,1083333	125,9273864
228,5	122,8696214
180,8833333	83,82172389
204,8583333	103,1528259
207	104,9144176
267,5416667	156,5212955

Fuente: Resultado del estudio

2.4. ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN.

El conocimiento de la variación espacial y temporal de la precipitación y su magnitud se realiza con el fin de evaluar las observaciones cuando se toman muestras de un evento de precipitación o de una serie de eventos. La evaluación de la muestra observada incluye el examen de influencias externas, como pueden ser las que puedan tener los instrumentos de medición, y también se debe tener

en cuenta la interpretación de los efectos del medio ambiente físico, como la fisiografía.

Con el fin de conocer el comportamiento de este parámetro hidroclimatológico se utilizaron los datos de 1 estación climatológica (Tabla 4) las cuales se encuentran ubicadas dentro y en áreas colindantes del área de estudio del presente convenio. Con el propósito de obtener el valor (mm) de precipitación media mensual multianual de la zona de estudio se utilizaron los datos mensuales de las estaciones seleccionadas para un periodo de 53 años (1959-2012), estos se utilizaron junto con los datos promedio mensuales multianuales de escorrentía y evapotranspiración para estimar el balance hídrico de las subcuencas del área de estudio.

Tabla 4. Estación pluviométrica utilizada en la estimación de la precipitación para el área de estudio.

CODIGO	NOMBRE ESTACION	CORRIENTE	NOMBRE DEPARTAMENTO	NOMBRE MUNICIPIO
3506011	CHIVOR	RIO BATA	BOYACA	CHIVOR

Fuente: Resultado del estudio.

En la Tabla 5 y 6 se presentan los valores de precipitación medios mensuales multianuales (mm) para cada una de las estaciones delimitadas dentro del área de estudio, información que se utilizó para la estimación de la recarga de agua para la Formación Lutitas de Macanal (Kilm) que se delimito y que hace parte del área del presente convenio.



Tabla 5. Precipitación media multianual mensual por estación.

NOMBRE ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
CHIVOR	24,1	20,4	42	217,5	149,8	382	320	237	167	73	62	17	142,65
CHIVOR	80	53	121	143	123	181	280	314	124	118	77	107	143,416667
CHIVOR	100	55	121	146	203	322	357	254	208	208	168	165	192,25
CHIVOR	62	78	83	146	210	414	366	299	172	121	91	20	171,833333
CHIVOR	117	16	183	174	325	271	317	206	126	81	38	14	155,666667
CHIVOR	8	0	101	170	384	183	245	296	192	91	94	6	147,5
CHIVOR	12	19	44	122	267	183	213	180	162	96	62	11	114,25
CHIVOR	21	3	72	157	173	345	250	207	123	101	71	79	133,5
CHIVOR	13	20	43	152	292	406	306	192	113	84	111	40	147,666667
CHIVOR	1	33	60	115	225	304	296	208	182	72	66	4	130,5
CHIVOR	22	11	114	197	252	286	202	289	186	125	21	47	146
CHIVOR	12	0	63	236	175	313	336	261	106	107	127	105	153,416667
CHIVOR	3	3	101	168	243	381	297	235	217	188	63	33	161
CHIVOR	0	102	47	179	193	239	267	150	204	162	125	48	143
CHIVOR	26	41	89	160	258	235	344	388	188	127	87	9	162,666667
CHIVOR	21	194	125	292	200	311	424	327	124	162	42	82	192
CHIVOR	17,8	88,4	31,8	144,6	114	443,8	251,1	308,9	134,5	47,4	53,2	3,5	136,583333
CHIVOR	1,2	3,7	52,5	58,3	266,7	316,8	225,7	201,9	132,1	127,7	69,9	11,2	122,308333
CHIVOR	2,4	47,6	83,4	126	228,4	354,9	335,4	281,7	193,3	166,4	79,6	29,1	160,683333
CHIVOR	20,1	119,3	84,9	134,9	236,8	249,3	325,4	247,3	146,3	118,6	32,1	88,1	150,258333
CHIVOR	0,6	24,5	29	195,8	214,8	257,8	274,9	161,6	184	142,9	107,8	49,4	136,925
CHIVOR	34,4	40,3	51,6	82,2	351,6	204,8	341,9	163,3	165,3	140,6	71,7	4,3	137,666667
CHIVOR						332,5	249,7	218,8	126,5	127,1	65,1	85,5	100,433333
CHIVOR	1,9	58,2	44,8	118	228,7	255,3	377,4	305,9	158,4	141,6	42,8	2,6	144,633333
CHIVOR	19,5	30,9	15,7	195,5	197,4	231,7	340,1	301,2	168	88,6	56,6	26,9	139,341667
CHIVOR	40,7	12,8	158,6	203,8	233,9	326,2	367,8	190,9	213,7	170,4	106,8	65,5	174,258333
CHIVOR	0	37,5	53,8	105,8	259,7	203,2	314,1	267,8	171,2	91	24,4	0	127,375

Fuente: Resultado del estudio.

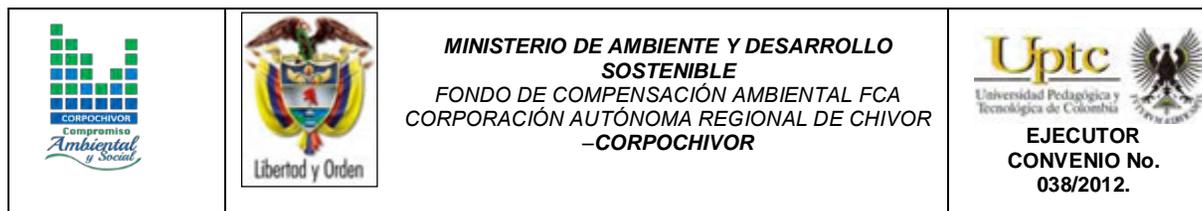


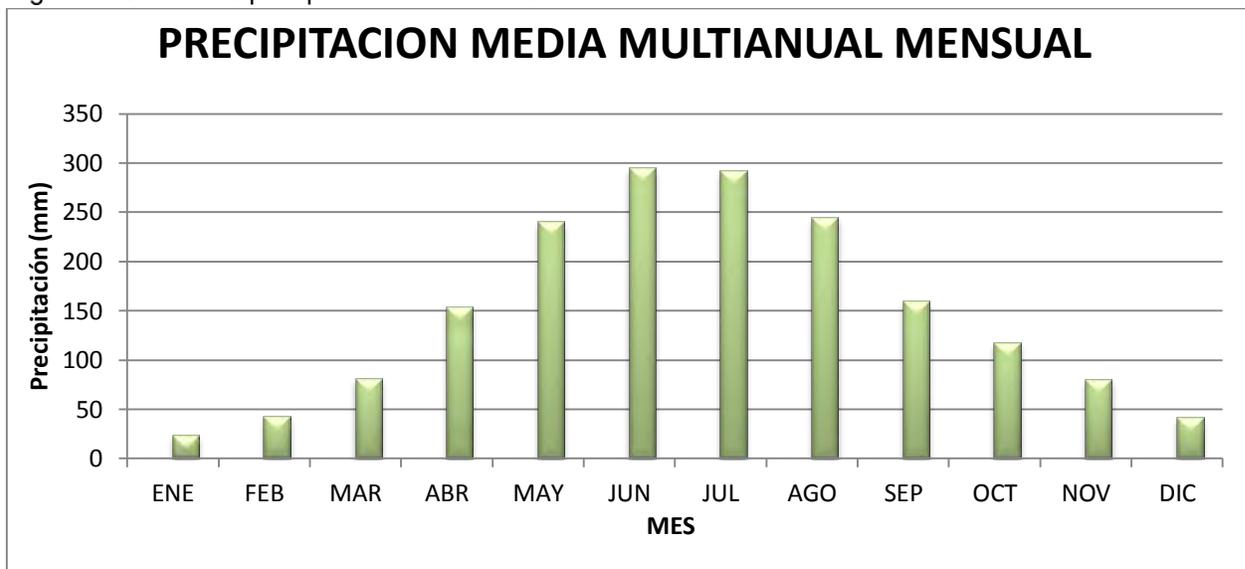
Tabla 6. Precipitación media multianual mensual por estación.

CHIVOR	50,5	0	46,8	72,2	222,6	251,3	218,2	225,9	138,8	100,7	44,5	37,2	117,391667
CHIVOR	13,1	102,5	44,8	113,2	186,3	267,8	237	201,1	173,7	133,9	80,4	73,4	135,6
CHIVOR	14,6	73,1	19,4	114,7	244,4	227,9	391,5	239,1	85,8	58,6	46	16,3	127,616667
CHIVOR	9,9	83	138,5	172,2	318,7	337,9	406,6	154,4	130,5	116	48,9	40,8	163,116667
CHIVOR	20,7	64,6	48,4	277,1	177,2	220,2	240,1	93,8	137,5	181	72,7	22,9	129,683333
CHIVOR	34,6	31,6	60,8	103	264,2	240,3	289,7	280,9	152,2	117,1	60,7	39	139,508333
CHIVOR	5,3	12	48,2	133,8	192,4	201,4	172,2	317,3	180,6	86,2	119,5	57,5	127,2
CHIVOR	5,6	24,5	83,7	161,6	371,2	306	341,7	357,7	197,1	62,4	66,3	19,5	166,441667
CHIVOR	37,9	24,6	106,1	126,6	262,3	273,8	317,8	214,8	132,6	80,6	140,3	49,2	147,216667
CHIVOR	1,3	47,2	81	118,5	417	423,8	237,7	263,6	132,4	95,9	90,4	17,8	160,55
CHIVOR	34,2	112,1	75,8	151,8	329,5	187,9	200,2	251,9	207,2	149,7	102,3	1	150,3
CHIVOR	57,2	9,5	116,1	168,5	173,6	345,4	237,5	186	89,6	113,9	44,7	37,9	131,658333
CHIVOR	4,9	43,8	99,3	146,2	275,4	324	113,6	227,8	172,6	71,7	79,9	45,5	133,725
CHIVOR	9,9	12,5	32,8	48,7	198,8	395,1	233,1	141,5	175,1	116,2	177,7	14,2	129,633333
CHIVOR	37,3	7,1	57,6	128,6	100,5	267,9	199,1	236,5	122,6	107,8	49,3	6,4	110,058333
CHIVOR	1,2	28,9	143,5	175,5	253,7	159,5	223,4	161,4	73,1	81,2	123,1	71,1	124,633333
CHIVOR	12,4	30,8	169,4	169,4	279,7	255,8	152,1	170,9	204,8	127,9	100,9	46	143,341667
CHIVOR	11,9	49,9	146,8	232,6	279,3	310,8	402,9	345,3	95,1	59,7	46,4	38,3	168,25

Fuente: Resultado del estudio.

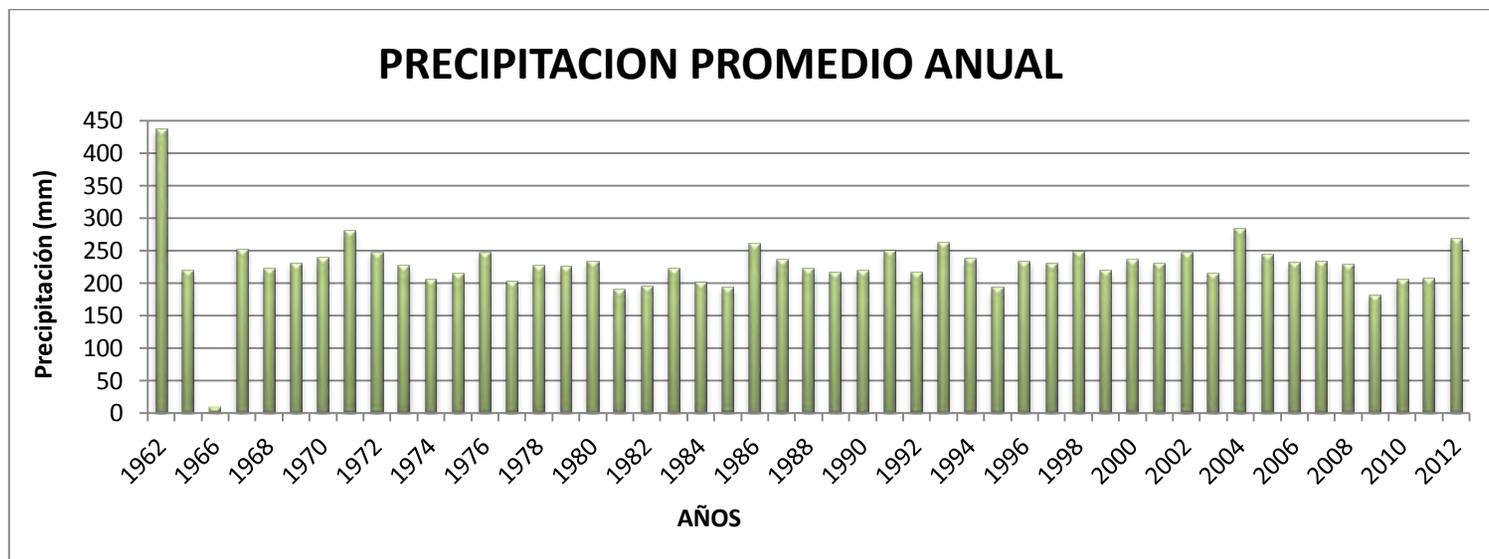
La precipitación media del área de estudio presenta un comportamiento bimodal, que muestra dos periodos de precipitación alta comprendidos en los meses Mayo-Junio y Julio-Agosto (Figura 4) y dos periodos de sequía comprendidos en los meses Noviembre – Diciembre, Enero- Febrero.

Figura 4. Gráfico de precipitación media multianual mensual.



Fuente: Resultado del estudio..

Figura 5. Gráfico de precipitación media multianual.

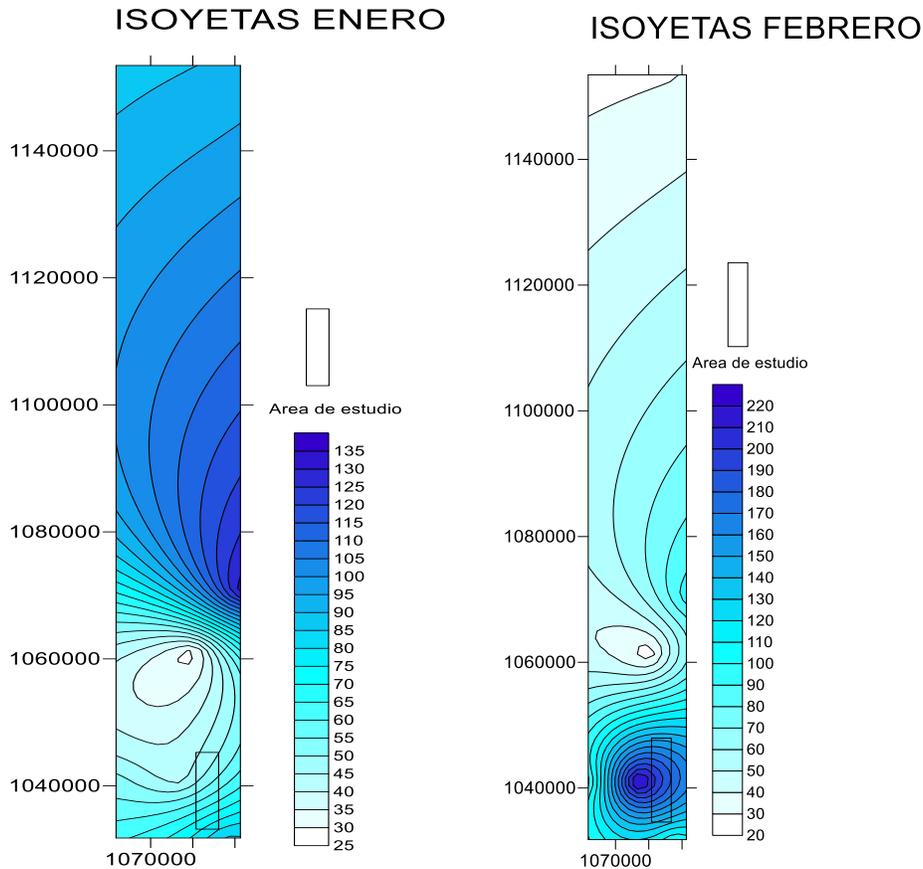


Fuente: Resultado del estudio.

El comportamiento de la precipitación promedio anual, para los años 1981, 1986, 1995, 2010 (Figura 5) se encuentran valores que varían entre los 100 - 200 mm, en los años 1972 -1980 -1987 - 1995 - 1998 - 2005 - 1998 - 2012 se encuentran valores que varían entre los 200 - 280 mm y los años restantes se presentan valores que varían entre 280-440 mm.

2.4.1. Mapas de Isoyetas generados a partir de los datos de Precipitación.

Figura 6. Isoyetas mes de Enero y Febrero

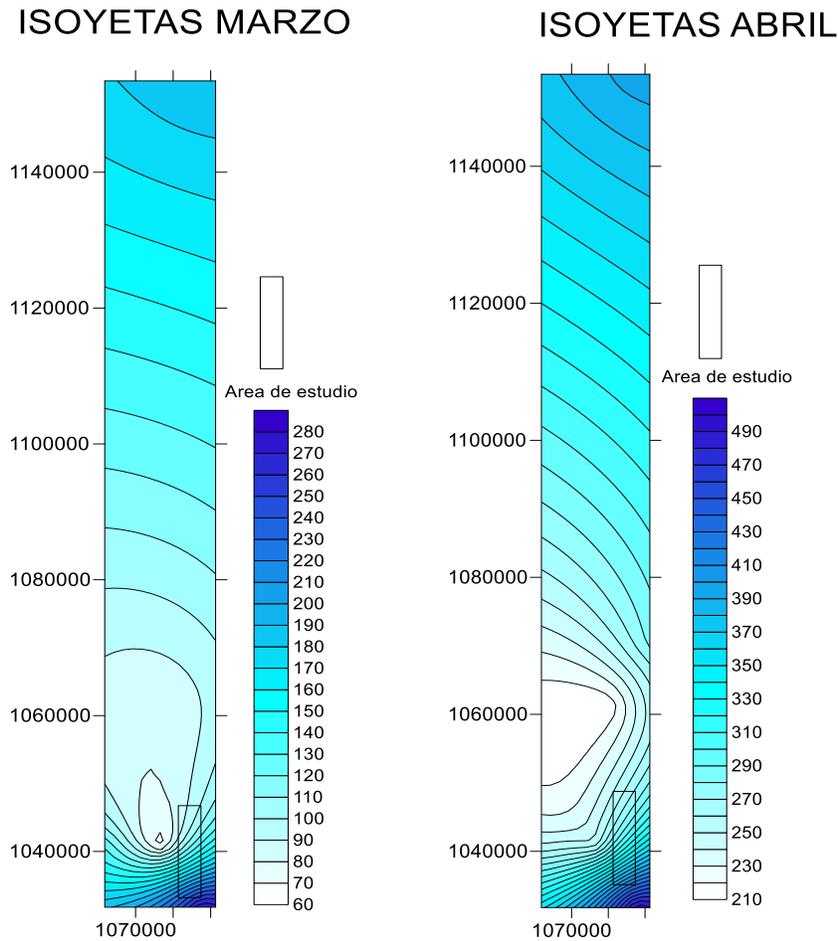


Fuente: Resultado del estudio.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Enero correspondiente al área de estudio presenta valores que varían entre los 46 y 70 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Febrero correspondiente al área de estudio presenta valores que varían entre los 160 y 220 mm.

Figura 7. Isoyetas mes de Marzo y Abril

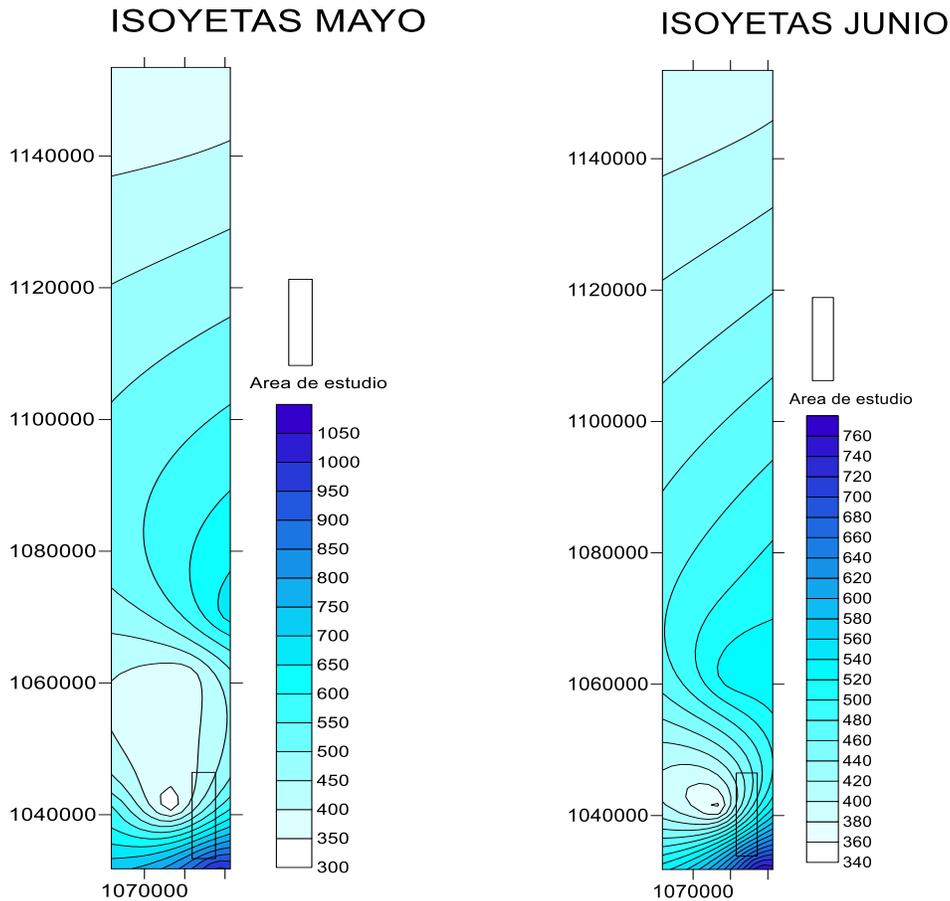


Fuente: Resultado del estudio.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Marzo correspondiente al área de estudio presenta valores que varían entre los 170 y 220 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Abril correspondiente al área de estudio presenta valores que varían entre los 310 y 490 mm.

Figura 8. Isoyetas mes de Mayo y Junio

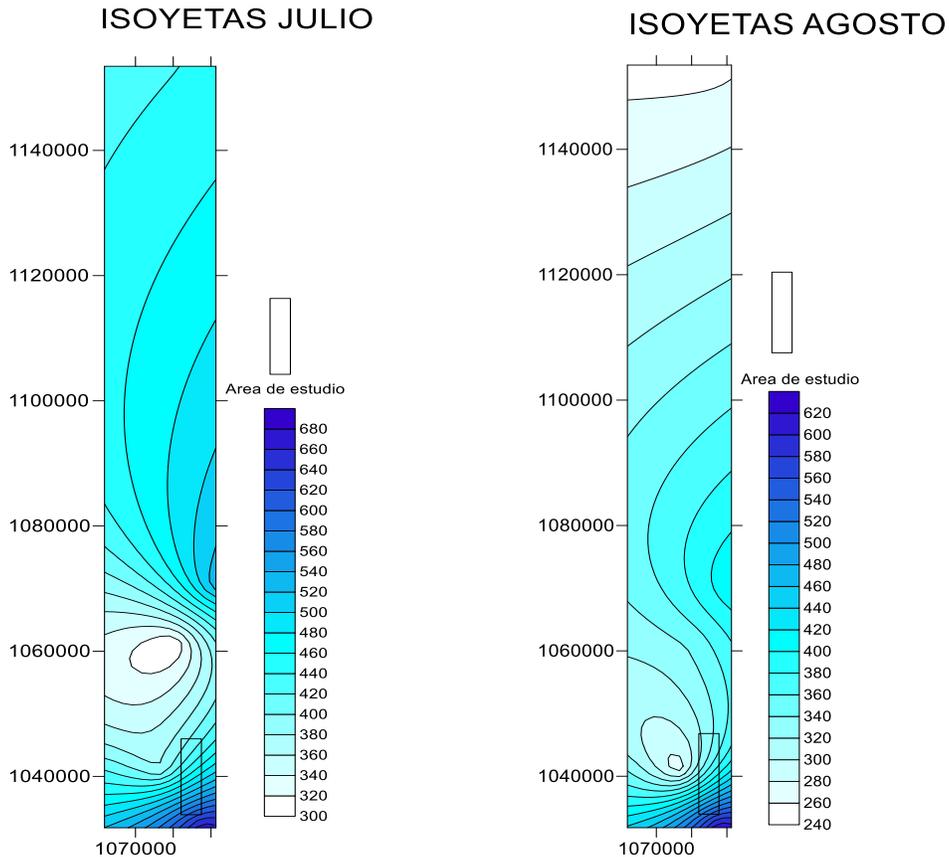


Fuente: Resultado del estudio.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Mayo correspondiente al área de estudio presenta valores que varían entre los 400 y 850 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Junio correspondiente al área de estudio presenta valores que varían entre los 440 y 770 mm.

Figura 9. Isoyetas mes de Julio y Agosto

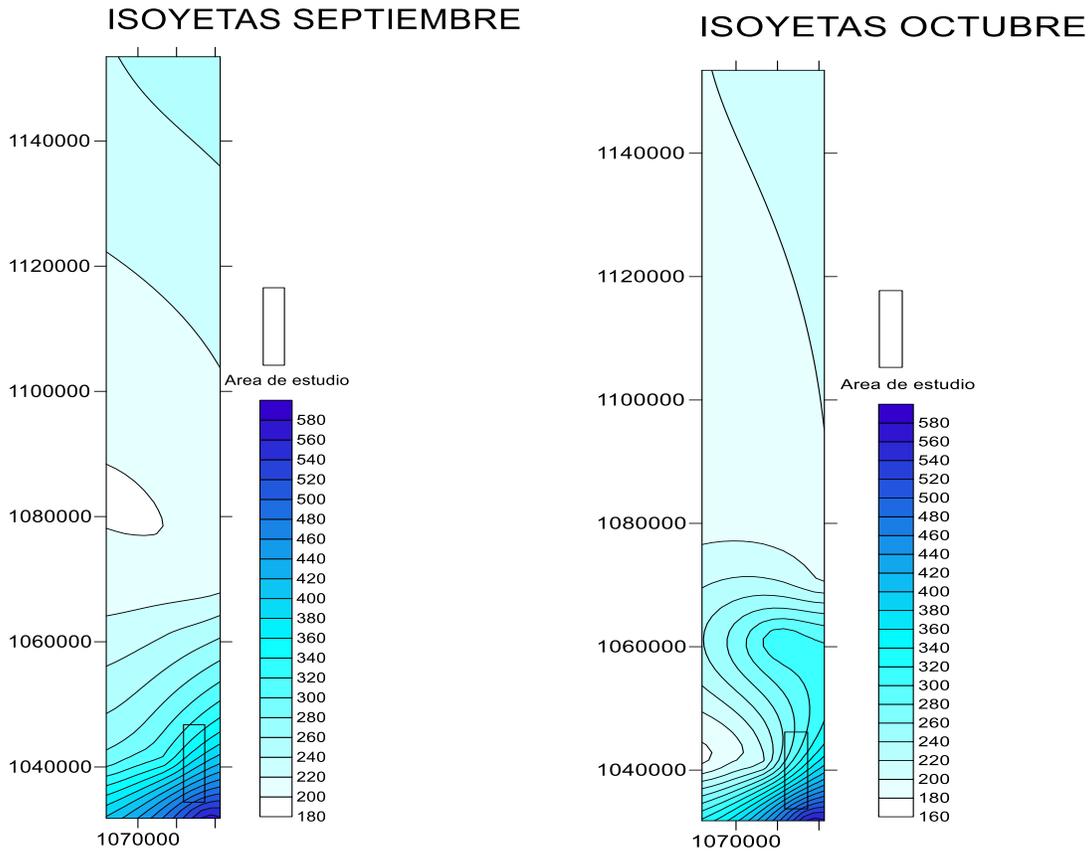


Fuente: Resultado del estudio.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Julio correspondiente al área de estudio presenta valores que varían entre los 420 y 550 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Agosto correspondiente al área de estudio presenta valores que varían entre los 340 y 520 mm.

Figura 10. Isoyetas mes de Septiembre y Octubre

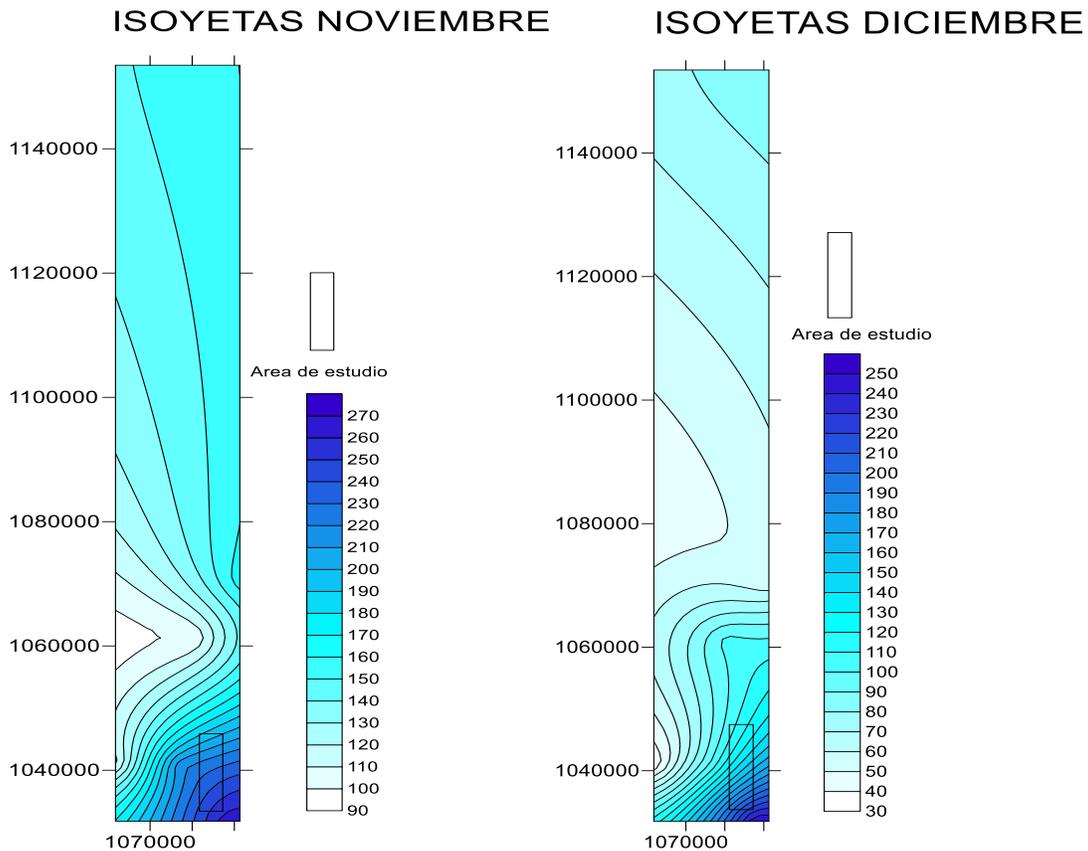


Fuente: Resultado del estudio.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Septiembre correspondiente al área de estudio presenta valores que varían entre los 300 y 460 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Octubre correspondiente al área de estudio presenta valores que varían entre los 280 y 480 mm.

Figura 11. Isoyetas mes de Noviembre y Diciembre



Fuente: Resultado del estudio.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Noviembre correspondiente al área de estudio presenta valores que varían entre los 180 y 230 mm.

El comportamiento de la precipitación para el mes de Diciembre correspondiente al área de estudio presenta valores que varían entre los 100 y 190 mm.

