

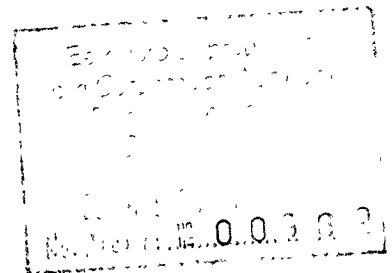
ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO Y DE AMENAZAS DE LA  
PROVINCIA DE ORENTE DE COCACHI

CARLOS ALBERTO CONTRERAS

COMISIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE COCACHI

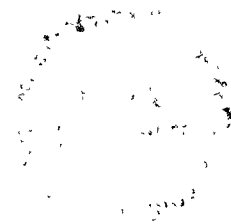
CAJAMARCA

1998



## TABLE OF CONTENTS

	1
INTRODUCTION	1
1. OBJECTIVE	1
1.1 Objective General	2
1.2 Objectives Specific	2
2. GENERAL FEATURES	3
2.1 Localization Geografica y vias de acceso	3
2.1.1 Localización	3
2.1.2 Vías de Acceso	3
2.2 Historia	4
2.3 Población	5
2.4 Actividad Económica	6
2.5 Educación, Salud y Servicios Públicos	7
2.6 Clima y Vegetación	7
2.7 Drenaje	7
2.7.1 Hidrografía	8
2.7.2 Zonas de Drenaje	9
3. METODOLOGIA	10
3.1 Actividades Principales en el Estudio Geología Ambiental de la Provincia de Oriente de Ecuador	11
3.1.1 Identificación	11
3.1.1.1 Recopilación y Análisis de Información Disponible	12
3.1.1.2 Identificación preliminar de la amenaza actual	13
3.1.2 Reconocimiento del terreno	13



3.1.3 Evaluación de variables básicas	17
3.1.3.1 Cartografía	18
3.1.3.2 Geología general	18
3.1.3.3 Geomorfología	18
3.1.3.3.1 La pendiente	18
3.1.3.4 Vegetación y uso del suelo	18
3.1.4 Determinación de zonas homogéneas de susceptibilidad y evaluación preliminar de la amenaza	19
3.1.5 Determinación de zonas de riesgos preliminares	20
4. GEOLOGIA	21
4.1 Ubicación geológica	21
4.1.1 Zona Noroccidental	22
4.1.2 Zona Sur	22
4.2 Estratigrafía-Litología	22
4.2.1 Grupo Cáqueza (Eic)	22
4.2.2 Formación Fomeque (Eif)	25
4.2.3 Formación Une (Eia)	25
4.2.4 Formación Chipaque	26
4.2.5 Depositos recientes	26
4.3 Geología estructural	27
4.3.1 Fallas con dirección Noreste-Suroccidente	27
4.3.2 Fallas con dirección Noroccidente-Sudeste	28
4.3.3 Plegamiento	28
5. GEOMORFOLOGIA	30
5.1 Zonas geomorfológicas	30
5.1.1 Zona I	30

5.1.2 Zona II	31
5.1.3 Zona III	32
5.2 Topografía	32
5.3 Caracter del inventario de deslizamientos	33
5.3.1 Precisión	33
5.3.2 Vigencia	33
5.4 Deslizamientos	34
5.4.1 La Capilla	34
5.4.2 Tenza	45
5.4.3 Sutatenza	55
5.4.4 Guareque	61
5.4.5 Guayatá	65
5.4.6 Somondoco	75
5.4.7 Chivor	91
5.4.8 Almeida	119
6. HIDROGEOLOGIA	125
6.1 Hidrologia	126
6.1.1 Parámetros del Balance Hídrico	127
6.2 Características hidrogeológicas de las formaciones:	137
6.2.1 Permeabilidad baja	137
6.2.2 Permeabilidad Media	137
6.2.3 Permeabilidad Alta	138
7. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y USO ACTUAL DEL SUELO	138
7.1 Observación del suelo	138
7.2 Formación de los suelos	139
7.3 Delimitación Agrícola de los suelos	140

7.3.1 Suelo clase III	140
7.3.2 Suelo Clase IV	141
7.3.3 Suelo Clase VI	141
7.3.4 Suelo Clase VII	141
7.3.5 Suelo Clase VIII	141
7.4 Vegetación y uso del suelo	142
7.5 Características físicas	143
8 SISMICIDAD	144
8.1 Historia y características sísmicas de la provincia de Oriente (Carpachivon)	145
8.2 Influencia de los sismos en las zonas inestables	146
9 ANALISIS GEOTECNICO PRELIMINAR	146
9.1 Fenómenos de inestabilidad	147
9.1.1 Factores que contribuyen a la inestabilidad	147
10 ZONIFICACION GEOTECNICA Y EVALUACION DE AMENAZAS GEOLOGICAS	154
10.1 Metodología	152
10.1.1 Zonas geotécnicamente homogéneas	155
10.1.2 Sistema semi-cuantitativo de evaluación de estabilidad a escala intermedia	157
10.1.3 Clasificación de las condiciones de estabilidad	162
10.1.4 Resultados	166
11 EVALUACION DE ELEMENTOS EN RIESGO Y EN DIFERENTES TIPOS DE AMENAZA	168
11.1 Generalidades	158
11.1.1 Amenazas (A)	170
11.1.2 Vulnerabilidad (V)	170

1.1.3 Riesgos (Rc)	170
1.2 Tipos de amenazas	170
1.2.1 Amenazas por movimientos en masa	171
1.2.2 Amenazas por incendios forestales	172
1.2.3 Amenazas por flujos torrenciales	172
1.2.4 Amenazas por sismicidad	173
1.3 Evaluación de elementos en riesgo	173
ANEXOS DE HIDROLOGIA	176
CONCLUSIONES	
BIBLIOGRAFIA	

## **INTRODUCCIÓN**

Como es de muchos bien conocido, Boyacà se encuentra en una posición geográfica excepcional. Quizá no sean muchos los departamentos en Colombia que gozan de tanta diversidad de ambientes climáticos, topográficos, geológicos de suelos e hidrográficos. En conjunto posee unas características físicas notables, que hacen de este territorio un laboratorio extraordinario.

Dada su misión el Ingeniero Geólogo no es ajeno a esta oportunidad y por lo tanto se ha planteado algunos estudios geomorfológicos en este caso para investigar problemas especiales en suelos y la interacción de los procesos geológicos para con la inestabilidad de éste además de la acción del hombre.

Con este trabajo se pretende conocer, entre otros, los factores geológicos, hidrogeológicos, agrológicos y antròpicos que han incidido o inciden en los fenómenos de subcendencia regional y procesos de inestabilidad local.

## **1. OBJETIVO**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la influencia de los factores geomorfológicos en la dinámica y alteración del medio físico natural.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar la cartografía geológica de la región (litológica).
- Identificar los asentamientos humanos en la zona de amenaza.
- Elaborar mapas de pendientes, hidrológico, asentamientos humanos, amenazas, riesgos, geomorfológico entre otros.
- Identificar las amenazas, evaluar su magnitud y formular las alternativas de solución.
- Evaluar los riesgos presentes en la zona de estudio.
- Determinar las características hidrogeológicas de las unidades litológicas.
- Determinar las características físicas y uso actual del suelo.



## **2. GENERALIDADES**

### **2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y VÍAS DE ACCESO**

2.1.1 Localización. El área de estudio cubre un área de 498 Km.2, correspondientes a la provincia de Oriente, la cual tiene jurisdicción sobre ocho municipios ( Almeida, Chivor, Guateque, Guayatà, La Capilla, Somondoco, Sutatenza). La topografía es variada desde relieves ondulados hasta escarpados y fuertemente quebrados con alturas que van desde los 1.500 m hasta los 3.000 m, dentro de los cuales se encuentran pequeños valles, mesetas y colinas correspondientes a la Cordillera de los Andes.

Las coordenadas geográficas del área de estudio son:

X = 1'020.000 - 1'063.000

Y = 1'058.000 - 1'082.000

2.1.2 Vías de Acceso. La región cuenta con dos vías de acceso principales; la primera, la carretera central del norte cerca a la Represa del Sisga, se desprende un ramal que

comunica con Guateque y todos los municipios del Valle de Tenza; la carretera se prolonga de Guateque hasta El Secreto y de aquí hasta Barranca de Upiá, Cumaral, Estrepe y Villavicencio.

La segunda vía comunica a Tunja con Rondón, Zetaquirá, Miraflores, San Eduardo, Nebo y Páez; de esta carretera antes de llegar a la población de Ramiriquí, cerca al río llamado Puente Camacho, se desprende un ramal que se comunica con todas las poblaciones del Valle de Tenza.

Existen otras vías de acceso importantes tales como Guateque - Sutatenza; Tenza - La Pilla y Tenza - Garagoa.

De Guateque a Guayatá parte una vía que se encuentra en proceso de pavimentación y de Las Juntas parte una vía hacia los municipios de Almeida y Chivor, la cual se encuentra destapada.

## **2. RESERVA HISTÓRICA**

Las poblaciones de Guateque, Somondoco, Sutatenza y Tenza, tienen orígenes anteriores a la llegada de los conquistadores Españoles, siendo gobernados por

caciques tributarios del Zaque de Tunja; las demás tienen un origen más reciente, siendo fundadas las poblaciones de Almeida, La Capilla y Guayatà en los años 1.906, 1.973 y 1.820 respectivamente.

### **2.3 POBLACIÓN**

La población según el censo de 1.993 es de 44.680 habitantes, de los cuales 14.198 se ubican en los centros urbanos y 30.482 en el sector rural. Hay que tener en cuenta que el número de habitantes en el sector es variable, por el proceso de migración especialmente hacia Bogotá, debido principalmente a la carencia de fuentes de empleo a excepción del municipio de Chivor que frecuentemente se convierte en foco de procesos migratorios debido a la existencia de explotaciones esmeraldíferas.

### **2.4 ACTIVIDAD ECONÓMICA**

La principal actividad de la población es la explotación Agropecuaria. El área de Guateque, Guayatà, Sutatenza, Somondoco, Tenza y especialmente La Capilla está dedicada principalmente a los cultivos de maíz, caña de azúcar, fríjol, café y cítricos. Por los alrededores de Almeida y Chivor, las áreas dedicadas al cultivo son escasas.

Asimismo dentro del sector agropecuario, se explota la ganadería, principalmente las especies menores presentándose en forma intensiva en los municipios de Guateque, Mondoco y Tenza.

El comercio se constituye en un sector de gran importancia, especialmente en el sector urbano de Guateque, convirtiéndolo en un núcleo de la actividad económica del sector.

Otro renglón de vital importancia es el sector extractivo, representado por la explotación de esmeraldas en el municipio de Chivor. Otra actividad es la de artesanías especialmente en el municipio de Tenza.

## **5 EDUCACIÓN, SALUD Y SERVICIOS PÚBLICOS**

En la región funcionan diez establecimientos de educación media en sus distintas modalidades distribuidos así: en el sector urbano ocho y en el rural dos: 93 de educación primaria situadas en áreas rurales y urbanas diez.

Hay que tener en cuenta que la cobertura no es total y la educación no va acorde con la demanda agropecuaria de la población, puesto que las modalidades que ofrece el sistema de enseñanza son en su orden académico, comercial e industrial.

La salud es atendida en la zona por tres hospitales, uno de los cuales es regional (Guateque) y dos locales ( Guayatà y Tenza). En las demás localidades existen dos centros de salud (Somondoco y Chivor). Los demás municipios cuentan tan sólo con puesto de salud.

Las enfermedades principales de la región son: enfermedades respiratorias e infecciones gastrointestinales y problemas de epidemias causadas principalmente por aguas residuales que contaminan las quebradas y basuras que no cuentan con tratamiento integral ni relleno sanitario.

Los municipios en su gran mayoría cuentan con servicio de acueducto, centros de salud, correo nacional, energía eléctrica, teléfono, telégrafo, unidad deportiva y biblioteca. Así como la atención de la Caja Agraria.

## **2.6 CLIMA Y VEGETACIÓN**

En la región el relieve inclinado y accidentado determina diferentes altitudes y temperaturas, parámetros que asociados con la precipitación pluvial y diversas características de humedad conllevan a una variedad de climas como son: tropical húmedo, muy húmedo y prehúmedo, premontano, subhúmedo, húmedo, montano y finalmente el subalpino húmedo.

Los vientos alisios que soplan en el suroeste y que provienen directamente de los Llanos Orientales determinan una época de lluvias que comienza en el mes de Abril, aumentando progresivamente hasta el mes de octubre y en el mes de noviembre se inicia el período de verano que termina en el mes de marzo.

En el sector la Temperatura oscila entre 15° C y 17° C durante el periodo de invierno y 20°C y más durante el periodo de verano. Generalmente esto se presenta con mayor veracidad en las zonas más bajas dominadas por valles.

En el área, la vegetación arbórea original ha desaparecido casi por completo, quedando algunas especies de las que existían anteriormente; esta vegetación fue reemplazada por eucaliptos y pinos.

Hoy se encuentran potreros y zonas de cultivos inclusive en las zonas de rivera y quebradas, afectando la estabilidad de los mismos. Los principales cultivos que se desarrollan son: maíz, caña de azúcar, frijol, yuca, garbanzo, papa y arveja.

## **2.7 DRENAJE**

3.7.1 Hidrografía. La región estudiada está representada por una cuenca hidrográfica importante en el desarrollo nacional, formado por los ríos Sumuba y Garagoa los

cuales se reúnen en el sitio denominado Las Juntas, tomando finalmente el nombre del Río Bata cuyas vertientes forman la región del Valle de Tenza.

En las partes altas de la hoya hidrográfica del Valle de Tenza por los alrededores de Tibirita, Manta y Guateque los principales afluentes son: la quebrada colorada, El Rincón, Quebrada Honda, Quebrada Teneva y un sinnúmero de riachuelos que forman el río Sunuba.

2.7.2 Zonas de drenaje. La mayor parte del área la densidad de drenaje es alta, exceptuando el sector correspondiente a la parte sur de los municipios de Somondoco y Almeida. Lo anterior es explicable por el tipo de litología. Es así como en la parte citada en primera instancia predominan rocas sedimentarias de grano fino, los que muestran una mayor densidad relativa de drenaje. El otro sector se caracteriza por contener areniscas cuyas rocas presentan alta permeabilidad y por ende baja densidad de drenaje. La textura de drenaje que se observa en la parte sur de los municipios de Almeida y Somondoco es tosca debido a un espaciamiento relativamente grande de los tributarios. En el resto de la zona las corrientes tributarios no son tan espaciados, dando lugar a una textura fina. El tipo de textura está relacionado con la litología, así tenemos una configuración estrechamente espaciada en rocas permeables.

El drenaje es dendrídico a subdendrídico, los tributarios se van ramificando en forma arborescente como resultado de corrientes que fluyen sobre áreas de materiales finos poco resistentes y erosionados.

### **3.METODOLOGÍA**

La siguiente metodología está diseñada para una etapa, relativamente avanzada a nivel de "unidad de terreno" (Grant, 1976) la cual es aplicable a la escala de 1:25.000 bajo la cual se encuentra elaborado el presente estudio.

Esta metodología se presenta como una propuesta práctica y si se quiere como guía para estudios de geología ambiental.

También tiene este documento la intención de ser material de trabajo de gran calidad, lo cual es básico para el buen desarrollo de la zona de estudios y además evitar los posteriores descalabros económicos, lo cual conllevan la falta de estudios técnicos en las zonas donde se ejecutan obras de infraestructura.



### **3.1 ACTIVIDADES PRINCIPALES EN EL ESTUDIO GEOLOGÍA AMBIENTAL DE LA PROVINCIA DE ORIENTE DE CORPOCHIVOR**

#### 3.1.1 Identificación

3.1.1.1. Recopilación y análisis de información disponible.

3.1.1.2. Identificación preliminar general de amenaza.

#### 3.1.2 Reconocimiento de campo

#### 3.1.3 Evaluación de variables básicas para análisis

3.1.3.1. Cartografía.

3.1.3.2. Geología general.

3.1.3.3. Geomorfología.

3.1.3.4. Vegetación y uso del suelo.

3.1.3.5. Climatología e hidrología.

3.1.3.6. Sismología.

3.1.3.7. Erosión natural.

3.1.3.8. Efectos antròpicos.

3.1.4 Determinación de las zonas homogéneas de susceptibilidad y evaluación preliminar de amenaza

3.1.4.1. Definición de zonas geotécnicamente homogéneas.

3.1.4.2. Evaluación de estabilidad y categoría de amenaza preliminar.

3.1.5 Determinación de las zonas de riesgos preliminares

3.1.5.1. Evaluación de la vulnerabilidad.

3.1.5.2. Evaluación del riesgo preliminar.

3.1.1.1 Recopilación y análisis de información disponible. Se debe acopiar la información en todos los aspectos geológico-ambientales, la recopilación de información necesaria para el desarrollo del presente estudio se enfoco a la obtención de información técnica relacionada con aspectos ambientales, sociales, hidrológicos y poblaciones en las siguientes entidades.

Información cartográfica de: tipo topográfica, hidrológica geológica y aerofotografías a escalas adecuadas

Meteorología y climatología	IDEAM
Suelos	IGAC
Cobertura y uso actual de suelos	CORPOCHIVOR
Hidrología	IDEAM
Geología	INGEOMINAS
Datos socio-poblacionales	DANE

También se consulto en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC de investigaciones a través de proyectos de grado, trabajos de campo los cuales estén relacionados con la zona de estudio.

3.1.1.2 Identificación preliminar de la amenaza actual. Con base en la información disponible y un análisis fotogeológico inicial de los aspectos más relevantes, es posible llevar a cabo una evaluación preliminar cualitativa; con el objeto de identificar rápidamente los problemas más críticos que requieran una acción inmediata.

Con este propósito se ubica la información disponible en los planos existentes en escala 1: 25000, identificándose las zonas más críticas y clasificándolas cualitativamente también del estudio fotogeológico se obtiene la información geológico-estructural de las formaciones presentes en la zona de estudio.

3.1.2 Reconocimiento de campo. En primer lugar se visitan sitios específicos para ajustes y comprobación de la labor fotogeológica y además, caracterizar zonas críticas. También se cartografía las zonas inestables del área de estudio contactos geológicos, drenajes, uso del suelo y entorno físico en general.

Para la evaluación de los deslizamientos se procedió a cartografiarlos, describir el tipo de material que los componen, evento detonante, factor natural, causas del movimiento (antrópicas), además de plantear medidas correctivas preventivas y de control.

### 3.1.3 Evaluación de variables básicas.

3.1.3.1. Cartografía. Se debe tener todos los documentos posibles, preferiblemente de varias épocas los cuales incluyen principalmente:

- Plano topográfico a escala 1:25.000
- Fotos aéreas en diferentes escalas

Adicionalmente se debe contar con la información de puntos de referencia de nivel y coordenadas del IGAC.

3.1.3.2. Geología general. Se estudian con cuidado los mapas e informes existentes, con base en las fotografías aéreas y las visitas de campo se hace la fotointerpretación final de las vertientes involucradas.

Identificándose los niveles litológicos y aspectos geológico estructurales principales y su ubicación espacial, además los rasgos tectónicos principales en especial fallas y

pliegues; se mapea adicionalmente la red de drenajes existentes y su relación con controles litológicos o tectónicos.

3.1.3.3. Geomorfología. Con las fotografías aéreas se ubican las laderas y cuencas de interés, se identifican todas las formas de relieve existentes, las formas estructurales, las formas denudacionales causadas por los agentes denudativos del relieve y las formas de acumulación presenten los depósitos actuales y antiguos.

Se analizan adicionalmente tanto la dinámica fluvio-torrencial de las corrientes de agua de la zona, así como la morfodinámica que nos muestran los diversos tipos de erosión que afectan el área de interés.

En este capítulo le daremos gran importancia al aparte inventario de deslizamientos en el cual se consignará toda la información básica para el análisis de estos fenómenos.

3.1.3.3.1 La pendiente. Es el factor limitante más obvio en la aptitud del terreno, las pendientes fuertes no sólo suelen estar asociadas a inestabilidad del terreno. Los rangos de inclinación de pendientes que se utilizaron son:

0° - 5°

5° - 10°

10° - 20°

20° - 30°

30° - 40°

$\geq 40^\circ$

Como en este caso se contaba con un plano topográfico con las curvas de nivel adecuadas y en la escala del estudio, la obtención del mapa de pendientes se logró en oficina.

#### 3.1.3.4. Vegetación y uso del suelo.

3.1.3.4.1 Cobertura vegetal. Con base en las fotografías aéreas más recientes, se zonifica el área en general según el tipo de vegetación existente: rastrojos, pastos, arbustos, cultivos limpios, cultivos semilimpios, cultivos densos, bosque artificial, bosque natural ralo y denso.

Posteriormente con el trabajo de campo se hace la identificación de especies herbáceas, arbustivas y arbóreas presentes en la zona y en lo posible se determina su distribución general.

3.1.3.4.2 Uso actual del suelo. Con los datos acopiados de los estudios anteriores, las fotos aéreas y visitas de campo se elabora un mapeo de la zonificación de los diferentes usos actuales del suelo tales como:

- a. Sin uso: zonas erosionadas o estériles, afloramientos rocosos limpios.
- b. Uso minero: zonas de minas o canteras.
- c. Uso urbano, industrial y de infraestructura: ciudades, fábricas, carreteras, líneas de transmisión.
- d. Uso agropecuario: zonas de labores como la agricultura, ganadería y uso mixto.
- e. Uso se silvicultura: viveros y bosques artificiales.
- f. Vegetación natural.

### 3.1.3.5. Climatología e hidrología.

3.1.3.5.1 Localización y fisiografía. En mapas a escala 1:25.000 se mapea la red hidrográfica de la zona de interés, se localizan las estaciones pluviométricas, meteorológicas, elementos fisiográficos que sigue el estudio tales como áreas de cuencas hidrográficas entre otras.

Isoyetas medias anuales: con un promedio de lluvias ya corregidas y complementadas se trazan isoyetas medias anuales, los trazados se deben basar en relaciones de generalización tales como precipitación, temperatura, altitud u otra que demuestre un ajuste satisfactorio.

3.1.3.6. Sismología. Los sismos son causados por movimientos bruscos que se producen entre fragmentos de la corteza terrestre y que desprenden grandes cantidades de energía. Una zonificación muy aproximada del territorio colombiano en función de la amenaza sísmica, fue publicada en el código Colombiano de construcciones sismo-resistentes dentro del cual nuestra área de estudio, se encuentra catalogada como zona de alta amenaza sísmica.

3.1.3.7. Erosión natural. El efecto principal de la erosión natural como agente detonante de deslizamientos, puede considerarse como la transformación del perfil del talud, el cual tiende a centrar su ángulo de inclinación, a medida que la pérdida de material, normalmente superior se acentúa. Este es uno de los efectos más difíciles de estimar, porque no es sencillo diferenciar cuando la erosión está actuando sobre una masa estable haciéndola perder estabilidad cuando simplemente está removiendo material ya desplazado por efecto de deslizamiento, proceso que de todas las formas mantiene la inestabilidad.

3.1.3.8. efectos antrópicos. Los efectos antrópicos como detonantes de deslizamientos son múltiples y van desde el simple hecho de pararse en un lugar muy susceptible (sobrecarga) hasta la explotación intensiva y extensiva de recursos minerales (erosión en el término lato) pasando por la deforestación inclemente, las quemadas, la



disposición incontrolada de aguas y materiales de desecho, además de la ubicación desfavorable de obras.

3.1.4. Determinación de zonas homogéneas de susceptibilidad y evaluación preliminar de la amenaza. Una vez definidas, a nivel temático, las variables involucradas en los análisis como tipo de material, relieve, densidad de drenaje, cobertura del suelo, clima, erosión, efectos antròpicos, se realizarán los siguientes pasos para obtener el propósito final:

3.1.4.1. Definición de zonas de susceptibilidad homogéneas. En este aparte se comparan los factores naturales como: tipo de material, topografía, agua y sismicidad respectivamente, de esta manera se establece una delimitación de zonas de susceptibilidad homogéneas.

3.1.4.2. Evaluación de estabilidad y categoría de amenaza preliminar. Esta se obtiene mediante la superposición de los factores detonantes como el clima (precipitación máxima acumulada), erosión y acción antròpica en las zonas de susceptibilidad homogéneas.

tales como: escuelas, hospitales, vías de acceso, servicios públicos ( redes eléctricas de alta).

3.1.5.1.3 Vulnerabilidad física general. Con la zonificación de uso del suelo y la cartografía se hace una evaluación general de vulnerabilidad en donde se ubicaran los sitios nombrados en los párrafos anteriores.

3.1.5.2. Evaluación de riesgo. Estando ya evaluados tanto la amenaza como la vulnerabilidad, mediante la superposición de eventos se obtienen los mapas de riesgos preliminares, dividiendo el área en zonas de riesgo alto, medio y bajo.

## **4. GEOLOGÍA**

### **4.1 UBICACIÓN GEOLÓGICA**

En el sector afloran rocas sedimentarias pertenecientes a la cuenca de los farallones, distinguiéndose de más antigua a más joven las siguientes formaciones: grupo Caqueza, Fm Fomeque, Fm Uta y Fm Chipaque.

4.1.1 Zona Noroccidental. Está limitada al norte por la Fm Guadalupe y al sur por las Areniscas de Las Juntas. Se caracteriza por estructuras normales de dirección noreste, distinguiéndose por su longitud el anticlinal y sinclinal de Guayatà, sinclinal de Motavita. Se presenta también la falla de Canatoque.

4.1.2 Zona Sur. Limita al norte con la formación Fomeque y al sur con las calizas del Guavio, los pliegues en este sector son de poca extensión distinguiéndose el anticlinal de Garagoa y sinclinal de Almeida. Se presenta fallas tales como la de San Fernando, Manizales que son de tipo inverso y la falla del río rucio (falla normal).

## **4.2 ESTRATIGRAFÍA - LITOLOGÍA**

4.2.1 Grupo Càqueza (kic). El nombre del grupo Càqueza fue dado por Hubach, E (1.957), el cual fue subdividido en tres formaciones que en orden ascendente corresponden a : calizas del Guavio, lutitas de Macanal y areniscas de Las Juntas; en el área del estudio afloran los dos últimos.

4.2.1.1 Lutitas del Macanal (kilm). Se propone este nombre para designar un conjunto de lutitas negras con esporádicas intercalaciones de calizas, areniscas y bolsones de

yeso; su localidad tipo se ha establecido en el cañón del río Bata entre las quebradas El Volador y La Esmeralda.

La unidad está compuesta en su parte inferior por 760 m de lutitas negras, micáceas compactas, ligeramente calcáreas y láminas de yeso; la parte media está constituida por 145 m de areniscas cuarzosas, grises oscuras de grano fino y estratificación gruesa a maciza con intercalaciones de lutitas negras micáceas, fosilíferas; 1.350 m de lutitas grises oscuras a negras ligeramente calcáreas con venas de calcita y nódulos arenosos hasta diez cm de diámetro y lentejones de yeso, su techo está compuesto por 680 m de lutitas negras micáceas, con intercalaciones de arenisca gris clara de grano fino, estratificados en bancos hasta 20 cm de espesor.

Las lutitas de Macanal se depositaron en un ambiente marino de aguas someras en una cuenca cerrada. Burgl H. Le ha dado una edad correspondiente al Titaniano - Valanginiano.

4.2.1.2 Areniscas de Las Juntas (kiaj). Se propone este nombre para denominar dos niveles arenosos separados por un nivel lutítico. Su localidad tipo se ha establecido entre los cuchillos de El Volador y El Dátil.

La unidad se divide en tres miembros que de más antiguo a más joven corresponden: areniscos de El Volador, lutitas intermedias y areniscas de Almeida.

4.2.1.2.1 Areniscas de El Volador. Constituida por areniscas cuarzosas de grano fino, estratificados en bancos de diez cm a dos m de espesor, con delgadas intercalaciones de lutitas negras micáceas y un espesor de 145 m.

4.2.1.2.2 Miembro Lutitas intermedias. Está constituida por lutitas negras con nódulos arenosos paralelos a la estratificación e intercalaciones de areniscos cuarzoso, gris claro de grano fino, estratificados en bancos hasta de 1 m de espesor. Su espesor es de 235 m.

4.2.1.2.3 Miembro arenisca de Almeida. Consta en su base de 100 m de arenisca cuarzosa, grises claro, grano fino, estratificación gruesa a maciza con delgadas intercalaciones de lutitas negras, su parte media está constituida por 100 m de lutitas negras, micáceas con delgadas intercalaciones de areniscas cuarzosas, blancas, grano fino, en bancos hasta de 1 m de espesor, le subyacen 100 m de arenisca cuarzosa, blanco amarillento, grano fino, estratificación gruesa con delgadas intercalaciones de lutitas negras; su techo está formado por 170 m de alternancia de lutitas negras y areniscas cuarzosas, grises claro de grano fino.

