



Libertad y Orden

**INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
INGEOMINAS**

**SUBDIRECCIÓN DE AMENAZAS GEOLÓGICAS
Y ENTORNO AMBIENTAL**



**ANOTACIONES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS
MOVIMIENTOS EN MASA OCURRIDOS RECIENTEMENTE EN
JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE GUYABETAL – CUNDINAMARCA**

Bogotá D. C., Diciembre de 2005

República de Colombia
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA



**REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA
INGEOMINAS**

**SUBDIRECCIÓN DE AMENAZAS GEOLÓGICAS
Y ENTORNO AMBIENTAL**



**ANOTACIONES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS
MOVIMIENTOS EN MASA OCURRIDOS RECIENTEMENTE EN
JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE GUYABETAL – CUNDINAMARCA**

Por:
Geólogo José Henry Carvajal - jcarvajal@ingeominas.gov.co
Ingeniero Germán Barreto - gbarreto@ingeominas.gov.co

Bogotá D. C., Diciembre de 2005



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	2
1.1 LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO.....	2
1.2. CARACTERIZACION DE LAS VARIABLES FISICAS DEL TERRENO.....	4
1.2.1. Aspectos Climáticos e Hidrográficos.....	4
1.2.2. Características Geológicas	6
1.2.2.1 Litología o tipos de materiales:	6
1.2.2.2. Disposición estructural de los materiales	10
1.2.3. Características Geomorfológicas	11
1.2.3.1. Características geomorfológicas generales de Guayabetal.....	11
2. CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS VISITADOS	21
2.1 SECTORES SOBRE LA VIA GUAYABETAL VILLAVICENCIO.....	21
2.1.1. Loma Los Picos	21
2.1.2 Loma de Chirajara y quebrada Susumuco	27
2.1.3 Margen izquierda del río Blanco	34
2.1.4 Margen derecha del río Blanco	42
3 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA, CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES.....	49
3.1 CONCLUSIONES GENERALES	51
3.2 RECOMENDACIONES.....	54
3.2.1.Recomendaciones a corto plazo	54
3.2.2 Recomendaciones a mediano plazo.....	57
3.2.3. Recomendaciones a largo plazo.....	58
4. REFERENCIAS CONSULTADAS.....	60

LISTA DE FIGURAS

1. Mapa de localización de Guayabetal
2. Distribución porcentual de precipitación media anual 1961 – 1997
3. Curvas IDF de Susumuco 1961 – 1997
4. Mapa geológico generalizado de Guayabetal
5. Jerarquización Geomorfológica
6. Panorámica de las cabeceras del río Blanco
7. Aspecto de las cicatrices de deslizamiento en el km 64 + 800
8. Vista del talud en el km 61 + 900
9. Aspectos de la parte media y baja de la quebrada Chirajara
10. Detalle del cono de detritos - antigua carretera a Villavicencio
11. Vista de la faceta triangular de loma Chirajara
12. Aspecto del cono formo por el flujo de detritos de Chigüire
13. Detalle de los daños en el puente Chigüire
14. Vista de la corona de deslizamiento en el km 64 + 200
15. Panorámica de la quebrada San Marcos
16. Deslizamiento rotacional margen izquierdo - quebrada San Marcos
17. Panorámica del valle de la quebrada Borrachero
18. Mecanismos de falla en el sector de Tunque
19. Panorámica del margen derecho de la quebrada El Cobre
20. Aspectos del deslizamiento rotacional del margen izquierdo de la quebrada El Cobre
21. Detalle de las avalanchas de detritos – Sector Espinal
22. Panorámica del margen derecho de la quebrada San Antonio en el sector de Hoya Negra
23. Panorámica de la confluencia de la quebrada Aguardiente en el río Blanco

LISTA DE TABLAS

1. Familias de diaclasamiento del sector oriental de Guayabetal
2. Tablas de parámetros geomorfológicos
3. Relación de estaciones
4. Fracturamiento en el sector Loma Los Picos
5. Características del fracturamiento en el km 61 + 900
6. Características del fracturamiento en el km 64 + 200
7. Características del fracturamiento en el sector Hoya Negra

RESUMEN

La región de Guayabetal está catalogada como de alta amenaza a la ocurrencia de movimientos en masa principalmente relacionados con caídas de roca, deslizamientos, avalanchas y flujos torrenciales de detritos y roca, los cuales han afectado en el pasado reciente algunos sectores críticos de la carretera Bogotá D. C– Villavicencio, particularmente en zonas jurisdiccionales del municipio de Guayabetal y en algunas cuencas aportantes del río. El presente documento describe las características de los movimientos en masa ocurridos recientemente, los cuales han dejado como consecuencia la pérdida de vida de varias personas y el daño parcial de la infraestructura existente en la zona.

La información aquí consignada se constituye en un análisis general tanto de los datos recopilados en campo durante la visita (1.5 días) como del análisis de la información obtenida en estudios previos de INGEOMINAS (30 días) y reportes de las situaciones de emergencia provenientes de las entidades competentes en el manejo de dichas situaciones (INVIAS, INCO, COVIANDES). Esta información es de carácter general y no suplente los estudios detallados necesarios para emprender obras de control o mitigación de los procesos erosivos y movimientos en masa evidenciados en la región.

Como principal aporte de INGEOMINAS en este informe se lleva a cabo una caracterización geológica y geomorfológica de los sectores visitados con base en los cuales se indican las recomendaciones pertinentes a corto, mediano y largo plazo.

La visita se llevó a cabo los días 20 y 21 de octubre de 2005 por solicitud de la Oficina para la Prevención y Atención de Emergencias y Desastres y Radiocomunicaciones OPAD de Cundinamarca, según oficio 790 de septiembre 19 de 2005. Los autores fueron acompañados por personal de la Gobernación de Cundinamarca, Alonso Muñoz por parte de la OPAD y Edgar Martínez por parte de Planeación del departamento. Así mismo, la Alcaldesa de Guayabetal Rosa Elia Agudelo Rey facilitó el acompañamiento de un guía conocedor de los lugares donde se han presentado los problemas más recientes y que motivaron la solicitud hecha a INGEOMINAS.