2.4.2. ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (ETP)

2.4.2.1. Formula de J. B. García y J.D. López.

Esta fórmula, de acuerdo a los resultados obtenidos en campo es aconsejable tenerla en cuenta para este tipo de estudios. Además ha sido evaluada, junto con la de L. Turc, como de las mejores para el cálculo de ETP en esta zona, según estudio comparativo de fórmulas de ETP potencial realizado por la CAR, en el que se evaluó el índice estacional, el coeficiente de correlación y su relación porcentual.

$$ETP = 1,21 \cdot 10^n \cdot (1 - 0,01 \cdot HR) + 0,21 \cdot T - 2,30 \text{ (mm)}$$

Dónde:

ETP: Evapotranspiración

T: Temperatura media del aire en grados Celsius

HR: Humedad relativa media (%)

$$n = \frac{7,45 \cdot T}{234,7 + T}$$

$$HR = \frac{HR : 8 \text{ Horas} + HR : 14 \text{ Horas}}{2}$$

Esta fórmula fue diseñada para las regiones situadas en un régimen tropical, dentro del rango latitudinal: 15°N -15°S. Con grado de exactitud del 88 %. Los cálculos efectuados en la aplicación de la formula se hicieron en un rango mensual con el objeto de observar su variación y evaluar la ETP promedio.

Se tomaron cuatro rangos de temperatura que varían de acuerdo a los periodos de precipitaciones, durante cada año.

Tabla 7. Rangos de temperatura Chivor.

	Temperatura (°C)
Periodo 1	14.9
Periodo 2	17.2
Periodo 3	19.2

Fuente: Resultado del estudio

El valor de la humedad relativa (HR) se toma del POT del municipio de Chivor, que corresponde al valor del 56 %. De donde obtenemos:

Tabla 8. Valores de Evapotranspiración

ETP1	ETP2	ETP3
3,84277	4,846821	5,783086

Fuente: Resultado del estudio

2.4.3. Estimación del Balance Hídrico

La estimación del balance hídrico para la zona de estudio se realizó partiendo de los resultados del cálculo de precipitación, escorrentía y evapotranspiración media mensual multianual. Para poder calcular los valores de recarga potencial para las cuencas del río Bata, esta recarga se estimó por medio del balance hídrico con base en los valores promedios mensuales de precipitación, evapotranspiración potencial y escorrentía calculada por el método de número de curva de



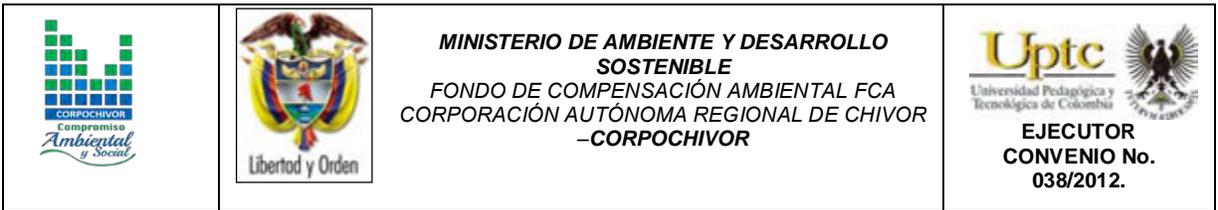
escorrentía, el cual utiliza los parámetros de cobertura vegetal, Índice de infiltración del suelo, condición hidrogeológica.

- Herramientas y métodos.
- Los datos de infiltración obtenidos mediante la ponderación de los datos proporcionados por el IDEAM.
- Datos de precipitación obtenidos de las estaciones pluviométricas y de evaporación del IDEAM.

2.4.4 Metodología

La metodología utilizada para el cálculo de la recarga.

- Se realiza un procesamiento de los datos de las estaciones pluviométricas del IDEAM, generando tablas de precipitación media y mensual con el comportamiento multitemporal de las precipitaciones.
- Generación de tablas de evapotranspiración media con el comportamiento multitemporal de la evapotranspiración, a partir de los datos de temperatura del IDEAM, aplicando la Formula de J. B. García y J.D. López. para el cálculo de la evapotranspiración.
- Se calcula el número de curva para cada categoría con características iguales de cobertura, velocidad de infiltración, condición hidrológica y uso del suelo.



- Con la ecuación propuesta por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos de Norteamérica se calcula la escorrentía para cada categoría y microcuenca, que utiliza el número de curva de escorrentía y la precipitación media mensual como variables.
- Se realiza un balance hídrico, con los datos de precipitación, escorrentía, evapotranspiración para encontrar la cantidad de recarga, siguiendo las normas del IDEAM.

Cálculo del balance hídrico.

El método consiste en hacer un balance para un periodo de tiempo determinado. El balance se puede expresar de la siguiente forma:

$$P = ESC + ETR +/- \Delta S + REC$$

P= precipitación

ESC = escorrentía

ETR= evapotranspiración

ΔS = cambios en el contenido de humedad del suelo

REC= recarga o infiltración potencial

Calculo de la infiltración, consiste en calcular la infiltración a partir de la diferencia de los factores hidrológicos del balance: precipitación, evapotranspiración y escorrentía, aplicando la siguiente formula:

$$I = P - ETR - R$$

Dónde:

P = precipitación media por el método de las isoyetas.

ETR = evapotranspiración real.

R = escorrentía calculada por el método de numero de curva.

Tabla 9. Calculo de Infiltración, basado en los valores de escorrentía (R) y precipitación (P).
Estación Chivor.

AÑO	P	R	I	ETP
1962	436,6666667	204,8232992	228,0005985	3,84277
1963	219,5833333	53,00799019	162,7325742	3,84277
1966	8,833333333	11,02751448	-6,0369501	3,84277
1967	252,3333333	72,28630282	176,2042616	3,84277
1968	221,4166667	54,03755176	163,536346	3,84277
1969	230,575	59,27283049	167,4594006	3,84277
1970	238,75	64,0706061	170,836625	3,84277
1971	280,5833333	90,25583722	186,4847272	3,84277
1972	246,3333333	68,62093746	173,8696269	3,84277
1973	226,8333333	57,11567044	165,8748939	3,84277
1974	206	45,5819405	156,5752905	3,84277
1975	213,3333333	49,54609592	159,9444685	3,84277
1976	246,6666667	68,82308414	174,0008136	3,84277
1977	202,1666667	43,55342058	154,7704771	3,84277
1978	226,5	56,92470719	165,7325239	3,84277
1979	225,8333333	56,54338116	165,4471832	4,846821
1980	232,8333333	60,58673835	167,3997737	4,846821
1981	189,5	37,07522042	147,5779583	4,846821
1982	195,1333333	39,91266668	150,3738454	4,846821
1983	221,6416667	54,16433905	162,6305064	4,846821
1984	200,2916667	42,57244186	152,8724036	4,846821
1985	193,2083333	38,93504234	149,4264697	4,846821
1986	260,1	77,11273816	178,1404406	4,846821
1987	236,1083333	62,50779003	168,7537221	4,846821
1988	221,9	117,3081441	99,7450346	4,846821
1989	215,7833333	112,1921398	98,74437231	4,846821
1990	218,4	114,3760927	99,17708602	4,846821

Fuente: Resultado del estudio

Tabla 10. Calculo de Infiltración, basado en los valores de esorrentía (R) y precipitación (P). Estación Chivor.

1991	250,5083333	141,6938305	103,9676815	4,846821
1992	216,975	113,1858695	98,94230924	4,846821
1993	262,2	151,8493459	105,5038329	4,846821
1994	236,9916667	130,0841273	102,0607181	4,846821
1995	192,8166667	93,35003976	93,6835412	5,783086
1996	233,75	127,3224494	100,6444649	5,783086
1997	230,6083333	124,6548209	100,1704267	5,783086
1998	248,1583333	139,6648814	102,7103663	5,783086
1999	219,3833333	115,1986204	98,40162725	5,783086
2000	236,7166667	129,8494923	101,0840886	5,783086
2001	229,6333333	123,8287477	100,0214999	5,783086
2002	246,175	137,9558524	102,4360619	5,783086
2003	214,7916667	111,3663156	97,64226539	5,783086
2004	283,6416667	170,7141986	107,1443824	5,783086
2005	243,05	135,2694039	101,9975104	5,783086
2006	231,2666667	125,2130857	100,2704953	5,783086
2007	232,1083333	125,9273864	100,3978612	5,783086
2008	228,5	122,8696214	99,84729289	5,783086
2009	180,8833333	83,82172389	91,27852373	5,783086
2010	204,8583333	103,1528259	95,92242175	5,783086
2011	207	104,9144176	96,30249673	5,783086
2012	267,5416667	156,5212955	105,2372855	5,783086

Fuente: Resultado del estudio

2.4.5 RESULTADOS OBTENIDOS

Los valores obtenidos dentro del balance hídrico se encuentran resumidos en la Figura 12 y expresados esquemáticamente en la Tabla 11.



Tabla 11. Estimación del Balance Hídrico

AÑO	1962	1963	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
PRECIPITACION PROMEDIO	436,6666667	219,5833333	8,833333333	252,3333333	221,4166667	230,575	238,75	280,5833333	246,3333333	226,8333333	206	213,3333333
ESCORRENTIA	204,8232992	53,00799019	11,02751448	72,28630282	54,03755176	59,27283049	64,0706061	90,25583722	68,62093746	57,11567044	45,5819405	49,54609592
EVAPOTRANSPIRACION	3,84277	3,84277	3,84277	3,84277	3,84277	3,84277	3,84277	3,84277	3,84277	3,84277	3,84277	3,84277
DELTA	228,0005975	162,7325731	-6,036951147	176,2042605	163,5363449	167,4593995	170,8366239	186,4847261	173,8696258	165,8748929	156,5752895	159,9444674
ALMACENAMIENTO	228,000598	162,732573		176,20426	163,536345	167,4594	170,836624	186,484726	173,869626	165,874893	156,57529	159,944467
DEFICIT			-6,03695115									
RECARGA	228,000598	162,732573		176,20426	163,536345	167,4594	170,836624	186,484726	173,869626	165,874893	156,57529	159,944467

AÑO	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
PRECIPITACION PROMEDIO	246,6666667	202,1666667	226,5	225,8333333	232,8333333	189,5	195,1333333	221,6416667	200,2916667	193,2083333	260,1	236,1083333
ESCORRENTIA	68,82308414	43,55342058	56,92470719	56,54338116	60,58673835	37,07522042	39,91266668	54,16433905	42,57244186	38,93504234	77,11273816	62,50779003
EVAPOTRANSPIRACION	3,84277	3,84277	3,84277	3,84277	4,846821	4,846821	4,846821	4,846821	4,846821	4,846821	4,846821	4,846821
DELTA	174,0008126	154,7704761	165,7325228	165,4471821	167,399774	147,5779586	150,3738456	162,6305067	152,8724038	149,42647	178,1404408	168,7537223
ALMACENAMIENTO	174,000813	154,770476	165,732523	165,447182	167,399774	147,577959	150,373846	162,630507	152,872404	149,42647	178,140441	168,753722
DEFICIT												
RECARGA	174,000813	154,770476	165,732523	165,447182	167,399774	147,577959	150,373846	162,630507	152,872404	149,42647	178,140441	168,753722

AÑO	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
PRECIPITACION PROMEDIO	221,9	215,7833333	218,4	250,5083333	216,975	262,2	236,9916667	192,8166667	233,75	230,6083333	248,1583333	219,3833333
ESCORRENTIA	117,3081441	112,1921398	114,3760927	141,6938305	113,1858695	151,8493459	130,0841273	93,35003976	127,3224494	124,6548209	139,6648814	115,1986204
EVAPOTRANSPIRACION	4,846821	4,846821	4,846821	4,846821	4,846821	4,846821	4,846821	4,846821	5,783086	5,783086	5,783086	5,783086
DELTA	99,7450349	98,7443725	99,1770863	103,9676818	98,9423095	105,5038331	102,0607184	94,61980594	100,6444646	100,1704264	102,7103659	98,4016269
ALMACENAMIENTO	99,7450349	98,7443725	99,1770863	103,967682	98,9423095	105,503833	102,060718	94,6198059	100,644465	100,170426	102,710366	98,4016269
DEFICIT												
RECARGA	99,7450349	98,7443725	99,1770863	103,967682	98,9423095	105,503833	102,060718	94,6198059	100,644465	100,170426	102,710366	98,4016269

Fuente: Resultado del estudio

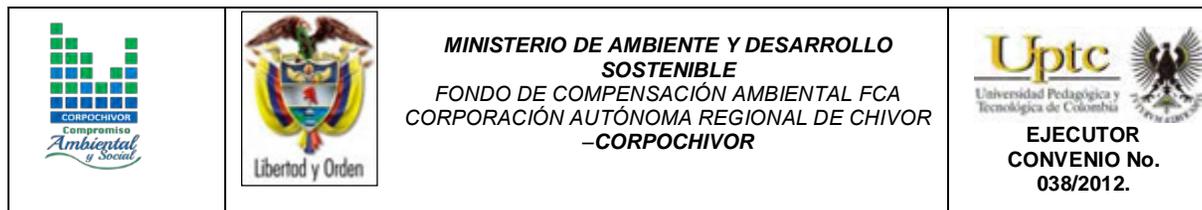
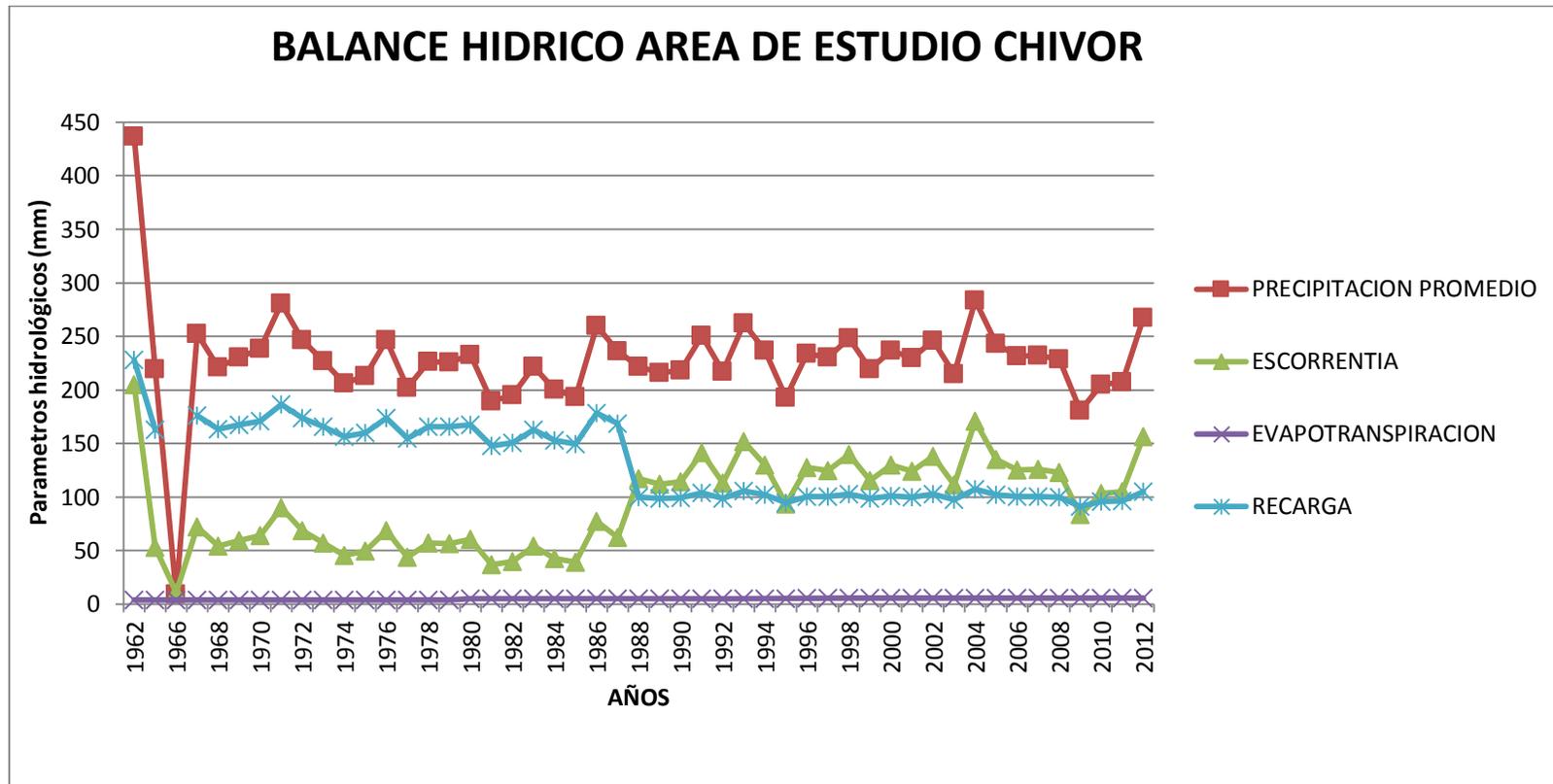


Tabla 12. Estimación del Balance Hídrico

AÑO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
PRECIPITACION PROMEDIO	236,7166667	229,6333333	246,175	214,7916667	283,6416667	243,05	231,2666667	232,1083333	228,5	180,8833333	204,8583333	207	267,5416667
ESCORRENTIA	129,8494923	123,8287477	137,9558524	111,3663156	170,7141986	135,2694039	125,2130857	125,9273864	122,8696214	83,82172389	103,1528259	104,9144176	156,5212955
EVAPOTRANSPIRACION	5,783086	5,783086	5,783086	5,783086	5,783086	5,783086	5,783086	5,783086	5,783086	5,783086	5,783086	5,783086	5,783086
DELTA	101,0840884	100,0214996	102,4360616	97,6422651	107,1443821	101,9975101	100,270495	100,3978609	99,8472926	91,27852341	95,9224214	96,3024964	105,2372852
ALMACENAMIENTO	101,084088	100,0215	102,436062	97,6422651	107,144382	101,99751	100,270495	100,397861	99,8472926	91,2785234	95,9224214	96,3024964	105,237285
DEFICIT													
RECARGA	101,084088	100,0215	102,436062	97,6422651	107,144382	101,99751	100,270495	100,397861	99,8472926	91,2785234	95,9224214	96,3024964	105,237285

Fuente: Resultado del estudio

Figura 12. Comportamiento de las Curvas del Balance Hídrico.



Fuente: Resultado del estudio.

2.5. CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO A PARTIR DE LAS CURVAS IDF

2.5.1. Resultados

Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Serie de datos X:

N°	X
1	499,0
2	512,0
3	521,0
4	681,0
5	479,0
6	505,0
7	442,0
8	595,0
9	369,0
10	362,0
11	441,0

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	362,0	0,0833	0,0335	0,0464	0,0498
2	369,0	0,1667	0,0459	0,0608	0,1208
3	441,0	0,2500	0,3223	0,3367	0,0723
4	442,0	0,3333	0,3273	0,3415	0,0060
5	479,0	0,4167	0,5129	0,5163	0,0963
6	499,0	0,5000	0,6032	0,6014	0,1032
7	505,0	0,5833	0,6281	0,6250	0,0448
8	512,0	0,6667	0,6558	0,6513	0,0109
9	521,0	0,7500	0,6891	0,6832	0,0609
10	595,0	0,8333	0,8754	0,8657	0,0421
11	681,0	0,9167	0,9606	0,9544	0,0439

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0,1208, es menor que el delta tabular 0,4101. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución Gumbel:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de posición (μ)= 449,941

Parámetro de escala (alfa)= 71,9203

Con momentos lineales:

Parámetro de posición (μ_l)= 447,4704

Parámetro de escala (alfal)= 76,2005

Caudal de diseño:

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 2 años, es 476,30

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 5 años, es 557,82

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 10 años, es 611,79

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 25 años, es 679,98

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, es 730,57

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 75 años, es 759,97

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, es 780,79

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 896,83

2.9 MORFOMETRÍA DE LA CUENCA

Los parámetros morfométricos de una cuenca permiten establecer las características geométricas de la misma, la cual determina en alto grado la susceptibilidad que ésta tiene para presentar, en sucesos eventuales o con el transcurso del tiempo, inundaciones y Avenidas Torrenciales; por ejemplo: una microcuenca alargada muestra una amenaza baja por avenidas torrenciales,

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

porque permite disipar con facilidad una precipitación abundante de corta duración, lo inverso sucede con una microcuenca redonda. Para objeto de este estudio, se analizarán únicamente las Avenidas Torrenciales, ya que por las características topográficas de la región, es poco posible que se presentes inundaciones propiamente dichas. Los parámetros morfométricos determinados para todas las cuencas de la jurisdicción se enuncian a continuación:

Área de la Cuenca (A)

Perímetro de la cuenca (P)

Coefficiente de compacidad (C).

Coefficiente de redondez (K).

Densidad de drenaje (Dd)

Pendiente media de la corriente (IC)

Área de la Cuenca (A)

- **Área de la Cuenca (A)** El área de la cuenca se obtiene de acuerdo al promedio de las mediciones realizadas con el Planímetro, AutoCad, o cualquier otro método para su medición, está limitada por divisorias de aguas, hasta la desembocadura del río o quebrada y está dada en Km².

- **Perímetro de la cuenca (P)** Longitud medida del contorno de la cuenca, es decir por las divisorias de aguas que la limitan, y está dada en Km.

- **Coefficiente de compacidad (C)** Esta variable compara el perímetro de la cuenca con la longitud o perímetro asociado.

$$C = \frac{P}{2\sqrt{\frac{A}{\pi}}}$$

C= 1: Cuenca de forma compacta redonda.

C= 1.20: Cuenca semicompacta semiojal redonda

C= 1.50: Cuenca semicompacta oblonga

C >1: Cuenca semicompacta rectángulo – oblonga

▪ **Coefficiente de redondez (K)** Relaciona la longitud de la cuenca, con el área de la misma.

$$K = \frac{Lb^2}{4A}$$

K = 1: Redonda

K > 1: Semiredonda

K < 1: Irregular

▪ **Densidad de drenaje (Dd)** Es la medición de la longitud acumulada de todas las corrientes (Ld) y el área (A)

$$Dd = \frac{Ld}{A}$$

Dd < 0.5 : Baja

Dd = 0.5 : Media

Dd > 1 : Alta

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

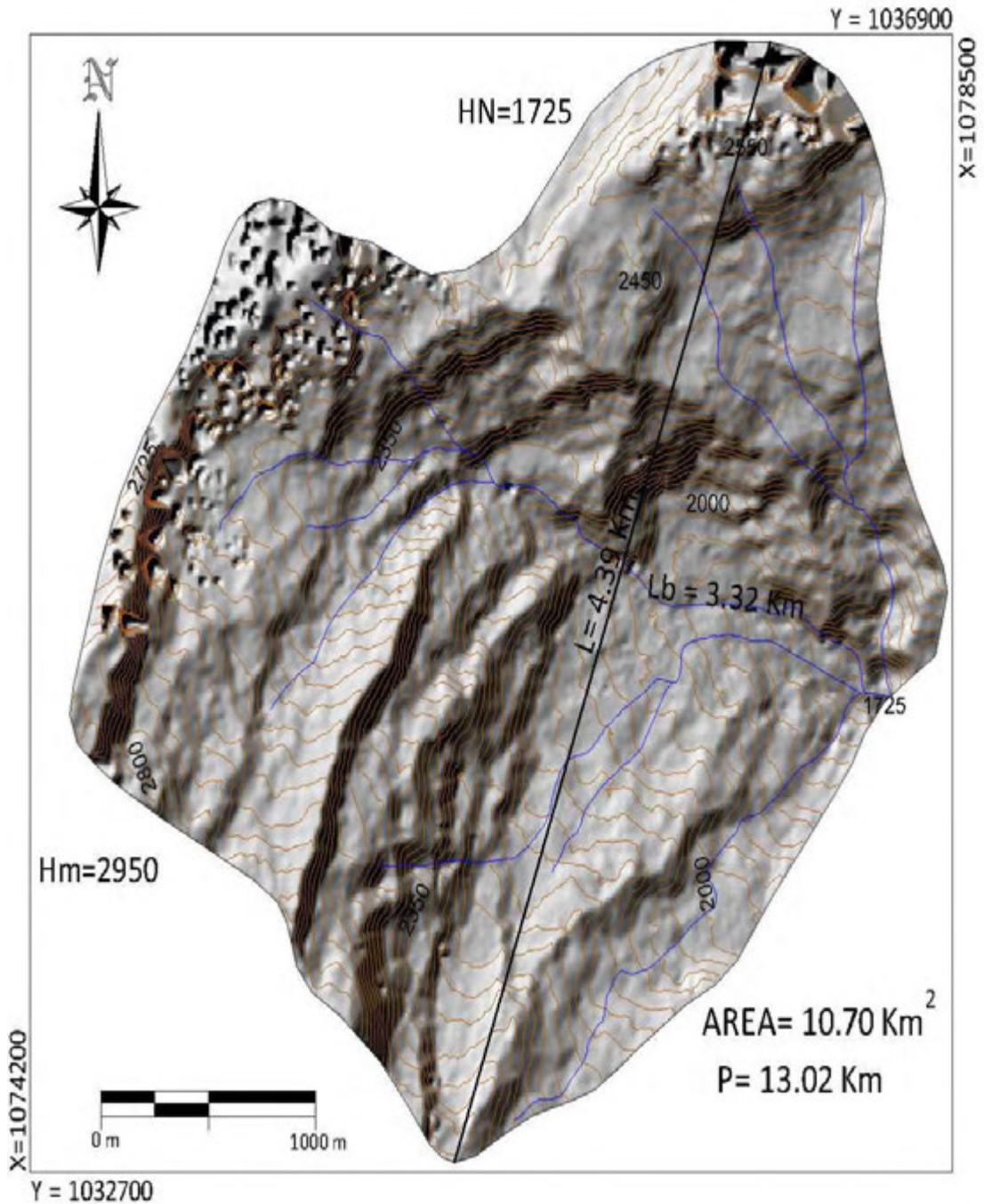
- **Tiempo de concentración (TC)** Es el tiempo que gasta una gota de agua en recorrer el sitio más lejano de la cuenca a la desembocadura del cauce principal.

$$T_c = 0.0663 \left(\frac{L_b}{\sqrt{A}} \right)^{0.07}$$

Con base al análisis anterior sus parámetros morfométricos indican las cuencas analizadas presentan de baja a alta susceptibilidad a la torrencialidad.

A continuación resumimos en la Tabla 13 el resultado de los cálculos morfométricos a la cuenca regional de Chivor analizadas para el presente estudio.

Figura 13. Imagen ilustrativa de la cuenca regional Chivor



Fuente: Resultado del estudio.

Tabla 13. Valores de parámetros morfométricos para la cuenca regional.

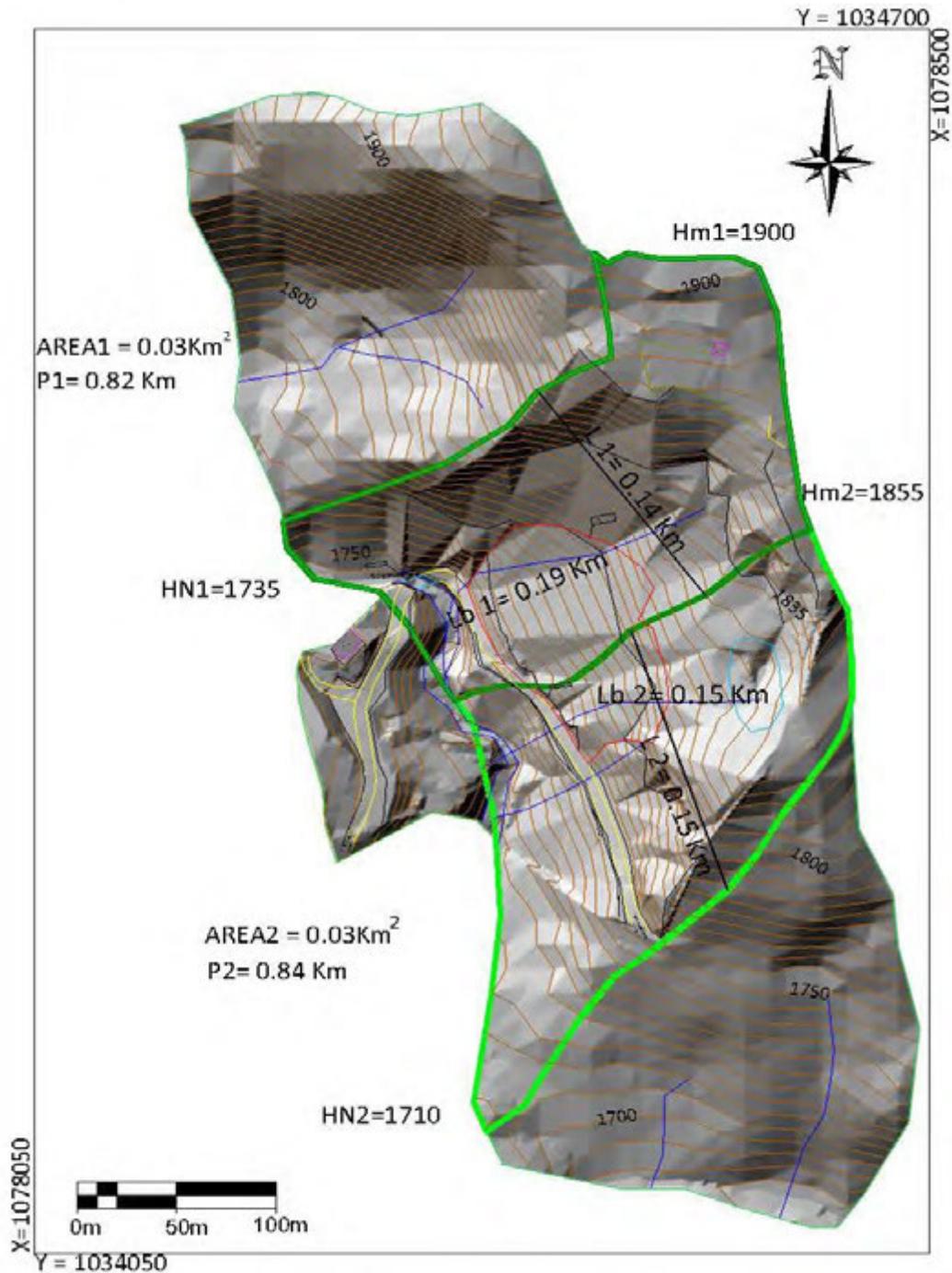
NOMBRE CUENCA	Área de la Cuenca en Km (A)	Perímetro de la cuenca Km (P)	longitud de la cuenca Km (Lb)	el ancho mayor Km (l)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)
Rio Bata	10.70	13.02	3.32	4.39	17.46	2950
Cota Mínima de la Cuenca(Hn)	Diferencia de Altura Km (Hc)	Razón de Relieve (Rr)	Número de Corrientes(Nc)	Frecuencia de Corrientes (Cauces/Km2)	Pendiente media de Corriente Ic % (Ic)	Índice de Alargamiento (Ia)
1725	1.23	0.37	3.00	0.28	36.84	0.76
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (C). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		COEFICIENTE DE REDONDEZ (K). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)		TIEMPO DE CONCENTRACIÓN en horas (TC)
0.26	SEMI REDONDA	0.26	Irregular	1.63	Densidad Baja	0.07
AMPLITUD DE LA CUENCA (W). TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE ESCORRENTÍA		ELONGACIÓN DE LA CUENCA (RE). FORMA		ÍNDICE DE HOMOGENEIDAD (IH). FORMA		SUSCEPTIBILIDAD
3.22	normal a lento.	1.11	Semiredonda	0.73	Irregular	2

Fuente: Resultado del estudio.

De la anterior tabla se concluye que por sus morfometría la cuenca regional presenta susceptibilidad baja a la torrencialidad.

En las Tabla 14 y Tabla 15, se muestra el resultado de los cálculos morfométricos a la cuenca local de Chivor analizadas para el presente estudio.

Figura 14. Imagen ilustrativa de la cuenca local Chivor



Fuente: Resultado del estudio.

Tabla 14. Valores de parámetros morfométricos para la cuenca local 1

NOMBRE CUENCA	Área de la Cuenca en Km (A)	Perímetro de la cuenca Km (P)	longitud de la cuenca Km (Lb)	el ancho mayor Km (l)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)
Rio Bata	0.03	0.82	0.19	0.14	0.19	1900
Cota Mínima de la Cuenca(Hn)	Diferencia de Altura Km (Hc)	Razón de Relieve (Rr)	Número de Corrientes(Nc)	Frecuencia de Corrientes (Cauces/Km2)	Pendiente media de Corriente lc % (lc)	Índice de Alargamiento (Ia)
1735	0.17	0.88	1.00	30.58	88.42	1.36
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (C). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		COEFICIENTE DE REDONDEZ (K). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)		TIEMPO DE CONCENTRACIÓN en horas (TC)
0.27	SEMI REDONDA	0.27	Irregular	5.71	Densidad Muy Alta	0.07
AMPLITUD DE LA CUENCA (W). TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE ESCORRENTÍA		ELONGACIÓN DE LA CUENCA (RE). FORMA		ÍNDICE DE HOMOGENEIDAD (IH). FORMA		SUSCEPTIBILIDAD
0.18	crítico	1.09	Redonda	1.28	RECTANGULAR	4

Fuente: Resultado del estudio.