La formación fue depositada en un ambiente marino probablemente deltaico. La edad de la formación ha sido considerada por Burgl H. Como Hauteriviano.

4.2.2 Formación Fòmeque (kif). El nombre de formación Fòmeque fue dada por Hubach E. y se designa así a una serie de esquistos piritosos, caliza cristalina y arenisca cuarcítica.

La formación está constituida por lutitas grises oscuras a negras, interestratificadas con margas, limolitas grises y lentejones de calizas grises oscuros a negros; con frecuencia intercalaciones de areniscas cuarzosas, grises claras, de grano fino, micáceas estratificadas en bancos de pocos cm hasta tres m de espesor. En el sector se calcula un espesor de 1.200 m.

Esta unidad, por su características litológicas y paleontológicas, indica un ambiente de depósito marino, de aguas someras y circulación restringida. La edad fue establecida por Hubach E. Como del Barreniano medio hasta el Aptiano superior.

4.2.3 Formación Une (kia). El nombre de formación Une fue establecido por Hubach E. Está constituida por areniscas cuarzosas, grises claros a blanco, amarillentas, de grano fino a grueso, localmente conglomerático, algo micáceas, con estratificación fina

a maciza; presenta estratificación cruzada, clacos de carga y marcas de oleaje. Dentro de esta unidad se presentan delgadas intercalaciones de lutitas negras. Se calcula un espesor de 500 m. La edad de la formación ha sido considerada por Burjl H. Y Cambell C. Como Albiano-Cenomaniano y fue depositada en un ambiente marino deltaico.

4.2.4 Formación Chipaque. El nombre Chipaque fue dado por Hubach E. La unidad está constituida por lutitas negras con intercalaciones esporádicas de calizas principalmente hacia la parte inferior, en la parte superior se presentan intercalaciones de areniscas cuarzosas, grises claras a oscuras, de grano fino, estratificadas en bancos que varían de uno a tres m de espesor y un nivel de carbón. La unidad alcanza un espesor de 520 m. Esta unidad por sus características litológicas y paleontológicas indican un ambiente marino de aguas poco profundas y circulación restringida. La edad fue establecida como Cenomaniano-Coniaciano.

4.2.5 Depósitos recientes. (Qc, Qal). Los depósitos recientes en la zona están representados por coluviones (Qc), aluviones (Qal) y derrubios.

Los depósitos aluviales y coluviales son formados en las laderas de los ríos y quebradas corresponden a conglomerados p.limícticos, con cantos de limolitas,

areniscas y en menor proporción lodolitas en una matriz areno-arcillosa muy poco compacta.

Los depósitos de derrubio forman pequeñas planicies en las partes bajas, donde las pendientes de las montañas son suaves. Este tipo de depósitos es común debido a la gran inestabilidad de la zona, causada por pendientes abruptas que ocasionan numerosos derrumbes; el material está formado por rocas angulares principalmente arcillas.

En el área de trabajo se distinguen dos direcciones principales de fallamiento noreste-suroccidente y noroccidente-sureste.

4.3.1 Fallas con dirección Noreste- Suroccidente. Constituyen fallas de gran extensión regional, distinguiéndose la falla de San Fernando, Manizales, que tienen una dirección aproximada N35°E.

4.3.1.1 Falla de San Fernando. Aflora en la parte sur del área, pone en contacto el grupo farallones (CDF), con las formaciones lutitas de Macanal (kilm) y calizas de



Guavio (Kicq). Aunque no se pudo determinar la dirección de inclinación del plano de falla en el área de trabajo, Ulloa la considera de tipo inverso con buzamiento hacia el oeste, de edad pre-jurásica, relacionada a la Orogenia Herciniana. Muy probablemente esta falla sufrió reactivación durante el Cretácico, pues en el sector afecta las Fms lutitas de Macanal y calizas del Guavio.

4.3.1.2 Falla de Manizales. En la parte sur de la zona estudiada se encuentra la falla de Manizales. Coloca en contacto las Fms lutitas de Macanal (kilm) y calizas del Guavio (kicq). Se considera que esta falla es de tipo inverso y cuyo plano de falla buza hacia el oeste. Es considerada de edad pre-Jurásica.

4.3.2 Fallas con dirección Noroccidente - Sudeste. Este patrón de fallamiento es posiblemente producto de una tectónica distensiva. Pertenecen a esta citada dirección la falla del río Rucio y la falla de la quebrada Canatoque.

4.3.2.1 Falla del río Sucio. Está cerca de la quebrada del mismo nombre, es de tipo normal y afecta la Fm areniscas de Las Juntas; por esta razón se le considera de la edad Cretácica Post-Mauteriviano.

4.3.2.2 Falla de la quebrada de Canatoque. Ubicada cerca a la quebrada Canatoque, es una falla de rumbo y afecta la Fm Une, por lo consiguiente se le considera Post-Cenomoniano.

#### 4.3.3 Plegamiento.

4.3.3.1 Sinclinal de Guayata. En el costado noreste del área de trabajo se presenta un pliegue sinclinal, con un eje cuya dirección noreste afecta la Fm Fòmeque (kif). Este sinclinal es asimétrico, presentando mayor inclinación en su flanco oriental.

4.3.3.2 Anticlinal de Guayata. Está ubicado al Noreste del sector, el eje tiene una dirección noreste. Dicho plegamiento ocurre en la formación Fòmeque (Kif), presentando características simétricas.

4.3.3.3 Sinclinal de Movitas. Afecta la parte noreste de la zona de estudio, la dirección de su eje es noreste, afecta la formación Fòmeque (kif). El sinclinal es simétrico.

4.3.3.4 Anticlinal de Garagoa. Se presenta en la parte central, la dirección del eje es noreste, afecta la formación Fòmeque (kif) y las areniscas de Las Juntas (kiq). El anticlinal es asimétrico, presentando una mayor inclinación en el costado oriental.

4.3.3.5 Sinclinal de Almeida. Está localizado en la parte sur, su eje presenta una dirección noreste, ocurre en la formación Fòmeque (kif) y areniscas de Las Juntas (kiaj). Presenta características simétricas.

## **5. GEOMORFOLOGÍA**

Geomorfológicamente el área de estudio se caracteriza por poseer grandes escarpes formados por las rocas más competentes, que contrastan con las moderadas alturas y las pequeñas planicies formadas por rocas más blandas y depósitos recientes respectivamente.

Es de suma importancia anotar el sinnúmero de geoformas encontradas en este sector, destacándose la forma ondulada del terreno carcavamiento en algunos sectores, socavamientos, hundimientos de terreno etc. Todos ellos producto de los procesos erosivos consecuencia de los efectos climáticos, hídricos, físicos, tectónicos y antrópicos entre otros.

Otro aspecto a resaltar es el mal trazado y el diseño de las vías que ha sido un factor importante en el continuo proceso de cambio de la morfología original, ya que ha

favorecido los desprendimientos de materiales, movimientos en masa, cambios de cursos de agua, erosión progresiva del terreno, etc. Eventos que se activan y se hacen más intensos en épocas de intensas precipitaciones.

El mapa geomorfológico relaciona y ubica las zonas geomorfológicas más características con la geología y el grado de pendiente del terreno de toda la provincia de oriente de corpochivor.

## **5.1 ZONAS GEOMORFOLÓGICAS**

5.1.1 Zona I. Caracterizada por tener pendientes fuertes y escarpes formados por los niveles de rocas competentes de las diferentes formaciones litológicas encontradas, especialmente los paquetes de areniscas de las formaciones areniscas de Las Juntas, Une y Chipaque. Sus pendientes presentan valores mayores de 40° como los que se observan en las cuchillas cristales, de tona, el sauche, cruz de piedra negra etc.

5.1.2 Zona II. Presenta una topografía moderadamente ondulada con pendientes que oscilan entre 10° - 40° representado por las geoformas resultantes de la erosión progresiva de rocas de tipo lutítico de las formaciones lutitas de Macanal, Fômeque, Une.

Esta zona la encontramos en sitios como los municipios de Tenza, Sutatenza, Guateque, Guayatá, parte sur de La Capilla y el sector correspondiente al Norte y Centro de Chivor.

En esta zona la erosión laminar, deslizamientos y cárcavamientos son los encargados de remodelar las geofórmulas de la región.

5.1.3 Zona III. Las pendientes en estas zonas son inferiores a los  $10^\circ$  característica de los depósitos recientes aluviales y algunos coluviales; estos forman terrazas no muy extensas localizadas en sitios como: parte central del municipio de La Capilla, Guayatá y Somondoco.

La morfodinámica actual en esta zona no es muy intensa y es causada principalmente por la erosión laminar.

## **5.2 TOPOGRAFÍA**

Los principales factores que inciden en el control de la topografía son la estructura geológica y litológica. En el área de estudio se encuentran alturas que oscilan entre 1.100 y 3.200 m.s.n.m. donde predominan terrenos con pendientes entre  $10^\circ$ - $60^\circ$ .

Las pendientes mayores al 40° siguen las mismas direcciones de las formaciones geológicas resistentes (formaciones areniscas de Las Juntas, Chipaque y Une). Las zonas con pendientes hasta el 40° son ocupadas por formaciones blandas (formaciones lutitas de Macanal y Fómeque) y por los depósitos cuaternarios.

### **5.3 CARÁCTER DEL INVENTARIO DE DESLIZAMIENTOS**

5.3.1 Precisión. Los datos se tomaron en forma muy aproximada, se hizo de esta forma por limitaciones económicas; sin embargo del análisis de los datos presentes se pueden obtener tendencias interesantes.

A través de estos inventarios se desea dar a conocer al lector del estudio las principales características de los deslizamientos presentes en el municipio de Chivor, además esta ficha de inventario se encuentra acompañada de una fotografía que dará una mejor ilustración del problema.

5.3.2 Vigencia. Dada la naturaleza esencialmente dinámica de los movimientos en masa, los datos del inventario son muy puntuales en el tiempo y corresponden a las fechas en las cuales se hicieron las respectivas evaluaciones a los deslizamientos. Para tener una evaluación a más largo plazo y datos sobre la evolución de los

fenómenos es necesario actualizar la información, por lo menos una vez al año, preferiblemente después de la época lluviosa principal que corresponde en la zona de estudio al mes de Julio.

#### **5.4 DESLIZAMIENTOS**

5.4.1 La capilla. En el municipio de La Capilla encontramos un número apreciable de quebradas las cuales se encuentran en igualdad de condiciones inestables, además que los factores que han generado estos problemas son comunes en todos los cuerpos de agua.

Las quebradas con mayores problemas de erosión y movimientos en masa son: el molino, la clavelina, la honda, la gusba, y aguablanca. Además de otros cuerpos menores de agua que presentan problemas muy puntuales. Las anteriores tienen zonas inestables a lo largo de su cauce. Cabe resaltar que de todos estos cuerpos, los que mayor riesgo generan al municipio de La Capilla son las quebradas de la honda y la gusba por su gran cercanía con el municipio.

La quebrada de la guaya principal cuerpo de agua en el municipio, al cual desembocan la gran mayoría de las quebradas presentes en la zona, no muestra mayores problemas de inestabilidad.

El mayor problema que puede generar la quebrada la guaya está en el momento de darse en la zona grandes precipitaciones que desestabilizarían las quebradas con mayor deterioro de sus cauces generando ésto un aumento en el material de transporte por estos cuerpos de agua y en algunos casos, taponamiento de los cauces, con los posteriores perjuicios y catástrofes para la población presente.

Los factores de inestabilidad comunes en todas las quebradas son entre otros :

**Lutitas :** la cual encontramos como roca aflorante en todas las zonas que presentan inestabilidad ; esto se puede deber a su poca resistencia, su fácil meteorización ante la acción de los agentes como agua, interperismo etc.

**Deforestación :** la tala indiscriminada de los árboles presentes en los cauces de las quebradas es el común denominador de toda la provincia de oriente de corpochivor, favoreciendo ésto a la acción de arrastre del agua arrojándonos como consecuencia el inicio de procesos erosivos y posteriores deslizamientos.



**Factor antrópico:** el hombre además de la tala de árboles contribuye a este desequilibrio con la presencia de cultivos en zonas inestables sin las mínimas normas como la de sembrar atravesado, ubicar adecuadamente los canales de irrigación para los cultivos etc.

La pendiente que en la zona va de moderada a alta favorece que las aguas adquieran una mayor velocidad, y por ende, mayor caudal y fuerza de arrastre (socavación), favoreciéndose esto por el encañonamiento presente en todas las quebradas de la zona.

Otro factor que contribuye a la presencia de zonas inestables son los trazados y diseños viales, los cuales generan gran cantidad de deslizamientos y reptaciones al ser ejecutados sin estudios técnicos. Estas zonas inestables se encuentran sobre vías principales secundarias y se deben, entre otros, a los siguientes factores: inadecuados cortes viales, exposición de la roca aflorante a la acción de la meteorización y presencia de aguas en disposición caótica.

A continuación ilustraremos parte del problema con una serie de deslizamientos los cuales son descritos a través de una ficha con su respectiva fotografía, que nos dará una visión más objetiva de los diferentes problemas que se tienen en la zona de estudio. Los procesos de reptación en la mayoría de los casos se encuentran asociados

a los deslizamientos presentes en los cauces de la quebrada, presentándose la reptación a 20 o 30 m.

**DESLIZAMIENTO 18 FOTO**



**GEOLOGÍA AMBIENTAL Provincia de Oriente Corpochivor**

**LOCALIZACIÓN:**

Población LA CAPILLA Corriente de Agua AGUA BLANCA Vía \_\_\_\_\_  
 Coordenadas \_\_\_\_\_ Altitud \_\_\_\_\_ Cima \_\_\_\_\_  
 Fotos 5  
 Fecha FEB 10 - 88 D.B. Levantado por CARLOS CONTRERAS - HEMBEY PINILLA

**RELIEVE:**  Plano  Ondulado  Montañoso  Escarpado  Inundable  
 Pendiente Promedio  0° - 5°  5° - 10°  10° - 20°  20° - 40°  40° - 50°  > 50°  
**VEGETACIÓN:**  Selva  Bosque  Pasto  Cultivo

<input type="radio"/> Ciudad Mpio (No casas)	<input type="radio"/> Ferrocarril	<b>Implicación</b>	<input type="radio"/> Graves
<input type="radio"/> Casas de campo No. <u>4</u>	<input type="radio"/> Acueducto	<b>Socio-económica</b>	<input type="radio"/> Paqueños
<input type="radio"/> Vía principal	<input type="radio"/> Puente - Viaducto		<input type="radio"/> Ninguna
<input type="radio"/> Vía secundaria	<input type="radio"/> Muros de contención		

TIPO	SUELO	CONSISTENCIA				Condiciones de la roca			UNIDAD GEOLOGICA
	Residual <input type="radio"/>	a	b	c	d	b	c	d	AFFECTADA
	Transportado <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
	ROCA <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Formación	Esp.	ESTRUCTURA		ZONA SISMICA
a <input type="radio"/> Suelo	<u>1 Mts.</u>	<input type="radio"/> ESTRATIFICACIÓN	F: FAVORABLE	A b <input type="radio"/>
b <input type="radio"/> 2º Material	<u>2.2 Mts.</u>	<input type="radio"/> FOLACION	D: DESFAVORABLE	A d <input type="radio"/>
c <input type="radio"/> 3º Material	<u>LUTITAS</u>	<input type="radio"/> FALLAS	I: INDEFERENTE	
d <input type="radio"/> 4º Material		<input type="radio"/> PUEBLES		

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	Esp.	USO DE LA TIERRA		DRENAJE AGUA SUPERFICIAL	
		<input type="radio"/> PASTO	<input type="radio"/> INCULTO	1 En deslizamiento	2 Área libre
PRECIPITACIÓN MEDIA / ANUAL		<input type="radio"/> ARBUSTO	<input type="radio"/> MALEZA	CHORROS	<input type="radio"/>
PRECIPITACIÓN MEDIA / MENSUAL		<input type="radio"/> ARBÓLES	<input type="radio"/> PERMANENTE	MANANTIALES	<input type="radio"/>
PERIODO LLUVIOSO		<input type="radio"/> OTROS	<input type="radio"/> TRANSITORIOS	EMPOZAMIENTOS	<input type="radio"/>
MESES DE MAY PRES			<input type="radio"/> PASTO	Z INFILTRACION	<input type="radio"/>
				Z HUMEDOS	<input type="radio"/>
				Z SECO	<input type="radio"/>

TIPO	ESTADO		CAUSAS	
<input type="radio"/> LAMINAR	<input type="radio"/> DIFERENCIAL	<input type="radio"/> INCIPIENTE	<input type="radio"/> LITOLOGIA	<input type="radio"/> ESTRUCTURAS
<input type="radio"/> DIFUSA	<input type="radio"/> POR SOCAVACION	<input type="radio"/> AVANZADO	<input type="radio"/> CLIMA - EXP	<input type="radio"/> DEFORESTACION
<input type="radio"/> CONCENTRADA	<input type="radio"/> POR INCISION	<input type="radio"/> VIEJA	<input type="radio"/> MORFOLOGICA	<input type="radio"/> CULTIVOS
<input type="radio"/> EN CAVERNA	<input type="radio"/> INTERNA		<input type="radio"/> INCLIN - TALUD	<input type="radio"/> DESLIZAMIENTOS

CLASIFICACION	ACTIVIDAD		MORFOMETRIA	
	<input type="radio"/> Potencial	<input type="radio"/> Incidente	Inclinación <u>50°</u>	
	<input type="radio"/> Estabilizado	<input type="radio"/> Avanzado	Altura <u>150 Mts</u>	
	<input type="radio"/> Activo	<input type="radio"/> Compendo	Longitud <u>200 Mts</u>	
			Área del deslizamiento	

REALES	DETONANTES Y CONTRIBUYENTES				
<input type="radio"/> Litología	<input type="radio"/> Cultivos	<input type="radio"/> Sobrepastores	<input type="radio"/> Erosión eólica	<input type="radio"/> Alta precipitación	<input type="radio"/> Drenaje
<input type="radio"/> Meteorización	<input type="radio"/> Sistema	<input type="radio"/> Deforestación	<input type="radio"/> Erosión hídrica	<input type="radio"/> Sobrecarga superficial	<input type="radio"/> Imp
<input type="radio"/> Fracturación	<input type="radio"/> Corte visl	<input type="radio"/> Descarga inferior	<input type="radio"/> Descarga de agua	<input type="radio"/> Socavación	
<input type="radio"/> Estructuras					
<input type="radio"/> Agua subterránea					

MEDIDAS DE EXPLORACION		
<input type="radio"/> Ensayos de campo	<input type="radio"/> Geofísica Método _____	<input type="radio"/> Cartografía a gran escala
<input type="radio"/> Ensayos de laboratorio	<input type="radio"/> In-estigación Subeup Perto _____	<input type="radio"/> Instrumentación Mojones _____
<input type="radio"/> Levantamiento geológico detallado	Barreno _____	Pezometro _____
<input type="radio"/> Levantamiento topográfico detallado	Apiques _____	Clinómetro _____

MEDIDAS CORRECTIVAS					
<input type="radio"/> Reforestación	<input type="radio"/> Gaviones	<input type="radio"/> Estabilización	<input type="radio"/> Drenaje superficial	<input type="radio"/> Fellen de contrapeso	<input type="radio"/> Frears
<input type="radio"/> Descarga del talud	<input type="radio"/> Muros	<input type="radio"/> Anclajes	<input type="radio"/> Drenaje profundo	<input type="radio"/> Investigaciones (Detalladas, Geotécnicas)	

**MEDIDAS PREVENTIVAS**

**A corto plazo:** Unicar enrocados sobre la margen izquierda para impedir la acción de socavación de la quebrada  
Reforestar la zona mediante con especies nativas de raíces profundas y poco pes.  
Diseñar un sistema de drenaje superficial que recoja las aguas de escorrentía.

**A largo plazo:** Evitar los cultivos en las áreas adyacentes al deslizamiento

DESLIZAMIENTO 11 FOTO - CAPILLA 1



11

GEOLOGÍA AMBIENTAL Provincia de Oriente Corpochivor

LOCALIZACIÓN -
Lugar: LA CAPILLA, Corriente de Agua: ..., Vía: VEREDA CUMAGUA LA CAPILLA
el sitio coordenadas: ..., Altitud: ..., Cima: ...
Fecha: Feb. 10 - 85 D. 11 Levantado por: CARLOS CONTRERAS - HEMBER PINILLA

RELIEVE: Plano, Ondulado, Montañosa, Escarpado, Irregular
Pendiente Promedio: 0° - 5°, 5° - 10°, 10° - 20°, 20° - 40°, 40° - 50°, > 50°
VEGETACIÓN: Selva, Bosque, Pasto, Cultivo

Table with 4 columns: Infrastructure (Calle, Acueducto, etc.), Implicación (Graves, Socio-económica), and other features like Muros de contención.

Table with 4 columns: SUELO (Residual, Transportado), CONSISTENCIA (Sólida, Parcial/Sólida, etc.), Condiciones de la roca (Meteorizado, Fracturada, etc.), and UNIDAD GEOLOGICA AFECTADA.

Table with 4 columns: Formación (Esp., Estratificación, etc.), ESTRUCTURA (F: FAVORABLE, D: DESFAVORABLE, etc.), and ZONA SISMICA (A, B, C, D).

Table with 3 columns: ESTACIÓN METEOROLÓGICA (Precipitación, etc.), USO DE LA TIERRA (PASTO, INCULTO, etc.), and DRENAJE AGUA SUPERFICIAL (En deslizamiento, etc.).

Table with 3 columns: TIPO (LAMINAR, DIFUSA, etc.), ESTADO (INCIPIENTE, AVANZADO, etc.), and CAUSAS (LITOLÓGICA, ESTRUCTURAS, etc.).

Table with 3 columns: VARNES (Clasificación), ACTIVIDAD (Potencial, Incipiente, etc.), and MORFOMETRIA (Inclinación, Altura, etc.).

Table with 2 columns: REALES (Litología, Meteorización, etc.) and DETONANTES Y CONTRIBUYENTES (Cultivos, Sobreexplotación, etc.).

Table with 2 columns: MEDIDAS DE EXPLORACIÓN (Ensayos de campo, Geofísica, etc.) and MEDIDAS CORRECTIVAS (Reforestación, Muros, etc.).

Table with 2 columns: MEDIDAS PREVENTIVAS (Reforestación con especies nativas, Diseño redes de drenajes, etc.).

Plazo corto: Reforestación con especies nativas de grandes raíces y poco peso.
Plazo largo: Diseño redes de drenajes superficiales para recoger las aguas de escorrentía.

DESLIZAMIENTO 10 FOTO

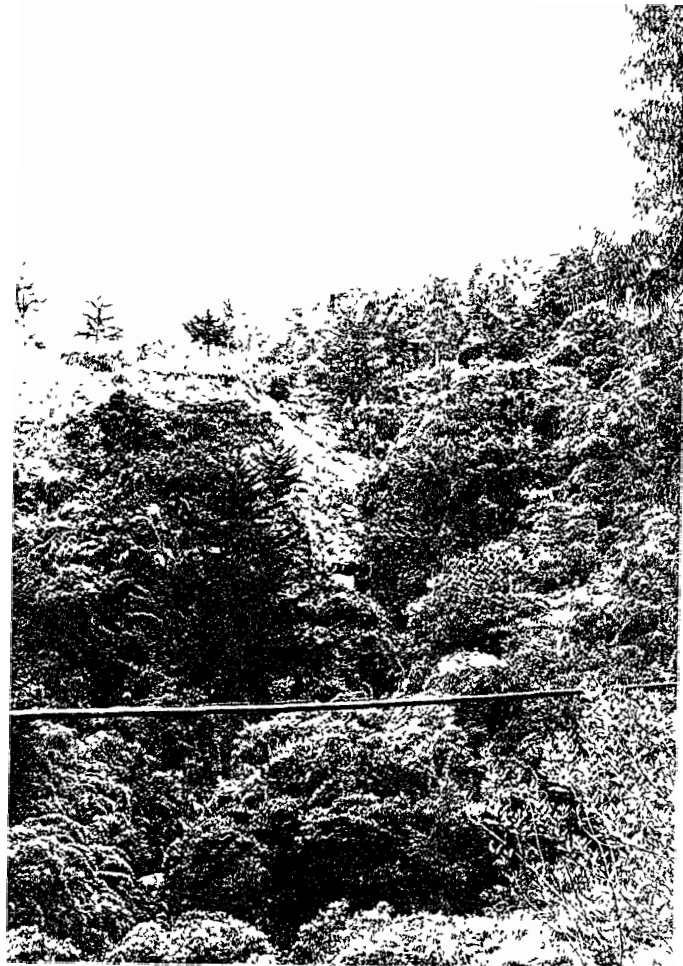


10

DESLIZAMIENTO 12 FOTO



DESLIZAMIENTO 13 FOTO





DESLIZAMIENTO 14 FOTO



5.4.2. Tenza. En el municipio de Tenza se tiene un número puntual de deslizamientos y reptaciones los cuales se deben a la acción de las corrientes de agua de la quebrada la guaya y chorro hondo.

La acción de las aguas subterráneas y los diseños inadecuados de ciertas vías secundarias o principales se ven reflejados en la presencia de deslizamientos en la zona de Tenza.

A nuestro parecer se debe implementar un estudio geotécnico para determinar las causas del problema.(Zona de agrietamiento casco urbano ) además de obras para mitigar este problema de suma importancia para el municipio.

Según observaciones de campo se puede pensar que posiblemente esta zona de agrietamiento se puede deber a la acción de la quebrada la guaya sobre su margen derecha. Generándose por esta acción una línea de falla que se ve reflejada en esta zona de agrietamiento.

Otra zona de importancia es la vereda el volcán, en la cual se tiene una reptación de gran magnitud con movimiento aproximado de 1 m/año. Las causas de este movimiento son aguas subterráneas y la presencia de un antiguo deslizamiento de gran tamaño.

A continuación se presentan las fichas de los deslizamientos principales presentes en la zona y de éstos algunas fotografías ilustrativas, además de la ubicación cartográfica en el plano geomorfológico.

D17. Deslizamiento debido a la socavación de la quebrada chorro hondo y al corte de la vía que presenta en este sector una curva muy cerrada, afectando la vía en la temporada de invierno por la presencia de flujo de lodos y detritos, sobre el corte vial. El material presente lutitas, morfometría :  $h = 40$  m. Ancho = 60 m. pendiente =  $60^\circ$ . La vía que afecta es la de La Capilla - Pachavita.

D18. Deslizamiento presente sobre la vía La Capilla - Pachavita siendo la causa del deslizamiento el mal diseño del corte vial, además del tipo de material presente lutitas altamente meteorizadas, morfometría :  $h = 30$  m. Ancho = 40 m. Pendiente =  $45^\circ$ . Afectando la vía la capilla - Pachavita.

D19. Deslizamiento sobre la vía Tenza - Pachavita, la banca derecha está cediendo arrastrada por la inestabilidad presente. El proceso se debe al corte de la vía por ser una curva cerrada en la zona del fenómeno se observan bloques erráticos de areniscas.

D21. Deslizamiento debido a la socavación del río la guaya sobre la margen izquierda de su cauce ; el material presente en el área son lutitas compactas con pequeñas intercalaciones de caliza. La morfometría del deslizamiento ancho : 120 m. Altura = 50 m. Las lutitas por la acción del agua se fractura en una dirección preferencial, lo cual forma una laja o un piso liso por el cual se puede asumir la línea de falla del deslizamiento, ésta laja se encuentra sobre las lutitas de la formación Fomeque compactas en la parte más superior, por encima de esta laja encontramos lutitas meteorizadas y suelo residual y transportado.



En la foto D21 se observa la presencia de obras civiles (gaviones) los cuales se han diseñado más de tres veces y en todas las ocasiones el río se los ha llevado. Estos gaviones evitan que el río socave su cauce ; la falla en los diseños de estos gaviones es que se encuentran fundados sobre la laja de lutitas la cual está en contacto directo con el río como lo observamos en la foto 21A sin fundarlos por debajo de esta laja para que sean más estables.

FOTO 21 A



En la foto 21B se muestra la fuerza de la socavación de este río, el cual destruyó la vía que pasa por este sector teniendo que correrse unos metros más al fondo como se aprecia, trayendo esto como consecuencia un mayor desequilibrio en el talud presente en esta área, ya que se encontraba inestable. (ver ficha descriptiva D21).