1. INTRODUCCION

La existencia de numerosos movimientos en masa en la zona jurisdiccional de Guayabetal – Cundinamarca y la ocurrencia simultanea de algunos otros durante la segunda mitad del presente año (meses de julio, agosto y septiembre de 2005) que ocasionaron la muerte de dos (2) viajeros que transitaban por la vía Bogotá – Villavicencio, y la afectación de varias familias de la región, generaron la activación de los comités locales y regionales de Prevención y Atención de Emergencias de Cundinamarca y Meta. Tal situación motivó una visita técnica la cual se llevó a cabo por solicitud hecha a INGEOMINAS por parte de la Oficina para la Prevención y Atención de Emergencias y Desastres y Radiocomunicaciones OPAD de Cundinamarca, según oficio 790 de septiembre 19 de 2005.

La comisión de INGEOMINAS estuvo integrada por el Ingeniero Civil Germán Barreto y el Geólogo José Henry Carvajal de las Áreas de Amenazas Geológicas y Entorno Ambiental y Geología Básica respectivamente, quienes estuvieron acompañados por los funcionarios Alonso Muñoz y Edgar Martínez de la gobernación de Cundinamarca y Luis Carlos Clavijo de la Alcaldía de Guayabetal (UMATA).

Este documento muestra los resultados obtenidos de las observaciones realizadas durante la visita técnica llevada a cabo los días 20 y 21 de octubre de 2005, días durante los cuales se tomaron datos geológicos y geomorfológicos básicos de los sitios visitados, fotografías y apuntes, los cuales se complementaron tanto con información temática pre existente como con el análisis de fotografías aéreas de la región.

La información aquí consignada es regional y debe ser usada con mucha cautela si se desea a partir de ella realizar obras de mitigación local. Para tal fin son necesarios estudios geológicos y geotécnicos detallados que están por fuera del alcance de este documento.

1.1 LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

La región objeto de este análisis se encuentra localizada en el extremo suroriental del departamento de Cundinamarca, en zonas jurisdiccionales del municipio de Guayabetal (**Figura 1**). Entre los sitios visitados se encuentran el cerro de los Picos, quebrada Chirajara, Las Tejas y la quebrada Susumuco sobre la vía que conduce de Guayabetal a Villavicencio. Igualmente se hizo un recorrido rápido por la cuenca del río Blanco en las regiones de Hoya Negra, El Tunque, quebrada San Marcos, quebrada San Antonio, quebrada Borrachero y quebrada El Cobre.

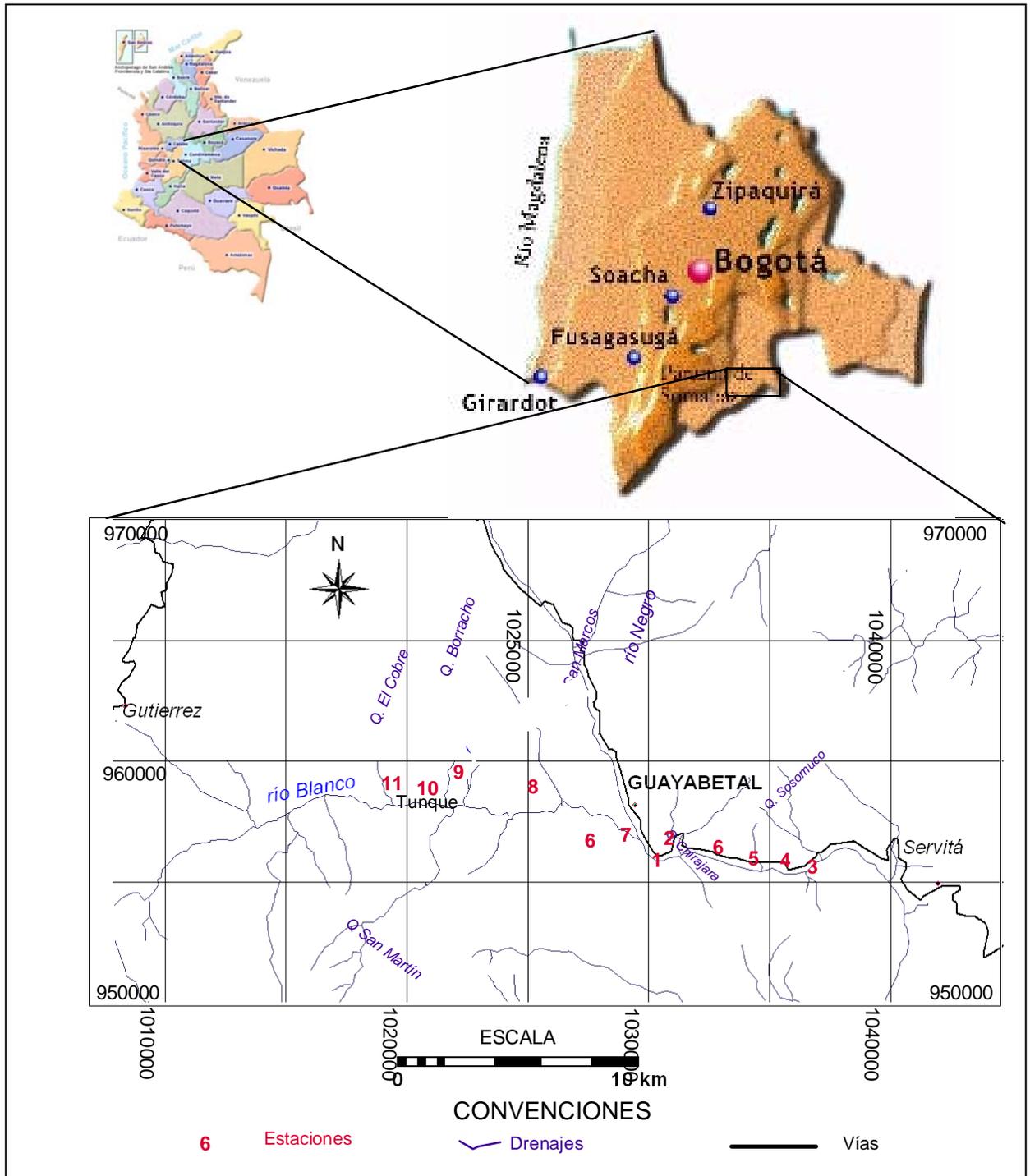


Figura 1. Mapa de localización de la zona recorrida en el municipio de Guayabetal.