De la anterior tabla se concluye que por sus morfometría la cuenca local 1 presenta susceptibilidad alta a la torrencialidad.

Tabla 15. Valores de parámetros morfométricos para la cuenca local 2

NOMBRE CUENCA	Área de la Cuenca en Km (A)	Perímetro de la cuenca Km (P)	longitud de la cuenca Km (Lb)	el ancho mayor Km (l)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)	longitud acumulada de todas las corrientes Km (Ld)
Rio Bata	0.03	0.84	0.15	0.15	0.24	1855
Cota Mínima de la Cuenca(Hn)	Diferencia de Altura Km (Hc)	Razón de Relieve (Rr)	Número de Corrientes(Nc)	Frecuencia de Corrientes (Cauces/Km2)	Pendiente media de Corriente Ic % (Ic)	Índice de Alargamiento (Ia)
1710	0.15	0.97	2.00	64.72	96.86	1.02
COEFICIENTE DE COMPACIDAD (C). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		COEFICIENTE DE REDONDEZ (K). FORMA Y SUSCEPTIBILIDAD		DENSIDAD DE DRENAJE (Dd)		TIEMPO DE CONCENTRACIÓN en horas (TC)
0.18	SEMI REDONDA	0.18	Irregular	7.61	Densidad Muy Alta	0.07
AMPLITUD DE LA CUENCA (W). TIEMPO DE CONCENTRACIÓN DE ESCORRENTÍA		ELONGACIÓN DE LA CUENCA (RE). FORMA		ÍNDICE DE HOMOGENEIDAD (IH). FORMA		SUSCEPTIBILIDAD
0.21	crítico	1.32	Semiredonda	1.41	RECTANGULAR	3

Fuente: Resultado del estudio.

De la anterior tabla se concluye que por sus morfometría la cuenca local 2 presenta susceptibilidad moderada a la torrencialidad.

3 HIDROGEOLOGÍA

Basados en el análisis de la información hidrológica y climatológica disponible, se estudió la dinámica de la escorrentía superficial y su relación con la geología del subsuelo, para describir las principales características hidrogeológicas del municipio de Chivor, analizar la presencia de posibles acuíferos, con el fin de conocer las condiciones que influyen en el deslizamiento.

3.1 Unidades Hidrogeológicas.

Basado en el levantamiento geológico del área en escala 1:2.000 y la información tomada en campo, se agruparon en unidades litoestratigráficas de acuerdo con sus características hidráulicas, definiéndose tres unidades hidrogeológicas; cada una de las unidades se clasifica como: Acuífero, Acuitardo y/o Acuícierre, dependiendo de sus características de porosidad y permeabilidad, así:

3.1.1 Acuífero.

Unidad geológica que almacena y transmite agua con mucha facilidad, por tanto presenta una porosidad y permeabilidad muy alta.

3.1.2 Acuitardo.

Son aquellas rocas que almacenan una gran cantidad de agua pero la transmiten muy lentamente, siendo aptas solo para bajas captaciones, entre ellas están los materiales arcillo-arenosos. Se consideran como sinónimos de Acuícieres, ya que con el tiempo los espacios intergranulares tienden a sellarse formando estratos permeables que aunque pueden contener grandes cantidades de agua no permiten su flujo a través de sus poros.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.1.3 Acuícerres.

Son formaciones capaces de contener agua, pero incapaces de transmitirla en cantidades suficientes como para su captación o formación de manantiales importantes.

3.2 MARCO HIDROLÓGICO GENERAL

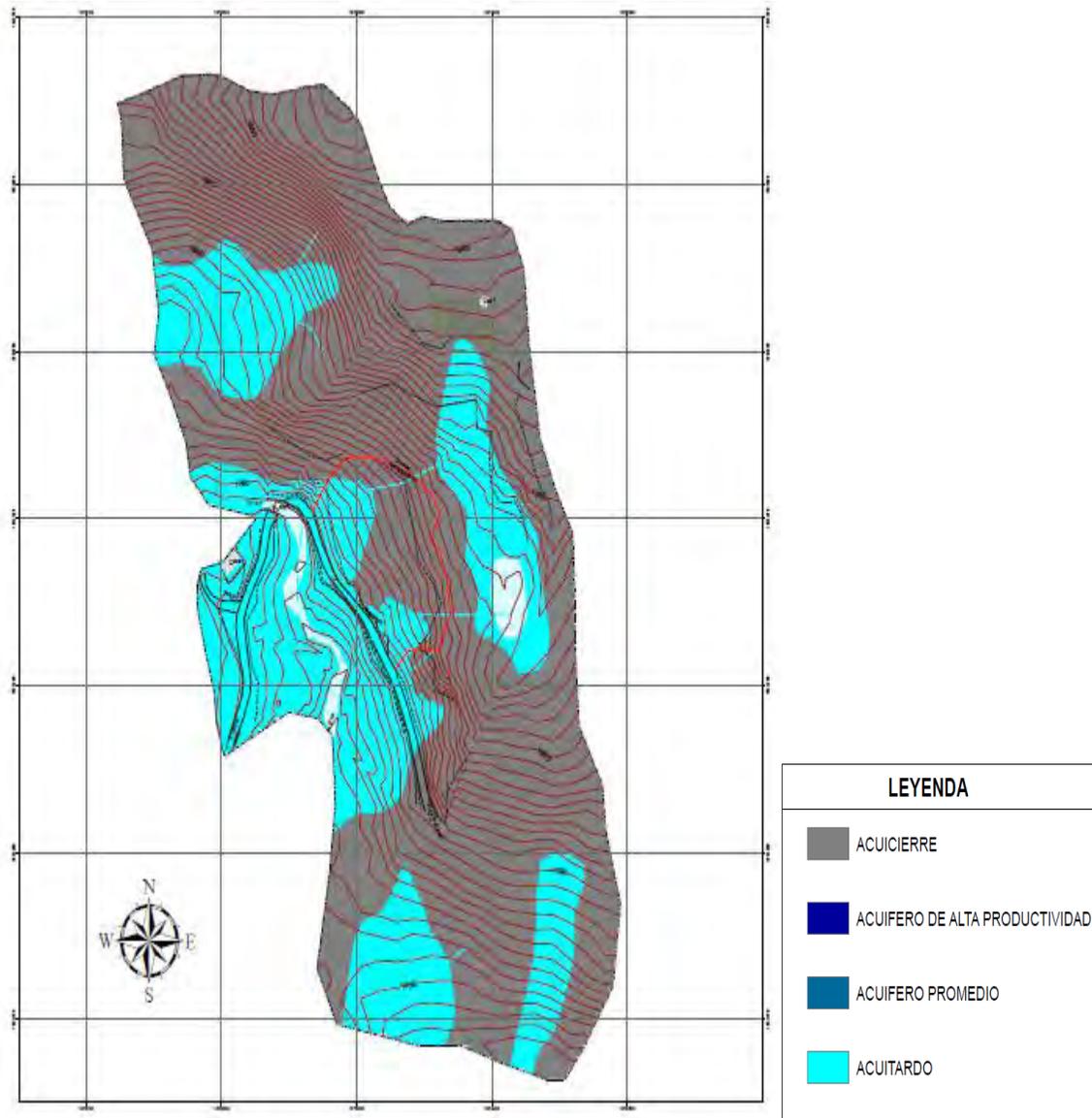
3.2.1 UNIDAD I (Permeabilidad Media)

Se asocia a rocas, que permiten almacenar cierta cantidad de agua, pero que la transmiten muy lentamente, como es el caso de los cuaternarios, estos poseen poros, pero no están conectados entre sí, por lo tanto no se transmite el agua y se va reteniendo en la matriz lodosa que la contiene.

3.2.2 UNIDAD II (Permeabilidad Baja)

Rocas con porosidad pero que no permiten el tránsito a través de ellas porque su permeabilidad es muy baja; constituidas por capas de arcillas, presentes en la Formación Lutitas de macanal (Kilm), las cuales se clasifican como acuícerres.

Figura 15. Imagen del mapa hifrogeologico.

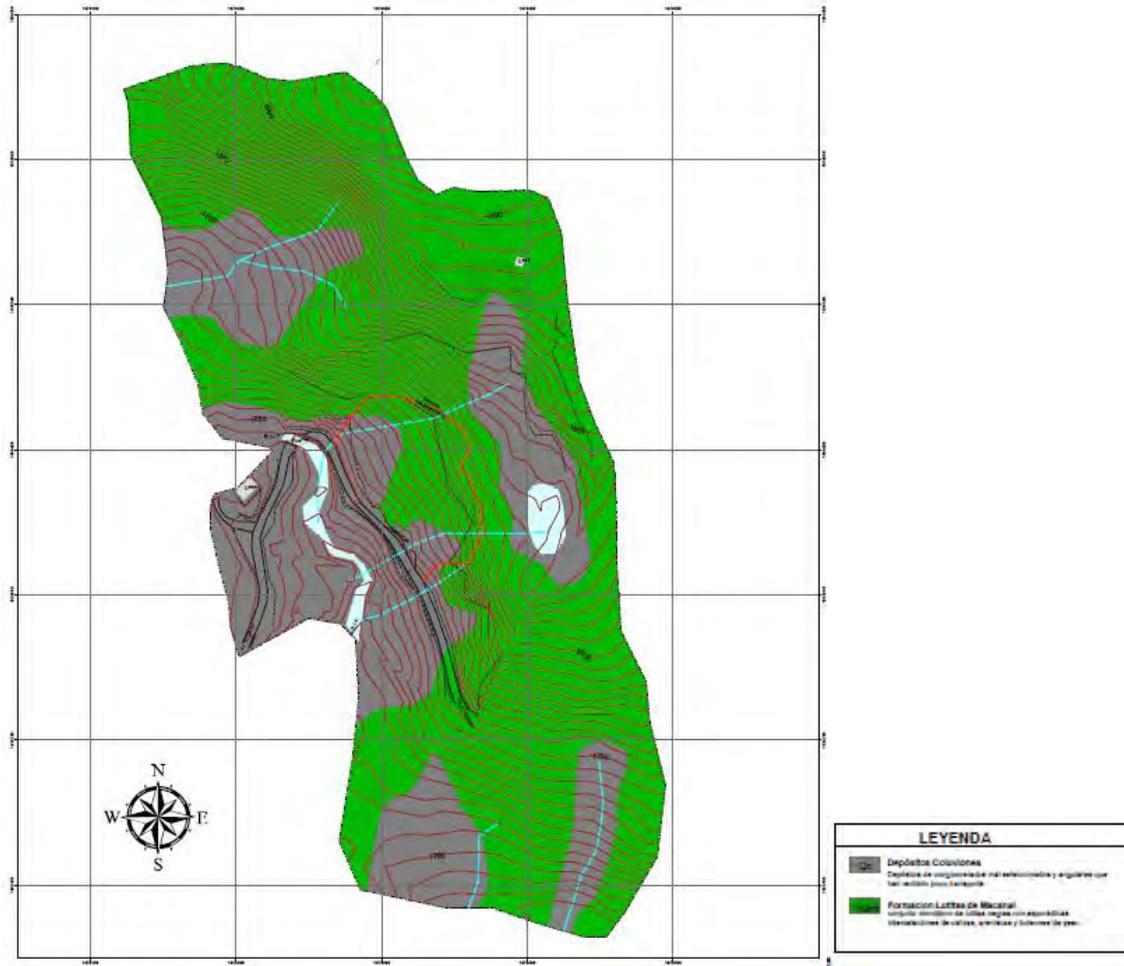


Fuente: Resultado del estudio

4 GEOLOGIA

El municipio de Chivor está localizado sobre secuencias de rocas de origen marino, todo el municipio está localizado sobre una antigua plataforma marina donde se fueron depositando capas de sedimentos, la mayoría de los cuales eran arcillas, lodos y arenas provenientes de antiguas masas continentales localizadas al este y oeste de la actual cordillera oriental.

Figura 16. Imagen mapa geológico área de estudio



Fuente: Resultado del estudio

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4.1 GEOLOGIA HISTORICA

En el municipio de Chivor afloran rocas del Paleozoico (Devónico Inferior a Carbonífero), del Cretáceo Inferior (Turoniano a Hauteriviano) y Cuaternario (Depósitos Coluviales y Aluviales), cuyos contactos entre si son frecuentemente de carácter tectónico o discordante.

4.2 GEOLOGIA LOCAL

4.2.1 Formación Lutitas de Macanal (Kilm).

Sus afloramientos se distribuyen por la mayor parte del municipio, se identifican con color verde oscuro en el mapa geológico, el nombre fue propuesto por Ulloa et al (1976) para designar un conjunto monótono de Lutitas negras con esporádicas intercalaciones de calizas, areniscas y bolsones de yeso, la localidad tipo se estableció en el municipio de Macanal en el cañón del río Bata, en las quebradas el Volador y la Esmeralda.

La Formación Lutitas de Macanal es de gran importancia en la zona, debido a que en ella se encuentran las zonas brechadas mineralizadas productoras de esmeraldas. Dicha zona presenta intenso fracturamiento en diferentes direcciones, donde se localizan mineralizaciones de calcita, yeso, plagioclasa, pirita, cuarzo, pirofilita, óxidos de hierro, fluorita entre otros.

4.3 Depósitos Cuaternarios.

Los depósitos recientes en la zona están representados por coluviones, aluviones y derrubios, Se distribuyen en todo el municipio, el más representativo se localiza

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

en la parte norte de la Vereda San Martín, constituyendo un depósito de origen Coluvial.

Los depósitos aluviones y coluviones son formados en laderas de los ríos y las quebradas, conformados por conglomerados polimicticos con cantos de Limolitas síliceas, areniscas y en menor proporción lodolitas.

Los depósitos de derrubio generan pequeñas planicies en las partes bajas donde las pendientes de las montañas son suaves. En general este tipo de depósitos son comunes debido a las pendientes topográficas altas, pendientes estructurales coincidentes y la litología lutítica que conforma el paisaje de los alrededores del municipio.

4.4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Las estructuras presentan dirección preferencial noreste, conforman un sistema de plegamientos sucesivos de anticlinales y sinclinales, afectados por fallas y dan lugar a las Cuchillas El Sauche, al noroccidente del municipio y Cuchilla negra al sureste del municipio.

4.4.1 Estructuras Plegadas.

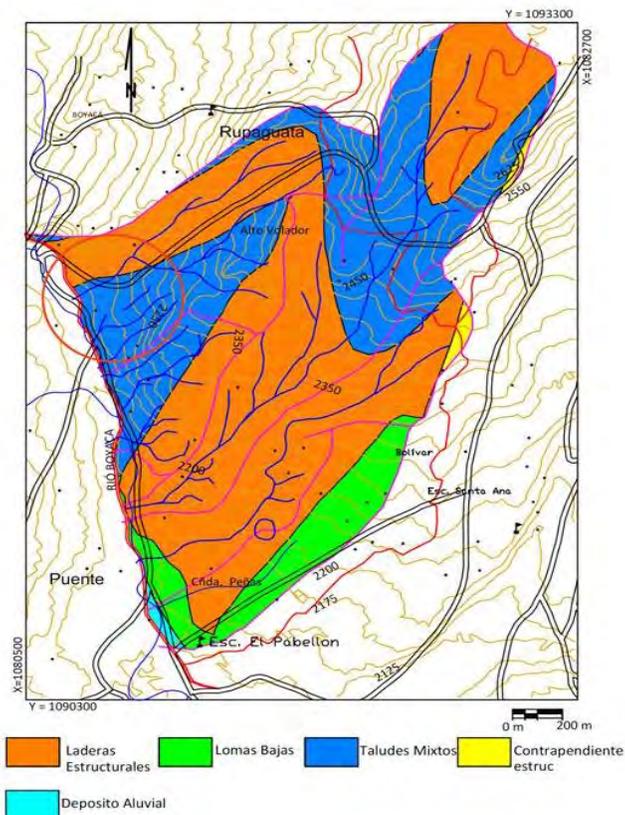
4.4.1.1 Anticlinal del Sauche.

Conforma la Cuchilla del mismo nombre, al noroeste del Municipio en las veredas San Martín y Chivor Chiquito, constituido por la Formación Areniscas de las juntas, seguido por un sinclinal de tipo local.

5 GEOMORFOLOGÍA

Se entiende como geomorfología el análisis o estudio de las formas del relieve, los procesos que condujeron a su formación y su interrelación con su entorno paisajístico. Las geoformas y procesos involucrados para el municipio de Chivor, se pueden distinguir claramente 5 unidades geomorfológicas, diferenciadas por su relieve y procesos geodinámicos, las cuales son; lomas bajas, taludes mixtos, contrapendiente estructural y deposito; aluvial tal como se muestra en la Figura 17.

Figura 17. Ventana extraída del mapa regional de Consultoría para la Homologación y Estructuración de la Información Cartográfica Base



Fuente: CORPOCHIVOR para ser integrada al SIAT.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	<p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

▪ **Lomas bajas**

Lomas disectadas y erosionadas producto de la acción de agentes denudativos, se reconocen por ser geoformas que no superan los 300 m de diferencia de altura entre la parte más baja y su cima y que generalmente siempre tiene una forma redondeada.

▪ **Contrapendiente estructural**

Son geoformas empinadas localizadas en dirección opuesta al acimut del buzamiento de las capas, casi siempre están asociadas a las laderas estructurales, compuestas principalmente por materiales de las formaciones Conejo y Plaeners, constituidos por arcillolitas intercaladas con areniscas y Cherts con niveles arcillosos respectivamente.

▪ **Deposito aluvial**

Geoformas originadas por la depositación de sedimentos durante la migración fluvial. Incluye diferentes niveles de terrazas, en general son materiales no consolidados y poco cohesivos

5.1 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

La geomorfología describe las formas del relieve, tanto estructural como superficial, y estudia su origen y evolución.

En este numeral, se realiza un análisis de las fotografías aéreas y se describen los procesos morfodinámicos cartografiados en la zona de estudio y las unidades

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

geomorfológicas establecidas de acuerdo a las necesidades de los análisis de estabilidad y amenaza por fenómenos de remoción en masa.

Igualmente, se aclaran los criterios utilizados para definir las unidades geomorfológicas. Como resultado final, se elaboró el Plano **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** geomorfológico del área de estudio y las fichas de los Inventarios de los procesos.

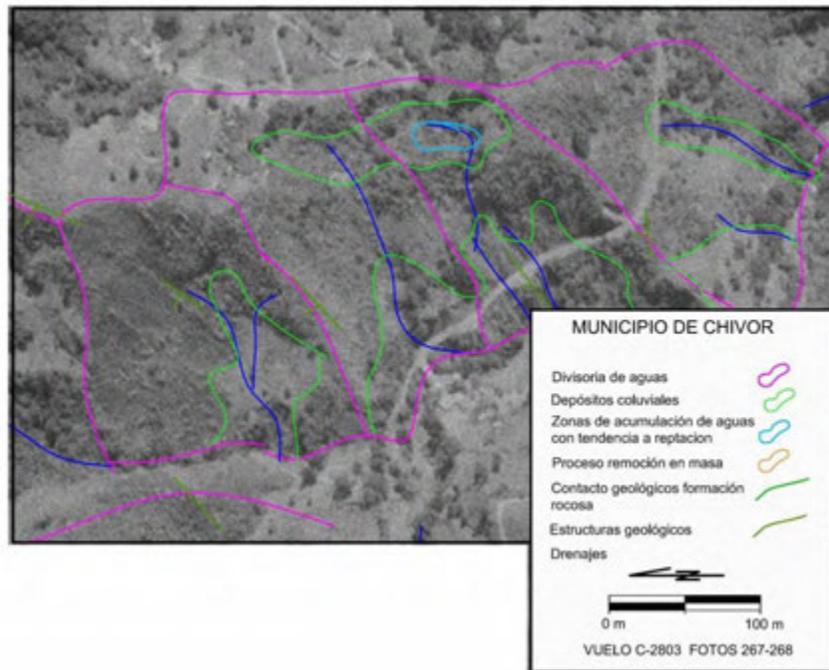
5.2 ANÁLISIS FOTOGEOLÓGICO

Revisión y fotointerpretación de fotografías aéreas del área de estudio, para determinar las Unidades Geológicas Superficiales (unidades de roca, suelos residuales y transportados) y geoformas asociadas a éstas, así como los procesos morfo dinámicos y rasgos estructurales, entre otros.

En el análisis se define el área de influencia del proceso dada por las divisorias de aguas, se identifica los materiales duros y blandos, las zonas de infiltración, acumulación de aguas.

Como conclusión, se puede afirmar que las condiciones naturales o iniciales del terreno muestran dinámicas de acumulación de material y estancamiento de aguas en dichas áreas. Los problemas de inestabilidad que se presentan en base a esta dinámica, disparada por lluvias intensas y la intervención antrópica en el área por cortes en la vía y desforestación.

Figura 18. Fotografías pertenecientes al vuelo 2803- 267,268 tomadas por el IGAC, durante los años 90.



Fuente: Resultado del estudio.

5.3 PROCESOS MORFODINÁMICOS

En el Plano de Geomorfología se localizaron los diferentes procesos morfodinámicos observados en la zona. A continuación, se describe en forma general las características de estos de acuerdo a la clasificación de Varnes. Las Fichas de Inventario de procesos se presentan en el anexo de estas.

5.3.1 Desprendimiento

Es un movimiento en masa en el cual se identifica roca y suelo desprendido de ladera con cierto grado de inclinación de la pendiente, tiene comportamiento remontante, causados por socavación de taludes debido a la acción del hombre (cortes anti técnicos del talud), provocando el retroceso del material del talud perdiendo apoyo en su base, se van desplomando progresivamente, en el área predomina una vegetación rala y pequeña, incapaz de retener el suelo, donde facilita la inestabilidad de proceso.

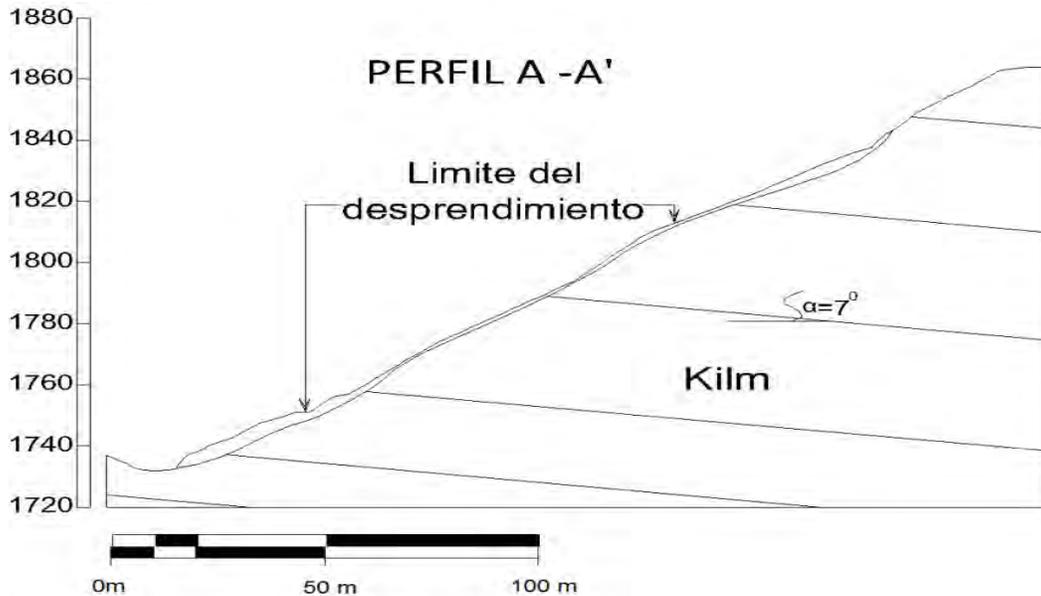
Figura 19. Esquema del proceso de Desprendimiento



Fuente: Resultado del estudio.

En el perfil (Ver 0) se ilustra el cuerpo del proceso y la geoforma en la cual se encuentra, siendo favorable a su movimiento.

Figura 20. Esquema del movimiento, perfil desprendimiento

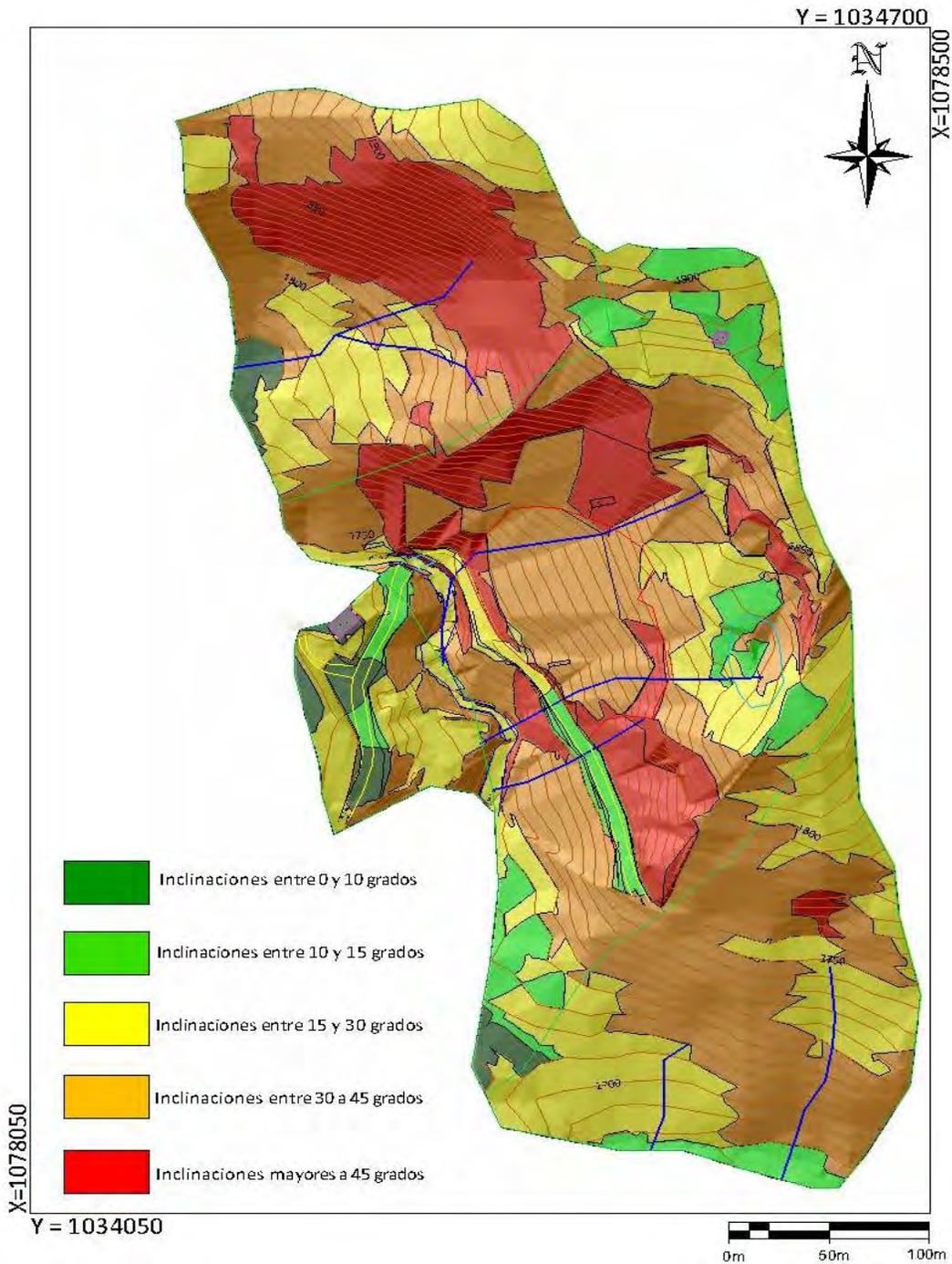


Fuente: Resultado del estudio

5.4 INCLINACIÓN DE LAS PENDIENTES

A partir de un modelo digital de terreno generado tras la digitalización de curvas de nivel a una escala 1:25.000, se generó el mapa de pendientes con cinco clases para el área de estudio. Los valores de susceptibilidad de este parámetro o variable son presentados en la Figura 21.

Figura 21. Imagen del Mapa de inclinación de las pendientes.



ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACIÓN EN EL SECTOR CHIVOR CHIQUITO Y SAN MARTIN, MUNICIPIO DE CHIVOR JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

Fuente: Resultado del estudio.

Tabla 16. Clasificación de las pendientes.

CLASIFICACIÓN DE LAS PENDIENTES	
UNIDAD CARTOGRÁFICA	GRADOS
Suavemente inclinada	0-10
Inclinada	10 15
Abrupta	15-30
Escarpada	30 - 45
Muy Escarpada	> 45

Fuente: Resultado del estudio.

5.5 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Teniendo en cuenta, las necesidades de los análisis de estabilidad y amenaza por fenómenos de remoción en masa y la relación de estas con los procesos de inestabilidad, se delimitaron siete (7) unidades geomorfológicas de carácter local denominadas como:

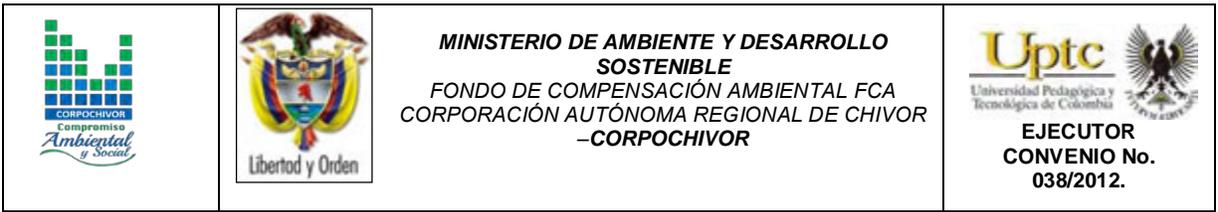
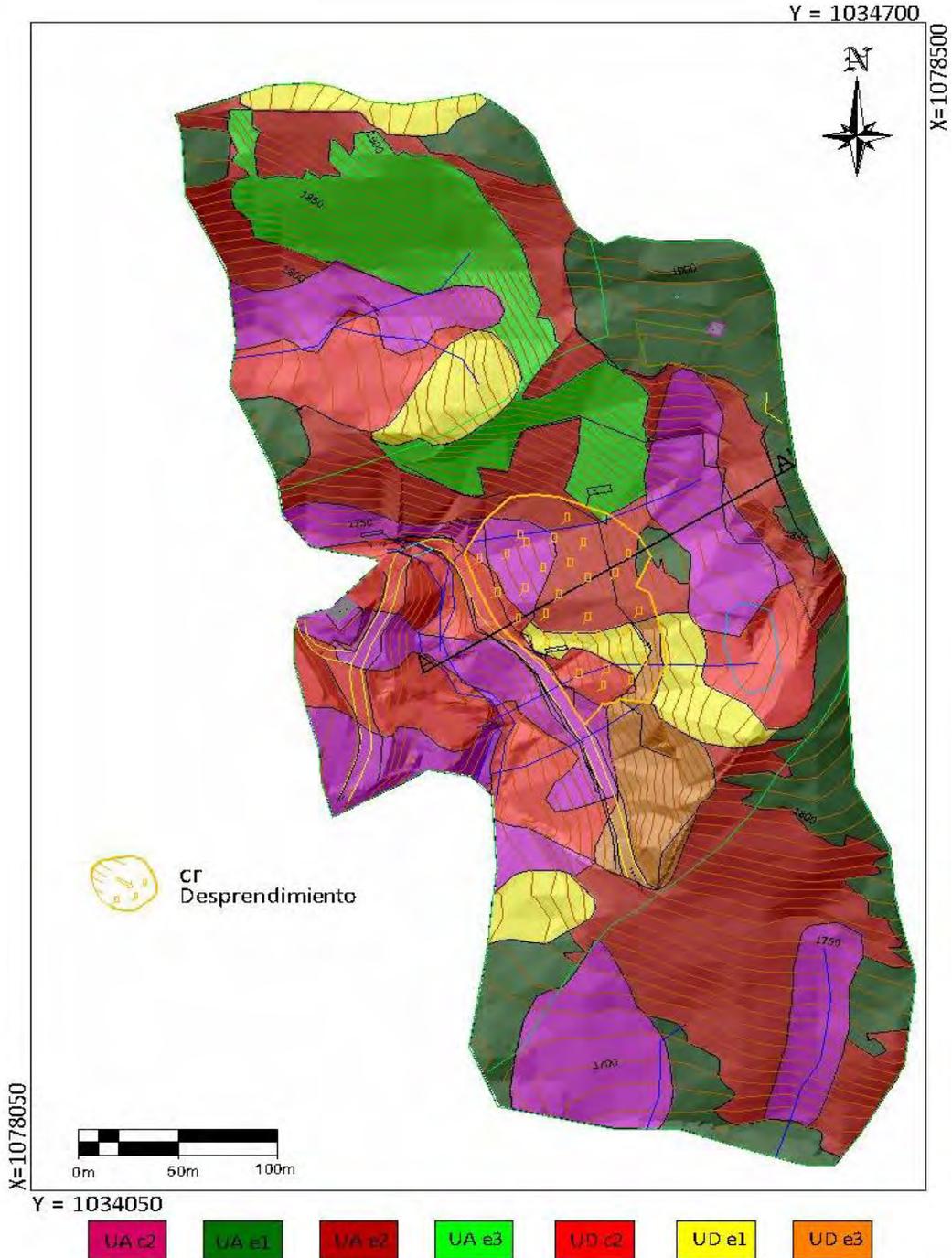


Figura 22. Imagen del Mapa geomorfológico.