**FOTO 21B**



**GEOLOGÍA AMBIENTAL Provincia de Oriente Corpochivor**

**LOCALIZACIÓN:**

Provincia TENZA Corriente de Agua Rio La Guasca Vía \_\_\_\_\_  
 Código coordenadas Y \_\_\_\_\_ Altitud \_\_\_\_\_ Cima \_\_\_\_\_  
 Fecha Feb 13 - 98 D 21 Fotos 5  
 Levantado por CARLOS CONTRERAS - HEMBER PINILLA

**RELIEVE:**  Plano  Ondulado  Montñoso  Escarpado  Irregular  
**Pendiente Promedio:**  0° - 5°  5° - 10°  10° - 20°  20° - 40°  40° - 60°  > 60°  
**VEGETACIÓN:**  Selva  Bosque  Pasto  Cultivo

<input type="radio"/> Ciudad, Tipico (No casas)	<input type="radio"/> Ferrocarril	<b>Implicación</b>	<input type="radio"/> Graves
<input type="radio"/> Casas de campo (No <u>1</u> )	<input type="radio"/> Acueducto	<b>Socio - económica</b>	<input type="radio"/> Pequeñas
<input type="radio"/> Vía principal	<input type="radio"/> Puente - Viaducto		<input type="radio"/> Ninguna
<input type="radio"/> Vía secundaria	<input type="radio"/> Muros de contención		

TIPO DE SUELO	CONSISTENCIA				Condiciones de la roca				UNIDAD GEOLOGICA AFECTADA
	<input type="radio"/> Residual	<input type="radio"/> a	<input type="radio"/> b	<input type="radio"/> c	<input type="radio"/> d	<input type="radio"/> b	<input type="radio"/> c	<input type="radio"/> d	
<input type="radio"/> Transportado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>ROCA</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
				Sólida				Metazonada	
				Parcial/Sólida				Fracturada	
				Suelta				Muy poco	
				Cohesiva				Grados de 1 a 5	

Formación	Esp. a mts.	ESTRUCTURA		ZONA SISMICA	
a <input type="radio"/> Ecuato	<u>LUTITAS</u>	<input checked="" type="radio"/> ESTRATIFICACIÓN	<input type="radio"/> FOLIACIÓN	F: FAVORABLE	A B <input type="radio"/>
b <input type="radio"/> 2º Material		<input type="radio"/> FALLAS	<input type="radio"/> PLEGUES	D: DESFAVORABLE	A D <input type="radio"/>
c <input type="radio"/> 3º Material				I: INDIFERENTE	
d <input type="radio"/> 4º Material					

INDICADORES CLIMATICOS	ESTACION METEOROLOGICA		USO DE LA TIERRA		DRENAJE AGUA SUPERFICIAL	
	PRECIPITACION MEDIA / ANUAL	_____	<input type="radio"/> INCULTO	<input type="radio"/> PASTO	1 En desahorro	2 Area afectada
	PRECIPITACION MEDIA / MENSUAL	_____	<input type="radio"/> CULTIVADO	<input type="radio"/> MALEZA	<input type="radio"/> CHORROS	<input type="radio"/>
	PERIODO LLUVIOSO	_____	<input type="radio"/> OTPOS	<input type="radio"/> ARBUSTO	<input type="radio"/> MANANTIALES	<input type="radio"/>
	MESES DE MAX. PPES	_____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/> ARBOLES	<input type="radio"/> ENFOZAMIENTOS	<input type="radio"/>
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/> PERMANENTE	<input type="radio"/> Z INFILTRACION	<input type="radio"/>	
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/> TRANSITORIOS	<input type="radio"/> HUMEDOS	<input type="radio"/>	
		<input type="radio"/>	<input type="radio"/> PASTO	<input type="radio"/> SECO	<input type="radio"/>	

TIPO	ESTADO		CAUSAS	
	<input type="radio"/> LAMINAR	<input type="radio"/> DIFERENCIAL	<input type="radio"/> INCIPIENTE	<input type="radio"/> AVANZADO
<input type="radio"/> DIFUSA	<input type="radio"/> POR SOCAVACION	<input type="radio"/> VIEJA		
<input type="radio"/> CONCENTRADA	<input type="radio"/> POR INCISION			
<input type="radio"/> EN CAVERNA	<input type="radio"/> INTERNA			
		<input type="radio"/> LITOLOGIA	<input type="radio"/> ESTRUCTURAS	
		<input type="radio"/> CLIMA - EXP	<input type="radio"/> DEFORESTACION	
		<input type="radio"/> MORFOLOGICA	<input type="radio"/> CULTIVOS	
		<input type="radio"/> INCLIN - TALUD	<input type="radio"/> DESLIZAMIENTOS	

DESPLAZAMIENTO	CLASIFICACION		ACTIVIDAD		MORFOMETRIA	
	YARNES		<input type="radio"/> Potencial	<input type="radio"/> Incipiente	Inclinación <u>45°</u>	
			<input type="radio"/> Estabilizada	<input type="radio"/> Avanzada	Altura <u>50 Mts</u>	
			<input type="radio"/> Activa	<input type="radio"/> Colapso	Longitud <u>100 Mts</u>	
					Area del deslizamiento	

CAUSAS REALES	DETONANTES Y CONTRIBUYENTES					
	<input type="radio"/> Litología	<input type="radio"/> Cultivos	<input type="radio"/> Sobrepastoreo	<input type="radio"/> Erosión eólica	<input type="radio"/> Alta precipitación	<input type="radio"/> Drenaje
<input type="radio"/> Meteorización	<input type="radio"/> Siema	<input type="radio"/> Deforestación	<input type="radio"/> Erosión hídrica	<input type="radio"/> Sobrecarga superficial	<input type="radio"/> Imp	
<input type="radio"/> Fracturación	<input type="radio"/> Corte mal	<input type="radio"/> Descarga inferior	<input type="radio"/> Descarga de agua	<input type="radio"/> Escavación		
<input type="radio"/> Estructuras						
<input type="radio"/> Agua subterránea						

MEDIDAS DE EXPLORACION		
<input type="radio"/> Encuestas de campo	<input type="radio"/> Geofisica Metodo _____	<input type="radio"/> Cartografía a gran escala
<input type="radio"/> Encuestas de laboratorio	<input type="radio"/> Investigación Subsop Perfil _____	<input type="radio"/> Instrumentación Mojoneros _____
<input type="radio"/> Levantamiento geológico detallado	Barieno _____	Pizometro _____
<input type="radio"/> Levantamiento topográfico detallado	Aboules _____	Gonometro _____

**MEDIDAS CORRECTIVAS**

Restauración  Gárgolas  Estabilización  Drenaje superficial  Retiro de contrapeso  Fresas

Descarga del talud  Muros  Anclajes  Drenaje profundo  Investigaciones (Detalladas, Geotécnicas)

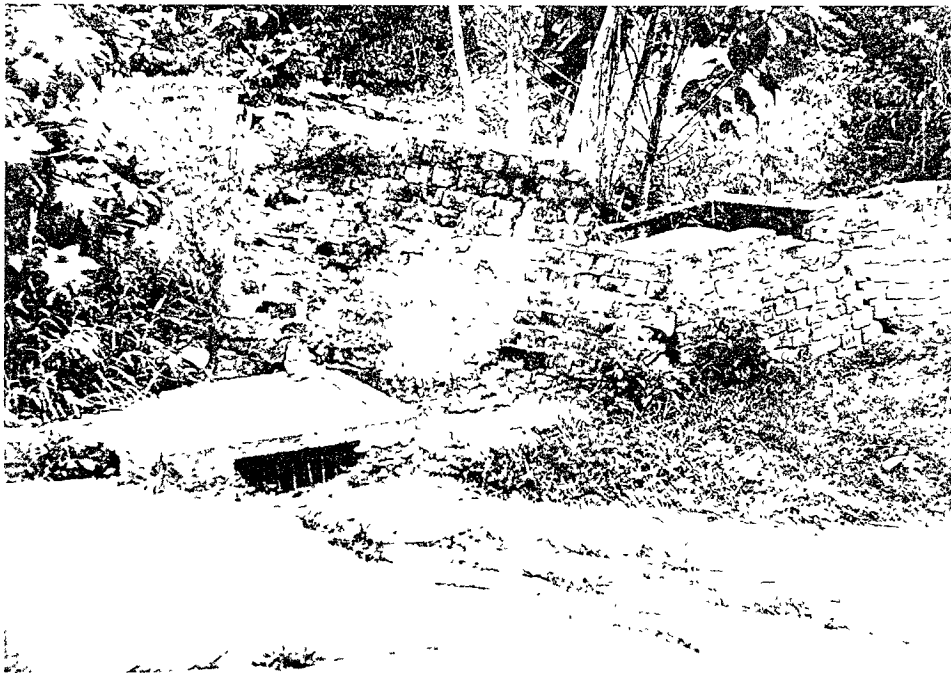
**MEDIDAS PREVENTIVAS**

**A corto plazo:** Caravanas fundadas sobre rocas estables que no se dejen influenciar por efectos del caos  
Restauración de la zona inestable además del cause afectado

**A largo plazo:** \_\_\_\_\_

ZONA DE AGRIETAMIENTOS EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE TENZA. Esta zona de agrietamientos se inicia desde el costado oriental de la iglesia de este municipio en línea recta hasta la plaza de mercado de Tenza, dividiendo el municipio en dos partes. Ello puede deberse a que el municipio se encuentra en una montaña la cual está siendo afectada por la socavación de la quebrada la guaya. (ver foto 15).

FOTO 15





En la foto 15 podemos observar la acción de estos agrietamientos sobre las estructuras como las viviendas. La vía que se observa está toda al mismo nivel; nótese la inclinación que presenta en estos momentos. Es así a través del recorrido por estos agrietamientos.

D22. Deslizamiento donde podemos observar en pequeña escala lo que ocurre en casi todos los deslizamientos presentes en la zona. En la foto D22 podemos apreciar la lutita maciza y lisa; en su parte superior se observa lutita meteorizada muy poco espesor 5 cm y por encima de ésta el suelo residual que ya no está protegiendo a la lutita a lo largo de este talud. La pendiente de este talud es de  $65^\circ$ . Este deslizamiento se encuentra en la vereda el volcán la cual es la más afectada por estos movimientos en masa. Morfometría : altura = 10 m. Ancho = 20 m. Pendiente  $65^\circ$ .

FOTO D22

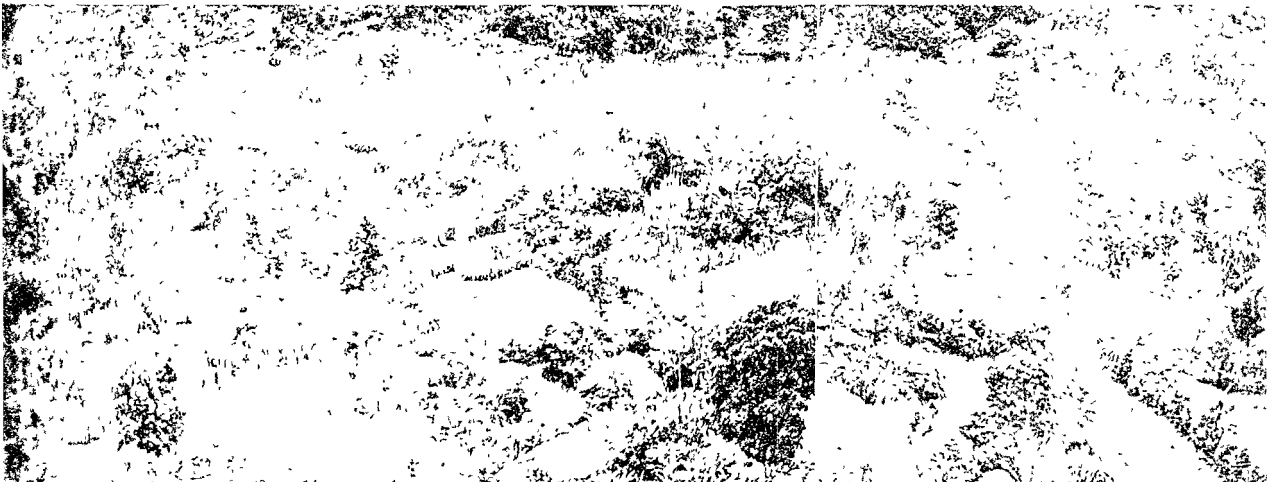


**D22B.** La vereda el volcán es la zona que se encuentra en mayor proporción afectada con los movimientos en masa. En ella se encuentra coronas de deslizamientos de más de 1 Km. de largo y con más de 100 m de alto, los cuales generan en la zona más inestables de la vereda movimientos como reptación.

Este movimiento se inició hace aproximadamente 12 años siendo una posible causa la presencia de la laja de lutita (capa lisa de lutita compacta) la cual con la presencia de agua subterránea que se manifiesta en la zona a través de nacimientos o pequeñas lagunas, la cual inestabilizó esta zona. El movimiento según los campesinos de la zona es de 1m por año aproximadamente.

El agua al estar en las fracturas que se presentan a través de la laja por el cambio en las propiedades de la roca presente (lutita) constituye una posible línea de falla, además del peso que le da a la roca por su saturación. (fotos 22B).

**FOTO 22B**



**GEOLOGÍA AMBIENTAL Provincia de Oriente Corpochivor**

ACCIÓN :

TENZA \_\_\_\_\_ Corriente de Agua \_\_\_\_\_ Via \_\_\_\_\_  
 coordenadas Y \_\_\_\_\_ Altitud \_\_\_\_\_ Cima \_\_\_\_\_  
 X \_\_\_\_\_ Fotos \_\_\_\_\_ 7 \_\_\_\_\_  
 Feb. 13 - 98 D 22B Levantado por CARLOS CONTRERAS - HEMBER PINILLA

1  Plano  Ondulado  Montañoso  Escarpado  Inundable  
 Promedio  0° - 5°  5° - 10°  10° - 20°  20° - 40°  40° - 60°  > 90°  
 ZONAS:  Seiva  Bosque  Pasto  Cultivo

<input type="radio"/> Ciudad tipo (No casas)	<input type="radio"/> Ferrocarril	<b>Implantación</b>	<input type="radio"/> Gruesas
<input type="radio"/> Casas de campo tipo 20	<input type="radio"/> Ache ducto	<b>Socio - económica</b>	<input type="radio"/> Pequeñas
<input type="radio"/> Vía principal	<input type="radio"/> Puente - Viaducto		<input type="radio"/> Ninguna
<input type="radio"/> Vía secundaria	<input type="radio"/> Muros de contención		

SUELO	CONSISTENCIA				Condiciones de la roca				UNIDAD GEOLOGICA
Rendul <input type="radio"/>	a	b	c	d	b	c	d	<b>AFFECTADA</b>	
Traslocutado <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	
ROCA <input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	_____	

Formación	Esp.	ESTRUCTURA		ZONA SISMICA	
a <input type="radio"/> Euclo	5 Mts	<input type="radio"/> ESTRATIFICACIÓN	F: FAVORABLE	A	<input type="radio"/>
b <input type="radio"/> 2° Material	4 Mts	<input type="radio"/> FOLACIÓN	D: DESFAVORABLE	A	<input type="radio"/>
c <input type="radio"/> 3° Material	100 Mts	<input type="radio"/> FALLAS	I: INDIFERENTE	A	<input type="radio"/>
d <input type="radio"/> 4° Material	_____	<input type="radio"/> FUEGOS			

CON METEOROLOGICA	USO DE LA TIERRA		DRENAJE AGUA SUPERFICIAL	
PITACION MEDIA ANUAL _____	<input type="radio"/> PASTO	<input type="radio"/> INCULTO	1 En deslizamiento	2 Area aferente
PITACION MEDIA MENSUAL _____	<input type="radio"/> MALEZA	<input type="radio"/> CULTIVADO	CHORROS <input type="radio"/>	<input type="radio"/>
COLLUVIOSO _____	<input type="radio"/> ARBUSTO	<input type="radio"/> ARBOLES	MANANTIALES <input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SEDE MAY PREZ _____	<input type="radio"/> PERMANENTE	<input type="radio"/> OTROS	EMFOZAMIENTOS <input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	<input type="radio"/> TRANSITORIOS		Z INFILTRACION <input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	<input type="radio"/> PASTO		Z HUMEDOS <input type="radio"/>	<input type="radio"/>
			SECO <input type="radio"/>	<input type="radio"/>

TIPO	ESTADO		CAUSAS	
<input type="radio"/> LAMINAR <input type="radio"/> DIFERENCIAL	<input type="radio"/> INCIPIENTE	<input type="radio"/> LITOLOGIA	<input type="radio"/> ESTRUCTURAS	
<input type="radio"/> DEFUSA <input type="radio"/> POR SOCAVACION	<input type="radio"/> AVANZADO	<input type="radio"/> CLIMA - EXP	<input type="radio"/> DEFORESTACION	
<input type="radio"/> CONCENTRADA <input type="radio"/> POR INCISION	<input type="radio"/> VIEJA	<input type="radio"/> MORFOLOGICA	<input type="radio"/> CULTIVOS	
<input type="radio"/> EN LAZARDA <input type="radio"/> INTERNA		<input type="radio"/> INCLIN - TALUD	<input type="radio"/> DESLIZAMIENTOS	

CLASIFICACIÓN	ACTIVIDAD		MORFOMETRIA	
RIES _____	<input type="radio"/> Potencial	<input type="radio"/> Incipiente	Inclinación _____	
	<input type="radio"/> Estabilizado	<input type="radio"/> Avanzado	Altura _____	
	<input type="radio"/> Activo	<input type="radio"/> Colapsado	Longitud _____	
			Area del deslizamiento _____	

REALES	DETONANTES Y CONTRIBUYENTES				
<input type="radio"/> Litología	<input type="radio"/> Cultivos	<input type="radio"/> Sobrepastores	<input type="radio"/> Erosion edica	<input type="radio"/> Alta precipitacion	<input type="radio"/> Diverja
<input type="radio"/> Meteorizacion	<input type="radio"/> Sismo	<input type="radio"/> Deforestacion	<input type="radio"/> Erosion hidrica	<input type="radio"/> Sobrecarga superficial	<input type="radio"/> mp
<input type="radio"/> Fracturación	<input type="radio"/> Constr. mal	<input type="radio"/> Descarga interior	<input type="radio"/> Descarga de agua	<input type="radio"/> Ecodacion	
<input type="radio"/> Estructuras					
<input type="radio"/> Agua subterráneas					

MEDIDAS DE EXPLORACION		
<input type="radio"/> Ensayos de campo	<input type="radio"/> Geotecnica Metodo _____	<input type="radio"/> Cartografica a gran escala _____
<input type="radio"/> Ensayos de laboratorio	<input type="radio"/> Investigacion Subsup Perfil _____	<input type="radio"/> Instrumentación: Magnet _____
<input type="radio"/> Levantamiento geológico detallado	Beramo _____	Percepción _____
<input type="radio"/> Levantamiento topográfico detallado	Apique _____	Clinometro _____

MEDIDAS CORRECTIVAS				
estacion <input type="radio"/> Camones	<input type="radio"/> Estabilización	<input type="radio"/> Drenaje superficial	<input type="radio"/> Rotens de contrapeso	<input type="radio"/> Prazas
seguridad del talud <input type="radio"/> Muros	<input type="radio"/> Ancisjes	<input type="radio"/> Drenaje profundo	<input type="radio"/> In-estigaciones (Detallados, Geotecnico)	

MEDIDAS PREVENTIVAS  
 Hazo: Drenajes profundos para profundizar mas la presencia de agua subterráneas.

Hazo: \_\_\_\_\_

#### 5.4.3 Sutatenza.

DESLIZAMIENTO DEL GUAMO. El material presente en este gran deslizamiento tenemos bloques de arenisca, calizas, lumaquelicas (pequeños bancos), lutita con alternancia de areniscas pequeñas capas ; el material transportado observado en este deslizamiento son los bloques de calizas lumaquelicas y areniscas, lutitas embebidos en una matriz areno-arcillosa con un mayor porcentaje de arcillas.

Por encima de la corona del deslizamiento dista de la vía Tenza-Sutatenza 1 Km. aproximadamente presentándose en la parte alta el proceso de reptación. Además de agrietamientos que poco a poco desestabilizan más la zona.

En esta parte alta se hicieron trabajos como la construcción de trinchos, drenajes para las aguas de escorrentía, los cuales han mitigado en forma mínima el problema.

La corona del deslizamiento donde el movimiento es rápido se encuentra a una altura de 1740 m por encima de la corona activa, es donde se encuentra toda esa inmensa zona inestable que presenta el proceso de reptación y agrietamientos. (foto Guamo1).

## FOTO GUAMO1



En la foto Guamo2 observamos la presencia de bloques de areniscas que dan un poco de frenado a esa gran cantidad que se ha desprendido formándose en este sector como especie de una garganta en donde por encima y por debajo de ella se encuentra una gran cantidad de material removido, estos bloques forman como una especie de terrazas, las cuales mitigan la energía que traen los materiales en suspensión altura 1710 m.

## FOTO GUAMO2



En la foto Guamo 3 observamos la parte media del deslizamiento la cual está más afectada gracias al movimiento que tuvo lugar en septiembre de 1.995 en donde este deslizamiento presentó un gran movimiento de una cantidad grande de flujo de lodos, detritos, bloques etc. En esa ocasión destruyó la vía que comunica a Sutatenza con la vereda el Guamo, a Sutatenza con Las Juntas, además de todas las fincas, casas, tanques de almacenamiento de agua presentes en la zona.

FOTO GUAMO3



En esta parte nos encontramos en una altura de 1650 m y el ancho del deslizamiento es de aproximadamente 120 m.

Este deslizamiento en su parte baja forma playa, después de formar esta playa más abajo ya desembocaría al río Garagoa donde forma la playa, tiene una altura aproximada de 1370 m.

Las familias afectadas por este super deslizamiento son 30, siendo las más afectadas las de señor Jorge Eliécer Cano que se encuentra a escasos metros de la pata del deslizamiento o zona donde se explayó el material transportado.

Este deslizamiento se encuentra sobre la quebrada el volcán negro, antigua quebrada el cuticon. En él encontramos la presencia de agua subterránea aflorando en forma de pozos en la zona de reptación, tres pozos y en forma de corriente superficial a través de la zona de movimiento rápido en la cual se observa el destrozo que éste ha alcanzado.

D23a. Deslizamiento que está afectando el banco izquierdo de la vía que conduce de Sutatenza-Guamo ; esta vía se encuentra por encima de la vía Guamo-Sutatenza. El material presente son lutitas y suelo transportado ; el desequilibrio presente se debe al trazado de la vía y su mal diseño.



En la pata del deslizamiento hay una familia de la señora Filomena Fula, la cual esta en gran riesgo por la magnitud de este deslizamiento. La morfometría de este deslizamiento es , ancho=100 m y altura=150 m desde su corona hasta la pata.

D24. Deslizamiento ovejera-piedralarga. El movimiento que se presenta en la parte alta es el de reptación y afecta la margen izquierda de la vía que conduce de Sutatenza al Guamo. Por encima de la vía unos 20 m se encuentra la corona del movimiento, además de un aljibe de agua subterránea ; en este sector hasta donde se encuentra el alto de la piedra hay 100 m en los cuales el movimiento es reptación.

Después de la zona del alto de la piedra se encontraron dos aljibes más ; de ahí hasta la vía que conduce de Guamo-Sutatenza el movimiento es de mayor velocidad arrastrando gran cantidad de material impidiendo éste el movimiento por esta vía en invierno. Altura en la corona 1.940 de ahí hasta el alto de la piedra altura 1.880 solo se tiene el fenómeno de reptación ; de ahí hacia abajo hasta la vía el Guamo-Sutatenza ya se presenta reptación con flujo de detritos. Esto se debe a la presencia de agua subterránea que al estar a través de la laja de lutitas forma una línea de falla e inestabiliza la zona. Este deslizamiento tuvo un movimiento fuerte hace diez años.

D25. Deslizamiento antiguo inactivo, ubicado en la margen izquierda de la vía que conduce de Guateque a Sutatenza. Este deslizamiento se encuentra en material

arcilloso lutitas y suelo residual ; en la parte superior se tiene la presencia de bloques erráticos ; en la parte media alta altura 1.920 m se encuentra una serie de aljibes los cuales evidencian la presencia de aguas subterráneas en la zona inestable, reflejándose ésta como una posible causa del problema.

En la altura 1.850 sobre la vía Sutatenza-Guateque, en la margen izquierda de la vía encontrándose en el cuerpo del antiguo deslizamiento una edificación para un colegio en obra negra, el cual puede verse afectado si hay un nuevo activamiento de este deslizamiento. La morfometría de este deslizamiento es : altura=25 m ; ancho=100 m. Al estar ubicada esta obra (colegio) trae consigo un estudio detallado del sitio donde se encuentra para analizar las causas que formaron este antiguo deslizamiento, así como si se tiene cierto grado de actividad, además de conocer todas sus características geomecánicas para poder proponer obras que garanticen la seguridad de las personas que puedan usar este colegio o si se encuentra con cierto grado de actividad, ver la conveniencia de reubicarlo para evitar una catástrofe.

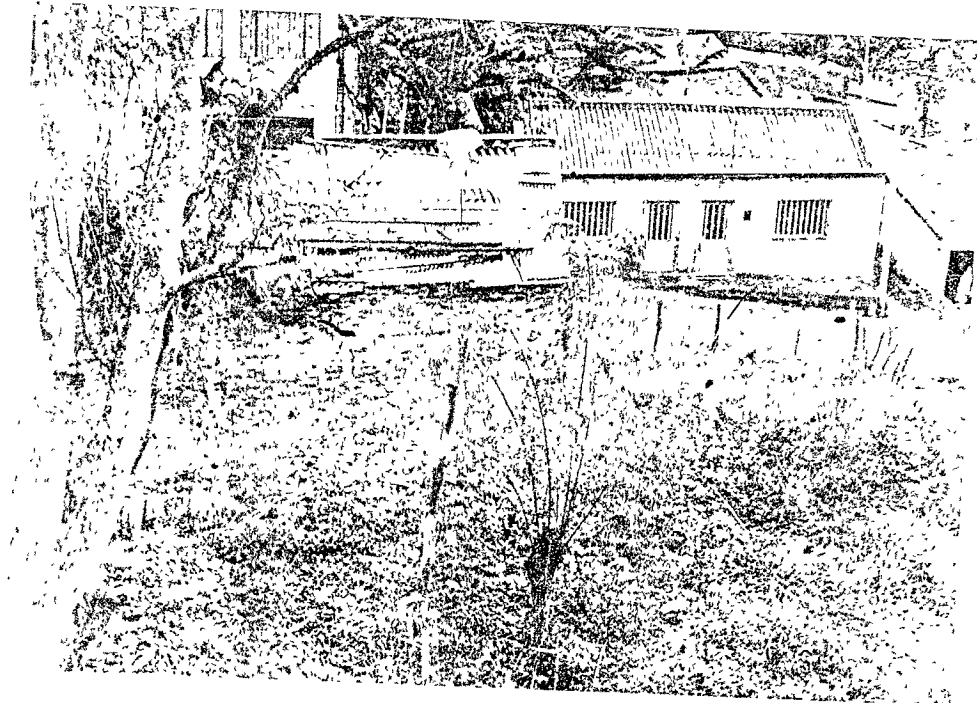
#### 5.4.4 Guateque.

D29. Zona inestable continuo al terminal de transporte, unos treinta metros sobre la vía a Bogotá. En este sector se observa una serie de viviendas con grandes grietas ; de tres a cuatro casas están deshabitadas en estos momentos debido al deterioro físico de

las mismas ; esta serie de agrietamientos siguen en línea recta hasta un lavadero de carros 200 m en sentido perpendicular a la vía a Bogotá.

También se tiene la presencia de agua subterránea gracias a que hay zonas por donde brota. Este movimiento en el sitio sobre la vía a Bogotá el cual lo muestra la fotoD29, tiene un movimiento tal que se ha llevado tres muros de contención, reflejando ésto que hay una actividad. Se recomienda para esta zona elaborar estudio a escalas detalladas para conocer más a fondo las características de esta serie de agrietamientos.

FOTO D29



D30. Deslizamiento sobre la vía que conduce de Guateque a Bogotá, se halla ubicado en su margen derecha. Se debe al mal diseño de la vía, el material presente lutitas y suelo residual. Estas lutitas se desprenden y se fraccionan a través de su buzamiento bastante fuerte debido a la meteorización de ésta.

El problema de este deslizamiento se observa en invierno cuando por acción de las precipitaciones se desestabiliza la zona, transportando gran cantidad de material sobre la vía dando como consecuencia el taponamiento de la vía. La morfometría : ancho=35 m sobre la vía. h=30 m, inclinación 70°.

FOTO D30



D31. Deslizamiento producido por el mal diseño vial y la acción de las aguas de precipitación, escorrentía superficial ; el material presente es lutita y suelo residual, presentando además gran pendiente.

Se encuentra sobre la vía Guateque-Bogotá sobre la margen derecha. Su morfometría es : ancho=30 m sobre la vía, h=40 m, pendiente 65°. En invierno las aguas de escorrentía mueven el suelo residual y roca taponando la vía. FOTO D31.