La vía principal para llegar desde Bogotá a estos sitios es la carretera a Villavicencio, y desde esta vía parten algunos carreteables en afirmado.

Cartográficamente la zona visitada se encuentra cubierta por las planchas IGAC escala 1:25.000 247-III-D (1978), 247-IV-C (1964), 266-I-B (1979) y 266-II-A (1960), localizadas entre las coordenadas planas con origen Bogotá Norte 1.018.000 a 1.037.000 y Este 954.000 a 963.000.

Las fotografías aéreas empleadas corresponden a vuelos IGAC M509, sobre 339, foto 4882 del año 1958 (escala 1:60.000) y el vuelo C2523, sobre 3579, foto 105 del año 1993 (escala 1:41.000).

1.2. CARACTERIZACION DE LAS VARIABLES FISICAS DEL TERRENO

1.2.1. Aspectos Climáticos e Hidrográficos

En el IDEAM figura para el municipio de Guayabetal la Estación Pluviográfica Susumuco (Código 3502002) muy próxima al área visitada, la cual se localiza en coordenadas Norte 957.712 y Este 1.038.603 y fue instalada en mayo de 1961.

En términos generales en la región sur oriental del departamento se presentan las siguientes características del clima:

- La temperatura se mantiene constante en el transcurso del año.
- El brillo solar y por ende la insolación presenta los valores máximos en los meses de diciembre, enero y febrero.
- La evaporación presenta valores similares en la región y valores máximos en los meses de enero y febrero.
- La humedad relativa se mantiene casi constante
- El elevado volumen en intensidad de la precipitación son un rasgo característico del costado centro - oriental del llamado borde llanero, que hace parte de la cordillera oriental.

El municipio de Guayabetal se caracteriza por ser a nivel departamental una de las regiones con mayor volumen de precipitación anual con valores entre 3800 y 5000 mm de precipitación anual (GOMEZ Y CAJIAO, 1982 en INGEOMINAS – 1992 y CORPES e INGEOMINAS – 1998).

La estación Susumuco presenta valores de precipitación promedio anual de los últimos 30 años del orden de 5000 mm y en el año presenta una distribución de tipo unimodal con mayores volúmenes entre abril y noviembre, siendo históricamente el mes de junio el de más alto valor de pluviosidad. La precipitación máxima en 24 horas hasta el año 1997 era del orden de 145 mm y puede ser mayor si se tiene en cuenta que los valores promedios en diversas estaciones a nivel nacional de los últimos 5 años han aumentado.

Las **Figuras 2 y 3** muestran la distribución de la precipitación anual y los valores de curvas IDF características de la zona en la estación Susumuco tomados de CORPES e INGEOMINAS 1998.

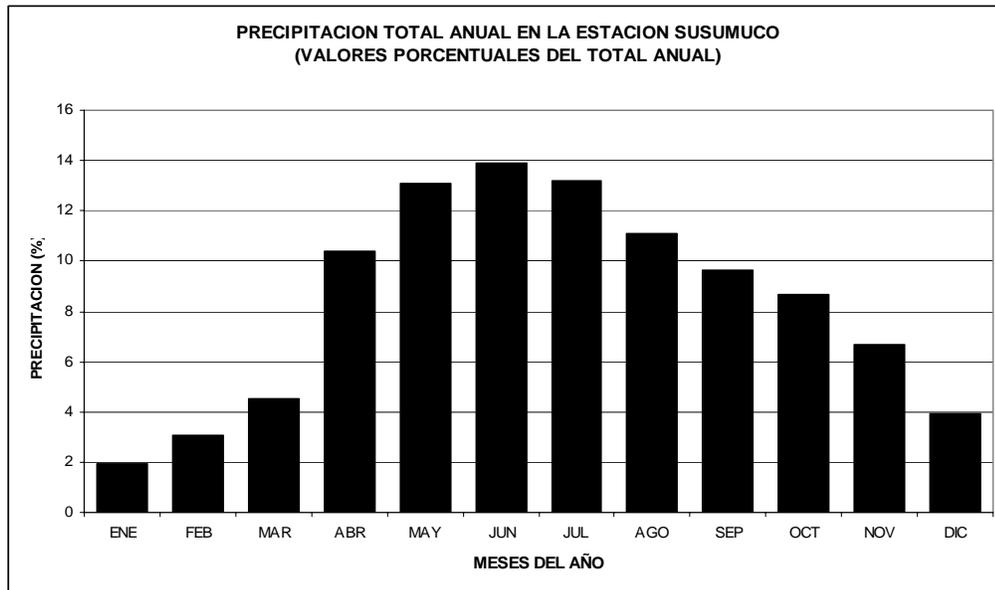


Figura 2. Distribución porcentual de la precipitación media anual (1961 – 1997)

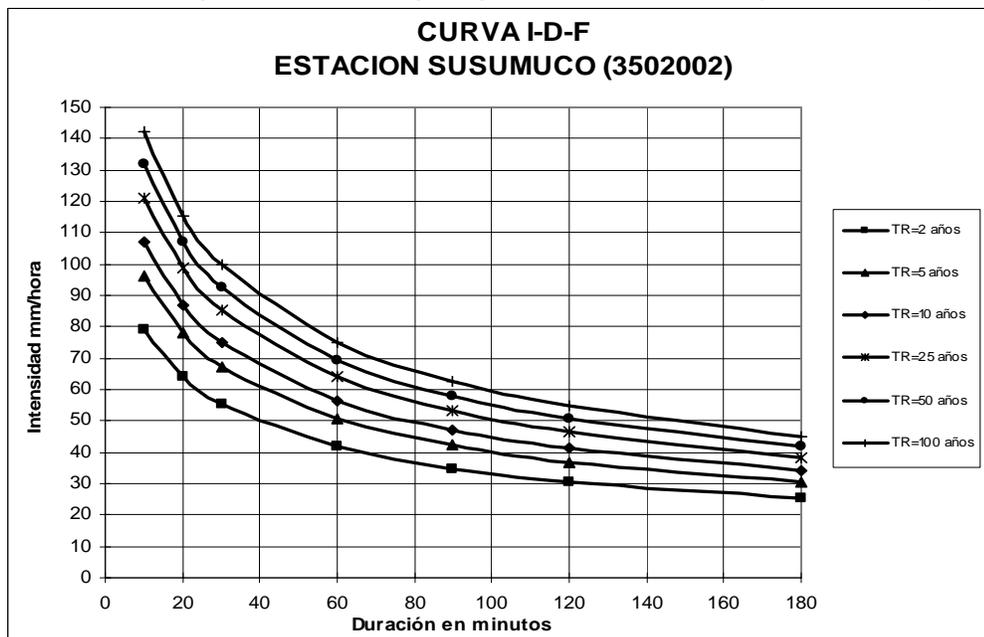


Figura 3. Curvas IDF de la estación Susumuco (1961 – 1997)