Fuente: Resultado del estudio.

5.5.1 Geformas de Origen Denudacional.

Dentro de las unidades de origen Denudativo en la zona se evidenciaron las siguientes unidades

5.5.1.1 Unidad agradacional con inclinaciones entre 30 y 45 grados en ladera en contra pendiente (UA c2)

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 3.01 ha, de las cuales el 23.9 % presenta inestabilidad.

5.5.1.2 Unidad agradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera estructural (UA e1)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 2.24 ha, de las cuales el 0.39 % presenta inestabilidad.

5.5.1.3 Unidad agradacional con inclinaciones entre 30 y 45 grados en ladera estructural (UA e2)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 3.31 ha, de las cuales el 10.32 % presenta inestabilidad.

5.5.1.4 Unidad agradacional con inclinaciones mayores a 30 grados en ladera estructural (UA e3)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, los cuales yacen sobre estratificaciones en contra a la dirección de las pendientes presenta un área de 1.83 ha, de las cuales el 0.66 % presenta inestabilidad.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.5.1.5 Unidad degradacional con inclinaciones entre 30 y 45 grados en ladera en contra pendiente (UD c2)

Dicha unidad está compuesta por depósitos coluviales,, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 1.9 ha, de las cuales el 44.7 % presenta inestabilidad.

5.5.1.6 Unidad degradacional con inclinaciones entre 0 y 30 grados en ladera estructural (UD e1)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 1.0 ha, de las cuales el 9.95 % presenta inestabilidad.

5.5.1.7 Unidad degradacional con inclinaciones mayores a 30 grados en ladera estructural (UD e3)

Dicha unidad está compuesta por formaciones rocosas, cuyas estratificaciones se encuentran en contra a la dirección de las pendientes, presenta un área de 0.29 ha, de las cuales el 15.7 % presenta inestabilidad.

A continuación describimos en la Tabla 17, la descripción y análisis de las unidades geomorfológicas

Tabla 17. Descripción geomorfológica.

ORIGEN	ESTRUCTURA	MORFOMETRIA	MORFODINAMICA	SÍMBOLO
Unidad agradacional	ladera en contra pendiente	con inclinaciones entre 30 y 45 grados		UA c2
	ladera estructural	con inclinaciones entre 0 y 30 grados		UA e1
		con inclinaciones entre 30 y 45 grados		UA e2
		con inclinaciones mayores a 30 grados		UA e3
Unidad degradacional	ladera en contra pendiente	con inclinaciones entre 30 y 45 grados		UD c2
	ladera estructural	con inclinaciones entre 0 y 30 grados		UD e1
		con inclinaciones mayores a 30 grados		UD e3

Fuente: Resultado del estudio.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.6 EROSIÓN

La erosión se define como la remoción de partículas de suelo debido a la acción de fenómenos climatológicos, como son la lluvia, el viento y el oleaje. La magnitud del material removido depende del grado de interperismo del suelo.

El fenómeno de erosión se considera como un proceso lento, cuando es en forma natural, y sus manifestaciones no se identifican a corto plazo sino cuando se encuentra en una fase final, desgraciadamente cuando se ha perdido la mayor cantidad de suelo fértil. Al intervenir el hombre, para abrir caminos, desmontar áreas para campos de cultivo, explotar los bosques, ampliar las zonas urbanas, etc. entonces, se altera el equilibrio natural y se acelera el proceso. Este fenómeno implica dos problemas importantes: por un lado es la pérdida de suelo en la cuenca, sobre todo la pérdida de suelo fértil en los campos de cultivo con cierta inclinación y por otro lado el depósito del sedimento en embalses o en sitios donde esto es indeseable.

Existen dos clases de erosión, la geológica y la antrópica.

La erosión geológica, que ocurre en forma lenta, y es el desgaste natural de la tierra en busca de su propia estabilización, sus factores son el agua lluvia, las corrientes fluviales, el mar, el viento, la temperatura, la gravedad. La erosión geológica contribuye a la modelamiento de la superficie del terreno y a la formación de los suelos.

La erosión antrópica o acelerada, es propiciada por el hombre, y sucede al utilizar inadecuadamente el suelo; cultivos, tala de bosques, quemas,



construcciones; entre otros. Estos procesos debilitan la capacidad del terreno, acelerando la erosividad y causando problemas de desestabilización.

La erosión antrópica o acelerada, favorece la aparición de surcos y cárcavas que representan un grado superior del proceso de erosión que se manifiesta en los suelos. Su formación tiene origen en el drenaje superficial y es aumentada por el incremento del tiempo de concentración

El viento y el agua son los principales agentes generadores de erosión y de acuerdo al agente erosivo se distinguen dos formas de erosión.

Erosión Eólica. Donde quiera que el suelo sea débilmente agregado, seco, la superficie lisa y desnuda y en donde los vientos sean fuertes, se podrá presentar erosión eólica, que de hecho es más fuerte en regiones de clima árido y semiárido. No obstante puede presentarse erosión eólica severa en algunas regiones húmedas, donde los vientos fuertes pueden desarrollarse moviendo dunas en zonas costeras.

Erosión Hídrica. Es un proceso continuo que consiste en la separación de las partículas y agregados de la masa del suelo, su transporte y sedimentación, siendo el agente activo, el agua.

La erosión hídrica se inicia cuando las gotas de lluvia golpean en la superficie de un suelo desnudo, causando el movimiento de las partículas más finas como sedimentos en suspensión en el flujo del agua, el cual en su movimiento cuesta abajo, va abriendo surcos. Cada lluvia subsecuente, erosiona cantidades



adicionales de suelo; con la degradación del suelo, se manifiesta la degradación de la tierra.

Este tipo de erosión, se ve propiciada cuando se remueve la cobertura vegetal por el laboreo para los cultivos, la quema de residuos de cosecha, el sobrepastoreo, deforestación y por la perturbación del suelo al paso de maquinaria pesada en la construcción de vías, obras de infraestructura y minería.

5.6.1 Algunas Formas de Erosión

El proceso de erosión tiene diferentes formas de expresión dependiendo de la concentración del agua. Comenzando con la erosión laminar, erosión en surcos, y en la medida que el agua forma pequeños cauces, erosión en cárcavas.

La erosión laminar es el arrastre casi uniforme de delgadas capas de suelo. Por su parte, la erosión en surcos comienza con transporte de material desprendido por salpicadura de gotas de lluvia (Hudson, 1981). Esta erosión es producida por la escorrentía concentrada y forma pequeños canales.

La erosión en canales es el proceso de desprendimientos y transporte de suelo. Las cárcavas ocurren cuando hay mayor concentración del escurrimiento y la topografía permite la unión de los surcos. El ancho de las cárcavas crece por socavación.

5.6.2 Factores externos

Son aquellos que disparan o detonan la inestabilidad en la ladera. Una causa desencadenante pequeña, puede ser suficiente para provocar la inestabilidad, esos factores pueden ser:

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- **Naturales:** Las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno, las variaciones de temperatura, sismos.
- **Antrópicos:** Tales como deforestación, quemas e incendios forestales, cortes de taludes para construcción de carreteras u otra infraestructura, el asentamiento humano en las laderas, la actividad minera, el uso indebido del suelo, etc.

5.6.3 Factores internos

Existen una variedad de factores condicionantes que inciden en los procesos de inestabilidad de laderas y son relativos a la propia naturaleza o características de las laderas, esos factores pueden ser:

- **Geológicos:** Representan un factor de inestabilidad permanente; la litología, la estratigrafía de la roca (orientación y ángulo de inclinación), discontinuidades estratigráficas y estructurales y la alteración de las rocas (alteración hidrotermal y/o meteorización).
- **Hidrológicos e hidrogeológicos:** Cambio en las presiones de poros o Hidrostáticas y el comportamiento geomecánico (resistencia a la deformabilidad, compresibilidad, cohesión, etc.).

A partir del análisis del procesamiento digital de imágenes, se obtuvo un mapa de intensidad de erosión las cuales nos dan una idea de los diferentes tipos de erosión reflejado en la zona dándonos unidades de intensidad de erosión así: erosión baja, erosión moderada y erosión alta.



5.6.4 Morfodinámica - intensidad de erosión

El enfoque de este estudio se orienta hacia la caracterización y cartografía de las unidades de cobertura de los suelos como factor de resistencia o favorecimiento de los procesos erosivos y de remoción en masa.

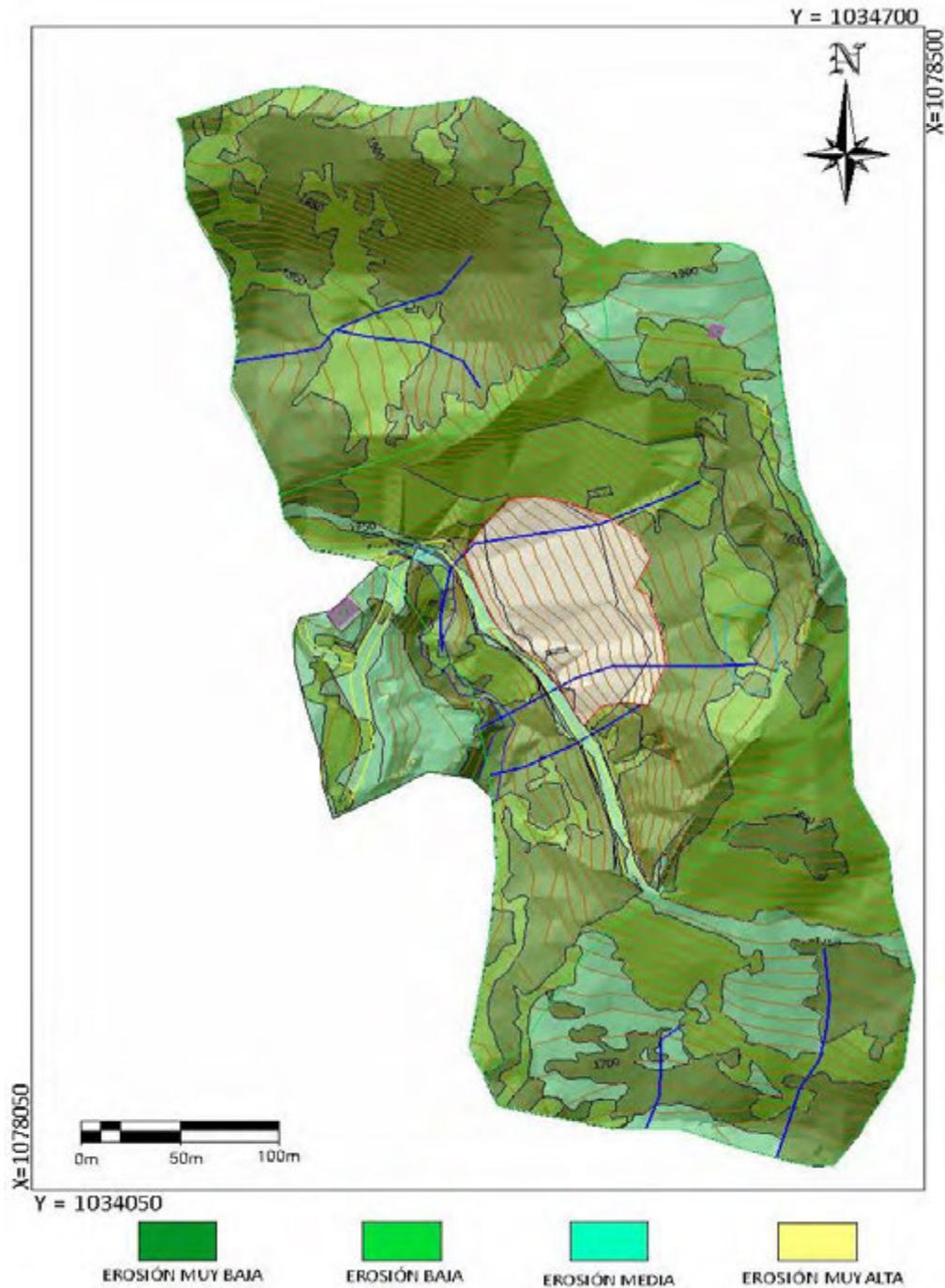
El mapa de erosión fue realizado con el procesamiento digital de imágenes mediante una clasificación supervisada, resultado de un agrupamiento en la distribución de los píxeles hechos en una clasificación resultado de la mayor o menor cobertura vegetal presente en el área.

Posteriormente para cumplir con los objetivos del estudio y conocer la dinámica del área, realizamos la suma en un SIG (utilizando los mapas densidad de drenaje, geomorfológico y de cobertura) junto con los levamientos en campo y la ubicación de procesos morfodinámicos obteniendo un mapa final de erosión.

La morfodinámica es la parte de la geomorfología que trata el estudio de los procesos morfodinámicos presentes y pasados.

El mapa de intensidad de erosión describe unidades de intensidad de erosión así: erosión muy baja, erosión baja, erosión media y erosión muy alta. (Ver Figura 23).

Figura 23. Imagen del Mapa erosión.



Fuente: Resultado del estudio.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.7 USO ACTUAL Y COBERTURA DEL SUELO

Ecosistemas terrestres son aquellos que se dan sobre la capa de tierra superficial de la Biosfera. Los ecosistemas terrestres ocupan, proporcionalmente, menos superficie que los ecosistemas acuáticos. Mientras que a estos últimos les corresponde aproximadamente un 75 %, los ecosistemas terrestres dominan el 25 % restante.

El grupo más numeroso de individuos de los ecosistemas terrestres son los insectos representado por unas 900.000 especies. Dentro de los animales el segundo grupo más significativo serían las aves, con aproximadamente 8500 especies y en tercer lugar los mamíferos con unas 4100 especies. Dentro del mundo de las plantas, existen numerosos tipos, las angiospermas son las más abundantes, con unas 224000 especies frente a las 24000 especies de briofitos.

Los ecosistemas terrestres presentan una variedad mayor que el resto de ecosistemas dado que son muchos los factores que limitan las especies que en ellos habitan. Todos estos factores han producido una gran variedad de ecozonas o regiones biogeográficas en donde los elementos animados e inanimados presentan sus características peculiares.

El uso del suelo y el cambio en la cobertura vegetal asociados al fraccionamiento de la biósfera es uno de los más severos efectos de las acciones directas e indirectas del hombre sobre la tierra, lo cual ha generado un incremento de las tasas de extinción de especies en las décadas recientes.

Todas las estimaciones de la superficie afectada por estos fenómenos, son indicadores de un severo problema que se está marcando y que tiene que ver directamente con el cambio en la cobertura vegetal hacia otro uso del suelo y el deterioro ambiental.

Investigaciones aplicadas a los cambios en la cobertura vegetal están teniendo un mayor grado atención debido esencialmente a las implicaciones de la deforestación. A nivel regional, dicho mecanismo ocasiona la disminución e incluso la pérdida de la cobertura vegetal, el detrimento de los recursos forestales, el deterioro físico y químico del suelo, alteración del balance hídrico y la desestabilización de cuencas.

5.7.1 DESCRIPCIÓN REGIONAL

Fotografía 2. GEOREFERENCIACION AREA DE ESTUDIO.

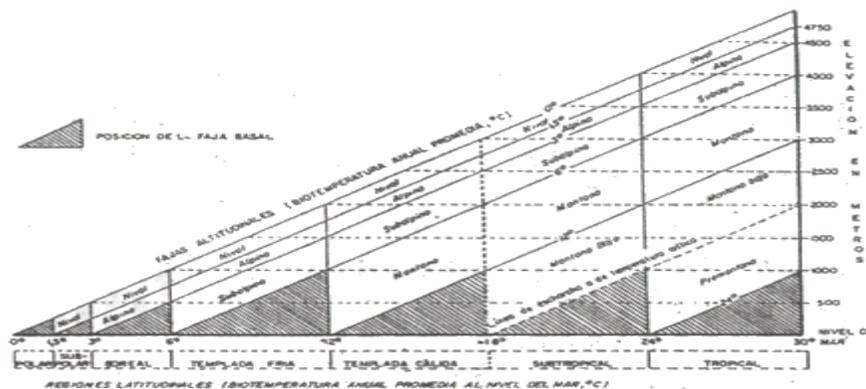


Fuente: Registro fotográfico.

5.7.2 VEGETACIÓN

Se presenta una descripción del sistema basado en las zonas de vida desarrollado desde 1947 por L.R. Holdridge. La descripción tiene un carácter anatómico; es decir, se describe la estructura, las partes del sistema y sus conexiones, sin detenerse en aspectos fisiológicos ni las bases filosóficas que se describen en el final de este capítulo en un una caracterización vegetal general. Se describe la estructura de las zonas de vida (primer nivel del sistema), refiriéndose pa ello a los elementos del diagrama respectivo. Se describen también asociaciones, que constituyen asociaciones del segundo nivel del sistema, y se mencionan el uso de la tierra, trabajado con la nomenclatura Corine Land Cover. Para la descripción regional el sistema de clasificación basado en zonas de vida contempla regiones latitudinales y, dentro de cada región, se contemplan fajas o pisos altitudinales como se observan a continuación:

Figura 24. Posiciones aproximadas de las Líneas gula de las regiones latitudinales y las fajas altitudinales del sistema mundial de zonas de vida de Holdridge, (basado en una tasa de cambio de .6°C por, cada 1000m).



Fuente: Holdridge, L., 1987.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

La vegetación es de clima frío muy húmedo, es de porte muy bajo y se encuentra intervenida en gran medida. En algunas zonas se conservan, especialmente los frailejones y pajonales que son especies dominantes. Según la clasificación de L.R. Holdridge en el municipio existen las siguientes unidades bioclimáticas:

5.7.2.1 BOSQUE MUY HÚMEDO MONTANO BAJO (Bmh-Mb):

Esta formación se caracteriza por presentarse en zonas con altitud entre 2000 y 3000 m.s.n.m. (zona altitudinal Andina), temperatura entre 12 y 18°C y precipitaciones en promedio anual entre 2000 y 4000 mm., en el área del Municipio se encuentra en la cuenca media de la quebrada Chivor. Es común en donde las laderas de las montañas se ven expuestas al efecto de las masas de aire húmedo, las cuales al ascender se enfrían y producen abundantes lluvias sobre las mismas. El relieve de esta formación es bastante pronunciado en la mayoría de las áreas.

5.7.2.2 BOSQUE MUY HÚMEDO PREMONTANO (Bmh-Pm):

Caracterizado por presentarse en zonas con altitud entre 1000 y 2000 m.s.n.m. (zona altitudinal subandina), temperatura entre 18 a 24°C y precipitaciones en promedio anual de 2000 a 4000 mm., se presenta en una franja adyacente de sur a norte que cobija los Municipios de Almeida y Chivor.

Algunos investigadores han reportado en otros casos que la precipitación es superior al agua que la vegetación puede utilizar, se mantiene un sobrante de agua que necesariamente debe abandonar el suelo. Esta situación explica algunos



de los fenómenos erosivos que se presentan en las áreas cultivadas. El manejo del exceso de agua puede controlarse mediante la implementación de drenes que ayuden a evacuar los excesos de agua existentes, los descoles o desagües de estos drenes deben orientarse hacia zonas estables para evitar los problemas de inestabilidad ya que los terrenos en general presentan suelos inestables en una topografía muy montañosa.

5.7.3 COBERTURA Y USO DE SUELO PARA EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL ESTUDIO

Dentro del programa CORINE (Coordination of information on the environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea fue desarrollado el proyecto de cobertura de la tierra “CORINE Land Cover” 1990 (CLC90), el cual definió una metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra. Actualmente, su base de datos constituye un soporte para la toma de decisiones en políticas relacionadas con el medio ambiente y el ordenamiento territorial, aceptada por la Unión Europea. Hoy en día se aplica sobre la totalidad del territorio europeo a través del proyecto CLC2000.

La base de datos de CORINE Land Cover Colombia (CLC) permite describir, caracterizar, clasificar y comparar las características de la cobertura de la tierra, interpretadas a partir de la utilización de imágenes de satélite de resolución media (Landsat), para la construcción de mapas de cobertura a escala 1:100.000. En Colombia existen actualmente múltiples metodologías y sistemas de clasificación para levantar información de las coberturas de la tierra.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

El proyecto “CORINE Land Cover Colombia” se propuso estandarizar un sistema de clasificación, con categorías jerárquicas definidas de acuerdo con la información que pueden proporcionar las imágenes de satélite Landsat TM, conforme con las condiciones locales del territorio nacional. La adaptación y validación de la metodología CLC permitirá comparar estadísticas de ocupación de la tierra, crear líneas de comunicación entre las diferentes instituciones que adopten el sistema, y, además, facilitar la homologación de información.

La metodología empleada para el levantamiento de las coberturas de vegetales dentro de la zona fue la Corine Land Cover adaptada, desarrollada y abalada para Colombia por instituciones del orden nacional y regional como IDEAM, IGAC, CORMAGDALENA, SINCHI y UAESPNN, Esta metodología tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica, junto con los siguientes procedimientos generales,

- Procesamiento digital de imágenes satelitales.
- Definición de la leyenda.
- Distribución de la zona de estudio a los intérpretes.
- Interpretación visual sobre pantalla.
- Controles de calidad: temática y topológica.
- Trabajo de campo: caracterización vegetal y verificación de coberturas.
- Ajustes a la cobertura digital definitiva.
- Estructuración de la información.



Los productos del proyecto, representados en el mapa de las coberturas vegetales y usos de suelos de la zona de estudio, en la metodología y en leyenda adaptadas al territorio colombiano y en este caso para la jurisdicción de Corpochivor, proveerán las características temáticas y cartográficas que la región requiere para el conocimiento, la evaluación de las formas de uso, ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como para satisfacer las necesidades de información de sectores científicos, económicos, académicos y ambientales, entre otros, esperando que se conviertan en insumos básicos para los tomadores de decisiones en el país.

La metodología CORINE Land Cover, adaptada a las condiciones del territorio colombiano, se convierte en una herramienta para avanzar en el conocimiento de las coberturas de la tierra en otras cuencas y para la actualización permanente de la información, con lo cual se espera que se faciliten los procesos de seguimiento y evaluación de la dinámica de los cambios de las coberturas terrestres.

Finalmente, se espera que este producto, sea usado como una herramienta de apoyo para la gestión sostenible de los recursos naturales y para construir las bases para el ordenamiento ambiental y territorial del país, y unificación de las metodologías de coberturas de la tierra que se aplican actualmente en Colombia.

5.7.3.1 ESTUDIO DE LA FLORA

La flora es el conjunto de especies vegetales que pueblan un territorio o una región geográfica, consideradas desde el punto de vista sistemático. La flora será rica o pobre según que la región geográfica considerada posea muchas especies vegetales o escaso número de ellas. El conjunto de flora es de muy variable

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

amplitud, según el punto de vista desde el que se considere. Para las áreas de estudio indirecto (AEI) se analizarán los siguientes aspectos:

- Identificar, sectorizar y describir las zonas de vida o formaciones vegetales.
- Identificación, sectorización y descripción de los diferentes tipos de cobertura vegetal existente.
- Identificación de especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción.

Presentar un plano de cobertura vegetal y uso del suelo a partir de sensores remotos y control de campo, en caso de requerirse. Las unidades cartografiadas se deben describir, teniendo en cuenta su localización, distribución e importancia ecológica y social. El análisis para el área de estudio directo (AED) se estudiara entre otras las siguientes variables:

- Descripción florística: Con identificación de endemismos, importancia económica y cultural.
- Diversidad florística
- Índices de calificación e importancia ecológica.
- Importancia económica y cultural de algunas especies.
- Identificación de áreas que por sus características ecológicas deben conservarse en su estado actual, determinando espacialmente las áreas de restricción y conservación.

Para el proyecto se deberá realizar un muestreo detallado de la vegetación en cada una de las formaciones vegetales identificadas, con el objetivo de determinar biodiversidad, cobertura y abundancia. Se indicarán las especies con valor



ecológico, cultural y comercial. Aplica para áreas de influencia directa. Se realizó un análisis de:

- Localización de las diferentes unidades de cobertura vegetal y uso actual del suelo, que incluya su identificación respecto a actividades pecuarias, agrícolas, agropecuarias, forestales, agrosistemas, eriales, zonas protectoras, etc.
- Descripción fisionómica de las diferentes coberturas vegetales, perfil y estructura de estratos (arbóreo; arbustivo: herbáceo; epígeo; entre otros).
- Identificación de los usos y/o destinos específicos dados por las comunidades, incluyendo los usos culturales.

IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE COBERTURAS

Mediante el sistema de clasificación de coberturas de tierra metodología Corin Land Cover adaptada para Colombia que establece una leyenda nacional de manera jerárquica, derivando las unidades de coberturas de la tierra con base en criterios fisionómicos de altura y densidad, claramente definidos y aplicables a todas las unidades consideradas para un grupo de coberturas del mismo tipo.

De esta manera, se garantiza que sea posible la inclusión de nuevas unidades o la definición de nuevos niveles de unidades para estudios más detallados, permitiendo su ubicación y definición rápidamente. Se establecieron las siguientes zonas en el área de estudio:

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

TEJIDOS ARTIFICIALES

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

ZONAS URBANIZADAS

Las zonas urbanizadas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados con ellas, que configuran un tejido urbano. La zona de estudio presenta las siguientes unidades:

TEJIDO URBANO DISCONTINUO

En la zona de estudio se observan espacios conformados por edificaciones de carácter social como viviendas, granjas, iglesia y una institución educativa estatal además de zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierta por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas de tipo natural y seminaturales se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fotografía 3. TEJIDO URBANO DISCONTINUO



Fuente: Registro fotográfico.

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

Es un espacio artificializado con infraestructuras de comunicaciones como carreteras; se incluye la infraestructura conexas y las instalaciones asociadas tales como: estaciones de servicios, andenes, terraplenes y áreas verdes.

Fotografía 4. Tejido artificializado de nivel 4 red vial 122 C.L.C.



Fuente: Registro fotográfico.

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 pastas, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas.

CULTIVOS TRANSITORIOS

Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, Llegando incluso a ser de solo unos pocos meses, como por ejemplo algunas *solanaceaes*, *cucurbitaceaes*, *rosáceas*, la mayor parte de las hortalizas y algunas

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

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.

CEREALES

Cobertura compuesta principalmente por cultivos transitorios de gramíneas (las gramíneas son plantas herbáceas que presentan una gran amplitud ecológica, por lo que se suelen encontrar formando parte de la vegetación natural y ornamental o agronómica de las poblaciones humanas. A esta familia botánica pertenecen especies que son fuentes importantes de alimento para el hombre y para el ganado)

MAÍZ

Tierras que presentan una cobertura vegetal compuesta por plantas herbáceas de la familia de las gramíneas, de altura muy variable (entre 60 cm y 3 m), hojas grandes, alternas y lineares, tallos rectos y flores agrupadas en panículas las masculinas y en espigas las femeninas.

Fotografía 5. Zea Mays



Fuente: Registro fotográfico.

TUBÉRCULOS

Cobertura compuesta principalmente por cultivos transitorios de diferentes tipos de plantas que poseen tubérculos. Un tubérculo es un tallo subterráneo modificado y engrosado donde se acumulan los nutrientes de reserva para la planta. Esta cobertura en la zona la componen los cultivos de papa arracacha, En la región andina, los cultivos arracacha se presentan por encima de los 2,000 msnm.

ARRACACHA

La *Arracacia Xanthorrhiza Bancroft* (Hoker, 1831 Y Muñoz, 1968) de la familia de las *Umbelliferaes* es una planta herbácea de porte bajo que puede alcanzar hasta 1.5 m. de altura. En relación a la producción de raíces tuberosas es una planta anual, y bianual en relación a su ciclo vegetativo, razón por la cual raras veces



completa este periodo en siembras comerciales. La cosecha se realiza entre 10 y 12 meses de siembra donde la planta es extraída antes de la floración.

La propagación para fines comerciales es esencialmente vegetativa el tallo es un tronco corto cilíndrico, vertical y rizomatoso que alcanza hasta 10 cm. de altura y capaz de dividirse en la parte superior. Entre el tallo y las raíces se encuentra una corona que da origen a la parte aérea y a las raíces tuberosas. En la parte superior de la corona aparecen ramificaciones conocidas como hijuelos, brotes, hijos o propágulos, utilizados para la propagación vegetativa, en número variable de 10 a 30 y de donde nacen las hojas.

La parte subterránea está constituida principalmente por las raíces tuberosas, en número que varía entre 4 y 10, emergen de la parte inferior de la corona. Las raíces son ovoides, cónicas o fusiformes, con una longitud de 5 a 25 cm. y con un diámetro entre 3 y 8 cm.

Las plantas que producen raíces de color amarillo tienen, generalmente, ciclo vegetativo más largo, presentan mayor resistencia a las adversidades climáticas y producen raíces más grandes. Las plantas de raíces blancas o rojas son menos resistentes a las variaciones climáticas y a veces producen raíces menores, siendo más precoces y con raíces de consistencia más suave y preferidas por los consumidores (Carrasquilla, 1944 & Muñoz, 1968).

Fotografía 6. Xanthorrhiza Bancroft (Hoker, 1831 Y Muñoz, 1968)



Fuente: Registro fotográfico.

HORTALIZAS

Esta cobertura terrestre de manejo intensivo se caracteriza por ser un conjunto de plantas herbáceas, cultivadas generalmente en huertas, que se consumen como alimento humano. Su cultivo se hace en parcelas de pequeña extensión, en las cuales el suelo se mantiene constantemente ocupado y las prácticas de manejo consideran gran dedicación y cuidado a los cultivos.

CEBOLLA

Es una planta de seda larga, las raíces se producen en la base del tallo, son fasciculadas y poco abundantes; verticalmente miden hasta 30-45 cm y horizontalmente unos 30 cm. Cada hoja tiene una base larga y carnosa, que se

une estrechamente con la base de las demás hojas, formando un seudotallo, envuelto por láminas finas o túnicas propagación La cebolla puede propagarse por semilla sexual o por hijuelos. La propagación por semilla sexual requiere la hechura de semillero y el trasplante posterior, lo que retarda un poco el periodo vegetativo.

Fotografía 7. *Allium fistulosum* Linnaeus



Fuente: Registro fotográfico.

CULTIVOS PERMANENTES ARBÓREOS

Cobertura principalmente ocupada por cultivos de hábito arbóreo, diferentes de plantaciones forestales maderables o de recuperación, como pera, ciruela, durazno, etc.

GUAYABA

Es un arbusto siempre verde de la familia de las *Myrtáceas*, frondoso que alcanza de 5 a 6 metros de altura en promedio, pero si se maneja adecuadamente con podas, no sobrepasa los 3 m, la temperatura ideal para su desarrollo oscila entre 23° y 28°C, con lluvias bien distribuidas, principalmente en la fase de brotación, floración y desarrollo de frutos para que los mismos sean de buena calidad. No tolera heladas fuertes y prolongadas. Los suelos deben ser de los tipos arenosarcilloso, profundos, bien drenados y con buen contenido de materia orgánica. © FAO, 2006

Fotografía 8. *Psidium guajava*



Fuente: Registro fotográfico.