FOTO D31

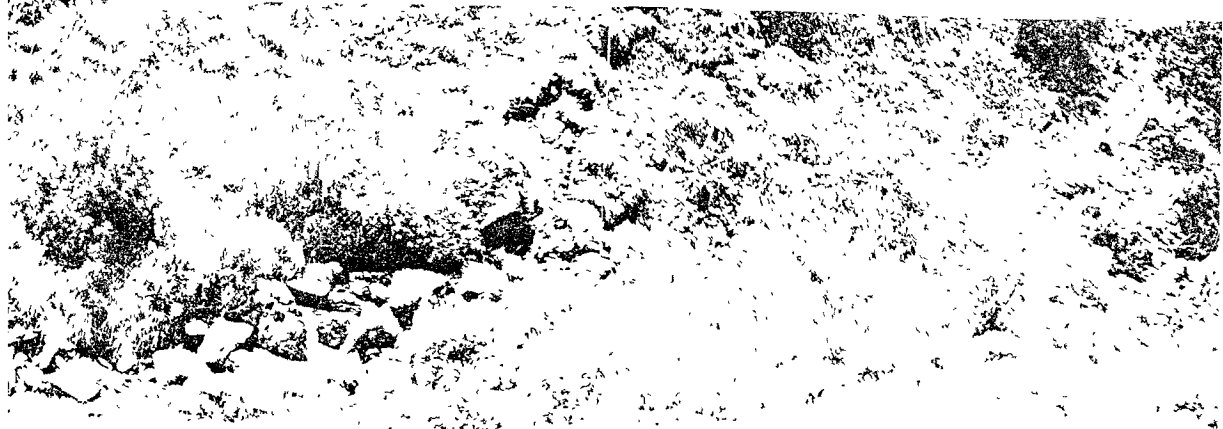


D32. Deslizamiento sobre la vía Guateque-Bogotá, roca lutita fresca y meteorizada sobre la margen derecha. Se presentan los mismos fenómenos de los anteriores deslizamientos (D30 - D31). Morfometría : longitud sobre la vía=45 m, h=25 m. La causa de este deslizamiento es hallarse en una curva muy cerrada y el mal diseño vial lo activó.

#### 5.4.5 Guayatá.

D33. Deslizamiento sobre la quebrada la tencua, el cual se debe a la socavacion de las aguas de la quebrada. El material presente en la zona de deslizamiento es lutitas en la parte baja y suelo residual en la parte alta. En esta sección del curso de la quebrada está desestabilizando el margen derecho de la misma, además que el lado derecho presenta gran cantidad de grietas con profundidades promedio de 60 cm y aberturas entre grietas de 20 cm. Todo ello se puede observar en la foto D33.

FOTO D33



Por encima de la zona que se encuentra descubierta de vegetación por la acción del deslizamiento, se observan una gran cantidad de grietas las cuales manifiestan la inestabilidad de la zona en una extensión aproximada de 20 m a lado y lado del cauce. Otra causa fundamental de la presencia de estas zonas inestables es la deforestación a que fue sometida esta cuenca, además del material (lutita) que es poco competente a la acción de la fuerza hídrica.

Sobre la quebrada tencua se observan gran cantidad de movimientos en masa (deslizamientos) ya sean activos o inactivos. Todo ello debido a que las causas son comunes para todos. En los siguientes párrafos sólo mencionaremos las características principales de otros deslizamientos que se encuentran sobre el cauce de esta quebrada (tencua), todos ellos cauce arriba. Ver ubicación en el mapa. Se observa gran cantidad de bloques de arenisca a lo largo del cauce de la quebrada.

D34. Deslizamiento pequeño,  $h=15$  m, ancho=20 m sobre el cauce, margen derecha de la quebrada.

D35. Antiguo deslizamiento, el cual se ha autorecuperado además de una reforestación que se hizo en este sector. Margen **derecha** ,  $H=20$  m, ancho=30 m.

D36. Deslizamiento que afecta el margen izquierdo de la quebrada tencua. Enfrente de este margen derecho se observa gran cantidad de grietas, h=18 m, ancho=30 m.

FOTO D36





D37. Deslizamiento que afecta el margen izquierdo de la quebrada la tencua,  $h=30$  m, ancho=20 m.

D38. Deslizamiento que afecta la margen derecha de la quebrada la tencua,  $h=20$ m, ancho=20m.

D39. Deslizamiento que afecta la margen derecha de la quebrada la tencua,  $h=15$  m, ancho=120m. En este sector se observa un cambio de pendiente.

D40. Deslizamiento antiguo, margen derecha sobre la quebrada la tencua,  $h=15$ m, ancho=25m.

Estos son los más importantes. Cabe resaltar que existen un sinnúmero de pequeños deslizamientos a lado y lado del cauce de la quebrada, los cuales no se cartografiaron basados en que la escala del estudio los desestima por sus dimensiones.

D41. Deslizamiento sobre la margen derecha de la quebrada la sochaquirá el cual se llevó un pequeño puente que existía, además parte de la vía sobre su margen derecha. El material presente es lutita parte baja y suelo residual parte alta gran cantidad. Morfometría :  $h=25$ m, ancho=50m. La acción de las aguas de la quebrada sochaquirá

es inestabilizante a través de todo su cauce, todo ello debido también en parte a la deforestación. Observándose una gran cantidad de pequeños deslizamientos a lado y lado del cauce, además de la presencia de bloques de areniscas.( ver foto D41)

FOTO D41



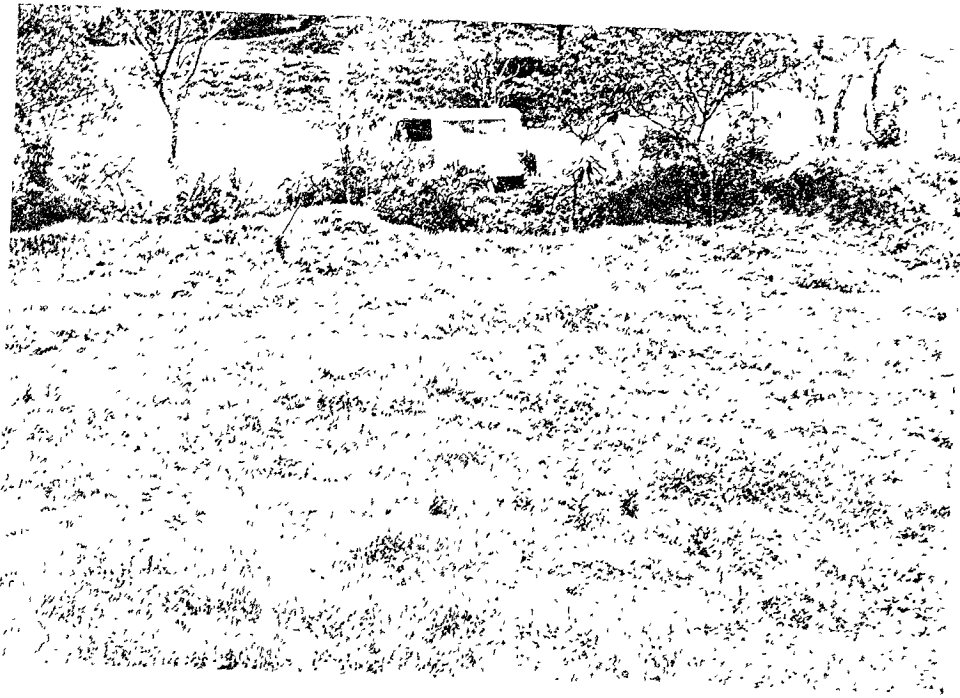
D42. Deslizamientos en pequeña altura que se observan en las dos márgenes de la quebrada la sochaquirá, especialmente se ve más afectada la margen izquierda, se observan gran cantidad de grietas además de las zonas descubiertas de vegetación (pasto). Observándose estos agrietamientos mínimo tres metros a lado y lado del cauce. Las causas son las mismas en esta quebrada : la socavación de la corriente, tala indiscriminada, material poco competente.(ver foto D42)

FOTO D42



D43. Reptación sobre la vía que conduce de Guayatá a la escuela rural, longitud sobre la vía 20m y perpendicular a esta longitud 25m.

FOTO D43



En la foto D43 observamos una cerca que limita una finca de la región con la vía ; ésta se ha corrido 1mt hacia la vía. Según el dueño de la finca, esta desestabilización se puede deber en parte a la vía, además de la falta de drenajes que hacen que halla una distribución del agua de escorrentía agravando ésto el problema.

D44. Deslizamiento de pequeño tamaño debido al corte de la vía, material presente lutita y suelo residual,  $h=10\text{m}$ , longitud sobre la vía= $15\text{m}$ . Margen derecha.

D45. Deslizamiento debido a la quebrada el guamal, el cual afecta la vía en la margen derecha. El material presente es suelo residual. La acción de la quebrada sobre la margen izquierda y no sobre la derecha gracias a que esta margen se encuentra protegida por una cantidad de bloques de arenisca que se han depositado ahí por la acción del arrastre de la corriente ;  $h=15\text{m}$ , longitud= $30\text{m}$ . Además se presenta una gran cantidad de pequeños movimientos inestables, los cuales al describirlos tendrán las mismas causas de éste : deforestación, acción hídrica, material presente.

D46. Pequeño deslizamiento sobre la margen izquierda ;  $h=20\text{m}$ , longitud= $15\text{m}$ .

D47. Deslizamiento sobre la quebrada la negra debido a la acción de la corriente de agua.

FOTO D47



Como se observa en la foto D47, esta quebrada está inestable a lo largo de su cauce afectando en mayor proporción la margen izquierda.

Esta quebrada se forma por la unión de las quebradas los micos y el guamal. Desde su formación aguas abajo hasta dos Km. aproximadamente, presenta una cantidad innumerable de deslizamientos los cuales se activan y desactivan dependiendo de la escorrentía presente en la quebrada. Por encima del cauce de la quebrada se observa movimiento lento del material hacia en cauce (reptación), habiendo devastado varias

hectáreas a lado y lado del cauce. El lado izquierdo se ve más afectado gracias a su mayor pendiente con respecto a la margen derecha.

FOTO D47A



En la foto D47A se observa el sitio de unión de las quebradas el guamal y los micos para así formar la negra, además de geoformas presentes. Nótese la mayor pendiente de la margen izquierda.

Zona inestable en la cabecera municipal de Guayatá debido al mal diseño de la vía que pasa por este sector, además de un incendio forestal que tuvo lugar en esta zona, el cual se pudo deber a la acción del sol sobre un vidrio y éste a su vez sobre papel proveniente de las basuras que depositan en este sector. Morfometría:  $h=25m$ , ancho= $50m$ , pendiente= $55^\circ$ .(ver foto16)

FOTO 16



#### 5.4.6 Somondoco.

Quebrada la **cuya**. Límite natural entre los municipios de Almeida y Somondoco el cual se ve fuertemente afectado por los problemas de inestabilidad de sus laderas. Las



causas son entre otras : socavación de sus aguas gracias al caudal que adquiere esta quebrada en temporada de invierno, además el encañonamiento que en algunos sectores es bastante brusco o pronunciado dándole esto una mayor fuerza o velocidad, la cual ayuda a la destrucción de las paredes de su cauce.

El tipo de rocas sobre la cual se encuentra lutitas no presenta una resistencia moderada para no dejarse desestabilizar a través de facturamientos, socavación en su parte baja, además que esta roca se meteoriza fácilmente repercutiendo este factor en su fácil erodabilidad.

La tala indiscriminada en los márgenes de la quebrada contribuyó de manera importante porque desprotegió esta zona de árboles que ayudan al equilibrio presente en las cuencas y microcuencas.

La presencia de cultivos en zonas inestables contribuyen a que el problema continúe y se haga mas difícil de controlar, ello es por la presencia de aguas de irrigación que al estar sobre el suelo residual que es en donde cultivan, contribuye a que haya erosión sobre él ; además estos cultivos no los hacen atravesados para que ayuden a frenar un poco las aguas de escorrentía que vienen por las precipitaciones de las montañas dándole esta posición mayor velocidad por no poner oposición a su libre movimiento.

La presencia de bloques de areniscas, calizas, lutitas a través del cauce que en ocasiones obstruye el movimiento del agua de la quebrada la cuya a través de la disminución del área transversal del cauce repercutiendo ello en una mayor fuerza de socavación hídrica.

La quebrada la cuya presenta entre otros todos estos problemas en comun a lo largo de su cauce, es por ello que decidimos ubicarla toda como zona de deslizamiento, ya que en las pocas partes estables es muy fácil que se desestabilicen: además de la existencia de un sinnúmero de pequeños deslizamientos presentes en su cauce los cuales la hacen propensa a que continúe cada vez más y más inestable.

Cabe recalcar que además de los deslizamientos presentes en las paredes del cauce de la quebrada la cuya existen zonas de agrietamientos en proporciones que van desde 5 a 40 m a lado y lado del cauce de la quebrada. Ello debido a la inestabilidad de la pata de estos taludes por la socavación de la corriente de agua de la quebrada la cuya; también encontramos gran cantidad de deslizamientos inactivos que se activan nuevamente dependiendo de las condiciones hídricas de la cuenca como lo son altas precipitaciones en la zona, acompañadas de aumento en el caudal de esta quebrada.

A continuación nombraremos uno de los tantos deslizamientos de la quebrada la cual los cuales son de parte y parte por el flanco izquierdo para Somondoco y el flanco derecho para Almeida.

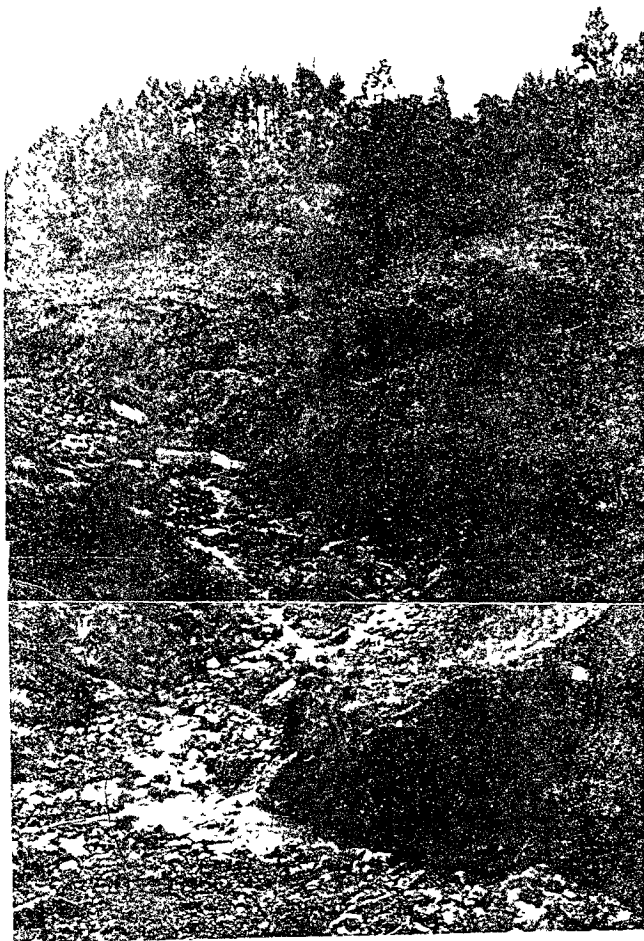
FOTO D48



En la foto podemos observar dos deslizamientos, uno pequeño sobre la margen derecha del cauce el cual tiene como  $h=20m$  y  $longitud=30m$ ; sobre la margen izquierda encontramos el segundo deslizamiento que presenta una altura= $35m$  y  $longitud=80m$ ; además de la presencia de deslizamientos inactivos unos metros

delante, los cuales en cualquier momento perderán el equilibrio que tienen en estos momentos.

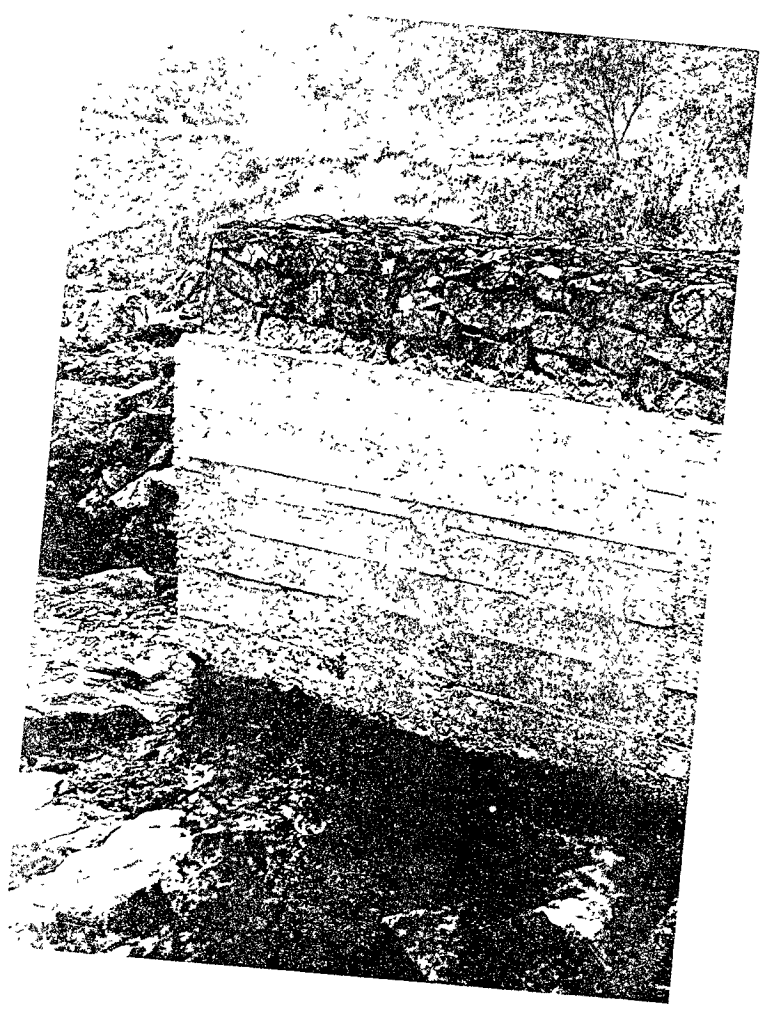
OTO 17



En la foto 17 se muestra la forma como afecta la corriente de agua proveniente de la quebrada la cual desestabiliza con mayor fuerza las zonas de curvas ; también

Observamos la presencia de obras como muros longitudinales y transversales, los cuales son muy insignificantes para controlar tantas zonas inestables. Nuevamente observamos la presencia de cultivos en zonas inestables.

FIGURA 18



En la foto 18 se tiene un Detalle de los muros de contención presente nótese que la acción del agua ha socavado el piso sobre el cual está fundado el muro quedando éste inestable.

FOTO 19



En la foto 19 observamos un deslizamiento con una altura de 30m y longitud sobre la quebrada de 20 m, en el cual observamos la presencia de lutitas en su parte baja con pequeñas intercalaciones de caliza y arenisca; por encima de esta lutita encontramos suelo residual, también podemos ver la presencia de cultivos en zonas estables.

FOTO 20



Deslizamiento de 30 m de alto y 100m de longitud material presente lutitas parte baja.  
suelo residual parte alta.

FOTO 21



-En la foto 21 encontramos un Deslizamiento sobre una curva de la quebrada la cuya, el cual tiene como altura=35m, longitud=40m sobre la quebrada , se puede ver la presencia de lutitas y suelo residual transportado. Se tiene la presencia de una casa a escasos 100m de la zona inestable.

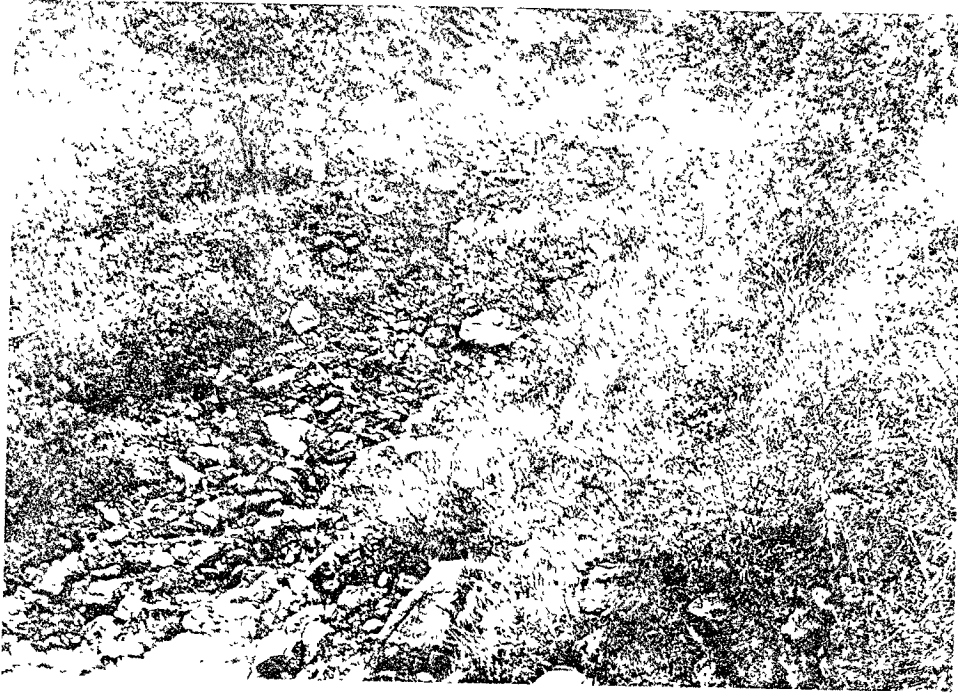
#### FOTO 22



En la foto 22 se puede observar el alto grado de deterioro en que se encuentra el cauce de la quebrada la cuya, en el cual podemos ver un deslizamiento con una altura=35m, longitud=45m. También se puede apreciar la presencia de grandes bloques de arenisca, calizas y el material o tipo de roca que se muestra en el deslizamiento lutitas con suelo transportado.

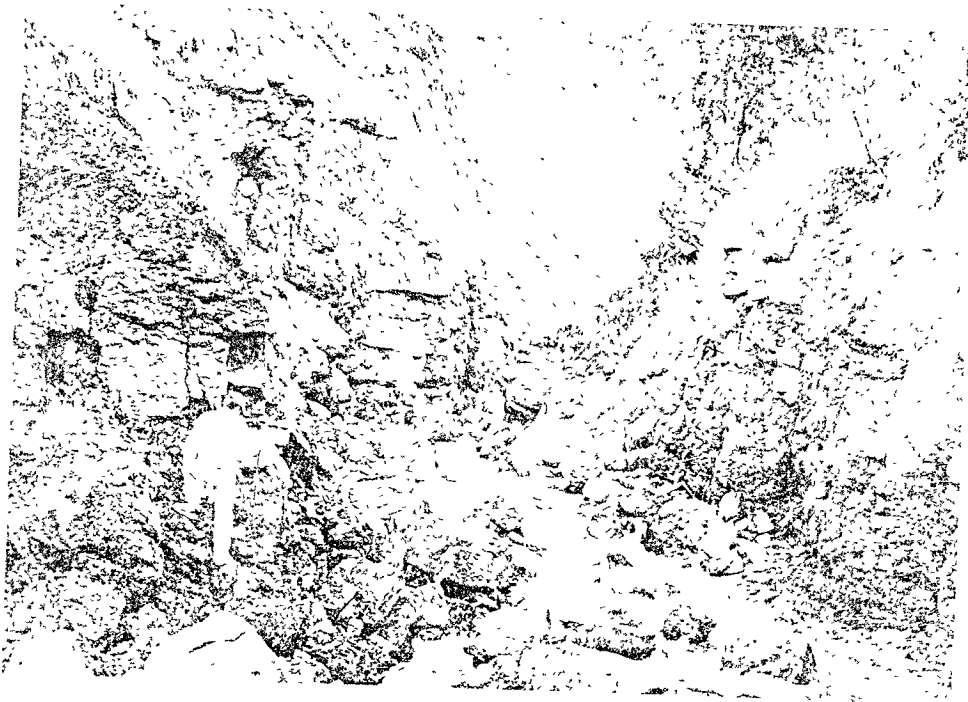


FOTO 23



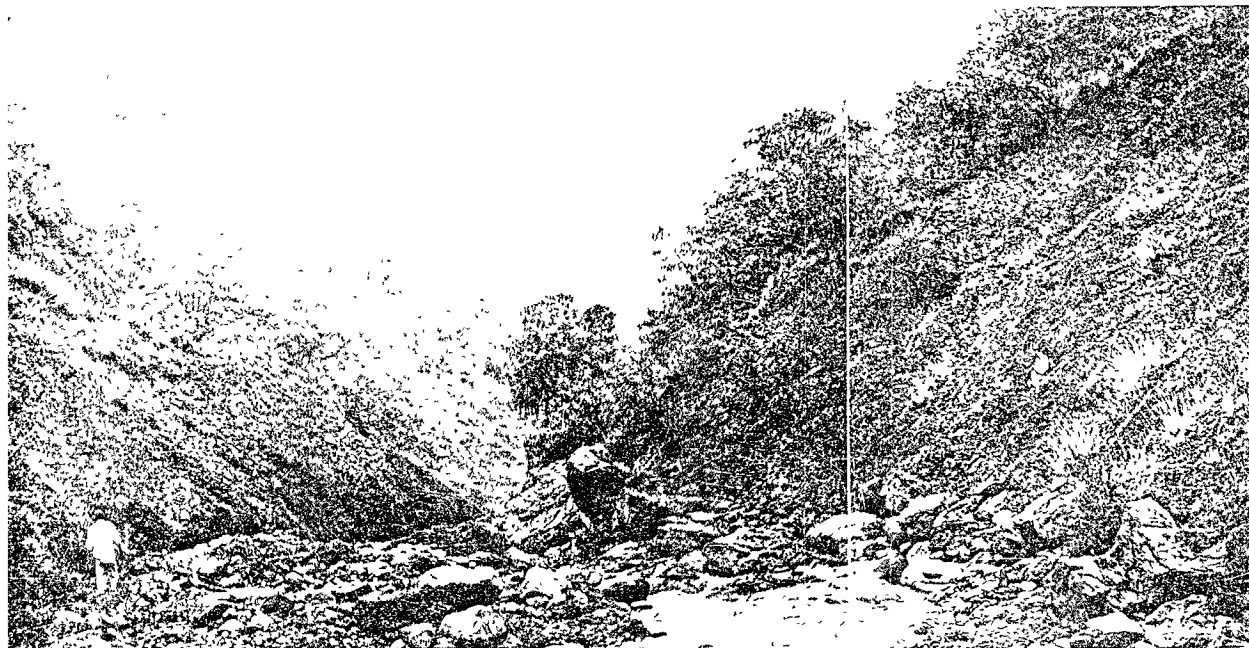
En la foto 23 observamos una de las quebradas que desembocan en la cuya donde se puede ver la gran cantidad de material de detritos que arrastran además del gran deterioro de sus cauces, todo ello sobre el material presente en la zona lutita.

FOTO 24



En la foto 24 se observa la presencia de lutitas compactas con intercalaciones de areniscas y pequeñas capas de caliza. Se puede ver que en estas zonas la quebrada la cuya se encañona más y no forma el cauce tan amplio; todo ello debido a la resistencia mayor que adquiere la pared del cauce gracias a la presencia de los bancos de arenisca.

FOTO 25



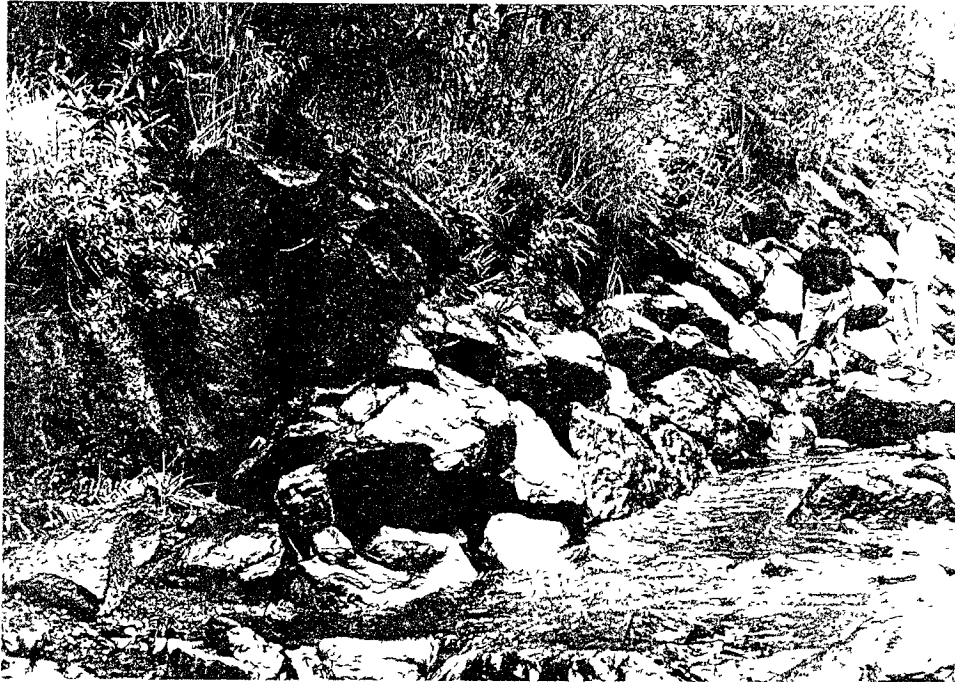
En el 2005 se produjo un impacto devastador en la quebrada de la zona sobre su cauce destruyendo en más de 20m a lado y lado de sus orillas, además la presencia de grandes bosques de areniscas.