Dadas las características topográficas abruptas la temperatura varía entre 22 grados en el fondo de los valles y entre 8 y 10 grados centígrados en las divisorias de las partes más elevadas. La vegetación desarrollada en estas zonas varía desde pisos

bioclimáticos páramo frío - templado a cálido que corresponde a bosque paramuno, andino y subandino y ecuatorial, siendo característico de estas zonas los procesos de deforestación intensa particularmente en las partes bajas y medias de las laderas.

Desde el punto de vista hidrográfico se destaca que el régimen de caudales de los Ríos Blanco y Negro al igual que el de sus afluentes tiende a ser torrencial en cañones profundos, razón por la cual las laderas con materiales fracturados y localmente blandos hacia la base son fácilmente erosionados produciendo deslizamientos que obstruyen y represan los ríos y generan particularmente movimientos en masa en las laderas que actúan como detonante corriente debajo de otros fenómenos tales como transporte en masa.

1.2.2. Características Geológicas

La región de Guayabetal se encuentra en la provincia del macizo de Quetame donde afloran rocas metamórficas y sedimentarias muy antiguas (Precámbrico – Devónico medio), cubiertas por depósitos Cuaternarios de origen fluvial, fluvio torrencial, y denudacional asociados con coluviones tanto subrecientes como de fenómenos de remoción en masa actuales. Las rocas se encuentran afectadas por fracturamiento fallado de direcciones SE – NW, SW – NE y E – W lo cual le confiere a la región una alta complejidad estructural que incide directa o indirectamente en los procesos de inestabilidad que afectan la región.

1.2.2.1 Litología o tipos de materiales:

En la zonas visitadas de Guayabetal predominantemente se presentan rocas del denominado Grupo Quetame constituido principalmente de filitas y esquistos cuarzo sericíticos y localmente grafitosos con intercalaciones de cuarcitas grano fino de colores grises. Pulido y Gómez (2001) diferencian cuatro subconjuntos de los cuales afloran en este sector predominantemente las filitas y cuarcitas de Guayabetal (Peqgu) y en menor proporción hacia el este el metaconglomerado y filitas de Susumuco (Peqsu) (**Figura 4**).

Las filitas y cuarcitas de Guayabetal se presentan entre las quebradas Susumuco y Chirajara, Guayabetal, loma La Jabonera y se extiende hacia el occidente en el margen izquierdo de río Blanco hasta la quebrada El Cobre, donde se encuentra en contacto fallado con rocas areníticas de las llamadas Areniscas de Gutiérrez. Se presentan en bancos gruesos y de acuerdo a lo que se pudo apreciar en el sector Loma Los Picos - quebrada Susumuco; predominan las cuarcitas con intercalaciones

MAPA GEOLÓGICO DE GUAYABETAL Tomado de Pulido y otros (1998)