LIMÓN MANDARINO

También es conocido como "limón rugoso". Su nombre científico *Citrus* por Limoná, dela familia Rutáceas, clase Magnoliopsida. Árbol de grandioso follaje, alcanza alturas hasta de cinco metros. Sus hojas son verde oscuro, largas,

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

puntiagudas. El fruto de limón es carrasposo, amargo, redondo, de casquillos y con semillas. La propagación sexual se realiza a través de semillas. Lo extraordinario de esta planta es que mientras los frutos ya están maduros, simultáneamente la floración continúa brotando, es un ciclo que se repite casi de manera perenne.

Existe una abundante lista de las propiedades de este fruto beneficiosos para la salud, solo por mencionar algunas: mantiene en alto el sistema inmunológico, concentra gran cantidad de vitamina C, la cual funciona como antioxidante, pudiendo además proteger a su organismo de los denominados “radicales libres”, los cuales aceleran el envejecimiento, es curativa en casos de obesidad, indigestiones, acné, y muchos otros.

Fotografía 9. Citrus Aurantifolia



Fuente: Registro fotográfico.

CULTIVOS PERMANENTES HERBÁCEOS

Cobertura compuesta principalmente por cultivos permanentes de hábito herbáceo como cana de dulce y plátano, Las herbáceas son plantas que no presentan órganos leñosos, son verdes y con ciclo de vida vegetativo anual.

CAÑA

La *Saccharum officinarum* de la familia de la familia de las Poaceae, son plantas cespitosas con tallos de hasta 5 m x 2-5 cm, con numerosos entrenudos alargados vegetativamente, dulces y jugosos, desnudos abajo. vainas glabras o pelosas; lígula de 2-4 mm; láminas 1-2 m x 2-6 cm, glabras o la costilla media pelosa. Panícula 25-50 cm; pedúnculo glabro o densamente puberulento; eje peloso; entrenudos del raquis de 5 mm, glabros. Espiguillas 3-4 mm, agudas, con tricomas de hasta 7 mm; gluma inferior glabra; lema inferior ciliada in el 1/ 2 superior; lema superior y arista generalmente ausentes; anteras 3, 1.5-2 mm.

Fotografía 10. *Saccharum officinarum*



Fuente: Registro fotográfico.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

PASTOS

En la zona de influencia de la falla es dominancia de zona agrícola del orden de pastos Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia *Poaceae*, dedicadas a pastoreo permanente por un periodo 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.

PASTOS LIMPIOS

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento alto, 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, dominancia principalmente en la zona media de la zona de estudio.

El deslizamiento descendió por esta cobertura, facilitándole su avance y velocidad debido a la ausencia de cobertura vegetales mayores como bosques bajos. esta exposición del suelo a los agentes erosivos es debido a la disminución de la cubierta vegetal por el pastoreo y a la remoción del suelo por el pisoteo. Estos factores favorecen a la erosión hídrica y a la erosión Eólica Sumados a la

Inclinación Facilitaron El Deslizamiento. El sobrepastoreo facilita la desertificación de áreas semiáridas y la desprotección de las escorrentías. Esto último influye también en el balance de las aguas superficiales y subterráneas.

Fotografía 11. Pastos limpios presente en la zona de estudio.



Fuente: Registro fotográfico.

En la zona de estudio existe sobrepastoreo debido a las siguientes características observadas:

- Presencia de vegetación herbácea muy baja, como si se hubiera "cortado el pasto" en un jardín. Esto se puede ver si el lugar tiene cierta humedad que permita su recuperación.
- Presencia de "pie de vaca", que se visualiza a la distancia como líneas paralelas aproximadamente horizontales que se ven en las zonas serranas,

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

a modo de "arrugas" en la montaña y que son caminos de recorrido y pastoreo del ganado.

- Vegetación herbácea muy rala, en algunos casos inexistente, con tierra suelta y removida, hasta incluso con abundancia de huellas de animales.
- Preponderancia de especies leñosas espinosas bajas, con muy pocas hierbas, característica del *fachinal*.
- Composición florística herbácea conformada fundamentalmente por hierbas poco *palatables* o no *palatables* para el ganado, debido a que las apetecidas por los animales fueron comidas por el constante pastoreo.

PASTOS ENMALEZADOS O ENRASTROJADOS

Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de rastrojos, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura del rastrojo es menor a 1,5 metros.

Fotografía 12. Pastos enmalezados.



Fuente: Registro fotográfico.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

5.7.4 BOSQUES

Comprende las áreas naturales o seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que tiene una copa más o menos definida.

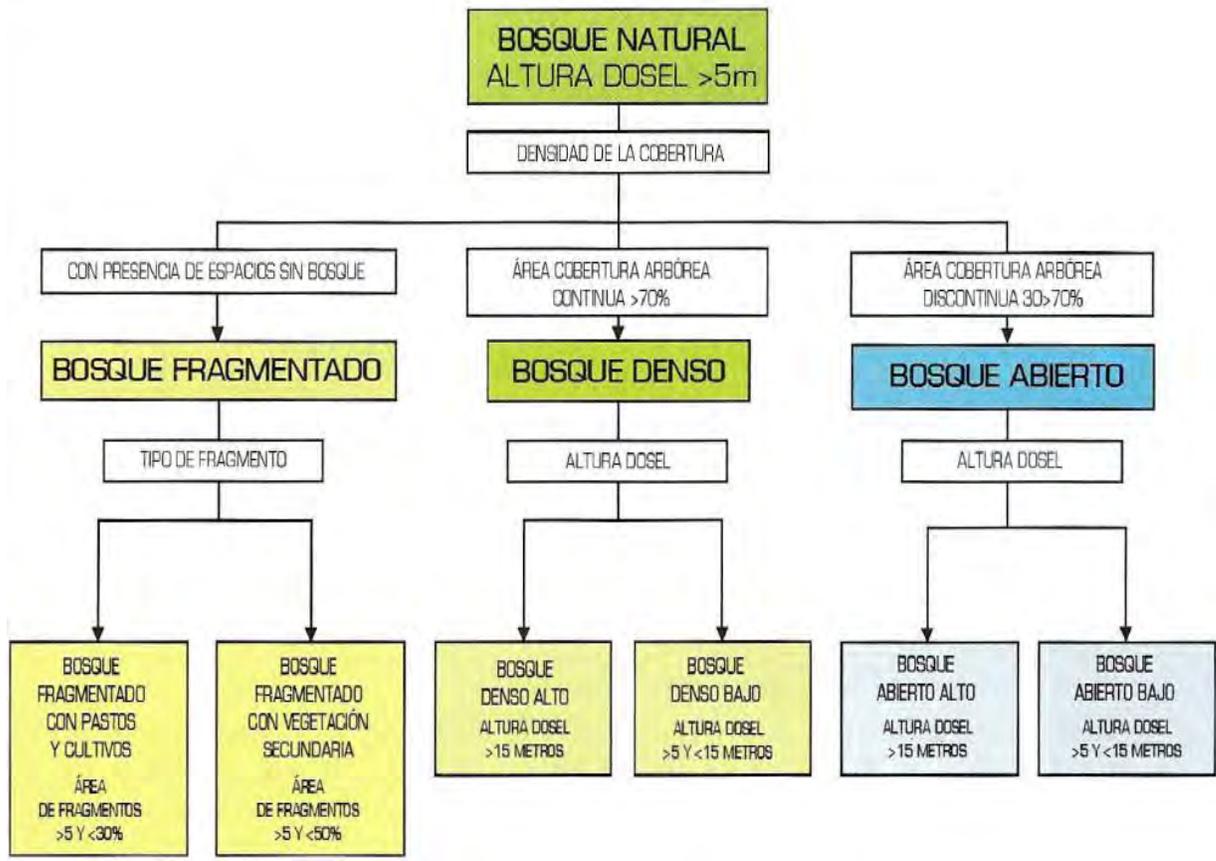
Para efectos de clasificación los bosques son determinados por la presencia de árboles que deben alcanzar una altura del dosel superior a los cinco metros.

Para efectos de la caracterización de la densidad se definió como el porcentaje de cobertura de la copa. Por su parte, la cobertura de la copa, en este documento, corresponde al porcentaje del suelo o del terreno ocupado por la proyección perpendicular de la vegetación en su conjunto, o por uno de sus estratos o especies. Una cobertura densa corresponde a una cobertura arbórea mayor a 70% de la unidad, en la cual las copas se tocan. Una cobertura se considera abierta cuando la cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad, en la cual la mayoría de las copas no se tocan entre ellas.

La altura es definida por la altura total del dosel, sin incluir emergentes. Para efectos de este estudio, se adaptó la clasificación propuesta por Caín y Castro (1959), quienes definen como bajos los estratos de árboles con altura menor a ocho metros; intermedios a los estratos de árboles con alturas comprendidas entre 8 y 15 metros; y como estratos de árboles altos los que tienen altura superior a 15 metros. De esta manera, para esta leyenda, se unieron los estratos bajo e intermedio en uno solo denominado como bajo. Para la interpretación de las coberturas de la tierra, los bosques se clasifican, entonces, a partir de la densidad

de la cobertura arbórea, en densos y abiertos; de acuerdo con la altura del dosel, los bosques se clasifican en altos y bajos; y de acuerdo con la condición de inundabilidad del terreno donde se ubican los bosques, se clasifican en inundables y de tierra firme. De esta manera, se obtiene la clasificación que se explica a continuación:

Figura 25. CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS BOSQUES



Fuente: Corine Land Cover 2010.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

BOSQUE DENSO

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales. Se exceptúan de esta unidad los bosques fragmentados.

BOSQUE DENSO BAJO

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo, con altura del dosel superior a cinco metros, pero inferior a 15 metros.

BOSQUE DENSO BAJO DE TIERRA FIRME

Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo con altura del dosel entre 5 y 15 metros y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fotografía 13. Bosque denso bajo de tierra firme.



Fuente: Registro fotográfico.

BOSQUE DE GALERÍA Y RIPARIO

Se refiere a las 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 canadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.

Fotografía 14. BOSQUE RIPARIO



Fuente: Registro fotográfico.

PLANTACIÓN FORESTAL

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

Esta cobertura presenta en la imagen de satélite un patrón geométrico regular, constituido por las hileras de árboles generalmente de la misma edad. Para su

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

identificación se requiere del apoyo de información secundaria como fotografías aéreas, mapas temáticos y control de campo.

CUPRESSACEAE

Son árboles o arbustos resinosos, con hojas simples, aciculares o en forma de escama, enteras, que se sitúan en disposición opuesta o en verticilios, por 3 ó 4 y habitualmente perennes. Las cupresáceas no tienen verdaderas flores y sus órganos reproductores pueden ser monoicos (en la misma planta los dos sexos) o dioicos (en distinta planta).

La polinización es anemófila. Producen conos masculinos y femeninos, con escamas enfrentadas o en verticilios, que pueden ir en la misma planta o en plantas de distinto sexo. Los conos masculinos están constituidos por diversos verticilios de estambres, cada uno de éstos tiene forma de escama y lleva en el envés de 3 a 7 sacos polínicos; las escamas tienen, a veces, forma de parasol y otras veces son casi planas y más o menos triangulares. Los conos femeninos suelen ser globosos u ovoides y tienen, por lo general, las dos brácteas soldadas en una sola, indiferenciadas; hay generalmente de 2 a 15 rudimentos seminales por escama. La mayoría de los géneros producen fructificaciones leñosas a modo de piñas esféricas (gábulos leñosos), las inflorescencias femeninas del género *Juniperus*, en cambio, dan lugar a una estructura carnosa denominada gábulos carnosos, originada por la concrecencia de las tres hojas escuamiformes superiores.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Los géneros más importantes son Cupressus (cipreses), Juniperus (enebros y sabinas), Chamaecyparis (cedro blanco de Oregón), Calocedrus (cedro blanco de California) y Thuja (árbol de la vida)

Fotografía 15. CUPRESSACEAE



Fuente: Registro fotográfico.

MYRTACEAE

Esta es una familia en donde sus miembros son plantas dicotiledóneas. Entro de sus características generales podemos decir que todas las especies son arboladas, presentan aceites esenciales, y la flor casi siempre presenta sus verticilos en múltiplos de cuatro o cinco. Una característica representativa de esta familia es que liber está situado en ambos lados del xilema exterior, difiriendo con el resto de las plantas.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Estos árboles presentan hojas perenes, alternas y normalmente con el margen de sus hojas no dentado, estípulas efímeras o ausentes, con puntuaciones glandulares, aromáticas.

En muchas ocasiones podemos observar un tallo tipo exfoliativo o de textura áspera, aunque no siempre se cumple con esta característica. Poseen un fruto por lo general capsular como por ejemplo en los siguientes ejemplares: *Eucalipto*, *Corymbia*, *Angophora*, *Leptospermum*, *Melaleuca*, *Metrosideros*. Aunque también se pueden presentar en forma de baya, capsula o drupa.

Fotografía 16. Eucaliptos presentes en la zona de estudio



Fuente: Registro fotográfico.

5.7.5 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.

Para la leyenda de CORINE Land Cover adaptada para Colombia, en esta clase se incluyen otros tipos de cobertura tales como las áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva con dosel irregular y presencia de arbustos, enredaderas y vegetación de bajo porte. Las coberturas definidas son las siguientes:

ARBUSTAL

Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAD, 2001).

ARBUSTAL ABIERTO MESOFILO

Este tipo de arbustal abierto está caracterizado por presentar una vegetación mesofila compuesta por una comunidad vegetal donde predominan los arbustos achaparrados y arboles pequeños, que se localizan en zonas húmedas, caracterizadas por su considerable precipitación y humedad atmosférica durante casi todo el año. Esta cobertura hace referencia principalmente a las formaciones arbustivas andinas y altoandinas, aledañas a las paramos y bosques de niebla.

Fotografía 17. Arbustal Abierto Mesofilo



Fuente: Registro fotográfico.

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.

Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas a su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999). Para su diferenciación, los herbazales fueron clasificados de acuerdo con tres criterios: por la densidad de la cobertura herbácea, en densos y

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

abiertos; de acuerdo con la condición de inundabilidad se clasifican en inundables y de tierra firme; y de acuerdo con la presencia de árboles y arbustos, en arbolados y no arbolados.

Los criterios utilizados para la diferenciación entre los diferentes tipos de herbazales tienen como fundamento los elementos pictóricos de las imágenes de sensores remotos, los cuales pueden ser identificados directamente en las imágenes, tales como la presencia de árboles y arbustos, a una característica inferida del terreno como es la condición de inundabilidad y densidad del herbazal.

De acuerdo con la información disponible y escala de trabajo, esta unidad puede ser dividida en las siguientes clases:

HERBAZAL DE TIERRA FIRME

Corresponde a una cobertura natural constituida por un herbazal denso, el cual se desarrolla en áreas que no están sujetas a periodos de inundaciones, las cuales pueden presentar o no elementos arbóreos y/o arbustivos dispersos.

Fotografía 18. Herbazal



Fuente: Registro fotográfico.

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. Se considera como unidad mínima cartografiada aquellos ríos que presenten un ancho del cauce mayor o igual a 50 metros.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

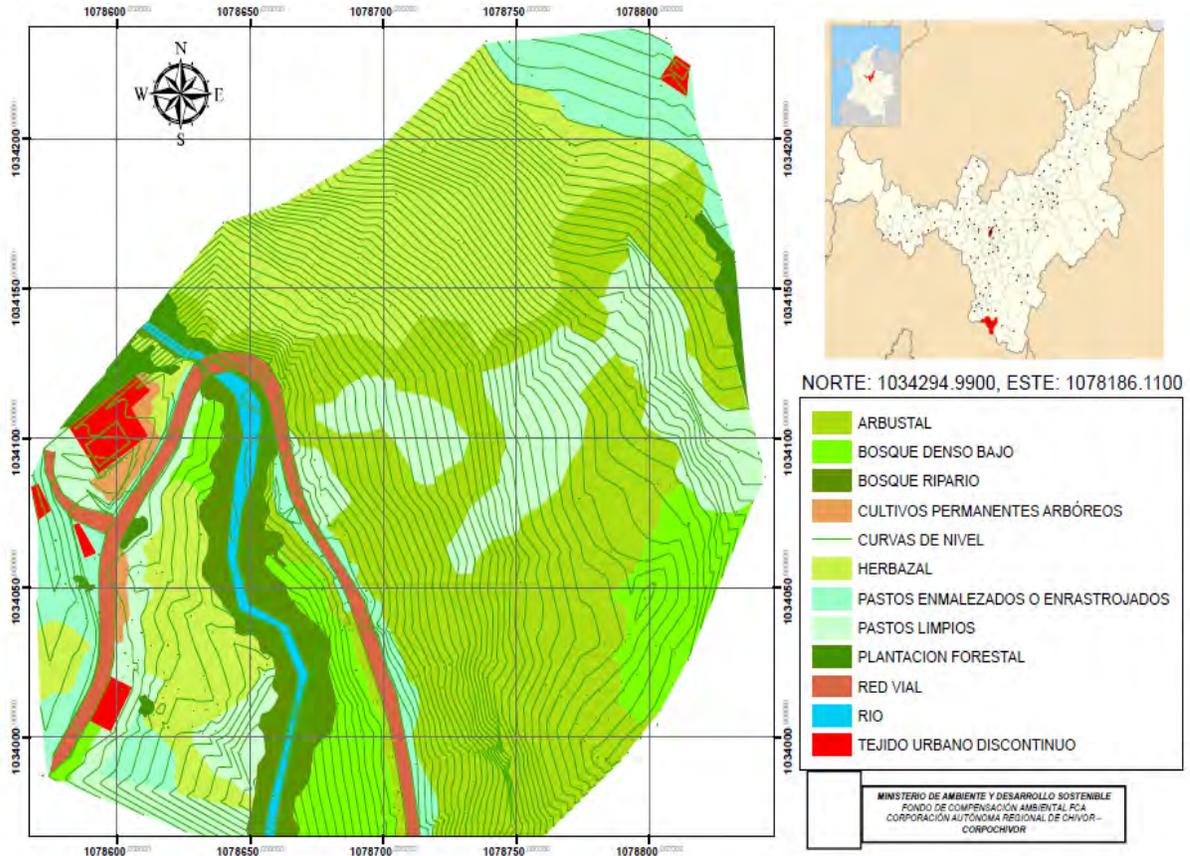
Fotografía 19. Río presente en el área de estudio.



Fuente: Registro fotográfico.

5.7.6 ÁREAS Y PORCENTAJES DE LAS COBERTURAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Figura 26. Mapa cobertura vegetal y uso de suelo



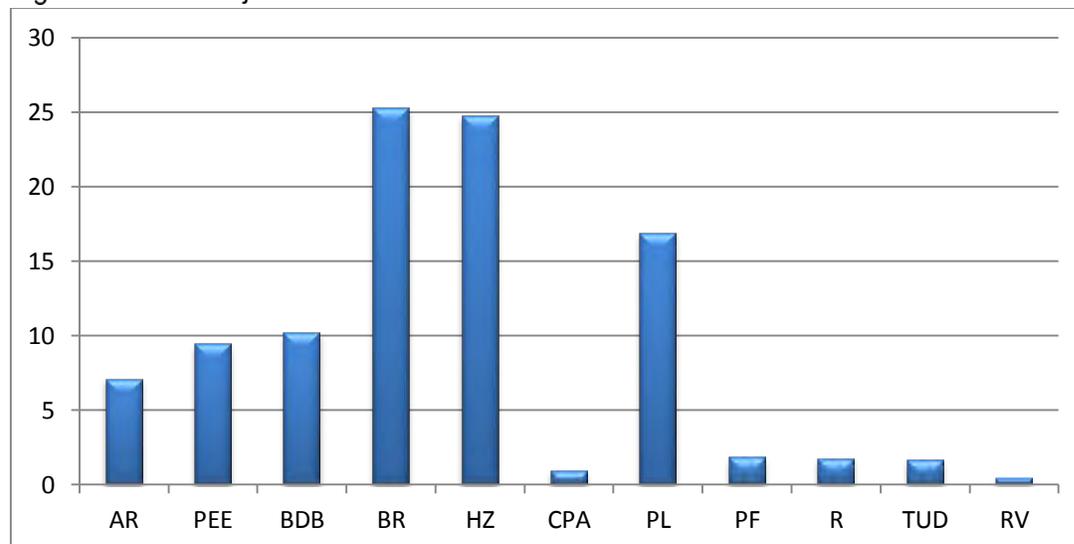
Fuente: Resultado del estudio.

Tabla 18. AREAS METRICAS DE LAS COBERTURAS

COBERTURA	ÁREA m2
ARBUATAL (AR)	3643
PASTOS ENMALEZADOS O ENRASTROJADOS (PEE)	4839
BOSQUE DENSO BAJO (BDB)	5242
BOSQUE RIPARIO (BR)	13011
HERBAZAL (HZ)	12732
CULTIVOS PERMANENTES ARBÓREOS (CPA)	466
PASTOS LIMPIOS (PL)	8681
PLANTACION FORESTAL (PF)	924
RIO (R)	895
TEJIDO URBANO DISCONTINUO (TUD)	852
RED VIAL (RV)	227

Fuente: Resultado del estudio.

Figura 27. Porcentaje áreas de coberturas.



Fuente: Resultado del estudio.



5.7.7 UNIDADES DE COBERTURA VEGETAL

Para la individualización, caracterización y observación de las diferentes unidades de cobertura vegetal se realizaron estudios de campo, en el cual se evaluaron la estructura y la composición florística de las diferentes unidades de cobertura vegetal, mediante la observación directa en campo y la recolección de material botánico, así como también se realizaron observaciones de topografía, drenaje y suelos.

En ecología se pueden hacer estudios de fauna de diferentes formas. Los estudios pueden ser de tipo descriptivo, comparativo, observacional y experimental. Los estudios descriptivos son generalmente exploratorios y no tienen una hipótesis *a priori*. El objetivo de estos estudios es obtener información acerca de un fenómeno o sistema del cual previamente se tenía ninguna o muy poca información. Los estudios comparativos se deben realizar en sistemas de los que se tiene cierta información y cuando se tiene una o varias hipótesis de antemano.

El objetivo de este tipo de estudio es obtener la información necesaria para someter a prueba las hipótesis. Los estudios observacionales se basan en información obtenida del sistema en su estado original; generalmente no se hace ninguna manipulación del sistema. Los estudios experimentales consisten en manipular o modificar, de manera particular, un determinado sistema o ambiente. La información que interesa es, precisamente, la respuesta del sistema al tratamiento.

Se presenta el componente vegetal de la zona de estudio y el siguiente inventario, teniendo en cuenta que muchas de las especies referenciadas, su frecuencia de

aparición es muy baja y dispersa. Para la elaboración del mapa de cobertura vegetal se generalizaron las especies para facilitar su manejo, No se cuenta con un detallado inventario de la biomasa.

Tabla 19. Unidades de cobertura vegetal.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
<i>Rutaceae</i>	<i>Citrus Aurantifolia</i>	Limón mandarina
<i>Poaceae</i>	<i>Zea Mays</i>	Maíz
<i>Umbelliferaes</i>	<i>Xanthorrhiza Bancroft</i>	Apio criollo
<i>Alliaceae</i>	<i>Allium fistulosum Linnaeus</i>	Cebolla larga
<i>Myrsinaceae</i>	<i>Myrsine guianensis</i>	Cucharo
<i>Cyatheaceae</i>	<i>Cyathea medullaris</i>	Helecho
<i>Myrtaceae</i>	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba
<i>Bromeliaceae</i>	<i>Racinaetha tetrantha (ruiz & Pav) M.A. Spencer & L.B. Sm.</i>	Bromelia, quinche
<i>Poaceae</i>	<i>Chusquea scandens kumth</i>	Chusque, carrizo
<i>Melastomataceae</i>	<i>Miconia ligustrina</i>	Tuno
<i>Cyatheaceae</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho
<i>Agaváceae</i>	<i>Furcraea bedinghausii</i>	Maguey
<i>Asteraceae</i>	<i>Sonchus asper</i>	Lechuguilla espinosa
<i>Cyatheaceae</i>	<i>Cyathea medullaris</i>	Helecho
<i>Asteraceae</i>	<i>Euphrosyne partheniifolia</i>	
<i>Melastomataceae</i>	<i>Heterocentron axillare Naudin</i>	Caña agria
<i>Melastomataceae</i>	<i>Miconia sp</i>	Tuno
<i>Moraceae</i>	<i>Ficus sp</i>	Higuerón
<i>Rosaceae</i>	<i>Polylepsis quadrifuga</i>	Colorado

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Cecropiaceae	<i>Cecropia teleincana</i>	Yarumo
Mimosaceae	<i>Albizzia Lophanta</i>	Acacia
Poaceae	<i>Axonopus scoparius</i>	Imperial
Verbenáceae	<i>Duranta mutissii</i>	Espino
Moráceae	<i>Ficus soatensis</i>	Caucho sabanero
Amborellaceae	<i>Amborella trichopoda</i>	
Clusiaceae	<i>Clusia multiflora Kunth</i>	Gaque
Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>	pasto azul archoro
Lythraceae	<i>Lafoensia speciosa</i>	Guayacan de Manizales
Rosaceae	<i>Rubus urticifoliums</i>	Zarzamora
Asteraceae	<i>Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.</i>	Chilca
Asteraceae	<i>Bidens sp.</i>	Bernada
Cupresáceas	<i>Cupressus sempervirens L.</i>	Ciprés
Asteraceae	<i>Chromolaena scabra (L. f.) R.M. King & H. Rob.</i>	
Asteraceae	<i>Vernonia sp.</i>	Hoja de agua
Asteraceae	<i>Bidens simplicifolia C.H. Wright</i>	Chipaca
Asteráceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león
Cupresáceas	<i>Pinus halepensis</i>	pino de piña
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium aquilinum (L.) Kuhn</i>	Helecho marranero
Fabaceae	<i>Erythrina rubrinervia Kunth</i>	Chocho
Fabaceae	<i>Trifolium pratense L.</i>	Trebol
Fabáceae	<i>Acacia decurrens</i>	Acacia Blanca
Melastomataceae	<i>Miconia squamulosa Triana</i>	Tuno

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<i>Musáceae</i>	<i>Musa sapientum L.J</i>	Maduro
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucalyptus pellita</i>	Eucalipto
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto
<i>Papilionáceae</i>	<i>Vinga trilobata</i>	Vinga
<i>Poaceae</i>	<i>Pennisetum setaceum</i>	Catalán
<i>Poaceae</i>	<i>Bromus unioloides</i>	Cebadilla criolla
<i>Poaceae</i>	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Pasto
<i>Poaceae</i>	<i>Holcus lanatus L.</i>	Pasto
<i>Poaceae</i>	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Pasto de olor
<i>Poaceae</i>	<i>Andropogon rufus (Nees) Kunth</i>	

Fuente: trabajo en campo.

6 GEOELECTRICA

6.1 ESTUDIO GEOELECTRICO (TOMOGRAFIA ELECTRICA RESISTIVA)

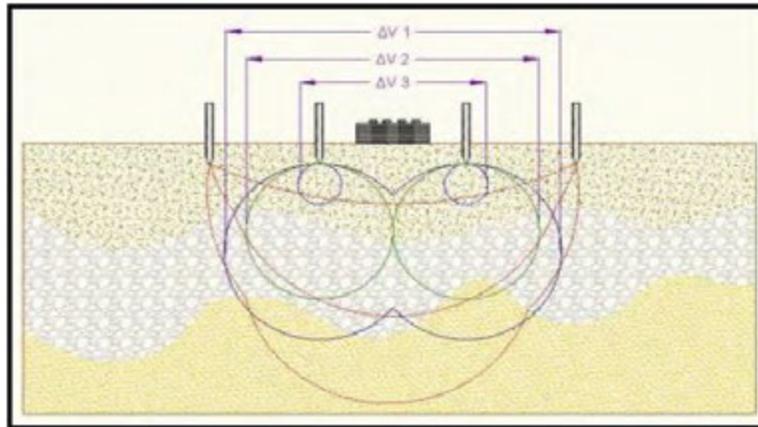
6.2 INTRODUCCION

Las Tomografías Eléctricas Resistivas (TER) son métodos geofísicos de exploración o Ingeniería Geofísica, los cuales están constituidos por una serie de técnicas que permiten medir las variaciones de diversas propiedades físicas en los materiales que forman 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 y distribución de estas variaciones, permite inferir algunas condiciones litológicas y estructurales del subsuelo, correlacionando los valores medidos o zonas anómalas, con los efectos calculados de los modelos de laboratorio, en los que se conocen las relaciones causa-efecto en términos de una función matemática.

La Tomografía Eléctrica Resistiva es una técnica geofísica para generar secciones o perfiles del subsuelo en base a mediciones de caída de potencial eléctrico. Éste método consiste en inyectar una corriente al interior del suelo, la cual, regresa al voltímetro en forma de una diferencia de potencial (ΔV) producto de las variaciones en resistencia que resultan de cada tipo de material o estrato de suelo (Figura 28); sabiendo de antemano que cada tipo de material tiene diferente manera a “resistir” una corriente eléctrica, los buenos conductores o materiales humedecidos presentan una resistencia baja a la inyección de corriente, mientras que materiales aislantes presentan resistencias eléctricas mayores (Figura 29). Lo anterior, es relativo a diversos parámetros geológicos como el contenido mineralógico y de humedad, así como la porosidad y grado de saturación de agua

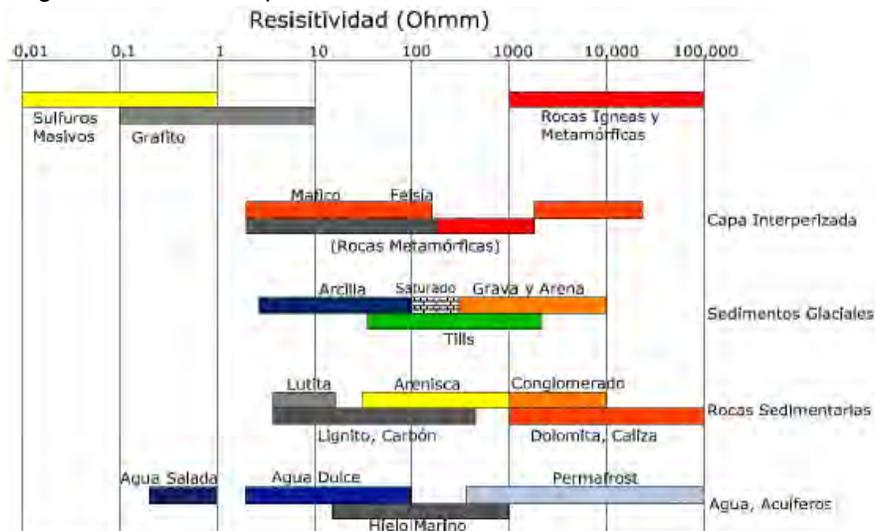
dentro del material de estudio. Durante décadas, los Estudios de Resistividad Eléctrica han sido utilizados en investigaciones sobre hidrogeología, geotecnia y también actualmente en estudios ambientales (Loke 2004).

Figura 28. Principio teórico de operación de las TER's.



Fuente: aplicación de la tomografía eléctrica para la caracterización de un deslizamiento de ladera en un vertedero, Aracil Avila, Jose Angel.

Figura 29. 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, Jose Angel.



Se describe en este trabajo la metodología empleada para realizar levantamientos geofísicos de resistividad, aplicados a estudios del subsuelo enfatizando el hecho de que son métodos totalmente indirectos. El objetivo fundamental de tales estudios es el de medir contrastes de resistividad entre estructuras u objetos de interés con las rocas circundantes. Se analiza la importancia del estudio de la resistividad eléctrica de los suelos y se enumeran los factores más importantes que determinan sus valores para diversos materiales geológicos. En lo referente al método de resistividad, se describe a detalle el principio fundamental que gobierna su empleo en la práctica para estudios del subsuelo.

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 multielectródica en la que todo el proceso de adquisición de datos está totalmente automatizado. Esto nos permite poder 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 2-D de gran resolución.

6.3 OBJETIVO

Como apoyo al estudio geotécnico y de estabilidad que se está realizando para el convenio interadministrativo UPTC-CORPOCHIVOR, en el sector Chivor Chiquito y San Martín, del municipio de Chivor, se realiza un estudio geofísico con la finalidad de determinar el comportamiento del material y continuidad del mismo en profundidad.