FOTO 26



En la foto 26 se tiene la Presencia de pequeñas obras de control como son los trinchos, los cuales ayudan a que no haya tanto deterioro del cauce.

FOTO 27



En la foto 27 se tiene la única obra de control que a lo largo de toda la quebrada la cuya solo existe un sitio en el cual existió un deslizamiento y se estabilizó al proteger el cauce con una obra diseñada por los campesinos de la región la cual es la que se ha portado con mayor eficacia, que las pocas obras presentes a lo largo de esta quebrada.

FOTO 28



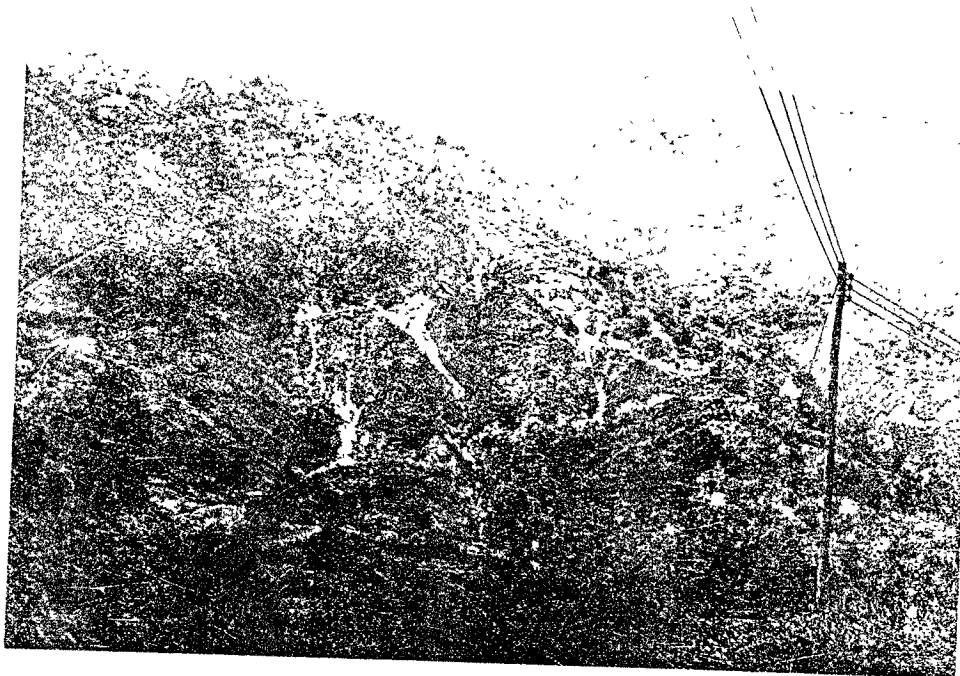
En la Foto 28 observamos el gran impacto y deterioro que dejan las obras civiles que no busquen un desarrollo sostenible ; en esta figura vemos cómo en el diseño de esta vía no se ubicó un botadero del material arrancado a la montaña por el corte de la vía, solo se limitaron a botarlas pendiente abajo ; siendo el material arrastrado poco a poco por las aguas de escorrentías superficial destruyendo todo lo que se ponga a su paso. además de la amenaza que genera para las personas que se encuentran debajo de esta zona.

FOTO 29



En la foto 29 se muestra una zona en la cual se encuentra un bosque de pinos los cuales están afectados por un insecto o enfermedad que los seca, convirtiéndose esto en una zona de alta amenaza para un incendio ; además de la cercanía que tiene con el pueblo y el grave impacto que esto causaría sobre el medio presente.

FOTO 30



La Foto30 nos ilustra el deterioro causado por la minería de esmeralda, zona número de Somondoco.

5.4.7 Chivor. Es el municipio con mayor número de zonas inestables y en su gran mayoría por la acción hídrica ; todo ello gracias a la gran cantidad de fuentes de agua (quebradas y ríos) presentes en el municipio.

Las causas o factores detonantes son en su importancia : la acción socavante de la corriente de sus quebradas y ríos ; el mal diseño y ejecución de sus vías también tiene una importancia en la generación de zonas inestables ; la alta precipitación presente en



la zona contribuye de manera importante, el tipo de material presente (roca: lutitas, las cuales no oponen gran resistencia a los factores expuestos en los párrafos anteriores.

Los factores detonantes de tipo antrópico que contribuyen y son en nuestro concepto los que influyen en la forma de estos movimientos inestables. Tenemos la tala indiscriminada de las orillas de los cauces de quebradas y ríos y la deposición de los desechos provenientes de la actividad de la minería de esmeralda, la cual denominada tambreo en cual genera un flujo de lodos en la quebrada en la cual lo depositen, dándole esto un mismo tipo de roca de poca resistencia (lutita), además de la contaminación de las aguas y las altas tasas de sedimentación que éstas aportan.

A continuación se ilustra el problema presente en Chivor a través de un stand de fotografías los cuales los cuales muestran la magnitud del problema.

*Quebrada Juan Angel.* Es una de las quebradas más importantes dado a la cercanía que tiene con el municipio de Chivor y por la erosión de gran magnitud de su cauce. En la foto 31 podemos observar el alto grado de inestabilidad presente a lo largo de su cauce.

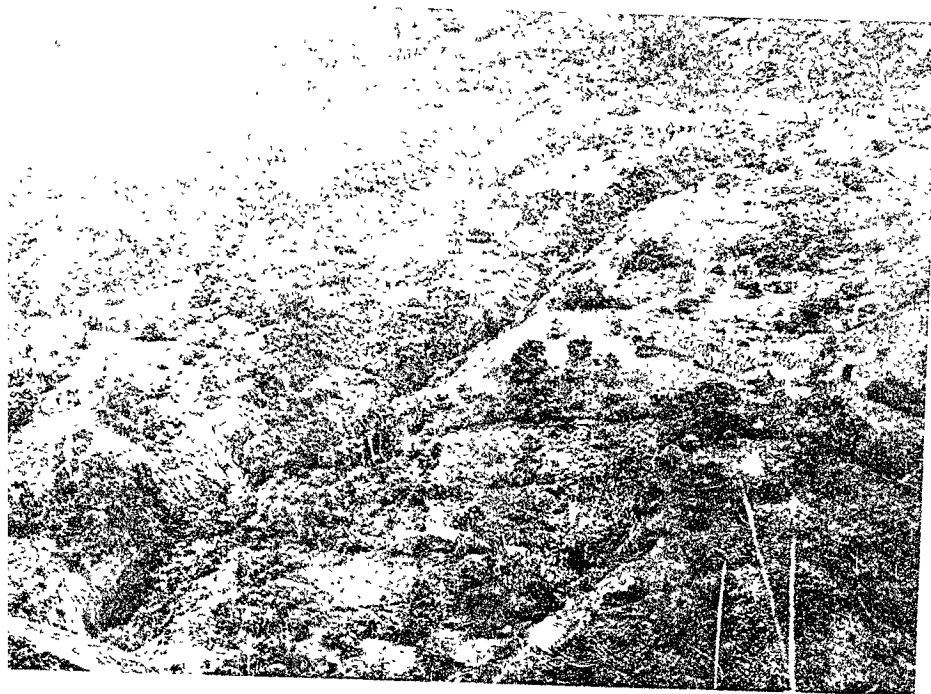
FOTO 31



Esta foto fue tomada a 100m de la intersección de la vía Almeida-Chivor con la quebrada Juan Angel aguas arriba. En ellas se muestra la amplitud de su cauce y la inestabilidad de las paredes de su cauce, el material presente son lutitas en las paredes del cauce y gran cantidad de bloques de areniscas, lutitas, calizas, minerales de cuarzo, minerales de cobre, presencia de lutitas con pirita y calcopirita, etc.

A unos 500m aguas arriba de la anterior observamos como su cauce se encuentra en este alto grado de inestabilidad presentándose deslizamientos en los dos márgenes: todo ello se debe a la socavación de sus aguas.

OTO 32



En la foto 32 se tiene una panorámica de la quebrada Juan Angel despues de la seccion con la vía Almeida-Chivor aguas abajo hasta la desembocadura en la

quebrada Chivor ; podemos observar su encañonamiento y el deterioro de su cauce por causa de los deslizamientos presentes en las paredes de su cauce.

FOTO 33

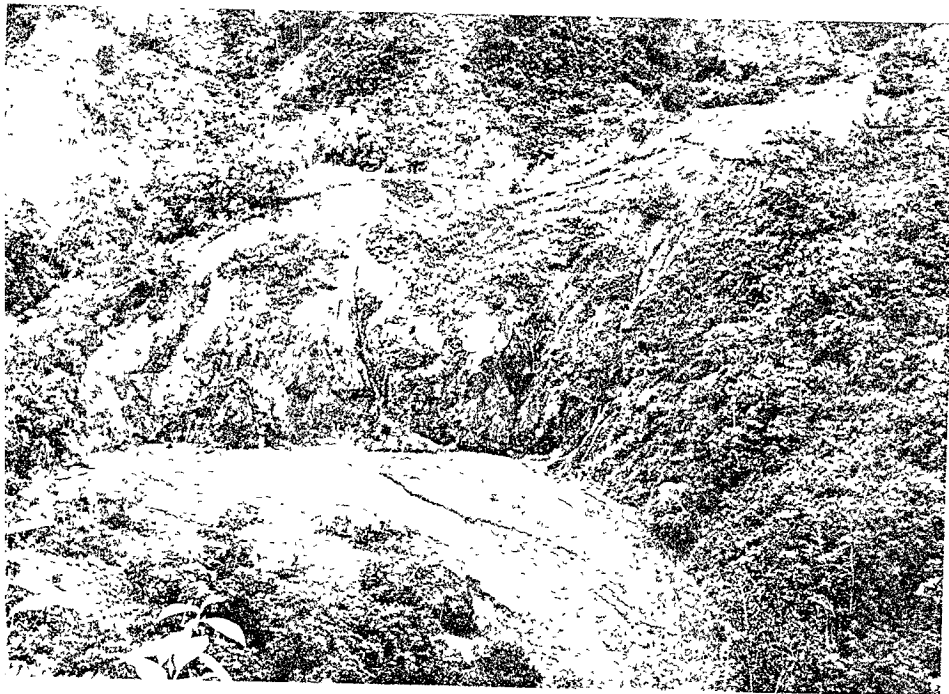


La fotografía33 es un detalle del momento en el cual se une la quebrada Juan Angel con la quebrada Chivor. A lado y lado del cauce de la quebrada Chivor se tienen movimientos lentos de tierras (reptación) ; todo ello debido a la acción de la quebrada y de cultivos en zonas inestables.

*Quebrada Chivor.* Esta quebrada presenta una cantidad mínima de zonas inestables en un margen no menor a los 25m desde su orilla generando esto un fenómeno de reptación.

Las zonas inestables generalmente son los sitios en donde ésta tiene curvas ; a medida que se unen a ellas quebradas como la Juan Angel, chiquita. Este se vuelve poco a poco mas depreradora. El tipo de roca presente a lo largo de su cauce son lutitas.

FOTO 34



Notese en la fotografia34 la quebrada Chivor antes de la unión con la quebrada Juan Angel presenta zonas inestables en sus curvas por la mayor fuerza de socavacion en sus curvas .

FOTO 35



en la fotografía 35 se tiene un detalle de la quebrada Chivor después de la desembocadura de la Juan Angel unos 10m aguas abajo de la quebrada Chivor ; como tambien se puede apreciar la presencia de óxidos reflejados en las aguas que brotan por las fracturas presentes en las lutitas, siendo estas aguas de color anaranjado un poco rojizo. La presencia de estas aguas es por la gran cantidad de las quebradas en cercania al municipio de Chivor

Un Kilómetro más adelante aguas abajo la quebrada Chivor sigue desestabilizando su cauce como lo observamos en la ilustración anterior todo ello desde la desembocadura de la quebrada Juan Angel, después de este Kilómetro el problema se agudiza porque a la quebrada Chivor se le une la quebrada de los trabajos ; dando esto como resultante mayor energia hídrica desestabilizadora por tener mayor cantidad de caudal en estos momentos, así continua hasta su desembocadura al embalse de Chivor.

FOTO 36



En la fotografía 36 se observa la presencia de grandes deslizamientos a lo largo de su cauce y en ciertos casos varios metros a lado y lado del cauce. El material presente en la zona es lúfitas en la base del cauce y suelo residual en la parte alta del cauce ; también se tiene la presencia de reptación a lado y lado del cauce en los casos de no tenerse deslizamientos a zonas de grietas, todo ello se debe a la acción desestabilizante de la quebrada Chivor.

*Quebrada de los trabajos.* Esta es otra de las quebradas con mayores problemas y de importancia fundamental por su cercanía con el municipio de Sogamoso. La acción socavante en esta quebrada es intensa ya que esta quebrada tiene dentro de su cauce una zona de playa de 60 m, en la cual deposita gran cantidad de detritos que arrastra desde aguas arriba.

FOTO 37





En la fotografía 37 se pueda observar la presencia de esta playa nombrada anteriormente, los materiales depositados sobre el cauce no tienen gran tamaño, solo se encuentran pocos bloques de areniscas presentes. Cabe resaltar la gran cantidad de material arrastrado y lo ancho del cauce para el caudal de esta quebrada, siendo la foto tomada 10 m antes de la desembocadura del túnel de captación de las aguas de riego hacia la quebrada de los trabajos

0039



En la fotografía 38 se ilustra la presencia de grandes deslizamientos en las paredes de su cauce, debido a la acción de las aguas y la presencia de lutitas altamente meteorizadas (suelo residual).

La descripción de las características de este deslizamiento se hacen en la ficha del inventario de deslizamientos, que viene a continuación.

FOTO 39



La fotografía 39 nos deja ver la forma como aumenta el caudal de la quebrada de los trabajos gracias a la depositación de las aguas del río rucio. Todo ello por medio de un túnel que se capta las aguas y las deposita en este sector como se puede apreciar por lo que aumenta más el problema que se presenta, ya que se tendrá mayor energía destructora por tener mayor caudal la quebrada de los trabajos.

*Río rucio.* Este es un río de gran importancia ya que cruza gran parte del territorio del municipio de Chivor. En él también se tiene graves problemas de erosión de su curso mostrando dos contrastes, ello por la acción del hombre.

FOTO 40



En la foto 40 se muestra el río rucío en el sector de san cayetano Boyacá. el río presenta zonas inestables generalmente en sus curvas ; además se tiene la presencia de vegetación como pequeños bosques los cuales ayudan a que haya un mayor equilibrio en su cauce ; teniéndose como zonas inestables aquellas en las que no se tiene vegetación como se puede notar en la fotografía. El contraste con las acciones antropicas lo podemos analizar con la siguiente fotografía.

FOTO 41



La foto 41 tomada en una quebrada de gran importancia, la quebrada Sinai la cual servía a los campesinos de la región para la irrigación de sus cultivos, uso domiciliario, entre otros sinnúmero de usos y teniendo en cuenta que su acción desestabilizante era normal. Todo ello cambió por la depositación de las aguas contaminadas de sedimentos con residuos de elementos de actividad de explotación de la minería de esmeraldas.

El deslizamiento que observamos en la fotografía anterior no existiría si en la quebrada el Sinai no desembocara un pequeño chorro que proviene de la zona donde se hace el tambreo por parte de la mina Chivoreña de minería, la cual deja depositar sus aguas sedimentadas en la quebrada Sinai dejándola sin ningún uso por parte de los campesinos.

El deslizamiento observado se produjo por la gran cantidad de flujo de lodo que baja al momento de tambrear: observándose también gran cantidad de grieta de varios metros de largo mas arriba de la corona del deslizamiento.

Ello se debe a que la acción de las aguas es mayor gracias al incremento del arrastre por la presencia de gran cantidad de sedimentos proveniente del tambreado de la mina. Este es un salto, pero en vez de ser de agua pura, es de lodo contaminado el cual destruye todo lo que se encuentre a su paso.

FOTO 42



La fotografía 42 es un detalle de la corriente de lodo que proviene de la mina Chiverena y la cual va a desembocar a la quebrada el Siná, quebrada que en ocasiones forma represamientos ya que su caudal observado es mínimo. porque según los campesinos de la zona, cuando se tambrea se tiene un caudal que es superior tres o cuatro veces al presente en la foto 42.

quebrada el volcán. Esta quebrada tiene el problema de presentar represamiento en la parte alta de su cauce, estos represamientos son producto de la acumulación de todos los materiales que ella arranca del cauce y zonas cercanas a él: otro factor que

favorece estos represamientos es el encañonamiento de la quebrada el volcan, además de la gran cantidad de bloques de areniscas, lutitas y calizas presentes sobre su cauce.

FOTO 43

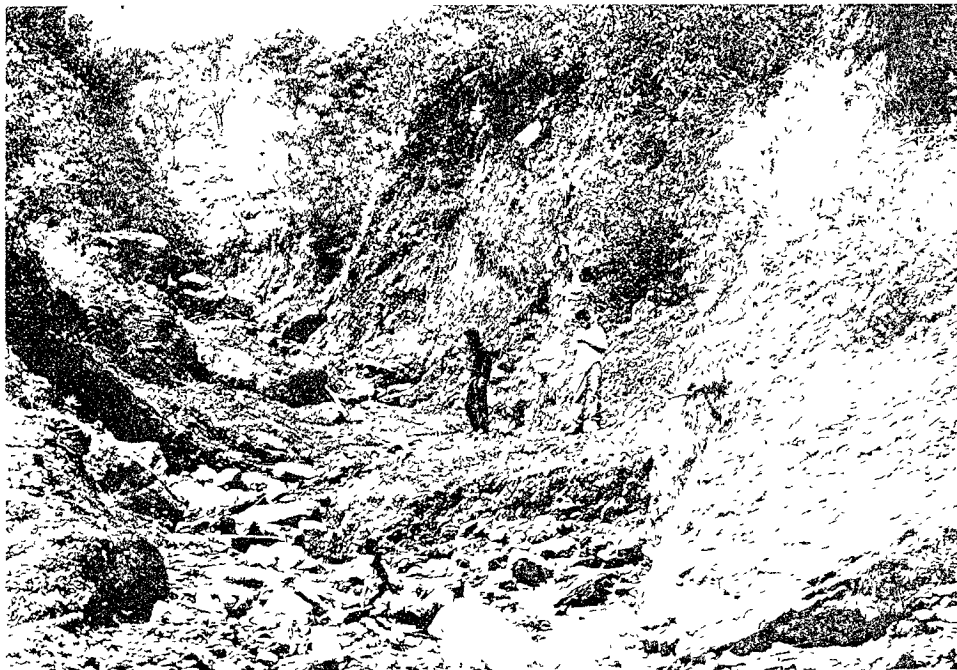


En la foto 43 se ilustra parte del cauce de esta quebrada la cual se encuentra de igual forma a lo largo de su curso. El material o tipo de roca presente en las paredes de su cauce son lutitas en la parte basal y suprayaciendo sobre el suelo residual producto de la meteorización de las lutitas.

Una de las consecuencias del arrastre de material por parte de la quebrada el volcán, en donde arroja todo ese cúmulo de materiales a su paso por la vía Chivor-vereda la esmeralda generando por ello un grave perjuicio para la población además de destruir este tramo en varias ocasiones que se ha arrastrado la vía.

*Quebrada negra.* Esta es otra de las tantas quebradas y ríos del municipio de Chivor las cuales gracias a la deforestación de las zonas cercanas a su cauce (orillas), dejan como consecuencia este desastre, que a su vez se ve favorecido por la acción socavante o de arrastre de sus aguas y por la poca resistencia de la roca presente en las paredes del cauce (lutitas), lo cual podemos apreciar en la siguiente fotografía.

FOTO 44





A continuación se ilustra la presencia de los deslizamientos más importantes que tienen como causa común el mal diseño vial, lo cual arroja estos resultados. Se hablará de ellos de acuerdo a su magnitud e importancia. Cabe resaltar que hay más de los que se muestran aquí, para ello se escogieron los más importantes; los demás se encuentran solo cartografiados en los planos.

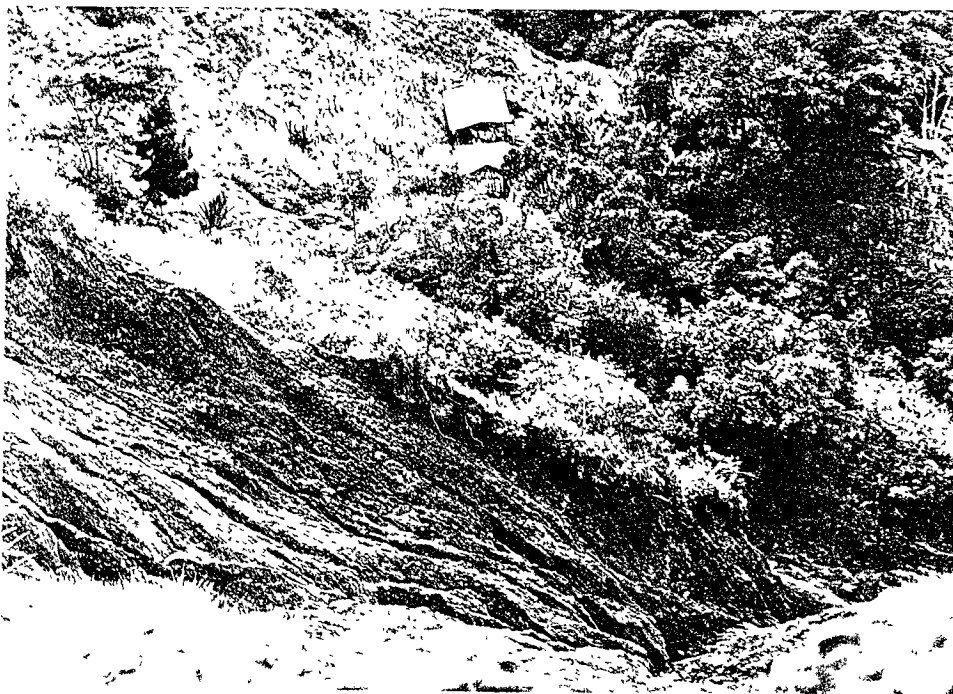
D71. Deslizamiento presente en la vía que conduce de Chivor-Terrapién, el cual es de gran magnitud, afecta la margen izquierda y está arrastrando la margen derecha, como se aprecia en la siguiente fotografía.

FOTO D71



La importancia de este deslizamiento es su gran tamaño, además de la presencia de familias a solo 50m de la pata del deslizamiento, como lo podemos apreciar en la siguiente fotografía.

FOTO 45



La longitud que afecta la vía en este deslizamiento es de 250m y presenta una diferencia de altura entre la corona y la pata del deslizamiento de 170m; está constituido por lutitas en su parte basal, suprayaciendo sobre ellas suelo residual.

Otras causas que están favoreciendo el aumento de este problema es la alta precipitación de la zona reflejándose esto en una distribución caótica de las aguas de escorrentía, también se tiene la presencia de aguas subterráneas en la pata del deslizamiento, en la parte alta se tiene la presencia de grietas de gran tamaño lo cual indica que en cualquier momento estas áreas sueltas por la grieta pueden deslizarse y en consecuencia se puede tener una tragedia, dada la cercanía que tienen familias campesinas en la zona del deslizamiento.

Todas las características de este deslizamiento se tienen en la siguiente ficha del inventario de deslizamientos, además de las fotos ilustrativas, las cuales nos dan una mejor visión de la magnitud del problema.



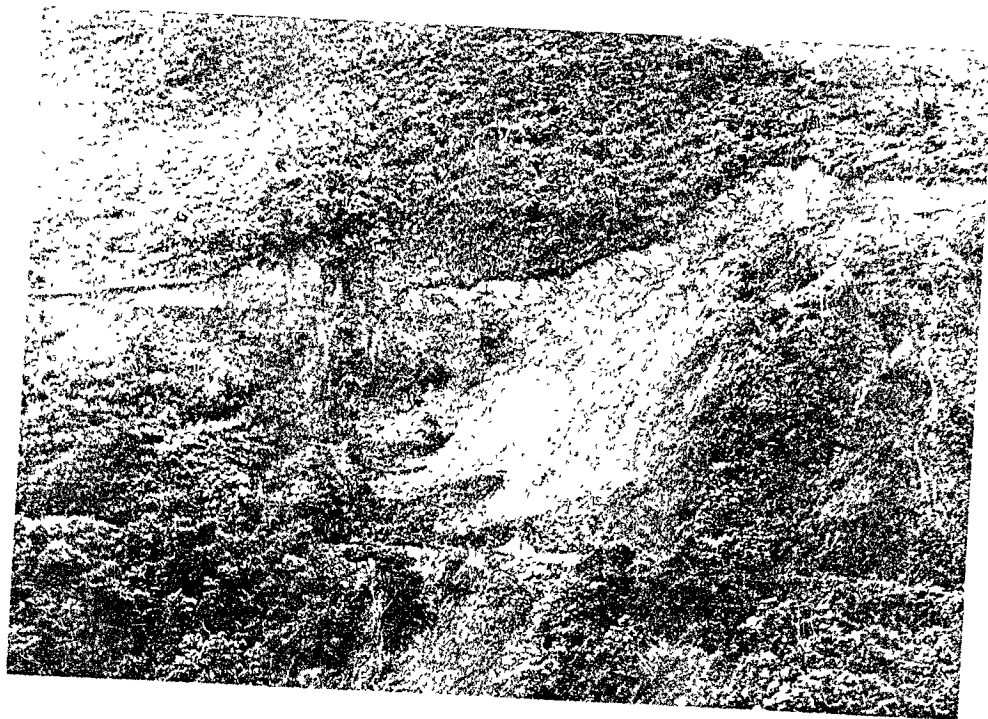
Deslizamiento sobre la vía Chivor-Almeida. El cual se encuentra a escasos 400m de la cabecera municipal sobre el margen izquierdo de la vía y afectando a través del arrastre de la vía la margen derecha. Este deslizamiento se ve favorecido además del mal diseño vial, del tipo de roca presente (lutitas) y de la presencia de un chorro de poco caudal que desemboca en la quebrada Chivor contribuyendo esta corriente de agua en gran proporción a la inestabilidad de esta zona: viéndose perjudicadas la gente de la región por los continuos taponamientos de la vía que se deben a la caída de material procedente del deslizamiento, taponando la vía. Sus características están en la ficha de inventario de deslizamientos y a continuación la foto ilustrativa .

FOTO 46



Deslizamiento sobre la vía Chivor-Almeida el cual se encuentra a unos 500m del casco urbano del municipio de Chivor, afectando la margen izquierda de esta vía principal. La causa de este movimiento es la ejecución de una vía secundaria por encima unos 30m de la vía principal desestabilizando este sector y repercutiendo en continuo flujo de detritos hacia la vía principal dando como consecuencia su taponamiento. Las características particulares del movimiento se tienen en la ficha del inventario de deslizamientos y a continuación su foto ilustrativa.

FOTO 47



Ahora se encuentran las consecuencias en la zona de explotación minera. Cabe resaltar que la gran minería en esta zona tiene ciertos trabajos para tratar de mitigar su acción sobre el medio ambiente, pero sus consecuencias son funestas para el medio natural en donde se encuentran.

*Mina San Pedro.* Esta es la mina de mayor área afectada puesto que en ella se trabaja en mayor proporción a cielo abierto. El material presente tipo de roca son las lutitas de Macanal sobre las cuales explotan las esmeraldas.

FOTO 4





Nótese en la fotografía el impacto sobre el medio natural presente y sobre el paisaje. .  
*Mina de guati bajo.* Mina de explotación de esmeralda en la cual no se observaron trabajos de recuperación al medio ambiente y al paisaje. El material removido en esta mina es arrojado al río rucio aprovechando la pendiente de la montaña sin medir las consecuencias de destrozo de la vegetación que se encuentre al paso del flujo de materiales arrojados cuesta abajo, además de la sedimentación progresiva presente en el río que recoge estos materiales. Ello se puede apreciar en la siguiente fotografía.