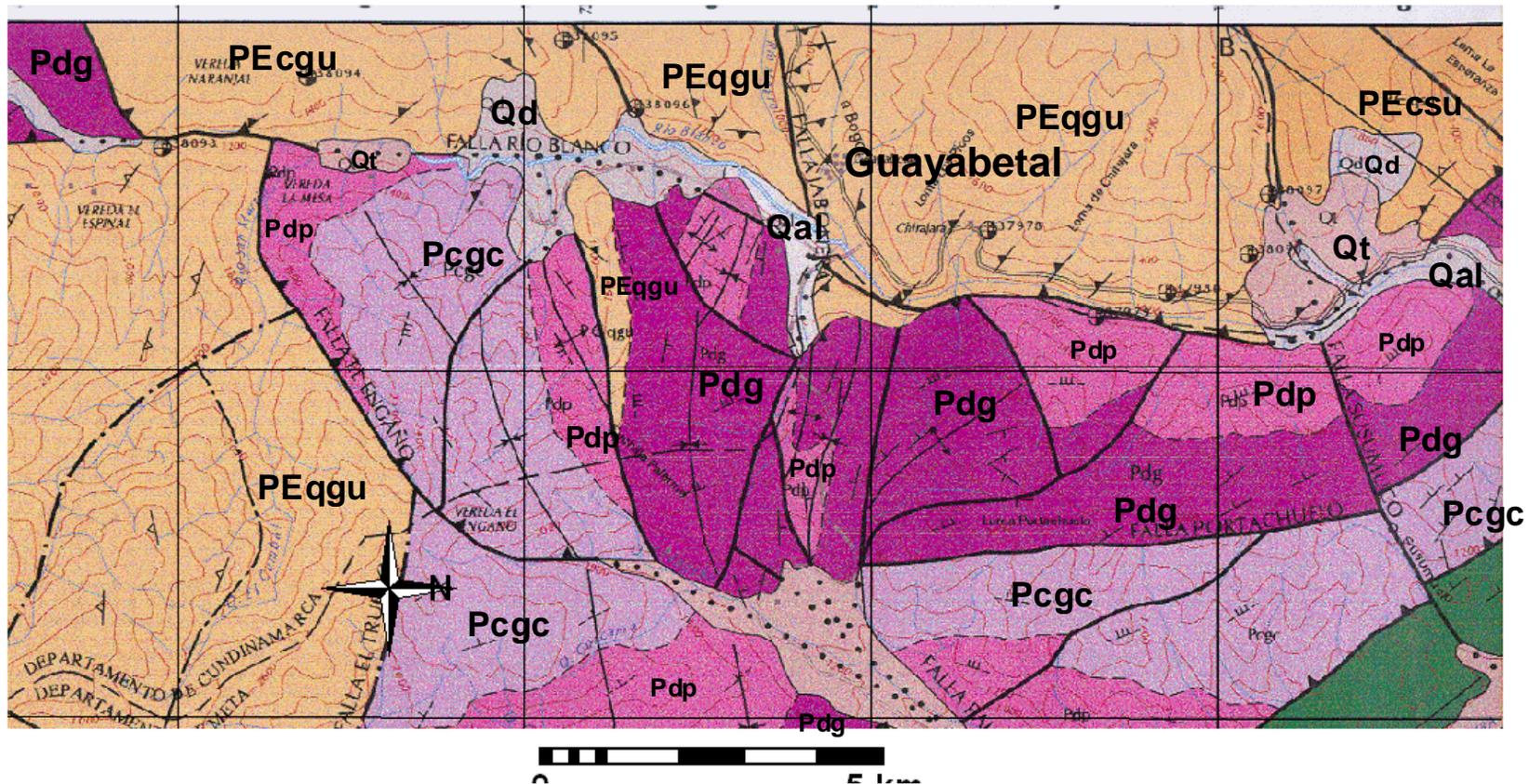


Figura 4. Mapa geológico generalizado de la región de Guayabetal Cundinamarca. **PEqgu** = Cuarcitas y filitas de Guayabetal, **PEqsu** = Metaconglomerados y cuarcitas de Sosomuco, **Pdg** = Areniscas de Gutierrez, **Pdp** = Lutitas de Pipiral, **Pcgc** = oración capas rojas de Guatiquía, **Qt** = Depósitos fluviotorrenciales, **Qd** = Depósitos coluviales, **Qal** = Depósitos aluviales recientes. Nótese el fuerte fracturamiento de la región definida por el fallamiento cartografiado en líneas negras.

de filitas, mientras hacia el occidente de Guayabetal son mas comunes las filitas y esquistos con intercalaciones de cuarcitas y diques de cuarzo lechoso. Igualmente es característico que las rocas presentes entre Susumuco y Guayabetal se encuentran dispuestas en dirección predominante NNE con inclinaciones hacia el occidente de 35° - 84° , mientras los esquistos, filitas presentes en el valle del río Blanco presentan variaciones de inclinación hacia el noroeste y al sur posiblemente por fallamiento y por el carácter más flexible de los esquistos y filitas que presentan fenómenos de volcamientos locales.

Los metaconglomerados y filitas de Susumuco se presentan al oriente de la quebrada del mismo nombre. Se constituyen de una alternancia de cuarcitas blancas, conglomerados con fragmentos de cuarcitas, esquistos y filitas y una secuencia de filitas de color morado según Pulido y Gómez (2001).

Discordante sobre las rocas metamórficas de Quetame se encuentran rocas de las formaciones Gutiérrez, Lutitas de Pipiral y sobre estas rocas las llamadas capas rojas de Guatiquia. Se presentan hacia el sur en el margen derecho de los ríos Blanco y Negro (Figura 4). De estas rocas solo se tuvo acceso localmente a la formación Gutiérrez.

Las Areniscas de Gutiérrez hacen referencia a una secuencia de conglomerados y areniscas con intercalaciones de lutitas. Según Renzoni (1968) en la quebrada El Cobre se presentan hacia la base brechas de guijas y guijarros angulares a subredondeados, de filitas, esquistos y cuarzo y cubiertos de areniscas de grano grueso a fino de colores blanco amarillento.

En la quebrada San Marcos por el contrario sobre los conglomerados de la base se encuentra una alternancia de lutitas y areniscas en capas delgadas en un espesor de 80 m. Las capas se inclinan hacia el NW 25° - 35° en la quebrada el cobre mientras al sur de la Quebrada San Marcos se inclinan hacia el NE 60° .

Las unidades rocosas descritas someramente en los apartes anteriores se encuentran cubiertas en la zona recorrida, por depósitos recientes a actuales de origen fluvio-glaciario, fluvial y denudacional predominantemente. Se encuentran en este sector depósitos fluvio-glaciares subrecientes, fluvio-torrenciales subrecientes y actuales, depósitos fluviales subactuales y actuales, depósitos coluviales.

Los depósitos fluvio-glaciares se presentan como lóbulos colgados en las partes más elevadas de la topografía montañosa que rodea la cuenca del río Blanco, particularmente en los sectores de cuchilla El Tunque y alto Grande, de donde se acumulan siguiendo las hondonadas de las quebradas Las Lajas, Estaquecas, El Borracho y en las cabeceras de la quebrada la Jabonera, y posiblemente en las cabeceras de las quebradas Las Perdices y Susumuco en la parte oriental fuera del sector analizado. Según De La Espriella y Cortes (1985), se constituyen en general de bloques y cantos angulares de material heterogéneo en matriz arenosa

que de acuerdo con lo observado someramente en la quebrada El Borracho alcanza espesores mayores de 20 m y se constituyen de bloques de 5 – 20 cm de areniscas, esquistos cuarzo sericíticos y cuarzo lechoso predominantemente embebidos en una matriz areno limosa.

Los depósitos de coluvión se encuentran descansando sobre las laderas en su parte media y baja, pueden alcanzar espesores hasta de 20 m, particularmente en las laderas que conforman los valles de las quebradas Perdices y Chirajara. Según INGEOMINAS (1992), en la región se constituyen de bloques, guijarros y guijas angulares de esquistos, cuarcitas y filitas en matriz limo arcillosa. Se incluyen los conos coluviales de deslizamiento que se constituyen de material heterogéneo formado por la mezcla de fragmentos rocosos derivados tanto de las laderas aledañas como de los depósitos pres existentes a los cuales afectan. Entre los coluviones de deslizamiento se destacan por su tamaño los localizados en el margen izquierdo de la quebrada San Marcos, Tunque, y en las márgenes de las quebradas El Cobre y San Antonio y sector de La Jabonera.