6.4 PRINCIPIO DEL METODO GEOFISICO.

6.4.1 Resistividad Aparente:

Está regida por la **ley de Ohm** dice que la intensidad de la corriente que circula entre dos puntos de un circuito eléctrico es proporcional a la tensión eléctrica entre dichos puntos. Esta constante es la conductancia eléctrica, que es la inversa de la resistencia eléctrica.

La intensidad de corriente que circula por un circuito dado es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo. La ecuación matemática que describe esta relación es:

$$I = GV = \frac{V}{R}$$

Donde, I es la corriente que pasa a través del objeto en amperios, V es la diferencia de potencial de las terminales del objeto en voltios, G es la conductancia en siemens y R es la resistencia en ohmios (Ω). Específicamente, la ley de Ohm dice que R en esta relación es constante, independientemente de la corriente.

Definición.

Es la variable experimental que expresa los resultados de las mediciones en TGe y la que se toma como base para la inversión y posterior interpretación. Esta está definida por la ecuación:

$$\rho_a = K = \frac{\Delta V}{I}$$



Donde K es la constante de normalización de cada dispositivo o factor geométrico , ΔV es la diferencia de potencial medido sobre el terreno, e I la corriente inyectada.

Su relación con los elementos del Subsuelo.

En la tabla 20, se observan los valores de resistividad de las rocas más comunes, materiales de suelo y algunas sustancias químicas (Keller y Frischknecht 1966, Daniels y Alberty 1966, Orellana 1982).

El suelo es una mezcla de partículas sólidas, gases, agua y otros materiales orgánicos e inorgánicos. Esta mezcla hace que la resistividad del suelo aparte de depender de su composición intrínseca, dependa de otros factores externos como la temperatura, la humedad, presión, etc. que pueden provocar que un mismo suelo presente resistividades diferentes con el tiempo. De entre todos los factores, la humedad es el más importante; además, es el que se puede alterar más fácilmente mediante la lluvia o el riego del suelo.

Diferentes contenidos de humedad en un mismo terreno darían lugar a resistividades diferentes que podrían llevarnos a interpretaciones erróneas de los materiales constituyentes del suelo. En la Tabla 20 se encuentra un conjunto de valores típicos de resistividad de geomateriales.

Tabla 20. Resistividades de algunos suelos y rocas.

Material	Resistividad (Ωm)
Basamento. Roca sana con diaclasas espaciadas	>10000
Basamento. Roca fracturada	1500-5000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua corriente	100-2000
Basamento. Roca fracturada saturada con agua salada	1-100
Gruss no saturado	500-1000
Gruss saturado	40-60
Saprolito no saturado	200-500
Saprolito saturado	40-100
Gravas no saturadas	500-2000
Gravas saturadas	300-500
Arenas no saturadas	400-700
Arenas saturadas	100-200
Limos no saturados	100-200
Limos saturados	20-100
Limos saturados con agua salada	5-15
Arcillas no saturadas	20-40
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas saturadas con agua salada	1-10
Andosoles secos	1000-2000
Andosoles no saturados	300-1000
Andosoles saturados	100-300

Fuente: Exploración Geotécnica-Relaciones Geoelectricas- DANIEL EDUARDO ARIAS.

6.4.2 Dispositivos:

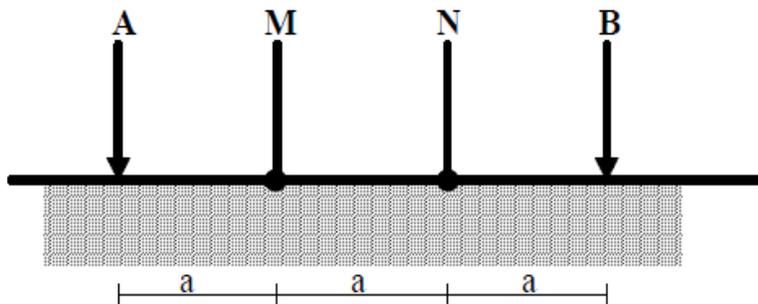
Un dispositivo es un arreglo de electrodos formado con dos pares de electrodos, dos emisores y dos receptores. A través de los electrodos emisores C1C2 se inyecta la corriente continua al terreno midiendo su intensidad con un miliamperímetro en serie, y a través del segundo par se mide la diferencia de potencial entre los electrodos P1P2 con un Milivoltímetro. Se tienen arreglos donde uno o dos electrodos se conectan a una distancia lo suficientemente grande, denominados remotos o infinitos, a la cual no producen perturbaciones en la zona de estudio.

En cualquier dispositivo electródico, 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 $\rho = k \Delta V / I$. El dispositivo utilizado en en la tomografía realizada fue el siguiente:

6.4.2.1 Dispositivo Wenner.

Los electrodos se disponen equidistantes sobre una línea en el orden AMNB (Figura 30).

Figura 30. 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 $K = 2\pi(1/AM - 1/AN - 1/BM + 1/BN)^{-1}$, donde $K = 2\pi a$

6.5 METODOLOGIA

En su sentido más amplio la Tomografía es una técnica geofísica para el estudio del subsuelo que consiste en determinar la distribución de un parámetro físico característico del mismo dentro de un ámbito espacial limitado, a partir de un número muy elevado de medidas realizadas desde la superficie del terreno o desde sondeos.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

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. 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 fórmula:

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

Donde:

d= Distancia entre electrodos

Xtotal= Distancia de la línea extendida

N°electrodos= electrodos a utilizar

También que las medidas se realicen involucrando de forma progresiva varios rangos de profundidad.

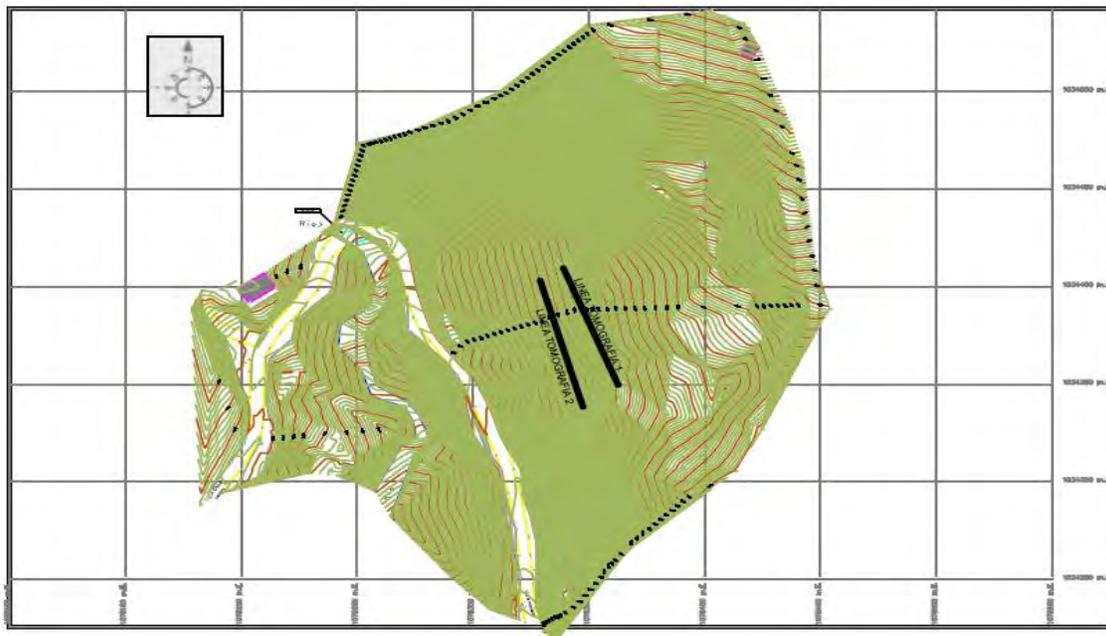
El resultado final de este tipo de estudio es una sección distancia-profundidad con la distribución de la resistividad real del subsuelo, fácilmente comprensible en términos geológicos o geotécnicos. Para obtener estos resultados se procede a insertar los parámetros para el cálculo y la medición de las resistividades en campo, utilizando el método o dispositivo de Wenner.

Para la realización de las tomografías en el sector Chivor Chiquito y San Martín, del municipio de Chivor, se utilizó el equipo TERRAMETER LS 04-064-250 propiedad de la U.P.T.C., con 2 carretes de 210 mts cada uno, 41 electrodos conectados cada uno respectivamente al equipo, para obtener así las siguientes líneas con su respectivo análisis.

6.5.1 TOMOGRAFIA N°1

Localizada en la parte alta del deslizamiento, Coordenadas parte inicial X: 1078339, Y: 1034409, parte final X: 1078362, Y: 1034349, orientación N23°W, con una longitud de 61.5 mts., profundidad obtenida de 11.1 mts., y los electrodos conectados a una distancia de 1.50 mts cada uno.

Figura 31. Localización líneas de tomografía.



Fuente: Resultado del estudio.

Fotografía 20. Parte alta del deslizamiento.



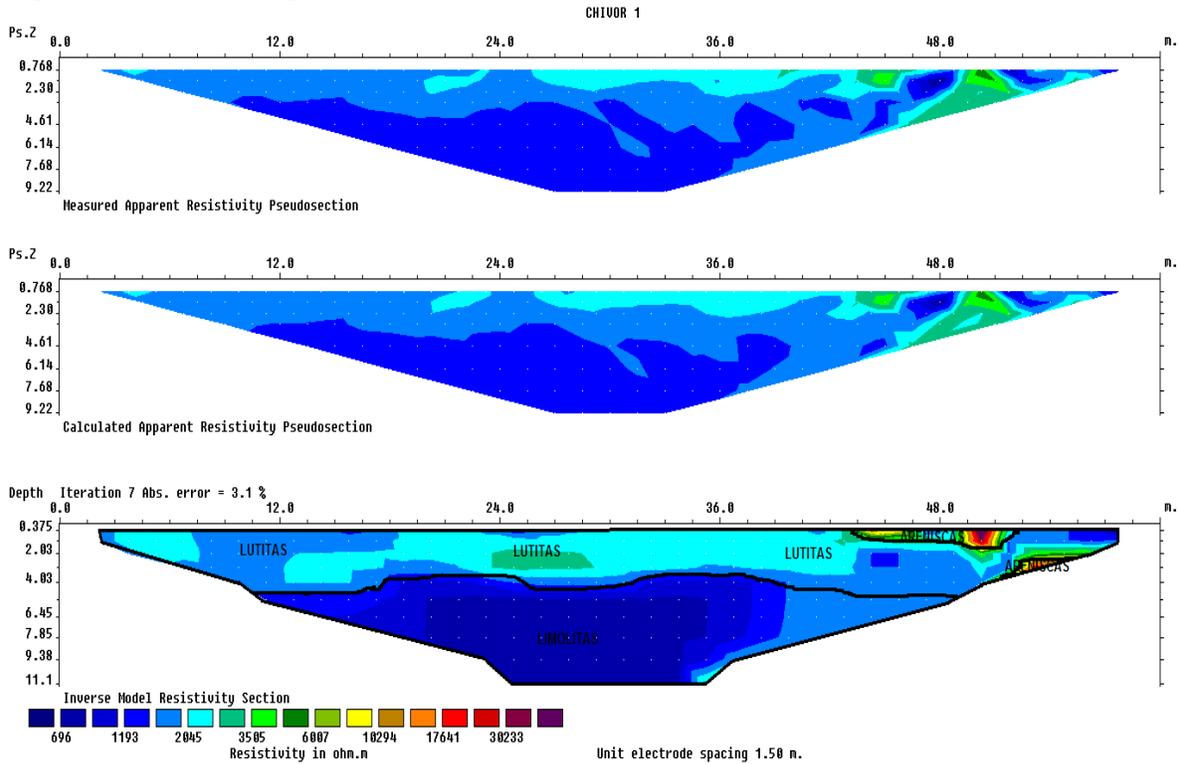
Fuente: Registro fotográfico.

Tabla 21. Resistividades de los materiales presentes en el área de estudio.

MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)	RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$)	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
1	4.03 – 11.1	6.96 – 1193	<i>Limolitas</i>
2	0.375 – 4.03	1194 – 3505	<i>Lutitas</i>
3	0.375 – 3.05	3506 – 30233	<i>Areniscas</i>

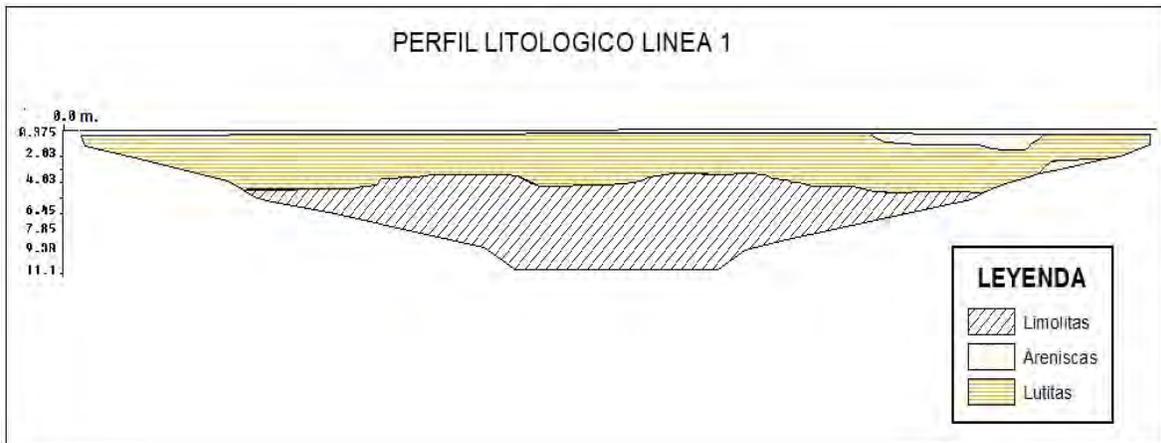
Fuente: Resultado del estudio.

Figura 32. Perfil 1 tomografía.



Fuente: Resultado del estudio.

Figura 33. Perfil litológico 1



Fuente: Resultado del estudio.

6.5.2 TOMOGRAFIA N°2

Localizada en la parte media-alta del deslizamiento Coordenadas parte inicial X: 1078329, Y: 1034402, parte final X: 1078347, Y: 1034338, orientación N17°W, con una longitud de 61.5 mts, profundidad obtenida de 11.1 mts, y los electrodos conectados a una distancia de 1.50 mts cada uno.

Fotografía 21. Parte media-alta del deslizamiento.



Fuente: Registro fotográfico.

Fotografía 22. Parte media-alta del deslizamiento.



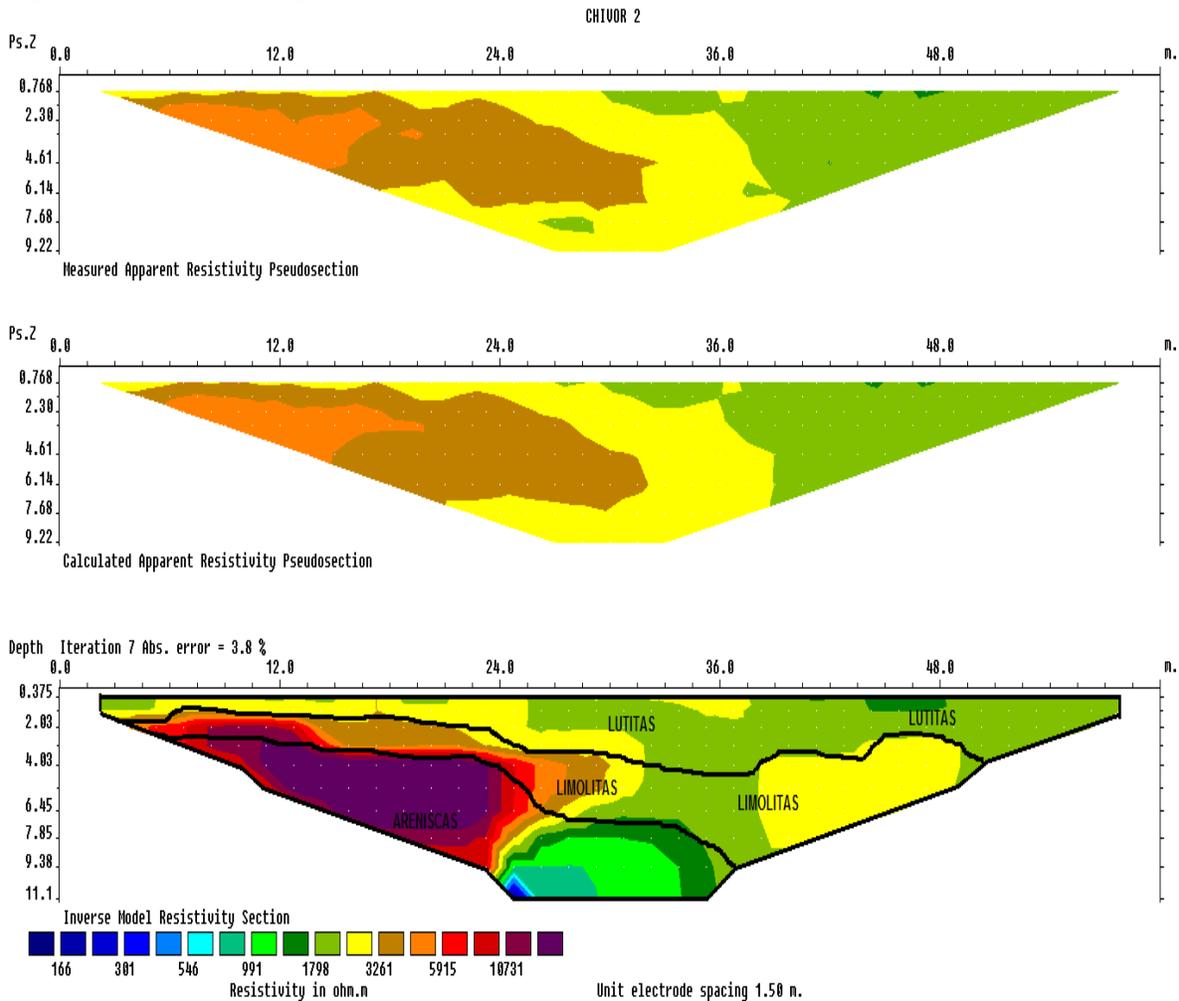
Fuente: Registro fotográfico.

Tabla 22. Resistividades de los materiales presentes en el área de estudio.

MATERIAL	PROFUNDIDAD (m)	RESISTIVIDAD ($\Omega \cdot m$)	INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA
1	4.03 – 11.1	166 – 1798	<i>Limolitas</i>
2	0.375 – 4.03	1798 – 3261	<i>Lutitas</i>
3	0.375 – 3.05	3265 – 10731	<i>Areniscas</i>

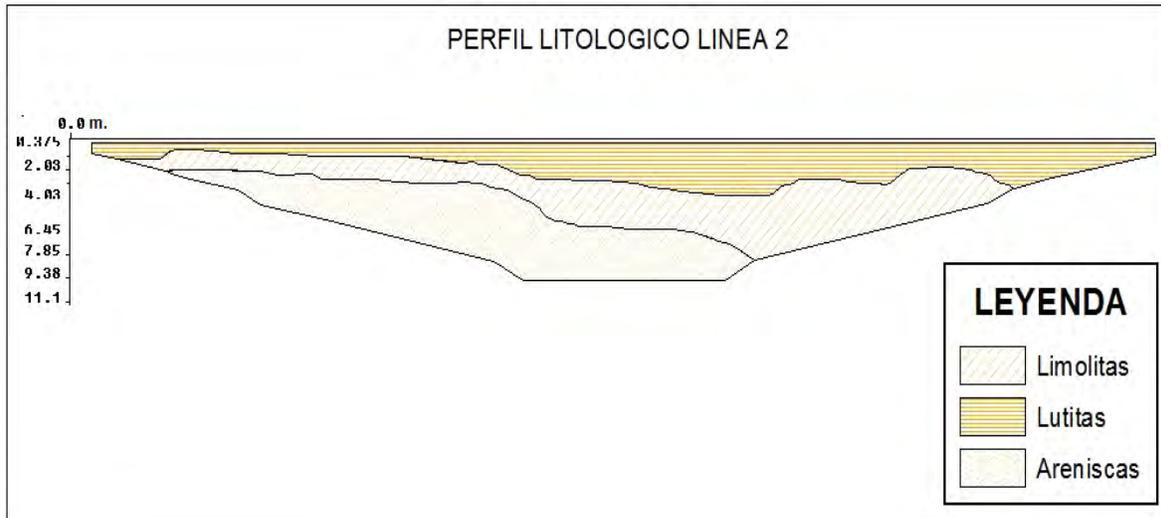
Fuente: Resultado del estudio.

Figura 34. Perfil 2 tomografía.



Fuente: Resultado del estudio.

Figura 35. Perfil litológico 2



Fuente: Resultado del estudio.

6.5.3 RESULTADOS

Con ayuda del software Res2DINX64, se relacionaron datos de las respectivas resistividades de los materiales del área obtenidas por el equipo, resultando así el modelamiento del talud, en la línea 1 se observa que el área está conformada por tres unidades Geoelectricas bien definidas, donde encontramos niveles de Lutitas con rangos de resistividades que oscilan entre 1194 – 3505 $\Omega \cdot m$, Limolitas con resistividades que van desde 6.96 – 1193 $\Omega \cdot m$, y una tercera capa compuesta por areniscas que poseen rangos de resistividades que oscilan entre 3506 – 30233 $\Omega \cdot m$, se puede observar que son rangos bastantes altos debido a anomalías presentes en el área como lo es el rio y que el material se encuentra en estado saturado, ver figuras 32 y 33. Por parte de la línea 2 se puede observar que está conformada por tres unidades Geoelectricas, el primer material compuesto por Lutitas con rangos de resistividades que van entre 1798 – 3261 $\Omega \cdot m$, el segundo

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

son Limolitas, que poseen rangos de resistividades que van entre 166 –1798 Ω *m, y finalmente una tercera capa compuesta por areniscas con resistividades entre 3265 – 10731 Ω *m , como se puede observar los materiales interpretados en las dos líneas de tomografía son correlacionables entre sí, ver figuras 34 y 35.

7 GEOTECNIA

En este capítulo se consignan los aspectos relacionados con la evaluación geotécnica de los fenómenos de remoción en masa (FRM) sector entre Chivor Chiquito y San Martín, municipio de Chivor, sucedidos desde hace unos años, y que han evolucionado hasta afectar considerablemente viviendas y la escuela presente en la zona. Las principales fuentes de información para el estudio geotécnico fueron la observación de campo, los datos obtenidos de la exploración geofísica y geológica, la exploración directa y las pruebas de laboratorio.

A partir de la información obtenida, se realizó el diagnóstico de los distintos fenómenos de remoción en masa, estableciendo hipotéticamente los mecanismos de falla y planteando las medidas aplicables para el tratamiento de las zonas inestables.

7.1 EXPLORACIÓN DE CAMPO

7.1.1 Sondeos geotécnicos

7.1.1.1 Exploración indirecta del sub suelo

La exploración indirecta del sub suelo se realizó por medio de tomografías geoelectricas como se observa en el numeral **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el cual se llevó a cabo después de determinar que el método geoelectrico convencional SEV, no aporta ningún tipo de información importante cuando se aplica al estudio de deslizamientos por tratarse de un medio muy fracturado con altas pendientes además de ser un material removido y saturado.

7.1.1.2 Exploración directa del sub suelo.

La exploración directa del sub suelo consiste en la realización una apique y una trinchera, De estos se tomaron muestras alteradas e inalteradas para realizar los ensayos pertinentes para caracterizar los materiales presentes en esta zona. Además se realizaron sondeos a profundidades de que van de 0 hasta los 8,50 metros de y sus ubicaciones se relacionan en la siguiente Tabla 23; de estos se realizaron los también ensayos de propiedades índices y propiedades mecánicas.

Tabla 23. Coordenadas de los sondeos realizados

CHIVOR			
Sondeo	Coordenadas		Profundidad (metros)
	Este	Norte	
sondeo 1	1,078,359	1,034,400	7.25
sondeo 2	1,078,348	1,034,334	7.75

Fuente: Resultados de la Investigación.

De estos se obtuvieron perfiles geotécnicos del sitio como se observa en la Figura 36

Fotografía 23. Perforación realizada en la zona de estudio



Fuente: Registro Fotográfico.

También se realizaron pruebas in situ como la prueba de penetrometro de bolsillo como se observa en la siguiente fotografía.

Fotografía 24. Prueba de Penetrometro de Bolsillo



Fuente: Registro Fotográfico.

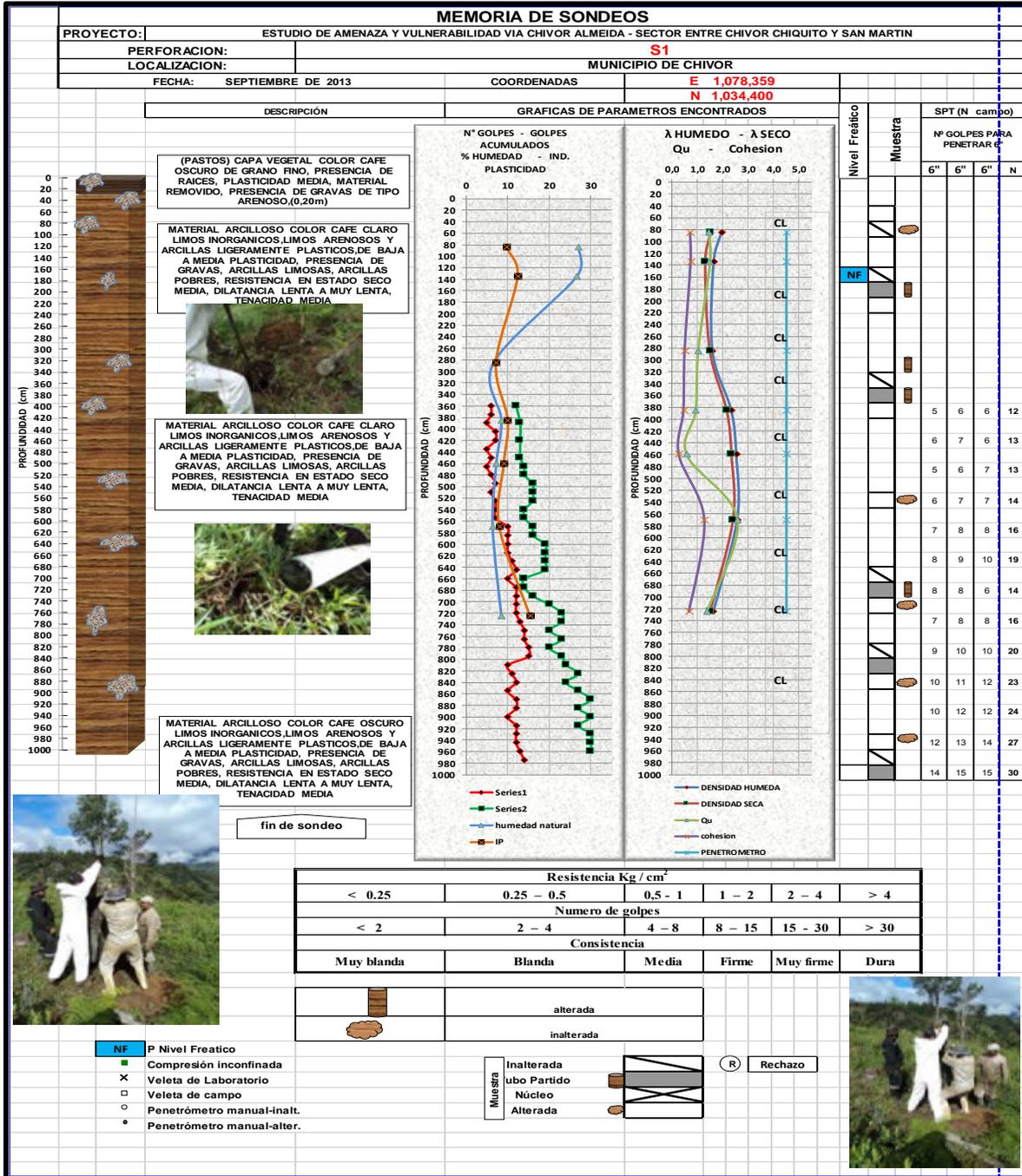
		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

7.2 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO Y SUBSUELO

7.2.1 Trabajos de Laboratorio

De acuerdo con el muestro anterior y con las muestras recolectadas tanto en los sondeos (Suelos) y en los afloramientos (Rocas), en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas de la UPTC Sede Sogamoso se realizaron pruebas índice (Límites de Atterberg, Granulometría, humedad natural, peso unitario), compresión inconfiada y corte directo. A demás de propiedades físicas y mecánicas de las rocas presentes en la zona de estudio, a continuación se realiza una descripción de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas concluyendo con un numeral con los resúmenes de los resultados de estas pruebas.

Figura 36. Perfil Geotécnico S1



Fuente: Resultado del estudio.

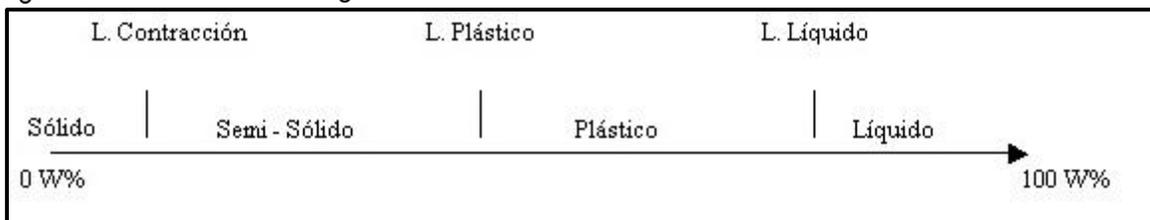
ELABORACIÓN DE ESTUDIO DE RIESGO (AMENAZA Y VULNERABILIDAD) Y DISEÑO DE OBRAS DE ESTABILIZACION EN EL SECTOR CHIVOR CHIQUITO Y SAN MARTIN, MUNICIPIO DE CHIVOR JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR (CORPOCHIVOR).

7.2.1.1 Propiedades índices de los suelos

Límites de Atterberg: El contenido de agua con que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades, para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad), es decir, la propiedad que presenta los suelos hasta cierto límite sin romperse.

Atterberg definió tres límites para la clasificación del suelo; el de retracción o consistencia que separa el estado de sólido seco y el semisólido, el límite plástico, que separa el estado semisólido del plástico y el límite líquido, WL, que separa el estado plástico del semilíquido; estos dos últimos límites (los más usados en la práctica) se determinan con la fracción de suelo que pasa por el tamiz n.º 40 A.S.T.M (0,1 mm).

Figura 37. Límites de Atterbeg



Fuente: Juárez Badillo y Rico Rodríguez.

Humedad natural: Se denomina humedad natural o contenido de agua de un suelo, a la relación entre el peso de agua contenido en el mismo y el peso de su fase sólida, este se expresa como porcentaje.

Peso unitario: El peso unitario es definido como la masa de una masa por unidad de volumen. El peso unitario del suelo varía de acuerdo al contenido de agua que tenga el suelo, que son: húmedo (no saturado), saturado y seco.

Granulometría: Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.

7.2.1.2 Propiedades mecánicas de los suelos

Compresión no confinada: El objetivo primario del ensayo de compresión no confinada es obtener rápidamente un valor aproximado de la resistencia a la compresión de los suelos que tienen suficiente cohesión para ser sometidos a dicho ensayo.

Fotografía 25. Muestra fallada en el ensayo de compresión no confinada.

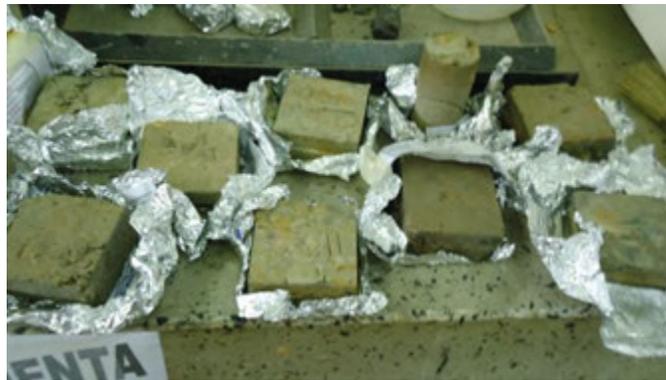


Fuente: Resultado del estudio.