FOTO49



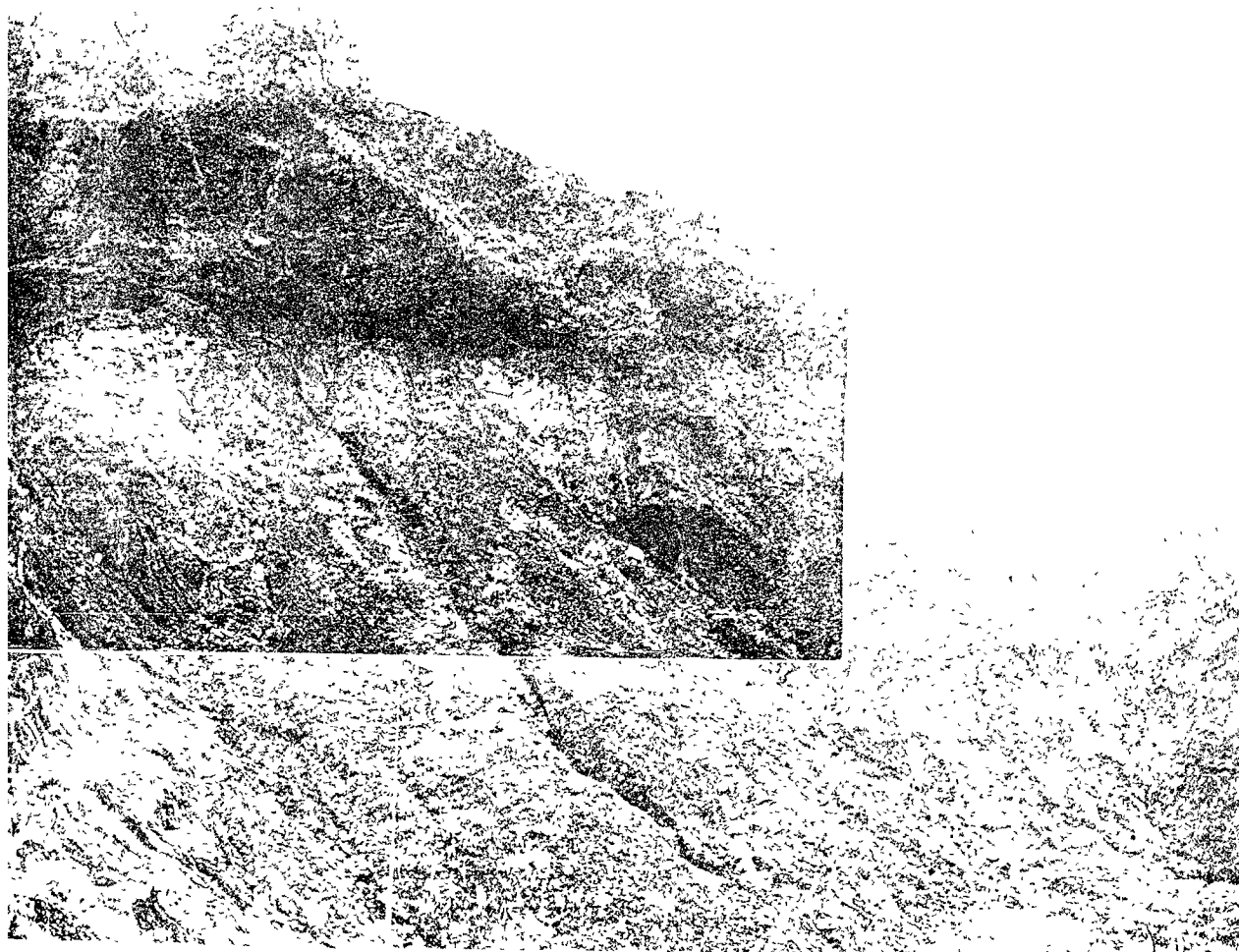
*Mina de esmeralda sin explotar.* En la cual se iniciaron labores mineras por varios años ; al no ser rentable su explotación se dejó abandonada sin ningún control sobre los bancos de rocas que se inestabilizaron por causa de la explotación, sin tener precauciones sobre los taludes explotados, trayendo esto consecuencias a las personas que viven cerca a esta zona gracias al arrastre de material por parte de las aguas de escorrentia y el deterioro del paisaje y medio natural presente en el área, como lo apreciamos en la siguiente fotografía.

**FOTO 50**



*Mina de explotación de yeso.* Mina que se encuentra sin ninguna técnica de explotación ya que se hace en forma artesanal y sin tener licencia ambiental para la explotación del yeso. En ella se puede observar una serie de trabajos que contribuyen al deterioro del medio natural presente y a la inestabilidad de la zona, no existiendo en la mina zona de botaderos de estériles sino que se arrojan sobre la pendiente de la montaña, como se observa en la fotografía.

**FOTO 51**



En la parte alta de la zona de explotación cerca vía entre Alimentos y Terraplén produciendo en este sector alto de Alimentos una serie de zonas inestables que se manifiestan a través de grietas y pequeños deslizamientos.

5.4.8 Almeida. El municipio de Almeida tiene solo tres problemas de inestabilidad. Uno de ellos es la quebrada la cual es común con el municipio de Somondoco ; los otros dos problemas son las quebradas de los potreros en su parte alta y la quebrada el chital en cercanías a la cabecera municipal. Los problemas presentes en estas tres quebradas (la cuya, los potreros y el chital), se manifiestan a lo largo de sus cursos afectando las paredes de sus cauces sobre las cuales generan deslizamientos de los cuales se tienen activos e inactivos y en el área adyacente a sus cauces se tiene la presencia de zonas de grietas y movimientos lentos de tierras (reptación).

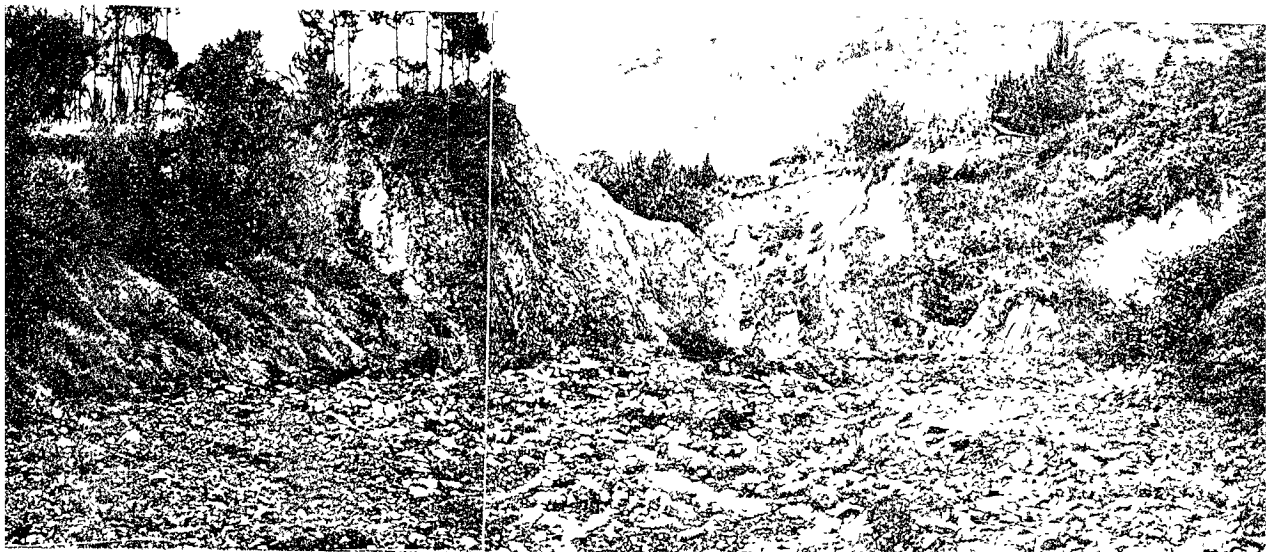
El tipo de roca presente en las quebradas son lutitas con pequeñas intercalaciones de areniscas y lutitas ; en sus cauces tenemos bloques de areniscas, lutitas y calizas. El factor detonante para la formación de estos movimientos son en su orden la acción erosiva del agua por efecto de la socavación de las aguas de las quebradas, el tipo de roca (lutita) de poca resistencia ante la fuerza de arrastre hídrica ejercida por las quebradas, la tala de las orillas de las quebradas dejando sus orillas descubiertas a la acción del intemperismo físico y la acción de las aguas de precipitación y escorrentía ;

además de la erosión que se presenta con mayor facilidad por la no existencia de cobertura vegetal.

Se ilustrará los problemas de la quebrada los potreros y el chital, puesto que de la quebrada la cuya ya se habló en el municipio de Somondoco páginas atrás; el problema la quebrada la cuya es comun a los dos municipios por ser ella un limite natural entre Somondoco y Almeida.

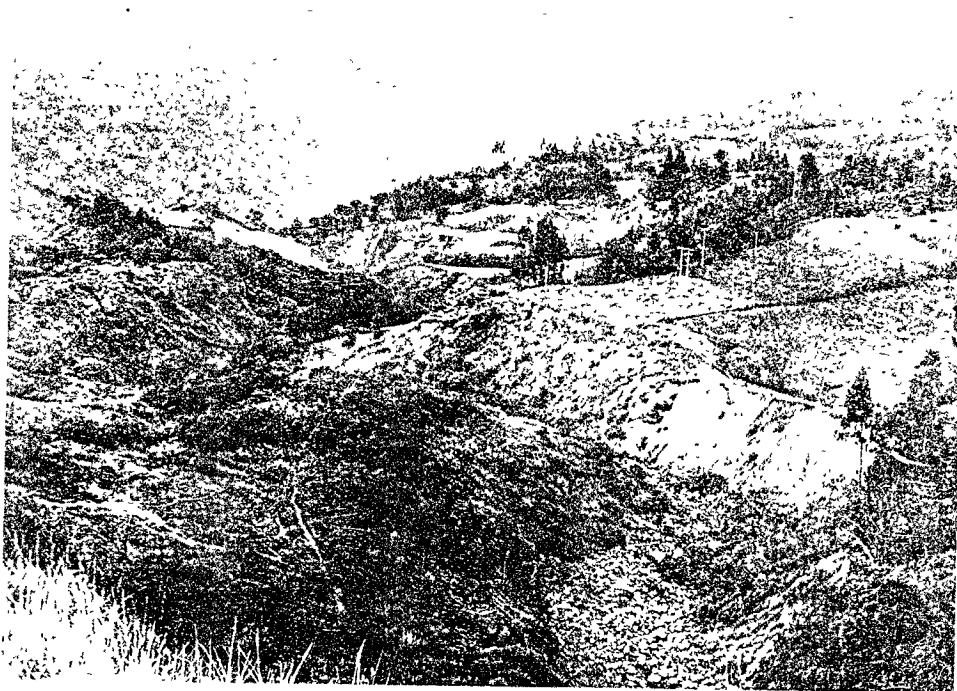
*Quebrada los potreros.* Esta quebrada presenta grandes problemas de inestabilidad como se aprecia en las fotografias donde se tiene una mayor visión de la magnitud de los problemas que se tienen en esta quebrada.

FOTO 52



El cauce en ciertas zonas es bastante amplio y sobre él tenemos la presencia de gran cantidad de material detrítico que el arrastrado desde las partes altas gracias a la acción del agua como medio de transporte, esto lo podemos apreciar en la foto anterior.

FOTO 53



En esta fotografía tenemos una visión más global del grado de deterioro en que se encuentran las paredes del cauce de esta quebrada (los potreros) y su área aferente en la cual presenta agrietamientos y reptación.

FOTO 54



En esta fotografía tenemos la presencia de la quebrada los potreros en una caída muy brusca a través de la pendiente de la montaña 2 Km. antes de desembocar en la quebrada la cuya.

Además podemos apreciar la magnitud de los efectos de la socavación de las corrientes hídricas y observar que el problema adquiere mayor magnitud cuando no se tiene la presencia de árboles como nos muestra esta ilustración en la parte alta y media la zona inestable y el cauce adquiere mayor magnitud con respecto a la parte baja de la foto en donde se tiene una presencia masiva de pinos los cuales ayudan a la protección del cauce.

*Quebrada el chital.* Quebrada con un problema de más importancia dada su cercanía con el municipio de Almeida. A través de su cauce podemos apreciar deslizamientos activos e inactivos, zonas en donde el cauce es bastante encañonado y otras donde es amplio formándose como especie de playas de depositación de material.

La altura de las paredes del cauce es grande en promedio 25m y el área de acción con respecto al área aférente a sus orillas son 20m en donde se tiene la presencia de grietas y reptación.

El tipo de roca presente en las paredes del cauce son lutitas en las cuales su parte superficial se halla altamente metaforizado adquiriendo una coloración amarillenta, todo ello lo podemos apreciar en la siguiente fotografía.



FOTO 55



## **6. HIDROGEOLOGÍA**

Parte de la Geología que se ocupa del estudio de la aguas subterráneas, su génesis, composición, propiedades, formas en que se presenta, la dinámica y la influencia en la corteza terrestre.

Para mejor comprensión de este tema, es necesario definir términos como porosidad y permeabilidad. La porosidad es la relación existente entre el volumen de poros y el volumen total de la roca. Puede ser primaria o secundaria. La primaria es la originada en el tiempo de formación del material y la secundaria es la adquirida por fenómenos tectónicos como fallas, diaclasas, fisuras etc.

La permeabilidad de una roca, es la capacidad de la misma para permitir la circulación de un fluido a través de ella por el gradiente hidráulica.

Las filtraciones en roca o en suelo son controladas por la permeabilidad, porosidad, vegetación, pendiente etc. La filtración es el movimiento del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra, por efecto de la gravedad y otras características como las mencionadas anteriormente. De acuerdo con la capacidad

para almacenar agua y permitir el flujo a través de ellas, las rocas se clasifican en acuíferas, acuíferos y acuíferas.

## **6.1 HIDROLOGÍA**

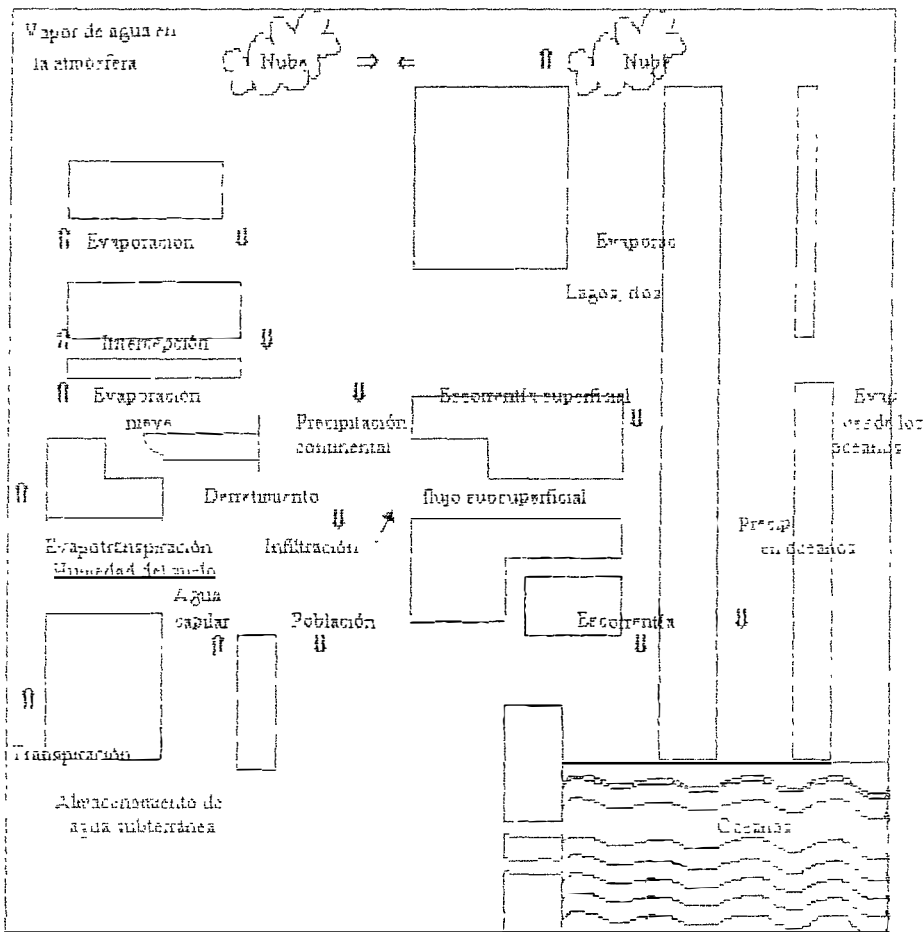
La hidrología es la ciencia que estudia el ciclo del agua en la naturaleza. Dependiendo de su distribución, cantidad, calidad y comportamiento, se pueden generar técnicas hidrológicas para obtener un aprovechamiento racional de este recurso en la corteza terrestre.

Las fuentes hídricas pueden ser : una fuente superficial que puede permanecer o formar una cuenca o vertiente y cuyo drenaje estará determinado por el clima geografía y geología. En este caso tenemos el río Garagoa fuente principal de agua de esta región

Una fuente subterránea que son aquellas formaciones geológicas que almacenan agua y que poseen intersticios comunicados a través de los cuales el agua se mueve ; si están saturados se convierten en acuíferos dependiendo esto de la porosidad de la roca la que será abastecida en parte por la cantidad de agua infiltrada en la cuenca y otra parte, por el transporte de agua subterránea debido a la geología regional, que sufre

recargos de agua en otros lugares y cuencas donde la formación permeable aflora ver figura.

### El Ciclo Hidrológico.



6.1.1 Parámetros del balance hídrico Para conocer los parámetros del balance hídrico tenemos primero que hablar del ciclo hidrológico que es el principio fundamental de la hidrología y comprende la circulación del agua desde los océanos

hasta la atmósfera, luego a los continentes y nuevamente a los océanos. Este ciclo se visualiza (figura--) iniciándose con la evaporación del agua de los océanos. El vapor de agua resultante es transportado por las masas móviles de aire. Bajo condiciones adecuadas el vapor se condensa para formar nubes, las cuales a su vez pueden transformarse en precipitación. La precipitación que cae sobre la tierra se dispersa de diversas maneras la mayor parte de estas es retenida temporalmente por el suelo, en cercanías del lugar donde cae y regresa eventualmente a la atmósfera por la evaporación y transpiración de las plantas. Otra porción de agua que se precipita viaja sobre la superficie del suelo o través de éste hasta alcanzar los canales de las corrientes. La porción restante penetra más profundamente en el suelo para ser parte del suministro de aguas subterráneas bajo la influencia de la gravedad tanto la escorrentía superficial como el agua subterránea se mueve cada vez hacia zonas más bajas y con el tiempo puede incorporarse a los océanos. Sin embargo, una parte importante de la escorrentía superficial y del agua subterránea regresa a la atmósfera por medio de evaporación y transpiración, antes de alcanzar los océanos.

El agua durante el transcurso del ciclo toma el estado que corresponda a las condiciones de temperatura y presión del almacenamiento : el estado líquido presente en los océanos, lagos, embalses, ríos y acuíferos ; el estado sólido en los glaciares ; el estado gaseoso en la atmósfera, los estados líquido y gaseoso en las nubes.

La ecuación del balance hidrológico esta basada en la ecuación de la continuidad, donde se tiene en cuenta el axioma de LAVOISEP "Nada se crea ni se destruye" y es igual a :

$$\text{ENTRADAS} = \text{SALIDAS} + \text{CAMBIO DE ALMACENAMIENTO}$$

$$P = E + I + \text{ETP} + \Delta A \quad \text{de donde :}$$

P = Precipitación

E = Escorrentía

I = Infiltración

ETP = Evapotranspiración

$\Delta A$  = Cambio de almacenamiento

Los parámetros de la ecuación de continuidad para el balance hídrico se describen a continuación con base en la información proporcionada por el IDEAM Regional Duitama.

6.1.1.1 Precipitación media de la zona. El término precipitación se refiere a todas las aguas meteóricas que caen en la superficie de la tierra cuando se producen enfriamientos de grandes masas que lleguen a la saturación necesaria para que haya

precipitación, tanto en forma líquida como sólida, sabiendo que la humedad siempre está en la atmósfera aun en los días sin nubes.

Con la información obtenida en el IDEAM se busca calcular la precipitación media de las estaciones presentes en el área de estudio ; por método de las curvas isoyetas por ser este el método más exacto para promediar la precipitación sobre la cuenca en estudio. Descartándose los métodos de la media aritmética y de los polígonos de THIESSEN por no ser tan exactos como el de las curvas isoyetas

#### METODO DE LAS CURVAS ISOYETAS

Las isoyetas son líneas de igual precipitación se trazan utilizando la información de las estaciones que encierran el área. La localización de las estaciones y las cantidades de lluvia se grafican en un mapa adecuado y sobre este se dibujan las líneas de igual precipitación (isoyetas). La precipitación promedio para el área se calcula ponderando la precipitación entre isoyetas sucesivas ( por lo general tomando el promedio de dos valores de las isoyetas ) por el área de las isoyetas, totalizando estos productos y dividiendo por el área total.

Sean  $P_1, P_2, \dots, P_n$  los valores asignados a cada isoyeta y  $S_1, S_2, \dots, S_n$  área de las isoyetas.

$$P_m = \frac{\frac{(P_1 + P_2) \cdot S_2}{2} + \frac{(P_2 + P_3) \cdot S_3}{2} + \dots + \frac{(P_{n-1} + P_n) \cdot S_n}{2}}{S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} + S_n}$$

El método de las curvas isoyetas se seleccionó porque considera las características topográficas y permite el uso y la interpretación de toda la información disponible en este caso el mapa de isoyetas representa un patrón mucho más real de la precipitación que aquel que se obtiene utilizando únicamente las cantidad de precipitación medidas . por lo tanto la precipitación media obtenida por este método es la que se tendrá en cuenta en el cálculo del balance hidrológico.

**TABLA HIDROLOGIA**

NO	ISOYETA	AREA [Km Cuadrados]	PRECIP PROMEDIO [mm/año]	% AFEA	PRECIP PONDERADA [mm]
1	1350-1400	0.5142	1375	0.2598	3.5723
2	1400-1600	23.8999	1500	7.6261	114.3915
3	1600-1800	21.7392	1700	6.9366	117.9222
4	1800-2000	34.0642	1900	10.8693	206.5167
5	2000-2200	39.7249	2100	12.6756	268.1876
6	2200-2400	36.0214	2300	11.4938	264.3574
7	2400-2600	38.6499	2500	12.3326	308.3150
8	2600-2800	41.7821	2700	13.3320	359.964
9	2800-3000	19.0035	2900	6.0637	175.8473
10	3000-3200	13.3785	3100	4.2688	132.3328
11	3200-3400	12.4607	3300	3.9760	131.2050
12	3400-3500	11.0928	3500	3.5395	123.8825
13	3600-3800	9.7678	3700	3.1167	115.5179
14	3800-4000	4.5678	3900	1.4575	56.8425
15	4000-4200	5.1857	4100	1.0165	41.6755
16	4200-4400	3.2428	4300	1.0747	44.4921
		Σ313.3934		100%	Σ22462.8263



La precipitación ponderada por el método de las isoyetas es 2462,83 mm / año

6.1.1.2 Evapotranspiración. Esta es otra fase del ciclo hidrológico en el cual la precipitación que llega a la superficie de la tierra, retorna a la atmósfera en forma de vapor. La precipitación captada por la vegetación (intersección) se evapora eventualmente y la cantidad de agua que realmente llega a la superficie se ve por lo tanto disminuida con respecto a la precipitación observada en una estación.

Otros mecanismos de la evaporación los cuales se consideran con mayor detalle son la transpiración por las plantas y la evaporación del suelo y superficies de agua (lagos, embalses, ríos y depresiones).

El concepto hidrológico de evaporación está restringido a " la tasa neta de transporte de vapor hacia la atmósfera". Este cambio de estado necesita de un intercambio de calor aproximadamente de 600 calorías por cada gramo de agua evaporada.

Del agua absorbida por los sistemas de raíces de una planta solo una porción minúscula permanece en los tejidos de la misma ; virtualmente todo el agua retorna a la atmósfera en forma de vapor, todo ello debido a la transpiración, este es el mecanismo principal del ciclo hidrológico debido a que por medio del cual el agua precipitada sobre la superficie de la tierra regresa a la atmósfera.

Comisión Académica  
De  
Investigación  
Científica

## CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION

Existen varios métodos para determinar la Evapotranspiración potencial con la ayuda de fórmulas empíricas propuestas por algunos autores, todas ellas en función de variables climáticas como la precipitación, temperatura del aire, latitud etc.

En la zona de estudio se utilizó las fórmulas de L. Turc, seleccionada por ser la fórmula que mejor se ajusta a las características de nuestra zona de estudio. A continuación se darán las fórmulas de cálculo por los métodos de HARGREAVES.

6.1.1.2.1 Formula de G. Hargreaves. Esta fórmula estima la evapotranspiración potencial y se expresa por:

$$ETP = K * 17,4 * D * Tc * Fh * Fw * Fs * Fe \quad \text{donde:}$$

ETP = Evapotranspiración potencial mensual en mm.

K = coeficiente empírico de desarrollo de cultivo.

D = coeficiente mensual de duración del día.

Tc = temperatura media mensual en grados celsius.

Fh = humedad relativa media (%).

Fw = recorrido del viento (Km. / día).

$s$  = brillo solar. Horas luz / día.  $D$ , insolación relativa.

$c$  = factor de altitud o elevación.

1.1.2.2 Método de L. Turc. Estableció una fórmula que permite calcular la evaporación real en función de la temperatura y de las precipitaciones :

$$ETR = \frac{P}{(0,9 + P^2/L^2)}$$

onde :

$ETR$  = evapotranspiración real anual en mm.

$P$  = precipitación promedio anual en mm.

$L$  = es una constante en función de la variable  $T$  que corresponde al  $T$  anual media del aire en grados celsius. Donde  $L=300 + 25*T + 0,05 *(T)^3$

para la zona de estudio la temperatura promedio es de  $15,25 ^\circ C$  y expresa el poder evaporante de la atmósfera.

$ETR= 923,31$  mm/año.

1.1.3 Almacenamiento. Es la cantidad de agua subterránea que constituye las reservas : para el balance hídrico en una cuenca se considera que en un largo período

de tiempo los cambios en el almacenamiento no se tienen en cuenta, debido a que en ciertos periodos el almacenamiento aumenta y para otros disminuye, como el periodo de tiempo es muy largo los cambios en el almacenamiento tiende a ser cero.

6.1.1.4 Escorrentía. Es el aparte de una río y equivale a la altura de agua distribuida en el área de la cuenca, correspondiente al flujo que registra una estación de medida localizada aguas abajo del área afluente.

El agua proveniente de la precipitación crea pequeñas corrientes, dando origen a quebradas que forman la cuenca del río Garagoa que constituye la escorrentía superficial principal y con los tributarios como las quebradas Chivor. Los curas, entre otros.

En el análisis de la escorrentía se tomaron los valores medios mensuales de caudales ( $m^3/seg$ ); registrados por el IDEAM para la estación el caracol (Garagoa) y Santa María ubicadas en la cuenca del río Garagoa, obteniéndose la escorrentía por la diferencia entre las dos estaciones hidrométricas.

El caudal promedio mensual de la estación el caracol es 26.31 metros cúbicos por segundo, en la estación santa María el caudal promedio mensual es 129.82 metros cúbicos por segundo, dando como resultado un caudal de 103,51 metros cúbicos por

segundo, valor que indica la presencia de otros aportes como lo es el almacenamiento del agua en el embalse.

6.1.1.5 Infiltración. Es el proceso por el cual el agua penetra en el suelo a través de la superficie de la tierra y queda retenida por el terreno o alcanza un nivel acuífero, incrementando el volumen anteriormente acumulado. La profundidad que pueda alcanzar el agua esta limitada por el tipo de roca en profundidad y la permeabilidad que ésta posea.

Para obtener el valor de la infiltración, parámetro importante en el balance hidrológico se tiene que despejar de la fórmula :

$$P = E + I + ETP + \nabla A$$

Con el valor de la infiltración podemos determinar el volumen de agua infiltrada en la cuenca del río Garagoa.

$V = A * I$  donde :

A = area de la cuenca

I = altura del agua infiltrada.

La infiltración no fue calculada por no tener valores que muestren que se cumpla la ecuación del ciclo hidrológico.

(Ver Anexos de hidrología).

## 6.2 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LAS FORMACIONES

La permeabilidad de cada formación se tomó como base en su litología y el grado de fracturamiento observado en campo, asignándose tres grados de permeabilidad relativa.

6.2.1 Permeabilidad baja. Dentro de esta clasificación encontramos las siguientes formaciones :

- Formación lutitas de Macanal. Debido a su composición de naturaleza arcillosa lutítica podemos afirmar que esta formación es poco permeable aunque presenta algunos niveles arenosos.
- Formación Fómeneque. Esta formación también es considerada de baja permeabilidad porque aunque presenta intercalaciones de lutitas, areniscas y calizas, su tendencia es arcillosa.
- Formación Chipaque. Esta compuesta principalmente por arcillolitas y de hecho es considerada de permeabilidad baja.