Los depósitos fluviotorrenciales se encuentran particularmente en la desembocadura de las quebradas que desembocan en los ríos Blanco y Negro y se muestran como remanentes aterrizados colgados en las laderas adyacentes que pueden alcanzar espesores entre 8 y 200 m. Se constituyen de cantos, guijas subredondeadas a angulares con locales bloques de tamaños mayores a 1m de diámetro. Igualmente involucran troncos de árbol y restos de material vegetal en general. La composición es variada y se pueden encontrar esquistos, cuarcitas, areniscas y cuarzo lechoso en menor proporción.

Se pueden diferenciar de acuerdo a la edad relativa de emplazamiento en depósitos fluviotorrenciales subrecientes y actuales. Mientras los primeros alcanzan espesores hasta de 200 m y extensiones de 3 – 5 km², los segundos son más pequeños (0.5 – 1.5 km² y 8 m de altura en promedio) y corresponden a los depósitos generados por las avalanchas recientes que se depositan como conos de deyección en la desembocadura de los canales menores en los ríos Blanco y Negro, entre estos se destacan los ubicados en la quebrada Las Perdices, Chirajara, Susumuco, El Borrachero y San Marcos.

Los depósitos fluviotorrenciales subrecientes localmente presentan dos niveles de aterramiento que evidencian como mínimo dos eventos de avenidas torrenciales asociados localmente a procesos de deshielo glaciar subrecientes que han “retrabajado” los depósitos glaciares pre existentes en las zonas de cabeceras. Se encuentran entre estos depósitos los localizados en la quebrada Susumuco, quebrada las terrazas, sector de Mesa Alta, desembocadura de la quebrada San Miguel, y quebradas las Terrazas, San Martín y El Borrachero.

Los depósitos fluviales se restringen a los cauces de los ríos Blanco y Negro, asociados a barras puntuales y longitudinales. Localmente se presentan

aterrazados con alturas del orden de 2 – 5 m y se constituyen predominantemente de bloques subredondeados de cuarcitas, esquistos y filitas, cuarzo lechoso y areniscas de 5 – 15 cm en matriz arenosa con grava fina de la misma composición.

1.2.2.2. Disposición estructural de los materiales

Es característico como se indicó anteriormente que las rocas metamórficas presentes entre Susumuco y Guayabetal se encuentran dispuestas en dirección predominante NNE con inclinaciones hacia el noroeste de 35° - 84°, mientras los esquistos, filitas presentes en el valle del río Blanco presentan variaciones de inclinación hacia el noroeste y al sur posiblemente por fallamiento y por el carácter más flexible de los esquistos y filitas que presentan fenómenos de volcamientos locales.

La falla principal que afecta la región recorrida corresponde a la falla que controla el río Blanco. Se encuentra dispuesta en dirección W – E y es catalogada por Pulido y Gómez (2001) como inversa con desplazamiento lateral que trunca estructuras plegadas desarrolladas en rocas de las formaciones Areniscas de Gutiérrez, lutitas de Pipiral y Capas rojas de Guatiquía, fuera de la zona involucrada en esta análisis. Presenta el bloque norte levantado y define a lo largo del curso del río, facetas triangulares de grandes proporciones particularmente en el sector de la loma Chirajara.

La región entre Guayabetal y Susumuco se encuentra afectada por fallamiento de dirección NNW y N - S, tales como las fallas de Susumuco y Estoraque y las que controlan los ríos Chorreras y El Aserrio que son de alto ángulo según INGEOMINAS (1992). Particularmente, la falla Estoraque que controla la quebrada del mismo nombre esta definida por la parte oriental de Guayabetal con facetas triangulares asociadas con procesos de deslizamiento actuales que marcan que el bloque sur se haya hundido formando una terraza de fallamiento.

Esta falla parece asociada con la falla La Jabonera que se dispone en dirección NNW y controla el curso del río Negro al norte de Guayabetal. Hacia el occidente igualmente se evidencia la falla de la quebrada El Cobre definida como inversa y con dirección NW que pone en contacto las filitas de Guayabetal con las areniscas de Gutiérrez.

INGEOMINAS (1992) con base en la toma de datos detallados de diaclasas en la parte oriental de la zona en análisis definen 5 familias de fracturamiento conforme se observa en la **Tabla 1**.

Esta información define un alto fracturamiento para la zona con la formación de bloques de cuarcita y filita de formas paralelepipedas a irregulares de 10 cm a 3 m de arista aunque localmente predomina tamaños del orden de 10 – 30 cm. Como

lo indica INGEOMINAS (1992) tal situación facilita el fallamiento planar y en cuña. Igualmente llaman la atención sobre el contacto discordante entre el macizo rocoso y los depósitos que los cubren, constituyéndose en zonas de debilidad que facilitan los fenómenos de remoción en masa.

Tabla 1
Familias de diaclasamiento definidas en el sector oriental de Guayabetal

FAMILIA N°	DIRECCION DE BUZAMIENTO	INCLINACION
1	266	75
2	240	78
3	203	85
4	335	40
5	165	45

Adaptado de INGEOMINAS (1992)

1.2.3. Características Geomorfológicas

El propósito de la cartografía geomorfológica es proporcionar información sistémica y sistemática sobre las formas del terreno; su origen, los tipos de materiales involucrados y los procesos naturales tanto antiguos como activos que los afectan. En este análisis se sigue la jerarquización geomorfológica en proceso de adaptación CARVAJAL(2005), la cual relaciona las escalas de trabajo con la génesis de las geoformas asociadas a los ambientes morfogenéticos y cuya aplicación va dirigida a conocer y evaluar la evolución del terreno.

Las categorías definidas de escala menor a mayor son: Morfogeoestructuras, provincia geomorfológica, región geomorfológica, unidades y subunidades geomorfológicas y componente geomorfológico, ver esquema (**Figura 5**). Igualmente las geoformas se describen siguiendo parámetros de uso internacional como se aprecia en la **Tabla 2**.