Corte directo: Con el ánimo de establecer la resistencia al corte de algunos de los materiales más débiles dentro del área de estudio, se llevaron a cabo pruebas de corte directo en los suelos presentes para establecer las condiciones de resistencia disponible en la zona y llegar a realizar el análisis con respecto a las fuerzas actuantes.

Nota (*): Debido al grado de alteración se optó por realizar las pruebas de corte directo con muestras remoldeadas, esto tanto como para las pruebas de corte directo como para compresión no confinada.

Fotografía 26. Muestras a las que se les realizó la prueba de corte directo.



Fuente: Resultado del estudio.

7.2.2 Resumen de resultados

En general los ensayos realizados reflejan la particularidad de materiales finos en el subsuelo según la Carta de Clasificación de Casagrande, los suelos fueron clasificados dentro del grupo CL (material limoso de baja plasticidad) correspondientes al material de relleno, arcillas limosas, con peso unitario de 1.6 – 2.303 gr/cm³, con limite líquido < 38% e IP entre 7% y 17%.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Los resultados de las propiedades mecánicas reflejan una resistencia a la compresión simple de 2.57 kg/cm², cohesión de 0.287 – 1.286 Kgf/cm², ángulos de fricción entre 8° y 17°. Estos resultados de las propiedades físicas y mecánicas se utilizaron para el análisis de estabilidad. En el anexo 4, se presentan los formatos correspondientes a los ensayos de laboratorio, de los cuales se presenta una tabla resumen (Tabla 24).

7.3 Clasificación del Macizo Rocoso.

“Las clasificaciones de macizos rocosos fueron diseñadas u organizadas con la finalidad de obtener los parámetros geomecánicos que permitan un fácil manejo en el diseño de las obras de ingeniería. Los macizos rocosos, como medios discontinuos, presentan un comportamiento geomecánico complejo que, de una forma simplificada, puede ser estudiado y categorizado en función de su aptitud para distintas aplicaciones.” (González de Vallejo, 2002). Para el estudio fueron utilizadas las clasificaciones en función del R.Q.D., la clasificación geomecánica de Bienawski (R.M.R.), y la clasificación del índice geológico de resistencia (GSI) propuesto por Hoek y Brown.

7.3.1 Índice de Calidad de la Roca (RQD):

EL RQD determina el grado de fracturación del macizo rocoso. Este parámetro se puede determinar a partir de núcleos de roca recuperados en sondeos con longitud mayor de 10cm; a partir del número volumétrico de juntas (J_v), como el número de discontinuidades por metro cúbico de macizo; ó, en función de la frecuencia de discontinuidades (λ), que indica el número de juntas por metro lineal en el macizo. Para el proyecto se determinó por medio de la frecuencia de

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

discontinuidades obtenida del mapeo geológico y de la descripción de las perforaciones de exploración. La determinación del RQD a partir de la frecuencia de discontinuidades se puede realizar por medio de la siguiente expresión que proporciona el valor teórico mínimo del RQD:

$$RQD = 100exp^{-0.1\lambda}(0.1\lambda + 1)$$

Donde,

λ : Número de discontinuidades por distancia medida.

En profundidad se obtuvo el R.Q.D. por zona, a partir del registro detallado de las perforaciones. Los valores del parámetro RQD se representan en los siguientes rangos:

Tabla 24. Resumen de resultados ensayos de laboratorio

 UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS SECCIONAL SOGAMOSO		L.S.R.																
MEMORIA DE SONDEOS																		
PROYECTO:		ESTUDIO DE AMENAZA Y VULNERABILIDAD VIA CHIVOR ALMEIDA - SECTOR ENTRE CHIVOR CHIQUITO Y SAN MARTIN																
APIQUES/MUESTREO		S1 - S2																
LOCALIZACION:		MUNICIPIO DE CHIVOR - BOYACA																
FECHA:		SEPTIEMBRE DE 2013																
inalterada																		
alterada																		
												RESISTENCIA AL CORTE SUELOS						
SONDEO / APIQUE N°	MUESTRA N°	TIPO DE MUESTRA	PROF. (m)	COORDENADAS		PROPIEDADES FISICAS SUELOS					CORTE DIRECTO		λ HUMEDO	λ SECO	COMPRESION INCONFINADA		PENETROMETRO	
				E	N	Wn (%)	LL	LP	IP	CLASIF (U.S.C.)	P.T.N° 200 %	φ	C	Peso Unitario	Peso Unitario	qu	C	BOLSILLO Kg/cm ²
SONDEO 1	1		0,85	1,078,359	1,034,400	27,01	29,05	19,30	9,75	CL	6,675			1,9497	1,5243	1,4587	0,72935	4,5
	2		1,35	1,078,359	1,034,400	26,62	25,99	13,51	12,48	CL	12,739			1,6396	1,3135	1,491	0,7455	4,5
	3		2,85	1,078,359	1,034,400	6,71	25,23	18,06	7,17	CL	10,009	8,643	0,488	1,5934	1,499	1,0237	0,51185	4,5
	4		3,85	1,078,359	1,034,400	8,52	26,3	16,25	10,05	CL	8,303			2,3402	2,1647	0,9326	0,4663	4,5
	5		4,60	1,078,359	1,034,400	7,32	22,03	12,94	9,09	CL	12,028			2,5388	2,3539	0,5749	0,28745	4,5
	6		5,70	1,078,359	1,034,400	6,44	29,04	21,05	7,99	CL	5,055			2,573	2,4158	2,573	1,2865	4,5
	7		7,25	1,078,359	1,034,400	8,52	38,61	23,08	15,53	CL	12,793			1,6262	1,5072	1,364	0,682	4,5
SONDEO 2	1		1,00	1,078,348	1,034,334	26,94	34,42	19,23	15,19	CL	9,131			2,3349	1,8334	1,5086	0,7543	4,5
	2		1,75	1,078,348	1,034,334	26,53	31,41	19,05	12,36	CL	12,042			1,6791	1,3522	1,5244	0,7622	4,5
	3		3,25	1,078,348	1,034,334	6,69	29,51	22,22	7,29	CL	5,22	17,745	2,129	1,6685	1,5792	1,0703	0,53515	4,5
	4		4,00	1,078,348	1,034,334	8,48	26,27	15,91	10,36	CL	5,021			2,3465	2,1776	0,9845	0,49225	4,5
	5		5,20	1,078,348	1,034,334	7,30	28,94	20,78	8,16	CL	2,443			2,6156	2,4271	0,6164	0,3082	4,5
	6		6,15	1,078,348	1,034,334	6,41	28,49	19,15	9,34	CL	9,163			1,902	1,795	1,0876	0,5438	4,5
	7		7,75	1,078,348	1,034,334	8,47	24,34	15,69	8,65	CL	9,096			1,6723	1,5564	1,4159	0,70795	4,5

Fuente: Resultados de la investigación.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- 1: <25% : Muy Mala (MM)
2. 25-50: Mala (M)
3. 50-75: Regular(R)
- 4: 75-90: Buena (B)
- 5: 90-100: Muy Buena (MB)

Para las medidas superficiales tomadas en el mapeo geológico, se obtuvo un resultado de RQD dentro del rango **75-90%** para las rocas del Ktg, lo cual indica una buena calidad del macizo según los rangos establecidos para esta caracterización.

7.3.2 Clasificación Según el RMR:

Desarrollado por Bieniawski en 1973, con actualizaciones en 1979 y 1989, constituye un sistema de clasificaciones de macizos rocosos que permite a su vez relacionar índices de calidad con parámetros geotécnicos del macizo. Esta clasificación tiene en cuenta los siguientes parámetros geotécnicos:

- Resistencia a la compresión uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturación en términos del RQD.
- Espaciado de las discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones de agua subterránea.
- Corrección por la orientación de las discontinuidades con respecto a la excavación.

La incidencia de estos parámetros en el comportamiento geomecánico de un macizo rocoso se expresa por medio del **índice de calidad RMR, rock mass rating**, que varía de 0 a 100. (Gonzales de Vallejo, 2002).

Los rangos para la clasificación del **índice de la calidad RMR** son de acuerdo a las siguientes clases:

- I Muy Buena 100-81
- II Buena 80-61
- III Media 60-41
- IV Mala 40-21
- V Muy Mala menos a 20

Procesando los resultados de resistencia a compresión simple, de R.Q.D., de las condiciones de discontinuidades, de las condiciones de agua subterránea de acuerdo a lo observado en campo y, realizando la corrección correspondiente, fue posible realizar la clasificación geomecánica del macizo rocoso. En la siguiente tabla se muestra el resultado de la clasificación por el método RMR para los afloramientos presentes.

Tabla 25. Resumen de Resultados de la Clasificación RMR

Parámetro de clasificación		CHIVOR	
		LUTITAS	
		Parámetro	Valuación
Resistencia Compresión simple (MPa)		18	6
R.Q.D (%)		Regular	10
Separación de las discontinuidades		Mj	8
Estado de las discontinuidades	Rugosidad - JRC	Muy Rugosa	6
	Abertura	Cerrada	6
	Relleno	Duro	5
	Alteración	Mod. Alt.	3
	Continuidad	1-3 m	3
Agua subterránea		LIG. HÚMEDO	12
VALORACIÓN RMR		57	

VALORACIÓN GSI		56	
VALORACION DE Q'		4,2	
Ajuste	Favorables/Medias	-5	-25
VALOR RMR		52	32
Clase		III Media	IV Mala

Fuente: Resultados de la investigación.

7.3.3 Clasificación Según el Índice Geológico de Resistencia (GSI):

Clasificación de macizos propuesta por Hoek y Brown, como un parámetro de condición del macizo rocoso en función de la condición estructural y del estado de las discontinuidades, para la aplicación del criterio generalizado de Hoek y Brown (2002), con el fin de establecer la envolvente de resistencia del macizo rocoso. Para su determinación se propone la utilización de la Figura 38

Figura 38. Guía para la definición del Índice geológico de resistencia (GSI).

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (GSI)	Condición de la superficie				
	Disminución en calidad de superficie				
	Muy buena	Buena	Moderada	Escasa	Muy escasa
 <p style="font-size: x-small;">INTACTA O MASIVA - macizo rocoso con pocas discontinuidades, carente de planos de deformación.</p>	80	70			
 <p style="font-size: x-small;">POCO FOLIADA - macizo rocoso parcialmente fracturado con hasta tres sistemas de discontinuidades. Puede contener intercalaciones de rocas foliadas.</p>		60	50		
 <p style="font-size: x-small;">MODERADAMENTE FOLIADA - macizo rocoso fracturado constituido por intercalaciones de rocas foliadas y no foliadas en proporciones semejantes.</p>			40	30	
 <p style="font-size: x-small;">BRECHADA - macizo rocoso muy alterado tectónicamente con aspecto brechoso.</p>				20	10
 <p style="font-size: x-small;">MUY FOLIADA - macizo rocoso plegado, altamente fracturado, constituido únicamente por rocas muy foliada.</p>	N/A	N/A			5

Fuente: Resultados de la investigación.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Dada la sencillez de la guía para la determinación del GSI, y en cierta medida su subjetividad se propone para valores de GSI mayores que 25 que este pueda ser establecido a partir del valor de clasificación RMR89, teniendo en cuenta que se debe tomar el valor RMR sin corrección por orientación de discontinuidades y una valuación de condiciones de agua subterránea igual a 15. De acuerdo a lo anterior el valor de GSI 56 respectivamente como se observa en la 0.

7.4 CINEMÁTICA DE LOS MOVIMIENTOS

El comportamiento cinemático de los movimientos complejo y depende de varios factores (Pellegrino y otros, 2000):

El volumen o caudal de suelo en movimiento. Este volumen puede ser suministrado por un deslizamiento o por varios deslizamientos.

Las propiedades mecánicas de los materiales constitutivos del flujo, especialmente la resistencia y compresibilidad.

La pendiente o canal sobre el cual fluye el suelo.

El contenido de agua.

7.5 CAUSAS DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

7.5.1 Causas Reales

Las causas directas de los fenómenos de remoción en masa corresponden a aquellos factores inherentes a la naturaleza del terreno, que lo hace potencialmente inestable. La ocurrencia generalmente está relacionada con la saturación de los materiales subsuperficiales. Algunos suelos absorben agua muy fácilmente y la saturación conduce a la formación del movimiento, también la susceptibilidad geomorfológica dadas las altas pendientes de algunos sectores, el tipo de material por tratarse de material coluvial, la condición de los materiales

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

rocosos subyacentes al suelo, que se encuentra muy fracturado como producto del intenso fallamiento presente.

7.5.2 Causas Inmediatas

Las causas inmediatas son también conocidas como detonantes de la inestabilidad, y corresponden a aquellos factores exógenos que producen en ultimas los movimientos del terreno.

Como detonantes de los eventos se han establecido los siguientes:

La baja capacidad de capturar agua del material pero no de transmitirla lo cual hacer que se generen grandes presiones las cuales generan la fuerza indicada para el desplazamiento del movimiento.

El agua proveniente de las precipitaciones, que aunque no son frecuentes, han ocurrido en épocas que están asociadas a los mayores movimientos ocurridos.

La baja resistencia al corte o de fricción del material en el cual se produce la superficie de falla.

El mal uso de suelo, la ocupación de drenajes naturales para regadío de cultivos, tala y pastoreo.

Los eventos sísmicos con alguna influencia en la zona se constituyen también en factores detonantes.



Existen otros factores detonantes de menor importancia que pueden mencionarse, como las vibraciones y sobrecargas provenientes del tránsito vehicular, las sobrecargas asociadas a los botaderos y el mal uso del suelo.

7.6 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y MODELACIÓN GEOTÉCNICA

La modelación geotécnica tiene como objetivo verificar las condiciones actuales de estabilidad de la vereda piedra larga, el cual afecta las viviendas presentes en la zona.

Los modelos constituyen simplificaciones de problemas complejos acorde con la realidad, que permiten comprender mejor el funcionamiento de un sistema, son muy utilizados en todas las ciencias, aunque adquieren una gran relevancia en la Ingeniería Geológica, para este modelamiento se deben tener en cuenta tres aspectos fundamentales, Modelo Geológico, Modelo Geomecánico, para así poder llegar al Modelos Geotécnico del comportamiento del terreno (Modelo Numérico). El modelamiento geotécnico se establece con estos criterios, La exploración del subsuelo y las condiciones geológicas encontradas vistas en los numerales anteriores. Debido a la complejidad del fenómeno de remoción en masa se sectorizo en tres partes a las cuales se le realizo su respectivo análisis mostrado en los perfiles de plano de exploración geotécnica.

La modelación se realizó con el programa de estabilidad de taludes Slide V.6, desarrollado por la firma Rocscience de Canadá, el cual trabaja con el método de equilibrio límite y dovelas. Dentro de los métodos de análisis se consideraron el método de fellenius, el método de Bishop simplificado, y el método de Janbu Simplificado y Corregido.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR -CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Modelamiento del comportamiento hidráulico.

Respecto al agua subterránea, a pesar que en las exploraciones no se encontró un nivel freático, se consideró su efecto con el coeficiente Ru , coeficiente que se define como:

$$Ru = \frac{u}{\sigma_v}$$

u : Presión de poros en la base de la dovela.

σ_v : Esfuerzo vertical total en la base de la dovela.

El coeficiente Ru tiene un rango de variación de 0 (terreno seco) hasta 0,5 (terreno saturado).

Efecto de la Aceleración Sísmica en el Modelo.

El Municipio de Chivor se encuentra en una zona de Amenaza Sísmica Alta, de acuerdo a la Norma Colombiana Sismorresistente, por tanto el efecto sísmico es un aspecto relevante en la estabilidad de taludes. El efecto sísmico fue considerado con la aplicación de un análisis Pseudoestático a partir de la siguiente expresión:

$$\sum F = m * a$$

Donde,

F: Fuerzas.

m: Masa de la dovela.

a: aceleración.

La aceleración aplicada a cada masa, corresponde a un porcentaje de la aceleración de la gravedad, el cual se define de acuerdo a los coeficientes de aceleración horizontal y vertical propuestos en la norma sismorresistente y a un coeficiente de reducción del coeficiente de aceleración, de acuerdo a las

características del terreno. Para el Municipio de Chivor los coeficientes de aceleración horizontal (Aa) y vertical (Ad) son iguales a 0.16 y 0.07 respectivamente, de acuerdo a la NSR-10, sin embargo la versión vigente del código colombiano sismorresistente, indica que los coeficientes se tomen igual al valor mayor, en este caso 0.25 y 0.25. El coeficiente de reducción de los coeficientes de aceleración para suelos y macizos rocosos con R.Q.D menores a 50%, es igual a 0.8 (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Tabla 26. Coeficientes de aceleración sísmica para el departamento Boyacá

Nº	Municipio	Código	Aa	Av	Zona de Amenaza Sísmica	Ae	Ad
1	Tunja	15001	0.20	0.20	Intermedia	0.15	0.07
23	Chivor	15236	0.25	0.25	Alta	0.16	0.08
24	Ciénega	15189	0.20	0.25	Alta	0.16	0.08
121	Villa de Leyva	15407	0.20	0.20	Intermedia	0.09	0.05
122	Viracachá	15879	0.20	0.25	Alta	0.16	0.08
123	Zetaquirá	15897	0.20	0.25	Alta	0.16	0.08

Fuente: Título A NSR – 10

Tabla 27. Coeficientes de reducción de coeficientes de aceleración sísmica

MATERIAL	Kst/amax Minimo	Análisis de Amplificación mínimo
Suelos enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD<50%)	0.8	Ninguno
Macizos rocosos (RQD>50%)	1	Ninguno
Todos los materiales terrosos	0.67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas
Todos los materiales terrosos	0.5	Amplificación de onda bidimensional

Fuente: Tabla H.5.2-1 Título H NSR – 2010.

Por tanto el coeficiente de aceleración para análisis pseudoestático resulta:

$$k = k_{ST} * A_a = 0.8 \times 0,25 = 0,2$$

El método de cálculo utilizado para el caso fue el de equilibrio límite que define el factor de seguridad (F.S.) como:

$$F.S. = \frac{\text{Fuerzas resistentes}}{\text{Fuerzas actuantes}}$$

Con estos elementos se procedió a evaluar las condiciones de estabilidad de la zona.

7.6.1 Análisis estructuralmente controlado

Se realizó un análisis estructuralmente controlado para determinar esas zonas donde es probable posibles mecanismos de falla por consecuencia de las estructuras geológicas, este se realizó respecto a las diferentes direcciones de las laderas presentes en la zona y se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 28. Resultado análisis estructuralmente estructurado falla planar.

ANÁLISIS CINEMÁTICO						
PLANAR						
Rango	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO			RANGO BUZAMIENTO		
1	60	A	100	20	A	15
2	14	A	54	20	A	56
3	295	A	335	5	A	34

Fuente: Resultados de la investigación.

Tabla 29. Resultado análisis estructuralmente estructurado falla cuña.

ANÁLISIS CINEMÁTICO						
CUÑA						
Rango	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO			RANGO BUZAMIENTO		
1	95	A	135	0	A	11
2	10	A	50	0	A	10
3	311	A	351	0	A	34

Fuente: Resultados de la investigación.

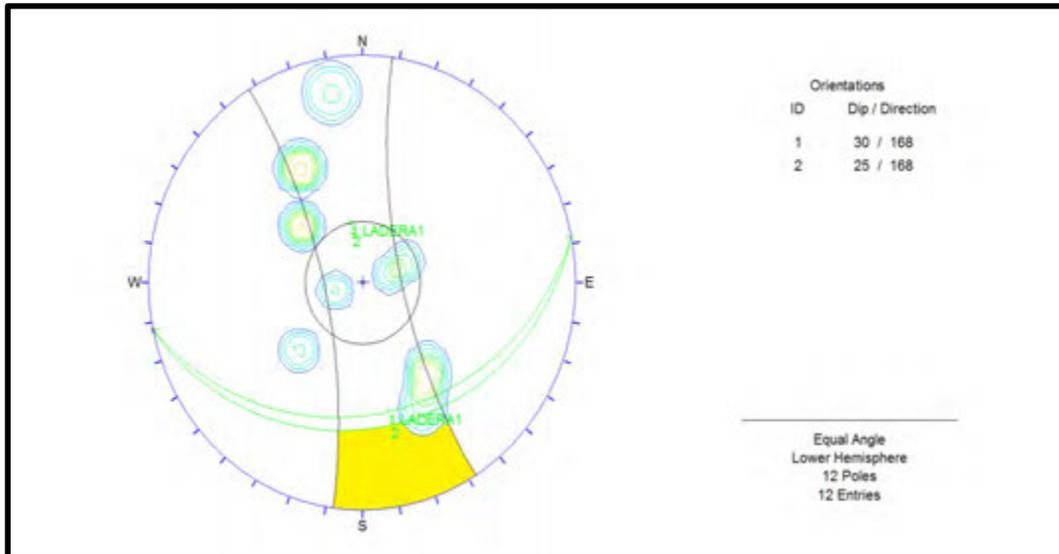
Tabla 30. Resultado análisis estructuralmente estructurado falla cuña.

ANÁLISIS CINEMÁTICO						
VOLTEO						
Rango	DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO			RANGO BUZAMIENTO		
1	50	A	100	65	A	90
2	285	A	335	65	A	90
3	150	A	200	65	A	90

Fuente: Resultados de la investigación.

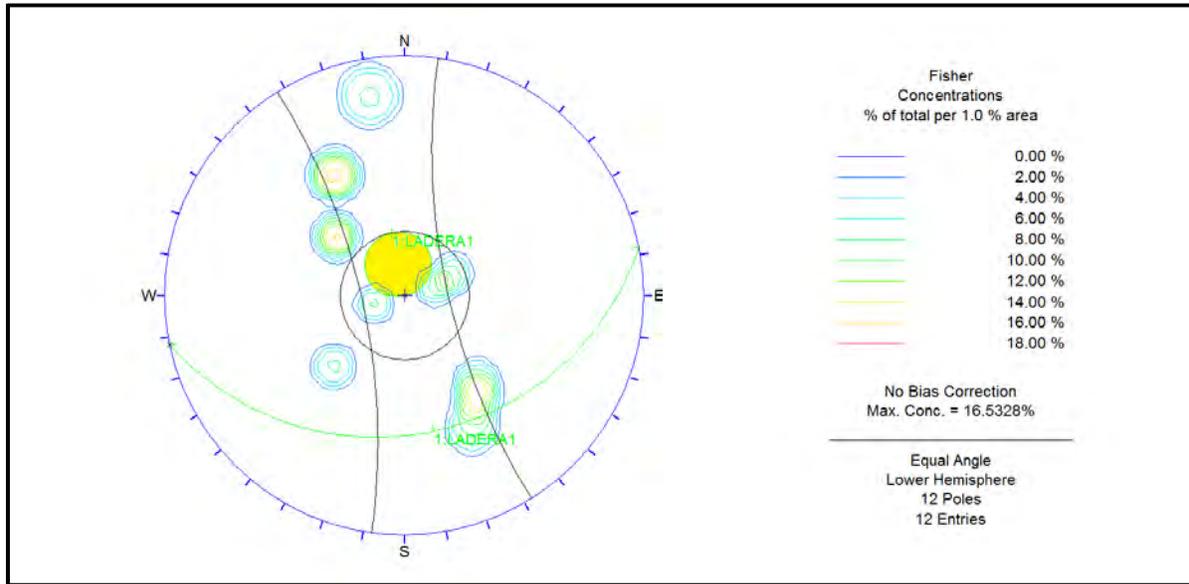
Las anteriores tablas reflejan los posibles rangos de dirección de buzamiento de las laderas y la inclinación que deben cumplir para que cada una de las fallas ocurra; estas se obtienen tras analizar cada una de las estructuras presentes en esta zona como se observa de manera esquemática en las figuras 39, 40 y 41.

Figura 39. Análisis cinemático, falla por volcamiento



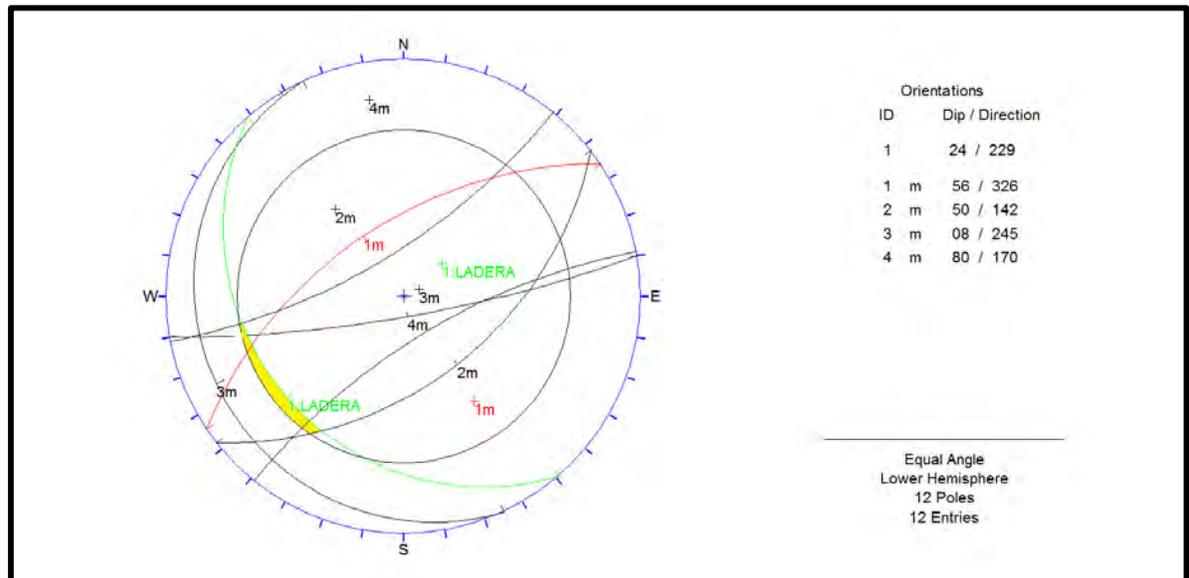
Fuente: Resultados de la investigación.

Figura 40. Análisis cinemático falla planar



Fuente: Resultados de la investigación.

Figura 41. Análisis cinemático falla por cuña



Fuente: Resultados de la investigación.

7.6.2 Análisis estructuralmente no controlado

Este análisis se consideró para el sitio donde ya se evidencio el movimiento en la parte de los depósitos, aunque no obstante también se consideran las rocas que intervienen. En este análisis se observan el siguiente A–A’.

Las propiedades Físico-mecánicas utilizadas son resultado de los diferentes ensayos realizados donde se utilizaron los datos más bajos obtenidos ya que estos reflejan las condiciones críticas del movimiento y en algunos casos se aplicó factores de reducción a los resultados ya algunas pruebas de resistencia se realizaron sobre muestras re moldeadas, esto con el fin de poder llegar a contempla un modelo que se acerque a la verdad y no diciendo que este sea igual.

Tabla 31. Valores de Propiedades Físicas y Mecánicas Utilizadas en los Modelos de estabilidad.

Material Name	Color	Unit Weight (kN/m ³)	Strength Type	Cohesion (kPa)	Phi (deg)	UCS (kPa)	m	s	a	Water Surface	Ru
Qc		18	Mohr-Coulomb	20	17					None	0.2
Kilm		22	Generalised Hoek-Brown			3500	2.52129	0.00482795	0.504991	None	0.2

Fuente: Resultados del Proyecto.

La parte superior del deslizamiento se observa en la Fotografía 27

Fotografía 27. Parte superior del movimiento

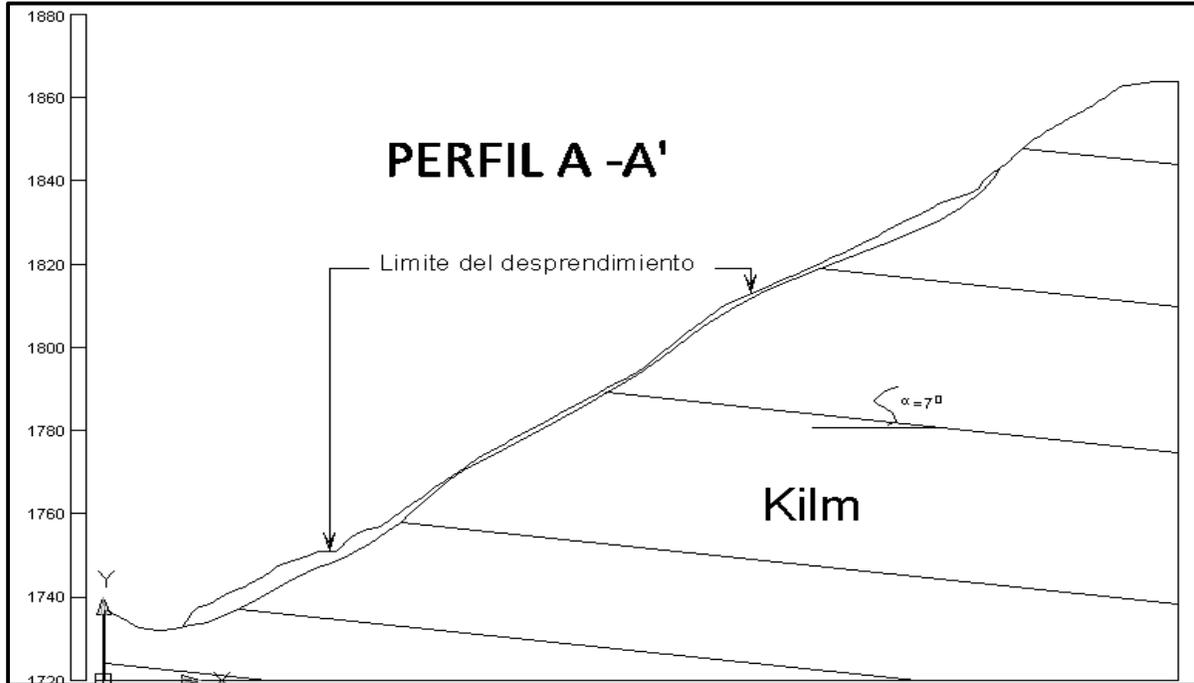


Fuente: Registro fotográfico.

El modelo gráfico el modelo analizado relaciona los datos obtenidos de la campaña de exploración geológica y geotécnica. La parte de geología aporta el perfil geológico y los parámetros mecánicos se obtienen en de los resultados de los diferentes ensayos anteriormente relacionados en el trabajo de laboratorio.

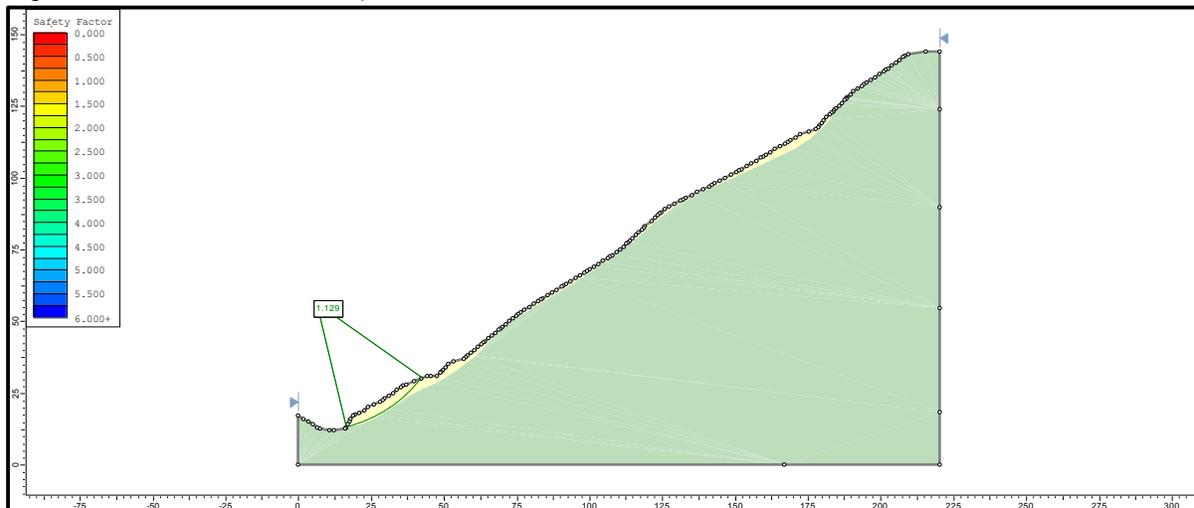
Para este caso se analizado el perfil AA' ya que este refleja el comportamiento del deslizamiento como tal.