6.2.2 Permeabilidad media . Formación Une. Al presentar dos niveles arenosos de espesor apreciable permite ser clasificada como de permeabilidad media ya que también presenta un nivel arcillosos considerable.

- Formación Areniscas de Las Juntas. Es primordialmente una región arenosa pero al igual que la anterior también presenta intercalaciones arcillosas importantes que la clasifican en este grado de permeabilidad.

6.2.3 Permeabilidad alta. Depósitos cuaternarios: estos depósitos son de origen aluvial o coluvial son muy buenos almacenadores de agua ya que su matriz es de naturaleza arenosa o limo-arenosa y las pendientes que éstas presentan son suaves.

## **7. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y USO ACTUAL DEL SUELO**

### **7.1 OBSERVACIÓN DEL SUELO**

Los suelos se dividieron en dos grupos principales, los que se encuentran en las vertientes y los que se hallan en zonas aluviales. En los primeros su coloración varía desde pardo hasta pardo oscuro pasando por todos los matices. La materia orgánica ha imprimido sus características en el color de los suelos principalmente en aquellos localizados en las partes más altas y solamente en las zonas de drenaje impedido se presentan colores claros manchados, como resultado del proceso oxidación-reducción del Hierro.

En las formas aluviales los colores son oscuros en la mayoría de los suelos y van desde el negro al pardo oscuro, pardo grisáceo muy oscuro, gris oscuro y gris muy oscuro, influyendo en los colores la cantidad de materia orgánica y el drenaje que puede en algunos casos inducir a condiciones oxido-reductoras.

### **FORMACION DE LOS SUELOS**

En el proceso de formación de los suelos, la mayoría de los casos la roca se ha integrado por efecto de procesos erosivos físicos y químicos, resultando así el componente mineral del suelo. Los detritos en el sector de estudio oscilan en tamaño desde grava gruesa y partículas diminutas de arcilla constituyendo la base de la textura del suelo.

De acuerdo a esto y las características fisiográficas se tiene:

En las vertientes irregulares, modeladas por movimientos en masa el material parental son arcillas transportadas.

En los depósitos coluvio-aluviales el material parental son los derivados de las lavas.

En los valles de los ríos Caragoa y afluentes (terrazas) el material parental es el resultado de aluviones.



- El relieve escarpado el material madre es derivado de areniscas.
- En el resto de la región ocupando un porcentaje bastante alto (70%) es material parental es la lutita.

### **7.3 DELIMITACION AGROLOGICA DE LOS SUELOS**

Para la clasificación de los suelos se tiene en cuenta el desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de los EEUU. En este sistemas todas las clases de suelos se agrupan en tres niveles: clase, subclase y unidad de capacidad. Las clases son ocho y se designan con números romanos de I a VIII. En la clase I se incluyen suelos que tienen pocas limitaciones, mayor número de usos y el menor riesgo de deterioro cuando se usan. En las otras clases los suelos tienen limitaciones progresivamente mayores hasta llegar a la clase VIII.

Las subclases indican limitaciones importantes dentro de la clase. Por la naturaleza del estudio sólo se hizo la clasificación hasta clase.

En la provincia de oriente encontramos suelos clase III, IV, VI, VII y VIII

7.3.1 Suelo clase III. Las pendientes predominantes son de 3 a 25%, la erosión se presenta de grado ligero o no lo hay; en algunos sectores se presentan movimientos en

masa (reptación), pero localizados en áreas pequeñas. Para cultivos no permanentes estos suelos requieren un buen sistema de rotación.

7.3.2 Suelo clase IV. Son suelos con pendientes hasta del 50%, con erosión ligera o moderada. En estos sectores se presentan movimientos en masa (reptación) que afectan áreas considerables; es necesario la reforestación en las orillas de las quebradas y de las áreas más quebradas.

7.3.3 Suelo clase VI. Son suelos con pendientes hasta del 50%, en la mayoría se observa pedregosidad superficial y cantos a través del perfil. En estos sectores son recomendables la reforestación y la rotación de praderas.

7.3.4 Suelo clase VII. Suelos con pendientes de 25-50%, erosión ligera a moderada, presentan contacto litítico a los 30 cm o menos. Estas características limitan su uso a bosques o al crecimiento de la vegetación natural.

7.3.5 Suelo clase VIII. Las pendientes que predominan son las del 50% y mayor, presenta afloramientos de roca y piedra superficial. Los suelos presentan grietas profundas y amplias, la erosión va desde moderada a severa. El uso para cultivos está

excesivamente restringido y solo deben ser usados para recreación, vida silvestre o abastecimiento de agua.

## **LA VEGETACION Y USO DEL SUELO**

La vegetación arbórea original ha desaparecido casi por completo, quedando algunas especies de las que existieron anteriormente. Esta área es muy quebrada y pedregosa y los suelos se han desarrollado a partir de areniscas, lutitas y calizas. El área de Guateque, Guayatá, Sutatenza, Somondoco está dedicada principalmente a los cultivos de caña, plátano, maíz, arracacha, arveja, yuca y algunos cultivos de tomate, guayaba, piña y chirimoya.

Las especies arbóreas más comunes de la región son: sauce, cenizo, guamo, chizo, angle, cuprés, eucalipto, cordoncillo, gaque, caucho y cedro. Por los alrededores de Inerida y Chivor se observan algunos relictos de bosques primarios y áreas cubiertas en rastrojo y gramíneas; las áreas dedicadas al cultivo son escasas. En la vertiente del río Garagoa se cultiva intensamente la caña de azúcar y la piña. Las partes altas de las vertientes del río Sanuba, Garagoa y Bata están dedicadas a la ganadería y explotación minera.

En esta región predominan "las zonas de vida" del bosque muy húmedo montano bajo y bosque húmedo montano bajo. Las especies vegetales de mayor frecuencia son: drago, fique, balazo, mano de oso, papayuelo, uva camarona. Los principales cultivos que se desarrollan generalmente en estas áreas son: maíz, papa, arracacha, arveja, garbanzo y ñuol.

### **7.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

Los suelos de acuerdo a sus propiedades físicas se dividieron en dos grupos principales: los que se encuentran en las vertientes y los que se hallan en las formas aluviales. Los suelos de las vertientes presentan texturas que varían desde arenosos hasta arcillosos dependiendo de la granulometría del material de origen. La estructura predominante es la de bloques subangulares moderadamente desarrollados, aunque hay suelos arcillosos que poseen prismas y bloques angulares, la porosidad en general alta principalmente en los horizontes superficiales ricos en materia orgánica. Los horizontes arcillosos tienen una baja porosidad.

En los valles predominan las texturas francas y franco arenosas, en algunos casos con presencia de gravilla. La estructura predominante es la de bloques subangulares. Los suelos en general son porosos. En los abuzicos se presentan por lo general texturas

medias y la estructura predominante es la de bloques angulares y subangulares de desarrollo moderado. Los suelos por lo general presentan una alta porosidad.

Los suelos de los coluvios poseen texturas franco-arcillosa con gravilla que en algunos casos cambia a franco-arcillo-arenosa. La estructura es de bloques angulares y subangulares.

## **8. SÍSMICA**

La zona andina Colombiana dentro de la cual se encuentra nuestra zona de estudio es considerada como altamente propensa a la actividad sísmica, por cuanto está afectada por un complejo sistema de fuerzas tectónicas derivadas de la interacción de tres placas principales : la placa de nazca, que se desplaza de occidente a oriente con una velocidad de 60 a 80 mm/año ; la placa suramericana, desplazándose en sentido aproximadamente contrario a la anterior con una velocidad promedio de 30 mm/ año y la placa del caribe con menores desplazamientos relativos regionales.

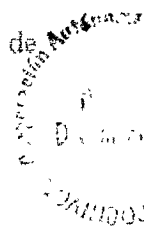
Como consecuencia de estos movimientos, en las zonas se desarrollan varios sistemas de fallas en los cuales se acumula y libera energía potencial con recurrencia variable.

En lo relacionado con inestabilidad de terreno los sismos mas importantes son los de origen tectónico, los cuales liberan gran cantidad de energía y están relacionados con deslizamientos a lo largo de fallas geológicas y con deformaciones a gran escala en la corteza terrestre.

### **LA HISTORIA Y CARACTERÍSTICAS SÍSMICAS DE LA PROVINCIA DE ORIENTE DE COCACHIYOR**

La zona de estudio se encuentra ubicada dentro de la denominación de alto riesgo sísmico en Colombia. Tectónicamente la zona no es tan compleja al encontrarse allí un número pequeño de fallas geológicas como la de la quebrada Canatoque en La Capilla, la falla de Manizales y San Fernando en la parte sur de Chivor, siendo estas fallas de carácter local.

El riesgo sísmico se clasifica como bajo, intermedio o alto; definido de acuerdo con los valores de aceleración tipo esperada ( $A_a$ ) y velocidad pico esperada ( $A_v$ ). El riesgo sísmico en el área de estudio se clasifica como alto por ser una región donde los valores de  $A_a$  y  $A_v$  son mayores a 1,2.



## **8.2 INFLUENCIA DE LOS SISMOS EN LAS ZONAS INESTABLES**

En muchos casos los sismos se constituyen en el factor determinante del fenómeno de movimientos en masa, siendo su acción bastante compleja y produciendo la inestabilidad al incrementar su esfuerzo cortante.

En la actualidad todos los deslizamientos en la provincia de oriente de Corpochivor son susceptibles a reactivarse en el caso de estar inactivos o acelerar su movimiento o incrementar sus zonas inestables en caso de ocurrir un movimiento telúrico.

## **9. ANÁLISIS GEOTÉCNICO PRELIMINAR**

El análisis geotécnico se efectuó con el fin de diagnosticar los diferentes causantes de la inestabilidad en la provincia de oriente de Corpochivor, como son los movimientos en masa, debidos a diferentes factores, a la estructura geológica o la constitución de los materiales, a las aguas de escorrentía, procesos de meteorización, deforestación etc.

## 9.1 FENÓMENOS DE INESTABILIDAD

Con base en el estudio geomorfológico existente se evidencian fenómenos relacionados con movimientos en masa que influyen en la estabilidad de la región.

9.1.1 Factores que contribuyen a la inestabilidad. Los factores que directamente influyen en la inestabilidad de una región son bastante numerosos y se enuncian a continuación:

- Actividad tectónica. Es un factor de suma importancia en la región por el tectonismo presente que origina movimientos telúricos los cuales aumentan la tensión al corte, a lo largo de la superficie potencial de falla del movimiento.
- Efecto lubricante del agua. La precipitación media anual en la provincia de oriente de Copacabiva es considerable y al infiltrarse en las fracturas y diaclasas origina un aumento en la presión hidrostática.
- Disminución en la cohesión y fricción. Es causada por el aumento de la presión de poros en los suelos.



- Factor autrópico. Originado por intensa deforestación de las laderas, corte y relleno en construcción de vías, construcción de pozos, explotación minera etc.
- Sobrecarga. Aplicada sobre material removido aumentando la tensión de corte, es producida por el relleno de carreteras, fundaciones, botaderos.
- Presión adicional. Producida por el peso del agua acumulada por lluvias, corrientes mananciales o considerables volúmenes de agua depositada sobre los taludes.
- Erosion y meteorización. Originados por los agentes atmosféricos y clima.

Descenso rapido del nivel freático. Este factor causa con frecuencia remoción en materiales de granulometría entre arena y arcilla. Además de obras como el túnel de captación de aguas del río rucio y que las deposita en la quebrada de los trabajos, causando este descenso del nivel freático en su área de influencia.

9.1.2 Deslizamientos. Este término se utiliza en forma general para referirse a movimientos del terreno por falla de laderas y taludes.

Un deslizamiento puede ser lento o rápido dependiendo de la topografía, volumen de masas de suelo afectada, modo de falla y la acción del agua. Generalmente ocurren

cuando la resistencia de los materiales que conforman la ladera o talud es sobrepasada por los esfuerzos actuantes sobre el mismo (13).

- Hundimientos. Es un movimiento en masa o deslizamiento a lo largo de una superficie cóncava bien definida. Los hundimientos se originan en suelos homogéneos de considerable espesor como es el caso de capas arcillosas gruesas, coluviones, rellenos etc. El movimiento es de rotación de un eje paralelo del talud sobre el cual se desplaza.

- Deslizamientos translacionales. El movimiento se efectúa a lo largo de superficies casi planas bien definidas, conformadas generalmente por la pendiente estructural de los estratos rocosos. Los materiales incorporados en el movimiento son de poco espesor conformados por fragmentos de roca y mezcla de suelo y fragmentos de roca.

---

13 GARCIA LOPEZ, Manuel. Manual de protección geotécnica y ambiental. Instituto Colombiano del Petróleo, Asuntos ambientales. Bogotá, 1990 P. 9,11

Este tipo de deslizamientos se presentan en toda la provincia de oriente de Copacabiva. Son de pequeña dimensión sobre estratos de las formaciones lutitas de Macaual, Fómene en donde por la alternancia de los estratos competentes y blandos se origina pérdida de soporte y por ello la inestabilidad del terreno.

Flujos lentos de reptación. Este fenómeno consiste en un desplazamiento muy lento de la parte superficial del terreno, aun en taludes con pendiente moderada y cobertura vegetal. Este fenómeno puede ser nulo en época de verano y activarse en períodos lluviosos. Su movimiento puede no ser advertido por su lentitud de 1 a 5 cm/año, y se evidencia al formar escalones, arboles inclinados, separación del suelo en contacto con los estratos rocosos

En el fenómeno de reptación es muy bien evidenciado en zonas aledañas a los cauces inestables de la provincia o en zonas cercanas a grandes deslizamientos. Estos los observamos sobre las formaciones de roca blanda, lutitas de Macaual, Fómene etc.

Flujos de detritos y flujos de tierra. Presentan movimientos de velocidad lenta cuando son de naturaleza viscosa o flujos de tierra y movimientos rápidos cuando se trata de detritos. Se forman a partir de materiales provenientes de meteorización de rocas

existentes, también se pueden originar a partir del cuerpo de otro tipo de deslizamiento traslacional observado en la vereda volcanes en Tenza.

- Flujos de lodo. Se forman cuando una masa de detritos es ablandada por acción del agua volviéndose fluida y alcanzando movimiento con velocidades altas dependiendo de la pendiente del terreno y de la intensidad de las lluvias.

Al presentarse una pendiente alta el flujo adquiere alta velocidad arrancando e incorporando a su paso materiales de las paredes y fondo de las cañadas convirtiéndose en un fenómeno bastante destructivo, arrasando todo a su paso. Se puede apreciar en toda la zona pero con mayor importancia se presenta en el deslizamiento el guano y en las quebradas que recogen lo que los mineros llaman tsambio.

- Flujos torrenciales. Son movimientos rápidos de masas de materiales gruesos, tales como grandes bloques de roca, cascajo y arena con ciertas cantidades de suelo. Este fenómeno puede ser causado por represamiento de cauces hídricos que liberan gran cantidad de energía al romperse el represamiento.

FOTO.



Esto se puede apreciar en la *gran* mayoría de las quebradas presentes en la provincia de oriente de Córporchivor especialmente en el municipio de Chivor.

9 1.3 Movimientos en masa rocosas Se presentan en taludes naturales y de origen antrópico

- Caídas de bloques. Se encuentran en pendientes pronunciadas y su movimiento es por efecto de la fuerza de gravedad.

En la provincia de oriente se presentan en la cuchilla los cristales y las pendientes estructurales de gran altura. Este fenómeno se produce cuando hay roca suelta, diaclasada, cuando el talud es vertical y se observa sobre las formaciones una areniscas de las juntas

- Volcamiento. Este tipo de movimiento consiste en el giro hacia adelante de una o varias rocas ya sea por efecto de la gravedad o por presiones generadas por el agua. También puede definirse como el movimiento donde implica rotación de columnas o bloques de roca con respecto a una base fija.

Se puede apreciar en ciertos puntos sobre la quebrada la cuya y en zonas donde se halla rocas con intercalaciones de areniscas, lutitas y caliza.

Analizando los anteriores fenómenos de inestabilidad vale la pena anotar que la caída de roca y bloques individuales en volúmenes menores son comunes en taludes en roca, mientras que los grandes deslizamientos se presentan en taludes en suelo.

## 10. ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA Y EVALUACIÓN DE AMENAZAS GEOLÓGICAS

Para realizar el estudio concerniente a este capítulo se empleó una metodología que arrojó unos resultados con los cuales obtuvo una serie de zonas homogéneas con características similares. La metodología empleada se detalla a continuación.

### 10.1 METODOLOGÍA

Se tuvo en cuenta la metodología propuesta por Ramírez, F (1989) <sup>11</sup> para la evaluación de zonas en escala intermedia.

En esta se incluyen cada una de las etapas previas a la obtención de un mapa de amenazas por deslizamientos. Las etapas en cuestión son tres :

---

<sup>11</sup> RAMIREZ, F. , GONZALEZ, A.J. Evaluación de estabilidad para zonas homogéneas. I Simposio Suramericano de deslizamientos. Vol. Paipa, Colombia. 1989. P. 174-192.

- Definición de zonas geotécnicamente homogéneas
  
- Adopción de un sistema de evaluación (en este caso un sistema semicuantitativo), y
  
- Clasificación de las condiciones de estabilidad (según Crozier).

10.1.1 Zonas geotécnicamente homogéneas. R. Cortés (15) por medio de su artículo presentado en el I Simposio Suramericano de Deslizamientos (1989), y como producto del Programa de Investigación de Deslizamientos en la red vial Nacional, considera apropiado como sistema de clasificación geomorfológica de terrenos al presentado por Grant (1976) denominado P.U.C.E. (Provincia, Patron, Unidad, Componente de terreno).

Este sistema opera a cuatro escalas de clasificación, definidas y desarrolladas en varios proyectos presentados en la Universidad Nacional como parte del programa antes mencionado.

---

15 R. CORTÉS. Clasificación de zonas geotécnicamente homogéneas. I Simposio Suramericano de deslizamientos. Vol. I. Paipa, Colombia. P. 56-75.



Las escalas en cuestión van desde más general (1 :1.000.000 a 1 :500.000) que corresponde a la provincia de terreno, hasta la más detallada o de componente de terreno (1 :5.000 a 1 :1.000). Para la investigación que se adelanta a escala 1 :25.000 o escala intermedia, es importante explicar un poco más a fondo sus características, enmarcadas dentro de la que se denomina una "Unidad de terreno".

10.1.1.1 Unidad de terreno. Este nivel de clasificación está representado por áreas del paisaje caracterizadas cada una por una litología a nivel de formación estratigráfica propia geológica, una asociación de suelo uniforme (mapa de suelos) una ladera o vertiente amplia de relieve constante (mapas geomorfológico y de pendientes), y estar enmarcada dentro de un patrón de terreno.

10.1.1.2 Delimitación. Para su demarcación se siguieron las pautas trazadas por R. Cortés, partiendo de los planos donde se condensa toda la información preliminar tomada de estudios previos, fotografías aéreas e información recolectada en campo. La metodología consiste básicamente en dividir el trabajo en tres etapas para su posterior fusión: morfometría, geología incluyendo condiciones geomorfológicas y clima incluyendo vegetación y suelos agro-ecológicos. La primera de ellas se obtiene del mapa de pendientes (Anexo 2), de donde se deduce información de pendientes, formas y extensión. La segunda etapa tiene que ver con el análisis de la información

suministrada por los mapas geológicos y geomorfológicos, producto de las visitas a terreno y de la fotointerpretación ejecutada, en donde se distinguieron formaciones, depósitos de suelos transportados y procesos geomorfológicos. La tercera etapa comprende la Delimitación de áreas con similares condiciones de cobertura vegetal o uso del terreno y de asociación de suelos desde el punto de vista agrológico.

La fusión de estas tres etapas dio como resultado el plano de zonas de susceptibilidad homogénea.

Luego de realizada esta Delimitación se procedió a evaluar cada uno de los diferentes parámetros que inciden en la inestabilidad, acorde con la metodología adoptada y que a continuación se presenta.

10.1.2 Sistema semi-cuantitativo de evaluación de estabilidad a escala intermedia. Dentro del programa de "Investigación de Deslizamientos en la Red Vial Nacional", desarrollado conjuntamente por la Universidad Nacional en asocio con el Ministerio de Obras Públicas y Transporte, se llegó a implementar un sistema de evaluación de estabilidad de laderas presentado por Ramírez C.F. (1988), como resultado de un consenso general de una escasa pero significativa población de Ingenieros Geotecnistas con experiencia en el campo de la estabilidad de taludes.

Su trabajo consistió en evaluar ocho parámetros que agrupan a su vez los factores a tener en cuenta para este tipo de estudios, a pesar de que varios de ellos no fueron considerados por no corresponder a la escala intermedia requerida, como es el caso de las presiones de poros, empozamientos y flujos concentrados

Los ocho parámetros evaluados por Cortés son en su orden tipo material, relieve, drenaje, erosión, clima, vegetación, sismicidad y procesos antiguos de inestabilidad, (véase Tabla 11) Para cada parámetro se estableció una serie de condiciones resultantes de la interacción de los factores que lo determinan y su influencia en la estabilidad, la cual se hizo mediante la asignación de un puntaje teniendo en cuenta su influencia favorable o desfavorable. Sumando los puntajes asignados para cada uno de los ocho parámetros obtendremos la denominación "Calificación de estabilidad" (CE), cuyos valores se presentan en la Tabla 12 (ver Tabla 12) en lo que solo se muestran los datos de las variables que influyen en esta región en particular, algunos de los cuales se modifican de acuerdo con las características propias del paisaje, siguiendo las sugerencias del mismo autor

Otra parte de la investigación de Ramírez, condujo a la ponderación de la influencia de cada parámetro en un valor final de estabilidad de la unidad de terreno (CE), obteniéndose resultados, donde se aprecian desviaciones estándar relativamente altas

**Tabla 11 . Parámetros evaluados en la zonificación geotécnica.**

Parámetro	Símbolo	Factores
Materiales roca	M	Tipo de roca Condición de fracturamiento
Material involucrado	Mi	Tipo de material involucrado Influencia de las estructuras
Suelo	M	Tipo de suelo Condición in-situ
Relieve	R	Pendiente Forma de perfil longitudinal
Drenaje	D	Densidad de drenaje Pendiente promedio del cauce
Erosion	E	Tipo de erosion Porcentaje del área afectada
Clima	C	Frecipitación, humedad, temperatura
Vegetación	V	Pendiente Tipo de vegetación Porcentaje de área afectada
Sismicidad	S	Riesgo sísmico Tipo de material
Frecuencias de Inestabilidad	F	Porcentaje del área afectada

**FUENTE :** tomado de VARGAS, J. y CACERES, L. Evaluación de estabilidad en el Añó Chicamecha, Sector Tasco, Paz de Río, Socha. U.P.T.C. 1989.

en especial para las calificaciones asignadas al clima, la sismicidad y la opción de "otros parámetros".

**TABLA 12. Sistema semicuantitativo de evaluación de estabilidad a escala intermedia.**

1. MATERIALES (M) max 50							
ROCA (r) max 50							
TIPO DE ROCA		CONDICION DE FRACTURAMIENTO (MILLER)					
TIPO 1 Rocas sedimentáreas con estratificación fina y rocas con metamorfismo incipiente 1 500 <math>\leq r_c < 2 000</math> Kg/cm cuadrado		Masiva >100 cm	Ligeramente fracturada 10 - 100 cm	Moderadamente fracturada 1- 10 cm	Intensamente fracturada < 1 cm		
TIPO 2 Rocas sedimentáreas de estratificación gruesa a muy gruesa 500 <math>\leq r_c < 1 000</math> Kg/cm cuadrado							
TIPO 1		23	18	10	4		
TIPO 2		11	8	5	2		
SUELO (s) max 25							
Roca	Tipo de suelo	RESIDUAL SUELO		RESIDUAL SAFROFITO			
		G	F	G	F		
Granítica		2	3	3	4		
Sedimentario		2	3	3	4		
Contra volcánicas		1	2	2	3		
TRANSPORTADO							
Agente (n) dirección de la gravedad		Agente agua		Agente viento		Agente hielo	
G	F	G	F	G	F	G	F
3	4	2	3	2	3	2	3
(G) composición predominante granular PTN 200 <math>< 35\%</math>							
(F) composición predominante fina PTN 200 <math>> 35\%</math>							

Tipo de suelo	Terreno Granular densidad				Terreno fino consistencia	
	Alta	Media	Baja	Dura	Media	Elástica
TIPO 1	25	16	7	23	14	6
TIPO 2	19	12	5	18	11	4
TIPO 3	11	7	3	11	7	3
TIPO 4	5	3	2	5	3	1

2 RELIEVE (R = A + B) Max 44

Sub-zona	Max 30		Max 14	
	Fendiente	A	Perfil	B
1-Contrapendiente	-----	11	Convexo	9
2-Escarpeidad rec	> 30°	19	Convexo	5
3-Ladera media	20° - 30°	6	Rectilíneo	12
4-Ladera coluvial	5° - 4°	6	Rectilíneo	12
5-Aluvion	0° - 4°	21	Cóncavo	14
6-Ladera de cauce	> 40°	6	Cóncavo	14

3 DENSIDAD (D) Max. 35

Fendiente media del cauce (%)	Densidad (1/Km)	Densidad (1/Km)	Densidad (1/Km)
	<1.5	1.5 - 3	>3
Baja 0 - 5	35	30	23
Media 5 - 15	25	19	13
Alta >15	16	10	6

**TABLA 12 . Continuación.**

4 VEGETACION (V) max 32									
Pendiente (°)	0-15	0-15	0-15	15-41	15-41	15-41	45-90	45-90	45-90
Area (%)	<30	30-50	>50	<30	30-50	>50	<30	30-50	>50
Tipo de vegetación									
Bosque primario, secundario y rastrojo alto.	12	22	32	10	17	25	8	13	17
Rastrojo bajo, cultivo permanente o semipermanente	10	18	27	7	12	17	3	5	7
Pastos o vegetación herbácea	10	17	25	6	10	14	2	4	6
Cultivo limpio y suelo desnudo.	8	14	20	3	6	8	1	2	3

3 EROSION (E) max 30				
% Area	Leve 0-10	Moderada 10-30	Severa 30-60	Muy severa >60
Tipo de erosión				
Laminar	36	21	14	5
Diferencial	22	15	10	4
Concentrada	15	11	7	3
Socavacion	11	8	5	2

6 F DE INESTABILIDAD (F) Max 40	
% de Area afectada por fenómenos de inestabilidad	F
0-10	40
10-30	28
30-60	18
60	7

**TABLA 12 . Continuación.**

7 CLIMA (C) max 40							
Tipo de clima	Precipitación	Humedad	Temperatura	total	Desc. Tipo		
Tipo I	4	2	5	11	Clima montano tropical húmedo a muy húmedo		
Tipo II	4	6	3	13	Clima premontano tropical húmedo o subhúmedo.		
Tipo III	15	4	8	27	Clima montano tropical y subandino húmedos		
8 RIESGO SISMICO (S) max 24							
Tipo de riesgo material sísmico	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
S1	24	21	17	13	8	5	2
S2	12	10	8	7	4	3	1
S3	4	3	3	2	1	1	0
As = Aceleración pico efectiva							
Tipo de materiales según el Código colombiano de construcciones sismorresistentes (A.I.S. 1984)							
9 CALIFICACION DE ESTABILIDAD							
CE = M + R + D + V + E + F + C + C + S				max. 500	min 40		

FUENTE : Tomado de VARGAS, J y CACERES, L. Evaluación de estabilidad en el Alto Chicamocha Sector Tasco, Paz de Río, Socha. U.P.T.C. 1989.



La utilización de la anterior metodología en este trabajo, pudo establecer los siguientes rangos de CE para cada categoría de estabilidad, (Ver Tabla 13).

**TABLA 13 . Categoría de estabilidad de la zona.**

Teoría de Estabilidad	Calificación de Estabilidad (CE)
I	> 185 ptos
II	146 - 184 ptos
III	126 - 145 ptos
IV	101 - 125 ptos
V	71 - 100 ptos
VI	< 70 ptos

**FUENTE :** Tomada de VARGAS, J y CACERES, L. Estabilidad en el Alto Chicamocha, sector Tasco, Paz de Río, Socha. U.P.T.C. 1986 .

10.1.2.3 Limitaciones. En este aspecto es importante anotar que para la aplicación que permitió la fijación de rangos de influencia para las condiciones geológicas y geotécnicas propias de la región, las cuales no encajan perfectamente entre los límites presentados por el estudio original dado que la población de unidades de terreno

evaluadas es ese entonces fue pequeña. No obstante, las bondades de este sistema para el presente estudio, condujeron a su elección por los siguientes aspectos :

- Los ocho parámetros presentados agrupan en un alto porcentaje los factores que influyen en la estabilidad de las laderas.
- El tipo y cantidad de información recolectada se ajusta a los requisitos establecidos para su utilización.
- El sistema empleado establece bases teóricas para la predicción de amenazas por deslizamientos.
- Las modificaciones hechas fueron menores y estuvieron encausadas dentro de las sugerencias dadas por su autor con el ánimo de ampliar y corroborar su utilización bajo ciertas condiciones en las cuales no se había podido implementar.
- Permitir llevar a cabo labores de comparación entre diferentes zonas de estudio.