1.2.3.1. Características geomorfológicas generales de Guayabetal

La expresión morfológica de Guayabetal esta definida fundamentalmente por los diferentes tipos de roca presentes en el área y su disposición estructural. Así mismo esta expresión morfológica ha sido modificada por la actividad denudacional especialmente acentuada, dadas las características climáticas y actividad tectónica a las que las rocas están o fueron sometidas durante su evolución geológica, determinado la generación de depósitos de diferentes orígenes. La región de Guayabetal se encuentra ubicada geomorfológicamente en

la geomorfoestructura correspondiente al Sistema Montañoso Orogénico Andino que bordea el cratón Guayanés por su parte noroccidental. A través de su historia geológica el sistema montañoso orogénico Andino ha sufrido y debe su conformación a procesos de levantamientos orogénicos y epirogénicos, con plegamientos asociados localmente con fuerte metamorfismo e intrusiones graníticas que han determinado a través de su historia desde el Paleozoico la forma tridente del relieve actual.

ESQUEMA DE JERARQUIZACION GEOMORFOLOGICA



Figura 5. Jerarquización geomorfológica en proceso de adaptación en INGEOMINAS.

El Sistema Orogénico Andino está conformado a su vez por las provincias geomorfológicas de la cordillera occidental, la cordillera central y la cordillera

Tabla 2.

Tablas de parámetros geomorfológicos y algunos rangos utilizados con propósitos de ingeniería. Fuentes: Van Zuidam (1985), Damen (1990), Vargas (2004), Carvajal y otros (2002)

TIPO RELIEVE		
ID	TIPO	ELEVACION
	Montañoso	> 400 m
	Colina	201 - 399 m
	loma	50 - 200 m
	Montículos	0 - 49 m

FORMAS DE LADERA		
ID	CLASE	CALIFICACION
	Recta	
	Cóncava *	
	Convexa *	
	Irregular	
	Compleja	

FORMAS DE VALLE		
ID	TIPO	CALIFICACION
	Artesa	
	Forma de V	
	Forma de U	

FORMA DE CRESTA		
ID	TIPO	CALIFICACION
	Aguda	
	Redondeada	
	Convexa amplia	
	Convexa Plana	
	Plana	
	Plana Disectada	

INDICE DE CONTRASTE DE RELIEVE		
ID	ELEVACION	DESCRIPCION
	< 29 m	Muy bajo
	30 - 74 m	Bajo
	75 - 149 m	Moderado
	150 - 249 m	Alto
	250 - 499 m	Muy Alto
	> 500 m	Extremadamente Alto

*TIPOS DE FORMA DE LADERA		
ID	FORMA LADERA	CUALIFICACION
	Concava - Divergente	
	Concava - Convergente	
	Convexa - Divergente	
	Convexa - Convergente	

PATRON DRENAJE		
ID	CLASE	CALIFICACION
	paralelo	
	subparalelo	
	Dendrítico	
	Subdendrítico	
	Pinado	
	Rectangular	
	Radial	
	Anular	
	Multicuena	
	Contorsionado	

INDICES DE INCLINACION DE LADERA		
ID	INCLINACION	DESCRIPCION
	< 5°	Plana o suavemente inclinada
	6° - 10°	Inclinada
	11° - 15°	Muy Inclinada
	16° - 20°	Abrupta
	21° - 30°	Muy Abrupta
	31° - 45°	Escarpada
	> 45°	Muy escarpada

LONGITUD DE LADERA		
ID	LONGITUD	DESCRIPCION
	< 50 m	Muy Corta
	51 - 250 m	Corta
	251 - 500 m	Moderada
	501 - 1000 m	Larga
	1001 - 2500 m	Muy Larga
	> 2500 m	Extremadamente Larga

INDICE DE FRECUENCIA DE DRENAJE		
ID	NºF/km²	CUALIFICACION
	>40	Muy Alta
	21 - 40	Alta
	11 - 20	Media
	5 - 10	Baja
	<5	Muy Baja

TEXTURA DE DRENAJE			
ID	DENSIDAD	FRECUENCIA DE DRENAJE	TEXTURA DRENAJE
	Baja	Baja a muy baja	Gruesa
	Moderada	Media	Mediana
	Alta	Alta	Fina
	Muy Alta	Muy alta	Muy fina

DENSIDAD DRENAJE		
ID	RANGOS	CUALIFICACION
	< 0.5 km/km²	Baja
	0.51 - 1 km/km²	Moderada
	>1 km/km²	Alta

oriental separados geomorfológicamente por las provincias de los valles interandino Cauca – Patía y Magdalena respectivamente (CARVAJAL Y OTROS (2003). Guayabetal hace parte de la provincia geomorfológica de la cordillera oriental que tiene su propia historia asociada con eventos de acumulación de sedimentos en cuencas inicialmente distensivas y subsidentes, afectadas posteriormente por eventos compresivos que invirtieron el movimiento de las fallas ancestrales. El proceso en general ha producido el levantamiento de la cordillera y la generación de fuerte plegamiento asociado con fallamiento predominantemente de cabalgamiento, particularmente acentuado en el borde oriental.

Al nivel de regiones definidas estas por los ambientes morfogenéticos, Guayabetal está enmarcada por una serie de serranías morfoestructurales montañosas de dirección NE denominada en general como macizo de Quetame. Hace parte de la vertiente Este de la cordillera oriental, afectadas principalmente por procesos denudativos y pluviales; y localmente por glaciares, particularmente en las zonas más elevadas fuera de la zona de análisis.

Se identificaron Unidades y Subunidades de los ambientes morfogenéticos, morfoestructural denudacional, denudacional, fluvial y localmente de ambiente glaciar – periglaciar (Ver mapa anexo). Mientras las unidades geomorfológicas están definidas con criterio genético, morfológico y geométrico en función de los procesos geomorfológicos específicos que las conformaron, ya sea de carácter erosivo o de acumulación; las subunidades están definidas fundamentalmente por los contrastes morfométricos que relacionan el tipo de roca o sedimento, tanto con la correspondiente topografía del terreno como con los procesos dinámicos activos prevalecientes.

- a) **Geoformas de Origen Morfoestructural Denudativo:** Corresponde a las geoformas cuya expresión morfológica esta definida tanto por la litología y la disposición estructural de las rocas aflorantes como por el fracturamiento que afecta la región de Guayabetal. Se presentan afectadas por procesos erosivos intensos y se caracterizan por su relieve montañoso de pendientes abruptas y escarpadas. Conforman un armazón estructural en dirección NNE, dejando valles asimétricos en forma de V.