Figura 42. Perfil geológico AA'



Fuente: Resultados del estudio.

Figura 43. Modelo de análisis perfil A-A'



Fuente: Resultados del estudio.

Los resultados de este análisis se relacionan en las siguientes tablas.

Tabla 32. Factores de seguridad para el modelo perfil A-A'

Condición del modelo	Factor de Seguridad			
	Met. Fellenious	Met. Bishop Simplificado	Metodo de Janbu Simple	Metodo de Janbu Corregido
Condición de agua subterránea normal ($R_u = 0.1$)	1.180	1.165	1.151	1.197
Condición de agua subterránea crítica ($R_u = 0.3$)	1.087	1.018	1.007	1.047
Condición de agua subterránea media ($R_u = 0.5$) y sismo (análisis pseudoestático)	0.744	0.702	0.690	0.712

Fuente: Resultados del estudio.

Como resultado de este capítulo se realiza el mapa Geomecánico que representa las zonas con condiciones homogéneas de resistencia de suelos, clasificación de las rocas, además de involucrar los factores de seguridad de los perfiles analizados y las zonas donde se observa los potenciales mecanismos de falla. Debido a la complejidad del movimiento es complicado establecer un modelo en dos dimensiones que refleje la realidad de mismo por tal motivo los modelos geotécnicos aquí presentados no representan la realidad del movimiento.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

8 ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

8.1 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE AMENAZAS

Se entiende como amenaza por fenómenos de remoción en masa, la probabilidad de ocurrencia de movimientos del terreno potencialmente perjudiciales en un área dada en un periodo específico. Usualmente una zonificación de amenazas es el resultado de la evaluación de parámetros topográficos, geológicos, geomorfológicos, climáticos, hídricos, agrologicos y geotécnicos, de donde se obtiene la susceptibilidad; luego, si a ello se agrega el potencial efecto de factores detonantes tales como el agua en sus diversas formas (precipitaciones, infiltraciones, fugas, escorrentía), las sobrecargas de origen antrópico o natural y los sismos, entonces se llega a establecer la amenaza.

- **Amenaza;** es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente dañino, caracterizado por una cierta intensidad, dentro de un periodo dado y en un área determinada.
- **Vulnerabilidad;** es el sistema de condiciones y procesos resultado de los factores físicos, sociales, económicos, culturales y ambientales, que aumentan o disminuyen la susceptibilidad de una comunidad o infraestructura al impacto de las amenazas.

- **Riesgo**; es la probabilidad de que se produzcan pérdidas socio-económicas en un determinado momento y en un área del territorio determinada, a causa de una amenaza.

Existen amenazas por inundación, erosión hídrica y fenómenos de remoción en masa, las cuales es importante identificar y caracterizar, para tomar medidas de mitigación que permitan la disminución de la vulnerabilidad y la complementación de los planes de emergencia para cada sector.

Tabla 33. Parámetros físicos y naturales estimados para la Identificación de Zonas Inestables (Deslizamientos)¹

TIPOLOGÍA DE INDICADORES POR SU NATURALEZA	INDICADORES (ANTECEDENTES)	INDICADORES POTENCIALES
Geológicos	Afloramiento de rocas alteradas (diaclassadas), estructuras de formas irregulares.	Planos de fracturamiento a favor de la pendiente, estructuras rocosas de formas irregulares, material poco consolidado o deleznable.
Geomorfológicos	Terreno con pequeñas depresiones, relieve ondulado, existencia de escarpes y/o contrapendientes.	Pequeñas depresiones, relieve ondulado, apertura de grietas en el terreno
Hidrogeológicos	Abundancia relativa de agua (zonas de mayor vertimiento hídrico), suelos saturados, régimen cambiante de corrientes	Abundancia relativa de agua y zonas de surgencia hídrica. Suelos con alto porcentaje de

¹ (Adaptación Grupo de investigaciones UPTC, Metodología para el análisis de los riesgos naturales, (MET-ALARN) Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación).

	hídricas, acumulación o estancamiento de agua en proximidades a zonas inestables, desviación de ríos.	humedad o mojados en tiempo continuo.
Vegetales	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, troncos torcidos y/o inclinados, rotura de raíces y raíces tensas, discontinuidades repentinas en la cobertura vegetal.	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, raíces tensas. Árboles tumbados en la parte baja del tronco.
Estructurales	Postes inclinados, cables tensos o flojos, casas o construcciones agrietadas o inclinadas, grietas u ondulaciones en los pavimentos o capas de rodadura, cercos desplazados.	
Toponimia	Nombres de lugares que pueden sugerir inestabilidad del terreno como Cerro Agua Blanca, Vereda Volcaneras.	
Históricos	Testimonios o documentos de eventos pasados.	

Fuente: Resultados del estudio.

La metodología empleada está enmarcada dentro del tipo de información disponible, así como la escala y finalidad de trabajo, en tal sentido el presente estudio se basa en:

- Revisión de la cartografía básica existente (topográfica, geológica, geomorfológica, geotécnica, usos del suelo, cobertura vegetal).
- Selección de la base topográfica para la elaboración y presentación de los planos solicitados.
- Identificación de unidades geológicas superficiales, geomorfología y procesos morfodinámicos activos o potenciales a través de visitas a campo.

- Elaboración de información temática complementaria como cobertura y usos del suelo, precipitaciones, sismicidad, factor antrópico (cortes, rellenos, manejo de aguas de escorrentía y superficiales).
- Elaboración del modelo geológico-geotécnico (determinación de los aspectos intrínsecos, factores contribuyentes y detonantes).
- Determinación de las posibles zonas homogéneas, mecanismos de falla, caracterización del drenaje y su relación con los fenómenos de inestabilidad potenciales y activos.

8.2 RESULTADO DE ANALISIS

Para la clasificación de la amenaza de la zona se utilizaron como criterios de categorización los presentados en la Tabla 34, teniendo en cuenta los parámetros de la Metodología de Leone.

Tabla 34. Categorización de amenazas por FRM.

CATEGORÍA DE AMENAZA	F.S. CONDICIONES NORMALES	F.S. CONDICIONES EXTREMAS
BAJA	> 1.9	> 1.3
MEDIA	1.2 – 1.9	1.0 – 1.3
ALTA	< 1.2	< 1.0

Fuente: Resultados del estudio.

Se realiza una evaluación de la amenaza a partir de la norma NSR-10, donde se establecen los factores de seguridad para taludes los cuales se presentan en la Tabla 35.

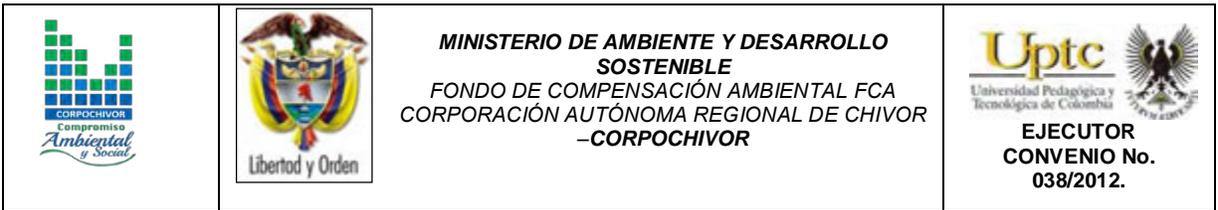


Tabla 35. Categorización de amenaza por (FRM) según nsr-10

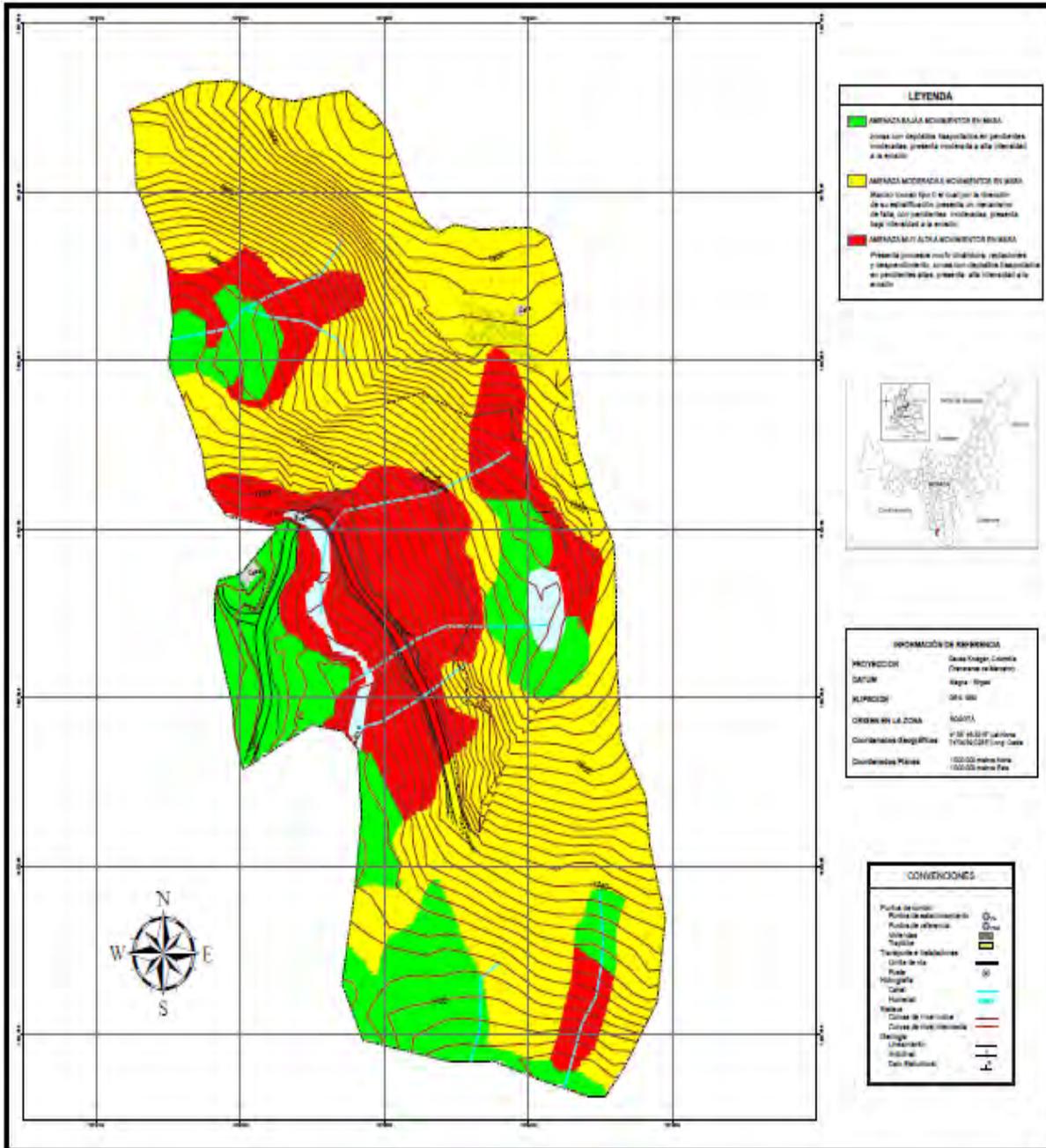
CONDICION	F.S. BASICOS MINIMOS DIRECTOS
TALUDES - CONDICION ESTATICA Y AGUA SUBTERRANEA NORMAL	1.5
TALUDES – CONDICION SEUDO – ESTATICA CON AGUA SUBTERRANEA NORMAL Y COEFICIENTE SISMICO DE DISEÑO	1.02

Fuente: Resultados del estudio.

8.3 ANALISIS DE AMENAZA

Para la zona estudiada se establecieron las unidades indicadas en el anexo 1, mapas temáticos, Plano 7. La imagen de este mapa temático se encuentra a continuación.

Figura 44. Imagen Mapa de Amenazas.



Fuente: Resultados del estudio.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

8.4 Evaluación de Vulnerabilidad

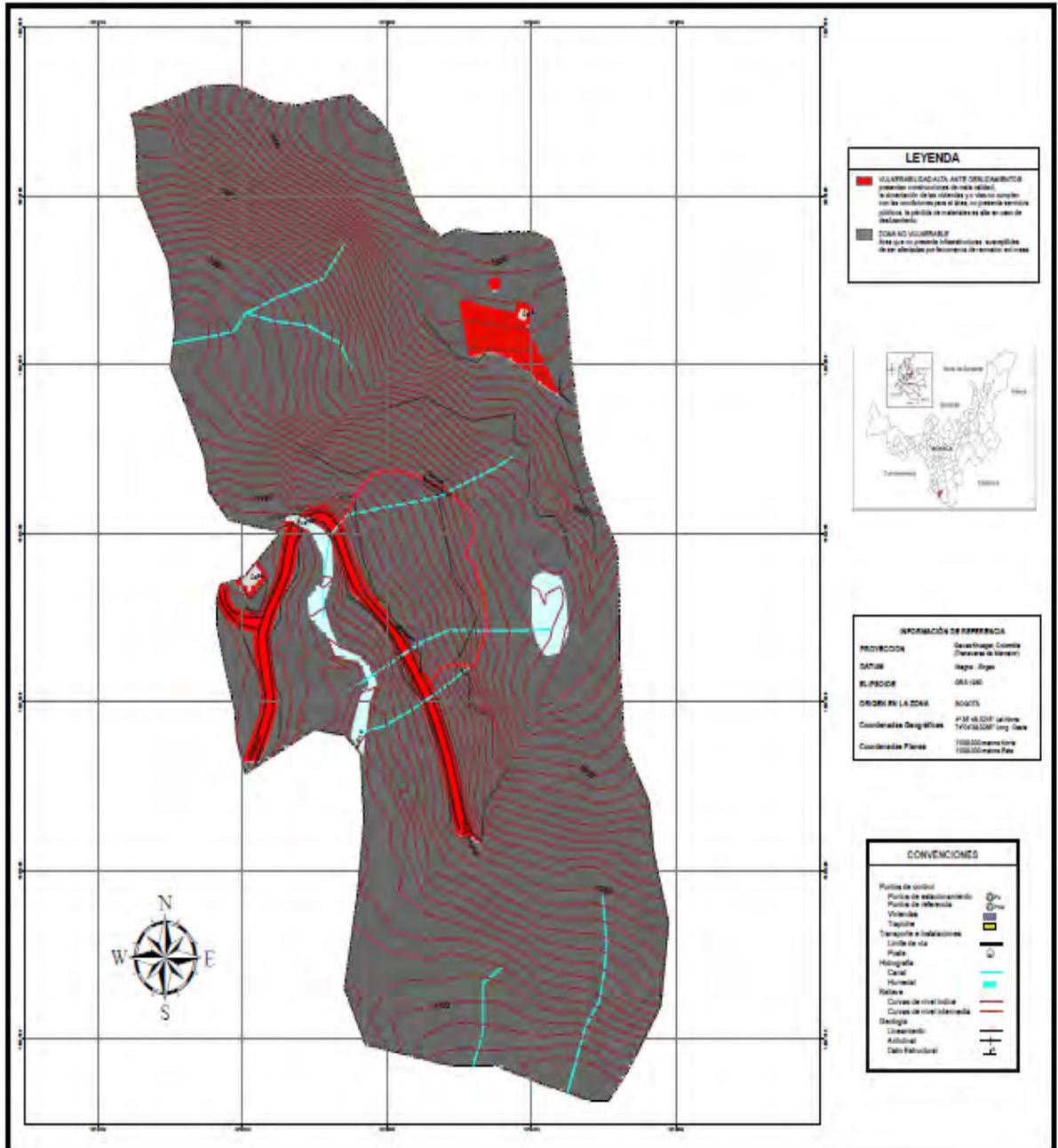
Para determinar la vulnerabilidad de las edificaciones ante deslizamientos, se empleó el cálculo del denominado Índice de Vulnerabilidad Física (IVF), utilizando para tal efecto la metodología propuesta por Leone y modificada por Soler . En resumen, el trabajo consiste en calcular los índices de vulnerabilidad física (IVF), dependiendo del tipo de movimiento, la intensidad de las sollicitaciones y las características del elemento expuesto (edificaciones y demás construcciones existentes).

En forma general, la vulnerabilidad es una función tanto de la intensidad y magnitud del fenómeno como de la resistencia del elemento expuesto. La primera variable ya se tuvo en cuenta en la evaluación de la amenaza; para la segunda variable (resistencia del elemento expuesto), se obtendrá una tipificación de las edificaciones teniendo en cuenta criterios de resistencia de la estructura.

La clasificación de la tipología de la estructura, los rangos de velocidad utilizados y la matriz de daños empleada en el estudio se presentan en el Anexo 10, Diseño de Obras, en el documento síntesis correspondiente. Así mismo las unidades definidas se presentan en el mapa temático 8, que corresponde al Anexo 1 (Mapas Temáticos).

A continuación se presenta la imagen del mapa correspondiente a la vulnerabilidad Física y Social resultado de este estudio.

Figura 45. Imagen Mapa de Vulnerabilidad Física y Social



Fuente: Resultados del estudio.

9 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

Se define vulnerabilidad con relación a los siguientes aspectos:

La **vulnerabilidad estructural** ² o física describe el grado hasta el cual una estructura es susceptible de ser dañada o alterada en una situación de peligro.

La **vulnerabilidad humana** es la falta relativa de capacidad de una persona o comunidad para prever un peligro, hacerle frente, resistirlo y recuperarse de su impacto. Entre los factores que incrementan la vulnerabilidad humana a los desastres se encuentra la falta de planificación en el desarrollo o crecimiento de la infraestructura, el crecimiento demográfico, la falta de conocimientos acerca de cómo actuar frente a los efectos de los desastres y la pobreza.

De todos los factores, es probable que la pobreza constituya el origen de la vulnerabilidad de la mayoría de la gente, al impacto de la mayoría de las amenazas o peligros.

La vulnerabilidad es el nivel de pérdida de un conjunto dado de elementos, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno. Los elementos que pueden ser afectados dentro de las áreas de ocurrencia de la amenaza; se tienen calles, edificaciones, población, cultivos entre otros.

² Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Comité Coordinador para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC). ANÁLISIS DE RIESGO POR INUNDACIONES Y DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN LA MICROCUENCA DEL ARENAL DE MONTSERRAT

9.1 ANÁLISIS Y GRAFICAS ESTADÍSTICAS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL MUNICIPIO DE CHIVOR VEREDA SAN MARTIN.

La caracterización de la población se realizó mediante el diseño y aplicación de una encuesta a las familias que habitan la zona de influencia del deslizamiento, buscando información primaria que permitiera conocer la percepción de la comunidad frente al riesgo y su capacidad de respuesta frente al mismo.

Fotografía 28. Vista del deslizamiento que afecta la vía.



Fuente: Registro fotográfico.

1. Tipo de sector.

El sector evaluado se encuentra ubicado en la vereda San Martín, sobre la vía principal que conduce al casco urbano del municipio de Chivó. En donde hace aproximadamente 5 años, se viene presentando un movimiento en masa, que en ocasiones ha dejado interrumpido el paso vehicular hacia ese municipio.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2. La vivienda

La vivienda que se encuentra en riesgo está ubicada en la parte alta del movimiento, en donde habita una familia nuclear compuesta por 6 personas, de los cuales tres (3) son menores de edad. Propietarios de la misma y algunos lotes cercanos en los cuales desarrollan pequeños cultivos y cuidan algunos animales.

3. Servicios.

La vivienda cuenta con servicios básicos de agua y luz, los cuales se prestan de forma constante en el sector, sin embargo uno de los postes de la red eléctrica presenta una inclinación bastante prolongada, debido al movimiento del terreno.

4. acueducto.

La vivienda cuenta con servicio de acueducto veredal, sin presentar inconvenientes en este aspecto.

5. Alcantarillado

En el sector no existe servicio de alcantarillado, por lo que las aguas residuales son depositadas en pozo séptico y otras vertidas a los potreros cercanos.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fotografía 29. **Vista del deslizamiento desde la vía.**



Fuente: Registro fotográfico.

6. seguridad social

La familia que habita el sector de influencia del deslizamiento cuenta con seguridad social del régimen subsidiado, lo que es muy favorable, ya que existe la presencia menores de edad en la vivienda.

7. Discapacidad

Dentro de la familia evaluada no se evidencio la presencia de ninguna persona con algún tipo de discapacidad.

8. Niños(as)

Dentro del núcleo familiar se encuentra la presencia de tres (3) menores de edad (14,12 y 7 años) que están al cuidado de sus padres.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

9. Ocupación de los niños.

Todos los menores se encuentran escolarizados. Según lo manifestado por sus padres.

10. Adultos mayores

Los adultos (padres) de la familia visitada son adultos mayores jóvenes (48 y 50 años), quienes manifiestan estar en un buen estado de salud y trabajar en cultivos para de esta manera obtener sus recursos económicos para la manutención de sus tres hijos.

11. Estrato

La vivienda que se encuentra dentro del área de influencia del movimiento del terreno pertenece al estrato 2, según lo manifestado por las personas que las habitan, ya que esta fue ampliada en cuanto a dormitorios con la ayuda de un subsidio de la alcaldía municipal.

12. Tipo de vivienda.

La vivienda es de tipo unifamiliar, cumpliendo con las características propias de la vivienda del área rural.

13. Área aproximada de las viviendas.

La vivienda cuenta con alrededor de 100Mtrs de área construida, entre la parte antigua y la parte ampliada para los dormitorios.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fotografía 30. **Vista del deslizamiento en afectación al río.**



Fuente: Registro fotográfico.

14. Cuantos pisos tiene la vivienda.

La vivienda es de un solo piso y presenta varias fracturaciones especialmente en la construcción antigua, por lo que se recomendó buscar alternativas para trasladarse a otro lugar más seguro.

Fotografía 31. Vivienda afectada por el movimiento en masa que se da en el sector.



Fuente: Registro fotográfico.

15. Edad de la construcción.

La construcción cuenta con 40 años de construida la parte antigua y 1 año la ampliación para dormitorios.

16. La armazón de la vivienda es:

Actualmente la parte mas usada es la nueva, la cual está construida en bloque y la parte antigua en donde funciona la cocina está construida en adobe.

17. La cubierta de la vivienda es de:

La cubierta de las vivienda es de teja eternit, las cuales están en buen estado.

18. Los muros de la vivienda son en:

Los muros de las viviendas son en material de bloque.

19. El acabado de los pisos es de:

La vivienda presenta pisos en cemento en su parte nueva, y no presenta afectaciones hasta el momento por presencia de grietas.

20. El estado de la construcción es:

El estado de la construcción es bueno en la estructura nueva y mala en la antigua.

21. La construcción anteriormente ha sufrido daño por:

Los daños de la vivienda se deben según las personas que la habitan al movimiento progresivo del terreno sobre el cual se halla construida.

22. El daño sufrido por la vivienda fue:

El daño que presenta la vivienda es moderado por el evidente agrietamiento de los muros en su parte antigua.

Fotografía 32. Casa construida en zona de alto riesgo por el movimiento del terreno.



Fuente: Registro fotográfico.

23. La parte de la construcción más afectada fue:

La zona más afectada de la vivienda son los muros, seguidos por los pisos en donde se evidencia agrietamiento progresivo.

Fotografía 33. Parte de la construcción antigua de la vivienda que presenta fracturaciones en sus muros.



Fuente: Registro fotográfico.

24. La vivienda cuenta con bases:

La vivienda cuenta con bases según lo manifiestan sus dueños, sin embargo el riesgo para la vivienda y los que la habitan es alto.

25. Causa de Inestabilidad del suelo:

La inestabilidad del suelo es causada por el movimiento en masa que comenzó a darse hace aproximadamente cinco (5) años, con períodos de agudización en épocas de invierno.

26. Ingresos económicos de la familia:

La familia afectada manifiesta contar con pocos recursos económicos, por lo que dicen vivir con menos de la mitad de un salario mínimo mensual, razón por la cual se les ha dificultado salir de sus vivienda hacia otro lugar, aunque sean conscientes del riesgo que afrontan en ella.

27. Familia extensa.

La familia si cuenta con familia extensa en la cual apoyarse en caso de una emergencia o necesidad.

Fotografía 34. Vista de la parte posterior de la vivienda.



Fuente: Registro fotográfico.

28. Qué acciones ha implementado para mitigar el riesgo.

Los propietarios de la vivienda no han realizado ningún tipo de acción para contrarrestar los efectos del movimiento en masa sobre sus terrenos,

especialmente por desconocimiento de las acciones que ellos pudieran hacer para minimizar estos efectos.

29. Está capacitado para afrontar una situación de riesgo inminente.

Ninguna de las personas se encuentra capacitada en prevención de riesgos de desastre por deslizamientos, desconociendo que hacer frente a este tema.

30. Cuál sería su actuación frente a un evento catastrófico.

La familia manifiesta que en caso de presentarse un evento catastrófico no sabrían cómo reaccionar, especialmente si pasara algo en horas de la noche, razón por la que no pueden dormir tranquilos.

31. Tiempo que se presentó el deslizamiento.

La familia manifiesta que el deslizamiento se ha venido presentando hace cinco (5) años, y se agudiza con las filtraciones de agua y las lluvias que caen en la zona.

Fotografía 35. **Trapiche** de la vivienda afectado por el movimiento del terreno



Fuente: Registro fotográfico.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

32. Conocía esta situación cuando comenzó a vivir aquí.

La familia manifiesta que llevan años habitando la zona y nunca habían visto que el terreno de deslizara de esa manera especialmente creando una grietas a su paso en donde ya dos veces han estado atrapados semovientes.

33. Esta situación ha producido en su familia:

Las personas que habitan la vivienda ubicada en la zona de influencia del deslizamiento, presentan un temor generalizado ante la posibilidad de que ocurra un evento catastrófico, lo que no les permite descansar confiadamente n horas de la noche especialmente en épocas de lluvia.

34. Depende económicamente de este predio.

La familia manifiesta que depende económicamente de los terrenos que habitan, pues es allí en donde construyeron su vivienda y tienen la posibilidad cultivar alimentos (Granadillas) para su consumo familiar y para la venta.

Fotografía 36. **Terrenos que antes eran cultivables, afectados por el movimiento en masa.**



Fuente: Registro fotográfico.

35. Uso del predio.

El uso del predio es básicamente para vivienda y cultivos a pequeña escala, con los que se obtiene el sustento de las familias.

Fotografía 37. **Parte del terreno perdida por el deslizamiento.**



Fuente: Registro fotográfico.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

36. El municipio brinda alguna capacitación en prevención de riesgos.

La familia manifestó no tener conocimiento de que su municipio adelante jornadas de capacitación en prevención de riesgos.

37. Si tuviera que reubicarse en otro lugar le gustaría en:

La misma vereda, ya que allí es donde desarrollan los cultivos y cuidan los animales que les proveen el sustento diario.

38. Ha tenido visita del consejo municipal de gestión del riesgo.

No, han recibido visitas de parte de la alcaldía del municipio, el jefe de hogar se encuentra adelantando gestiones para su reubicación en otra y para buscar ayuda en la mitigación del riesgo, para sus cultivos.

39. Que esperarían de la Alcaldía Municipal

La familia esperaba que la alcaldía les ayude en cuanto a su reubicación y en segunda medida en el manejo del riesgo para no tener que perder sus terrenos cultivables.

Fotografía 38. **Parte baja del terreno desplazada por el movimiento en masa.**



Fuente: Registro fotográfico.

40. Género:

En la zona de influencia del deslizamiento se encuentran habitando una familia nuclear compuesta por tres (3) Hombres y dos (2) mujeres en total, de los cuales tres (3) es menores de edad.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

10 OBRAS RECOMENDADAS

Los planes de prevención, mitigación, monitoreo y mantenimiento son presentados en detalle en el Anexo 10 (Diseño de Obras) , que forma parte de este documento.

El presupuesto general se encuentra adjunto en el anexo 11 (Presupuesto y especificaciones técnicas de obras) y los planos de ubicación y detalle de las obras propuestas para control y mitigación de los FRM se presentan en el anexo 12 de este documento (Planos Obras Recomendadas).

En la memoria digital del presente estudio se presenta una hoja de cálculo correspondiente al presupuesto de las obras propuestas y el análisis detallado APU. Dicha hoja puede ser modificada por la entidad contratante correspondiente para modificación de AIU, precios unitarios, costos de transporte a los sitios de obra y demás ajustes que sean considerados por dicha entidad.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

11 CONCLUSIONES

- Es un movimiento en masa en el cual se identifica roca y suelo desprendido de ladera con cierto grado de inclinación de la pendiente, tiene comportamiento remontante, causados por socavación de taludes debido a la acción del hombre (cortes anti técnicos del talud), provocando el retroceso del material del talud perdiendo apoyo en su base, se van desplomando progresivamente, en el área predomina una vegetación rala y pequeña, incapaz de retener el suelo, donde facilita la inestabilidad de proceso.

- El FRM , facilita su avance y velocidad debido a la ausencia de cobertura de vegetales mayores como bosques bajos. Esta exposición del suelo a los agentes erosivos es debido a la disminución de la cubierta vegetal por el pastoreo y a la remoción del suelo por el pisoteo. Estos factores favorecen a la erosión hídrica y a la erosión Eólica Sumados a la Inclinación Facilitaron El Deslizamiento. El sobrepastoreo facilita la desertificación de áreas semiáridas y la desprotección de las escorrentías.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

12 RECOMENDACIONES

- Debido al riesgo presentado en la vía que cruza la zona media del deslizamiento se deberá realizar inspección estructural de la misma para determinar su condición actual y la necesidad de mantener funcional el corredor vial.
- Se debe colocar señalización de advertencia de caída de rocas y derrumbes ocasionales. Transitar con precaución al ingreso del sector en ambas direcciones de flujo.
- Se recomienda la construcción de estructuras de contención en muro de concreto paralelo al eje de la vía. El muro debe alcanza una altura de 2,0 metros (H=2.0m)
- En el tramo de la zona cercana a la corona del talud del deslizamiento se deberá construir un muro en gaviones para reconfigurar y equilibrar la pendiente de la ladera.
- Se recomienda realizar visitas periódicas, no mayores a dos meses a la vía para hacer seguimiento al movimiento y observar posibles nuevos desprendimientos.

		<p style="text-align: center;">MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE FONDO DE COMPENSACIÓN AMBIENTAL FCA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR –CORPOCHIVOR</p>	 <p style="text-align: center;">EJECUTOR CONVENIO No. 038/2012.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

13 BIBLIOGRAFÍA

Cuello, N., T.J. Killeen, C.V. Antezana. 1991. Línea de intercepción, una metodología apropiada para el estudio de las sabanas tropicales. en: C. Miranda, D. Restrepo, y E. Castellano (Eds.). Memoria del Curso de Vegetación y Ecología Tropical con un énfasis en los métodos.

Metodología Corinel and Cover adaptada para Colombia 2010 Saunders, D.A., Hobbs, R.J. y Margules, C.R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.

Foster, B. R., N. C. Hernández, E., E. K. Kakudidi y R. J. Burnham. 1995. Un método de transectos variables para la evaluación rápida de comunidades de plantas en los trópicos. Manuscrito no publicado. Chicago: Environmental and Conservation Programs, Field Museum of Natural History; and Washington, D. C.: Conservation Biology, Conservation International.

APG II. The Angiosperm Phylogenetic Group. 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141 (4): 399–436.

Freire Fierro, A. 2004. Botánica Sistemática Ecuatoriana. Missouri Botanical Garden, FUNDACYT, QCNE, RLB y FUNBOTANICA. Murray Print, St. Louis. 79-91.



León, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Inst. Interamericano de cooperación para la agricultura. 1-445.

Scagel, R.F.; Bandoni, R.J., Rouse; G.E., Schofield, W.B.; Stein, J.R. & T.M.C., Taylor.1983. El Reino Vegetal. Los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 1-659.

THOMSON, Eugene P. Odum, Gary W. Warret. *Fundamentos de Ecología*. 5ª Edición, 2006.

Adaptado de Leone (1996)

Cardona – Arboleda O. (1989). VULNERABILIDAD Y RIESGO POR DESASTRE – TERMINOS DE USO COMUN EN MANEJO DE RIESGO. Primer taller de planificación en manejo de desastres. ONAD – Colombia – Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Cruden, D. y Varnes D. (1991) Landslides types and processes. Universidad de Alberta.

INGEOMINAS. Evaluación del Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa. - Guía Metodológica. 2001.

Leone, F (1999) Concept de Vulnerabilite Appliquea L'évaluation des risques generes par les phenomenes de mouvements de terrain. Tesis de Doctorado, Universidad de Grenoble.