10.1.3 Clasificación de las condiciones de estabilidad. Es la última etapa de la zonificación geotécnica, donde se obtuvieron diferentes tipos de áreas sometidas cada una a cierta probabilidad de ocurrencia de activación o reactivación de algún tipo de

movimiento en masa en los taludes de la región. Esta clasificación es de suma importancia dentro de las medidas correctivas y preventivas que se den, puesto que para cada rango de clasificación las recomendaciones resultarán ser aproximadamente iguales

10 1.4 Resultados. Después de realizar el estudio de tres de las etapas mencionadas en comienzo se obtuvieron unos resultados que permiten a partir de estos la consecución del mapa de zonificación geotécnica (ver Anexo 7) , teniendo como referencia las amenazas por deslizamientos.

- La Tabla 16 describe la clasificación de estabilidad de unidades de terreno (ver Tabla 16).

**Tabla 10 . Clasificación de estabilidad de unidades de terreno.**

CLASES	CARACTERISTICAS
I	Laderas que no presentan evidencia de inestabilidad y se consideran estables a través del análisis comparativo con otras pendientes.
II	Laderas que no presentan evidencia de deslizamiento, o con algunas evidencias pero pueden desarrollar procesos de erosión y deslizamientos en el futuro.
III	Laderas con herencias morfodinámicas de deslizamientos que no han sufrido movimiento en el tiempo histórico conocido. Las formas de erosión no se conservan. Se identifican los depósitos de los deslizamientos.
IV	Laderas con evidencias de deslizamientos y procesos de inestabilidad anteriores, pero que no han sufrido cambio en el tiempo histórico conocido. Las formas de erosión son evidentes aún. Inestabilidad asociada a máximos periodos lluviosos.
V	Laderas que presentan deslizamientos nuevos o reactivación de deslizamientos antiguos. los procesos de inestabilidad no son regulares y se asocian a eventos periódicos.
VI	Laderas con deslizamientos activos, el material se presenta en continuo movimiento, los deslizamientos son recientes, bien definidos de alta densidad. Los procesos de inestabilidad pueden ser continuos o asociados a periodos lluviosos.

**FUENTE : Tomado de VARGAS, J. Y CACERES L. Evaluación de inestabilidad en el alto Chicamocha. Sector Tasco, Paz de Río, Socha. U.P.T.C. 1989.**

## **11. EVALUACIÓN DE ELEMENTOS EN RIESGO Y EN DIFERENTES TIPOS DE AMENAZAS**

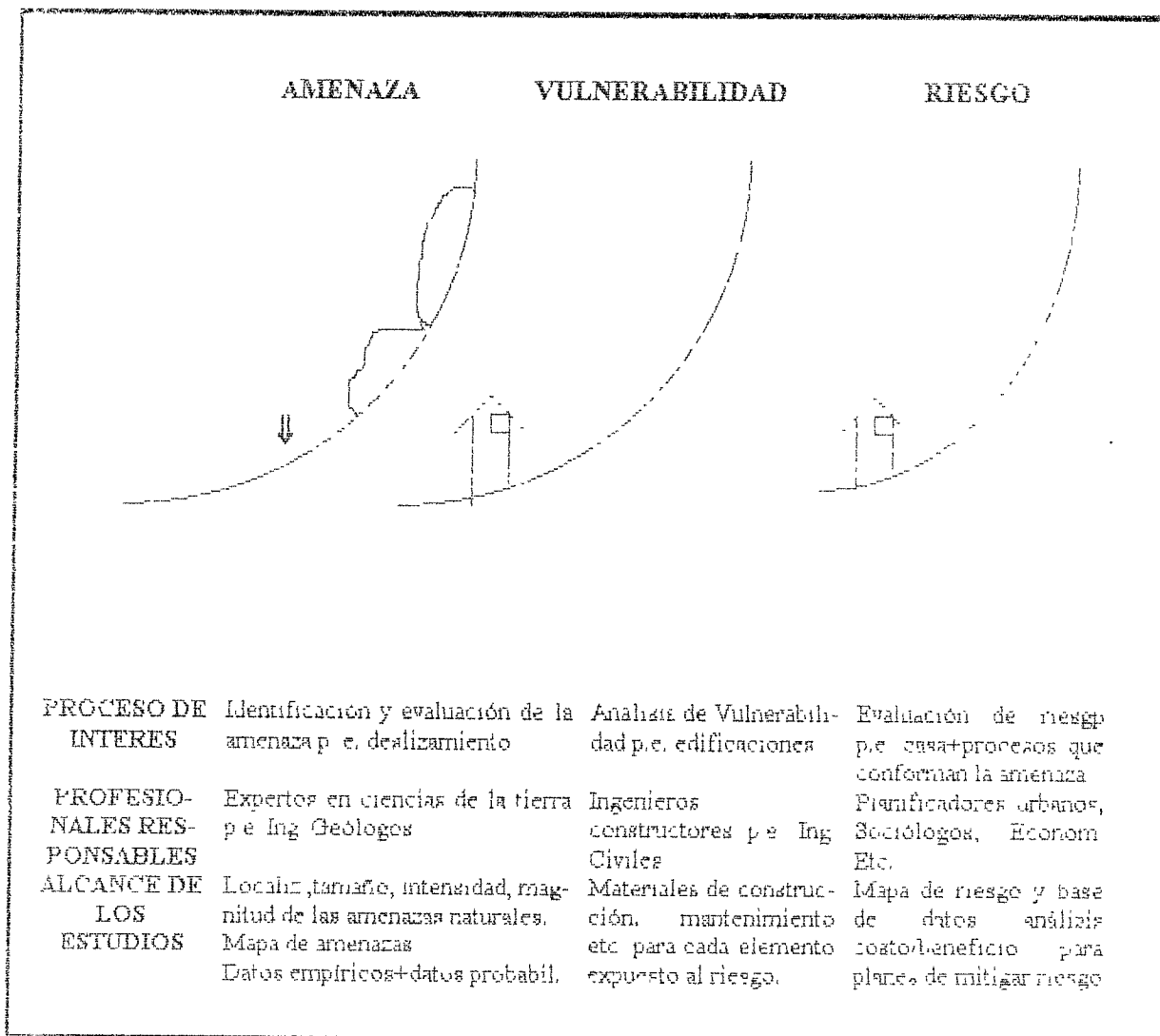
Con la zonificación geotécnica efectuada en el capítulo 10 se determinaron áreas con diferentes grados de amenaza por deslizamiento en la provincia de oriente de Copochivor. En este capítulo se estudiarán y tendrán en cuenta otros tipos de amenazas presentes como son : amenazas por flujos torrenciales y se complementarán con el tipo de amenazas ya estudiado.

El estudio consiste en identificar los diferentes tipos de amenazas y la vulnerabilidad que presentan los diferentes sectores del municipio precisando de esta forma zonas con diferente grado de riesgo.

### **11.1 GENERALIDADES**

Las etapas para la evaluación de riesgos conforman una base importante para la reducción de los mismos tanto naturales como de origen antrópico. Las etapas en cuestión son las siguientes : (Ver Figura 39).

FIGURA 39. Proceso de evaluación del riesgo. FUENTE : Tomado de HERMELIN, Michel.



11.1.1 Amenazas (A). Es la probabilidad de ocurrencia dentro de un periodo de tiempo específico y para un área determinada de un fenómeno con consecuencias potencialmente destructivas.

11.1.2. Vulnerabilidad (V). Son las condiciones estructurales, de diseño, material, altura, que presentan las obras de infraestructura, así como la población, avalúos y área que sería afectada ante un posible evento. En otras palabras la vulnerabilidad es el grado de disposición en que se pueda encontrar un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza potencialmente destructora.

11.1.3 Riesgos (Rc). Se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente destructor, en un sitio determinado y dentro de un periodo de tiempo, el cual afectaría en menor o mayor grado vidas, estructuras civiles y líneas vitales. Resulta del producto de :

$$RIESGO = AMENAZA * VULNERABILIDAD$$

## **11.2 TIPOS DE AMENAZAS.**

Se analizaron los tipos de amenazas presentes en la provincia de oriente de Corpechivor que son los siguientes :

11.2.1 Amenazas por movimientos en masa. Un movimiento en masa es un fenómeno natural de origen exogeno que en muchos casos interfiere con obras de ingeniería y pueden causar grandes pérdidas de vidas humanas y materiales como las que se presentan en muchas regiones del país en época de intensas lluvias. Las condiciones de mayor inestabilidad se presentan en laderas de fuerte pendiente donde los materiales de naturaleza areno-arcillosa pierden soporte por la acción lubricante del agua y se deslizan ayudadas por la gravedad y el buzamiento favorable de los estratos

Otros sitios con gran inestabilidad los encontramos sobre la Formación Lutitas de Macanal, los cuales por acción del agua se transforman en arcilla y estas por su sobrepeso se deslizan por las laderas de la región destruyendo cultivos de pasto

También se presentan volcamientos de bloques de roca en la quebrada la Cuya y desprendimientos de suelo y roca sobre un buen número de quebradas de la provincia de oriente.

La mayoría de los anteriores movimientos en masa son provocados por la acción del hombre como tala indiscriminada de bosques, mal trazado de carreteras y por las



condiciones del terreno, efectos tectónicos, intensas lluvias etc., que hacen de la región un lugar bastante inestable.

11.2.2 Amenaza por incendios forestales. Este tipo de amenaza se origina periódicamente por las costumbres de sus habitantes las cuales talan bosque primario con fines agrícolas y posteriormente para pastoreo de ganado. Unos pocos días antes de que comience la temporada lluviosa en bosque talado es quemado corriéndose el peligro de quemarse más área de bosque del planificado destruyendo de esta forma fauna y flora silvestre disminuyendo la producción de oxígeno. Además de esta práctica se tiene una zona sobre el municipio de Somondoco en el cual se encuentra un bosque de pinos que presentan un tipo de enfermedad que los ha secado. convirtiéndose esto en una amenaza alta para el municipio y el medio presente.

11 2.3 Amenaza por flujos torrenciales. Se origina cuando el cauce de alguna quebrada o río es obstruido por un deslizamiento represando gran cantidad de lodo, agua y piedra generando una gigantesca energía destructora que arrasa todo a su paso cuando este dique natural se rompa.

En el área de estudio se puede presentar en la gran mayoría de las quebradas en especial las del municipio de Chivor, Somondoco, Almeida y La Capilla.

11.2.4 Amenazas por sismicidad. La superficie terrestre está formada por una serie de placas tectónicas que se mueven en diferentes direcciones y al chocar o rozar entre sí ocasionan una enorme acumulación de energía. El anterior proceso provoca deformaciones en las estructuras internas de la tierra, las cuales al romperse liberan esa gran cantidad de energía acumulada en forma de ondas que sacuden la superficie terrestre, dando origen a los temblores y terremotos.

El área de estudio se encuentra dentro de las zonas de riesgo sísmico alto en Colombia por presentarse allí una intensa actividad tectónica evidenciada por un buen número de fallas como la de Manizales. Estas fallas pertenecen al sistema de fallas del pie de monte llanero asociadas a la Falla de Pachaquiario de gran magnitud y que separa el bloque autóctono del terreno chibcha.

### **11.3 EVALUACIÓN DE ELEMENTOS EN RIESGO**

Esta evaluación se realizó con base en los datos tomados en campo donde se tuvieron en cuenta las amenazas y la vulnerabilidad en que se encuentran los diferentes elementos como viviendas, líneas vitales etc., después de lo cual se determinó el tipo de riesgo en que se encuentran y su intensidad.

En la provincia de oriente de Corpochivor se determinaron zonas con riesgos originados por deslizamientos, flujos torrenciales, contaminación, incendios forestales y sismicidad y según su intensidad se clasificaron como de riesgo alto, medio o bajo. La evaluación de los elementos en riesgo se realizó en cada uno de los municipios pertenecientes a la provincia, asignándole una numeración al tipo de amenaza y a la clase de obra recomendada como se muestra en la Tabla 17 (Ver Tabla 17).

**TABLA 17 . Tipos de amenazas y obras correctivas.**

TIPO DE AMENAZA	TIPO DE OBRA CORRECTIVA
1 Deslizamientos	1 Control de agua de escorrentía
2 Inundación	2 Reforestación
3 Flujo torrenciales	3 Control de cauces
4 Contaminación	4 Mantenimiento de obras de control
5 Sísmico	5 Cumplir con las normas del C C S R
6 Incendio forestal	6 Investigación detallada para obras de Geotécnica
	7 Reubicación de obras civiles y viviendas, servicios públicos
	8 Redes de contención de hidrocarburos
	9 Construcción y mantenimiento de alcantarillas y alcantarillado
	10 Reconformación de talud
	11 Reubicación de hornos para obtención de sal
	12 Evitar la tala y quema de bosques

**FUENTE :** Tomada de RODRIGUEZ, J. Mario y SOTELO, Jairo y complementada por datos de estudio.

**ANEXOS DE HIDROLOGÍA. TABLAS DE DATOS PARA LAS CUÉNICAS.**

**MUNICIPIO : SUTATENZA. LATITUD 0.501N. LONGITUD 7.328W.ELEVACION 1.930MSNM**

Meses	Enero	Febr	Marz	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept	Octu	Nov	Dic
Precep-tacion	138	249	48	1073	1551	1738	1687	1491	991	902	602	296

**MUNICIPIO : GARAGOA. LATITUD 0.501N. LONGITUD 7.323W.ELEVACION 1.550MSNM**

Meses	Enero	Febr	Marz	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept	Octu	Nov	Dic
Precep-tacion	154	372	385	1293	1978	2464	2629	221	1482	1124	591	518

**MUNICIPIO : GUAYATA. LATITUD 0.458N. LONGITUD 7.329W.ELEVACION 1.560MSNM**

Meses	Enero	Febr	Marz	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept	Octu	Nov	Dic
Precep-tacion	159	283	471	1184	1629	176	1802	1454	100	94	652	274

**MUNICIPIO : MACANAL. LATITUD 0.500N. LONGITUD 7.316W.ELEVACION 2.250MSNM**

Meses	Enero	Febr	Marz	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept	Octu	Nov	Dic
Precep-tacion	308	638	1001	2234	3221	3894	4103	3487	2311	1879	1147	607

**MUNICIPIO : TENZA. LATITUD 0.504N. LONGITUD 7.326W.ELEVACION 1.630MSNM**

Meses	Enero	Febr	Marz	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept	Octu	Nov	Dic
Precep-tacion	206	279	504	1069	1864	2172	2458	1886	1275	1099	882	348

**MUNICIPIO : CHIVOR. LATITUD 0.453N. LONGITUD 7.322W.ELEVACION 1.850MSNM**

Meses	Enero	Febr	Marz	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept	Octu	Nov	Dic
Precep-tacion	354	728	1377	2728	3857	4338	4256	3594	2612	225	175	862

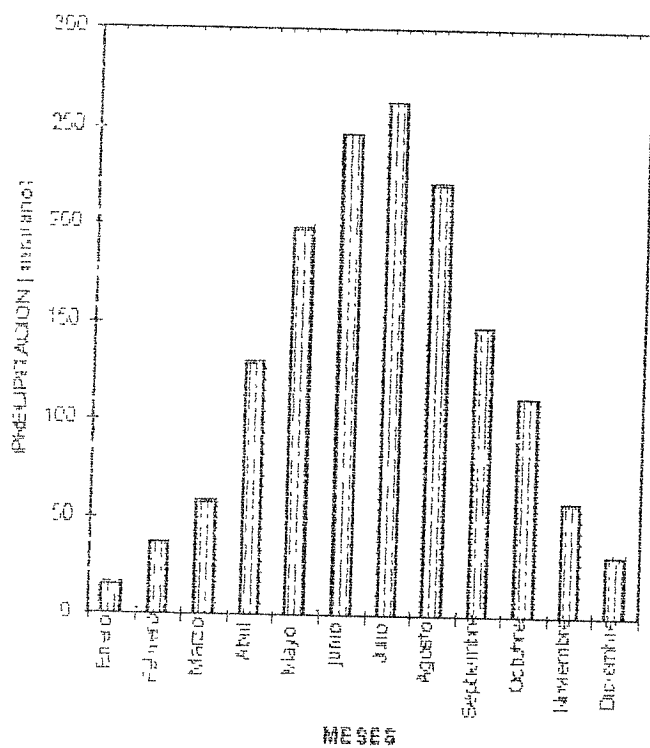
**MUNICIPIO : ALMEIDA. LATITUD 0.457N. LONGITUD 7.324W.ELEVACION 2.120MSNM**

Meses	Enero	Febr	Marz	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sept	Octu	Nov	Dic
Pre- cip-tacion	202	328	635	1367	1939	2301	2421	2062	1522	127	724	344

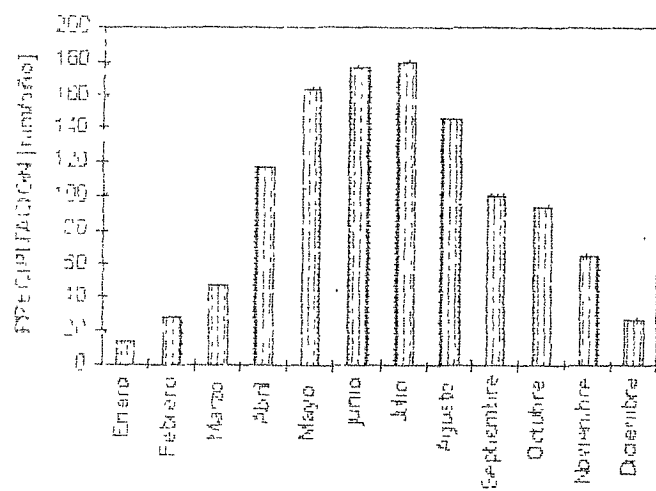
**RIO GARAGOA. LATITUD 0.503N. LONGITUD 7.324W.ELEVACION 1.283MSNM**

Meses	Enero	Febr.	Marz.	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
Caudal	48.54	47.41	52.72	12.78	27.57	47.96	64.22	53.13	30.86	29.14	22.76	11.44

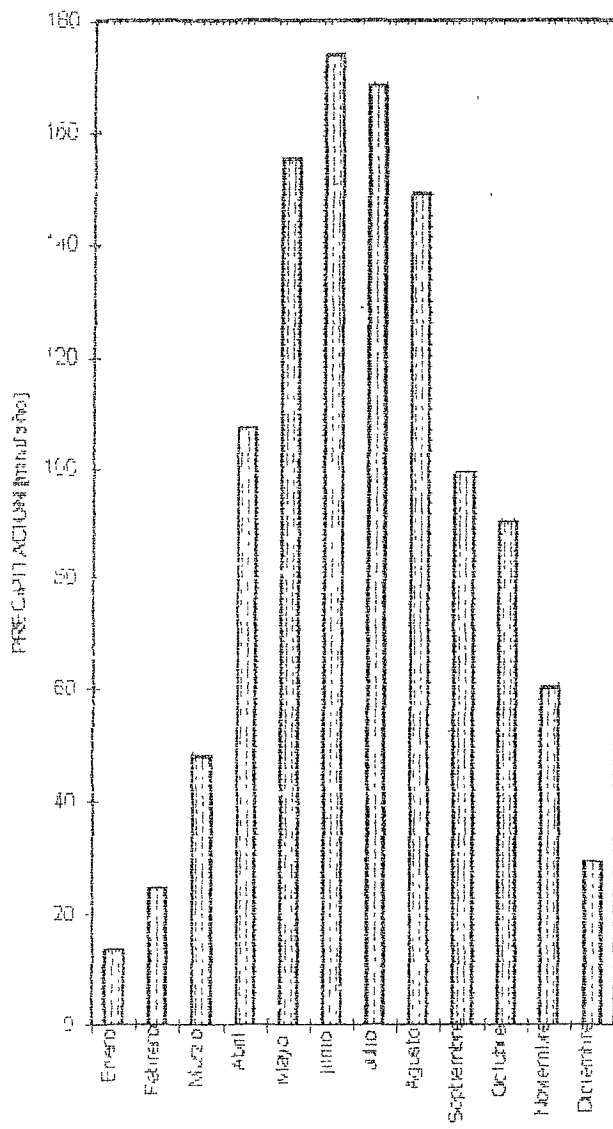
ESTACION GARAGOA  
LATITUD 0.501 N LONGITUD 7.328 W  
ELEVACION 1550 MSNM



ESTACION GUAYATA LATITUD 0.458 N LONGITUD 7.329W  
ELEVACION 1560MSNM

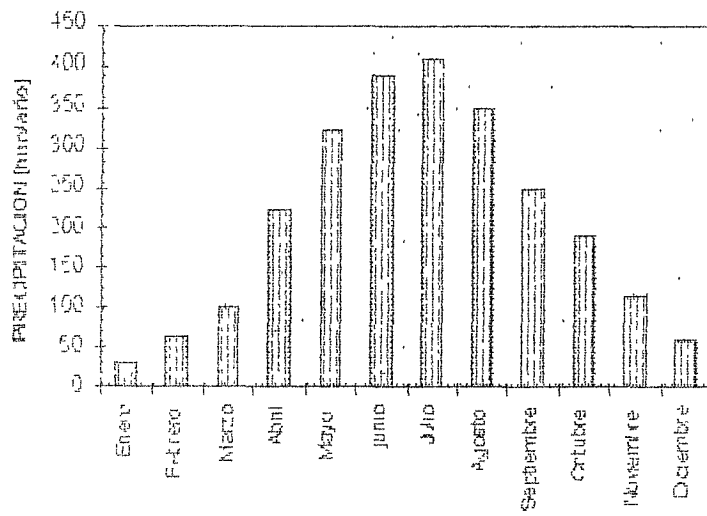


ESTACION SUTATENZA LATITUD 0.501 N LONGITUD 7328 W  
ELEVACION 1930 MSNM

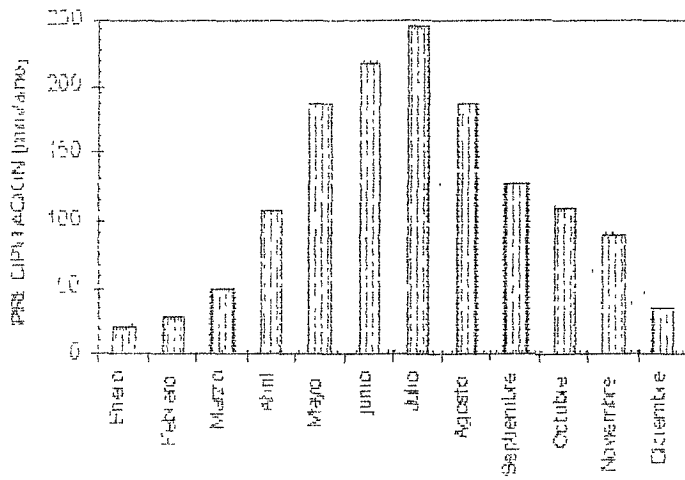




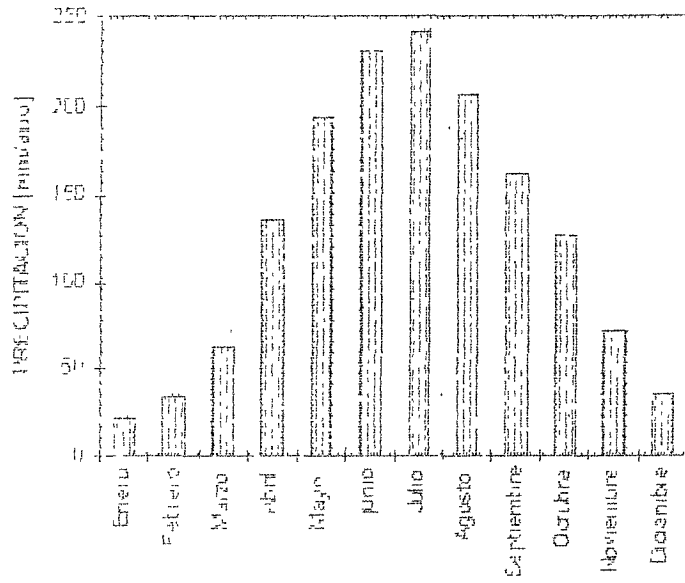
ESTACION MACANAL LATITUD 0.500N LONGITUD 7.316W  
ELEVACION 2250MSNM



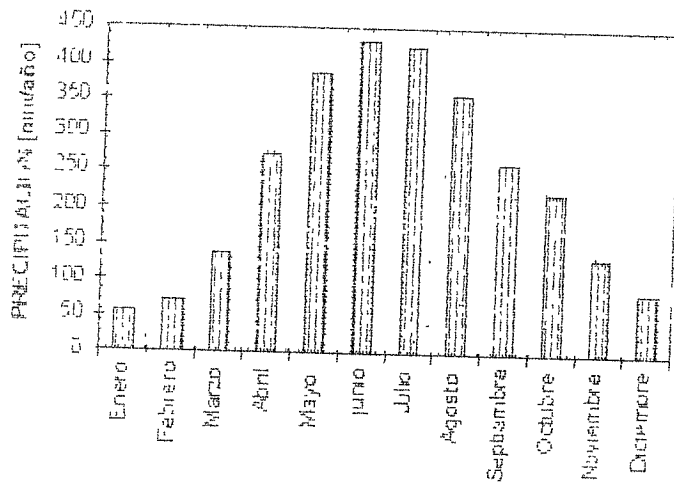
ESTACION TENZA LATITUD 0.504N LONGITUD 7.326W  
ELEVACION 1.830MSNM



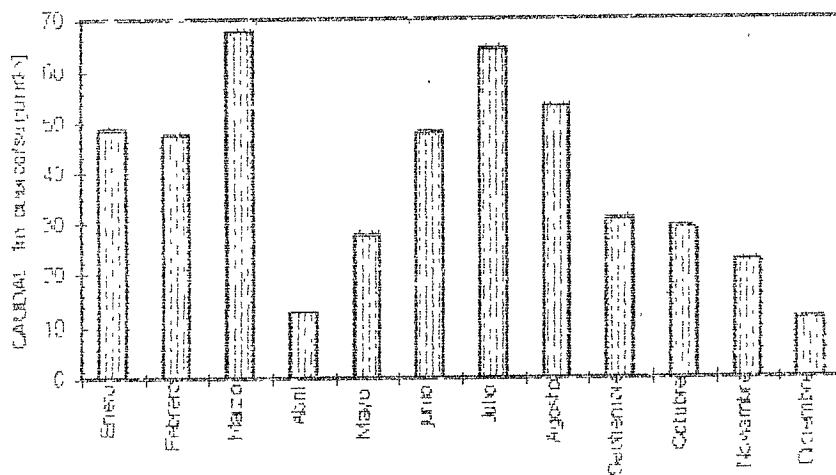
ESTACION ALMEIDA LATITUD 0.457N LONGITUD 7.324W  
ELEVACION 2.120MSNM



ESTACION CHIVOR LATITUD 0.453N LONGITUD 7.322W  
ELEVACION 1.850MSNM



RIO GARAGOA LATITUD 0.503N LONGITUD 7.324W  
ELEVACION 1.283M6NM



## **CONCLUSIONES**

1. La tala indiscriminada de árboles en las orillas de cauces de ríos y quebradas ha generado una dinámica en el cambio del entorno físico, reflejándose ello en la gran cantidad de movimientos en masa que se constituyen en una amenaza constante para la población presente en la zona de estudio.
2. La falta de políticas y conciencia ambiental tanto en las autoridades que les corresponde como a la sociedad depredadora del medio físico a través de la minería están destruyendo gran parte de este entorno por medio de prácticas inadecuadas de minería y la no recuperación de las zonas explotadas, contribuyendo todo esto al gran deterioro presente en la zona.
3. El diseño de obras civiles como vías, túneles, etc previas, se ven reflejadas en un sinnúmero de movimientos en masa que día a día constituyen una amenaza tanto para la población en sí, como para el desarrollo de esta región.

## BIBLIOGRAFIA

IV JORNADA GEOTECNICAS COLOMBIANAS. Sociedad Colombiana de Ingenieros. 1.989

V JORNADA GEOTECNICAS COLOMBIANAS. Sociedad Colombiana de Ingenieros. 1.993

VII JORNADA GEOTECNICAS COLOMBIANAS. Sociedad Colombiana de Ingenieros. 1.995

HIDROLOGIA PARA INGENIEROS.

INFORME GEOLOGICO DEL CUADRANGULO E12. Ingeominas.

GEOMORFOLOGIA APLICADA. Ingeominas.