Entre las Unidades y Subunidades geomorfológicas se diferenciaron: Sierras homoclinales muy denudadas a las cuales se les ha diferenciado las laderas estructurales y de contrapendiente, localmente se pueden diferenciar espolones estructurales. Igualmente se evidenciaron terrazas de falla, y escarpes de línea de falla y facetas triangulares.

Las Sierras homoclinales denudadas (Ssh): Son Sierras simétricas o ligeramente simétricas a manera de escamas elongadas de crestas onduladas de morfología montañosa de cimas agudas y definida por una secuencia de capas

apilados e inclinados ($> 35^\circ$) en una misma dirección por efecto de plegamiento y metamorfismo intensos asociados localmente con fallamiento. Tienen un contraste de relieve alto a extremadamente alto, conformando laderas estructurales y de contrapendiente denudadas afectadas por procesos de coluviación y deslizamiento acentuados.

Las laderas estructurales (**Sshle**), están definidas por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente ($> 35^\circ$). Son de longitud larga a extremadamente largas de formas rectas a convexas y con pendientes abruptas a muy abruptas con pendientes del orden de 25° a 35° . Se encuentran asociadas con rocas metamórficas intermedias a blandas muy fracturadas con suelos residuales delgados y cubiertas localmente por coluviones y deslizamientos translacionales. Las laderas de contrapendiente (**Sshcp**) son laderas definidas por la inclinación de los estratos en contra de la pendiente; son de longitud moderadas a largas y de formas rectas a cóncavas con pendientes escarpadas a muy escarpadas. Están asociadas a una Interestratificación de rocas metamórficas (esquistos cuarzosos y micáceos, cuarcitas y filitas) duras, intermedias a blandas donde localmente se presentan deslizamientos rotacionales

Estas geoformas se disponen en dirección NE al oriente de Guayabetal mientras al occidente de esta población se muestran con dirección NW, quizás por el efecto de la falla que controla el río Negro y que parece tener una componente de movimiento horizontal dextral. Las sierras homoclinales aquí evidenciadas conforman entre si valles asimétricos en forma de V asociados con procesos de profundización y socavación de cauce lo cual determina que los depósitos coluviales queden colgados en las laderas, generando los procesos de inestabilidad comunes en la región. Se destacan los valles de la quebrada Susumuco, Chirajara, Las Perdices en la zona localizada al oriente de Guayabetal, mientras al occidente se encuentran las cuencas de las quebradas San Marcos, Borrachero, Tunque y El Cobre.

Localmente los valles se presentan de manera festoneada asociada con Sierras colinadas a montañosas cortas dispuestas manera de salientes perpendiculares a las sierras homoclinales, estas geoformas llamadas **espolones estructurales** están definidas por la sucesión de capas o estratos de formas triangulares (planchas estructurales) inclinadas abruptamente en favor o diagonal a la pendiente del terreno. Son de longitudes largas, de formas rectas y de pendientes muy abruptas a escarpadas. Su origen obedece a procesos de plegamiento y erosión diferenciales en una secuencia de estratos delgados duros y blandos (esquistos, filitas, cuarcitas), donde se desarrolla un drenaje subparalelo denso asociado localmente con deslizamientos rotacionales. Estas geoformas se presentan predominantemente en direcciones E – W particularmente en los flancos del valle del río Negro al norte de la población de Guayabetal, donde igualmente pueden estar asociadas con facetas Triangulares.

Los Escarpes de falla y Facetas Triangulares: Corresponde a escarpes largos, abruptos a escarpados, cóncavo o convexo, originado por erosión acentuada a lo largo de un escarpe de falla definida este último por el truncamiento de las estructuras topográficas y geológicas. Dado el carácter festoneado de las laderas se presentan asociados con facetas triangulares que son superficies abruptas, rectas con una base amplia y angosta hacia arriba, cuyo origen se debe al truncamiento y desplazamiento vertical o lateral por fallamiento de espolones estructurales. Estas geoformas son de común ocurrencia en el trazo de las fallas del río Blanco y La jabonera – Estoraque. Sobresale por su tamaño la faceta triangular paralela al río Blanco en el sector de la lomas Chirajara y los Picos (ver más adelante **Figura 11**). En este sector se constituye en una ladera recta de más de 600 m de altura e inclinación muy escarpada hacia el sur, con drenaje subparalelo denso hacia el río Blanco. Igualmente se presentan entre la quebrada San Marcos y la Localidad de Tunque donde se encuentran afectadas por procesos de deslizamientos translacionales muy acentuados.

Las facetas triangulares relacionadas con la falla de Estoraque que presenta su trazo al oriente de Guayabetal, son de alturas del orden de los 300 a 500 m asociados actualmente con procesos de deslizamiento y donde llama la atención la presencia de una terraza de falla formado por el bloque que desciende hacia el suroeste, involucrando parte del sector de la loma Los Picos donde se han presentado actualmente deslizamientos. Al parecer el deslizamiento de este bloque hacia el sur en el pasado, generó el empuje de la corriente del río en esa dirección concentrando la energía fluvial en el margen derecho del río y posiblemente ocasionó en aquel entonces el represamiento del mismo, constituyéndose en un nivel de base temporal.

b) Geoformas de Origen Denudacional:

Se incluyen las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geoformas morfoestructurales preexistentes y además crean nuevas geoformas por acumulación de sedimentos.

En la región de Guayabetal son de amplia distribución particularmente en las laderas de los valles de los ríos Blanco y Negro. Se diferenciaron, flujos torrenciales (Inundación de detritos), flujos de detritos, avalanchas de detritos, conos y lóbulos coluviales y de soliflucción, conos de deslizamiento del tipo rotacional y translacional. También se identificaron y cartografiaron los escarpes de origen denudacional. Localmente en estas geoformas se presenta el desarrollo en superficie de procesos de reptación de suelos.

Los Flujos torrenciales: Son lóbulos y abanicos de morfología alomada localmente aterrizados de longitudes muy largas a extremadamente largas, de

formas convexas abruptas a muy abruptas. Su origen obedece a antiguas inundaciones de detritos generadas posiblemente por el deshielo de los antiguos glaciares que coronaban las partes más altas de la región y se desplazaron torrencialmente por los valles circundantes.

Los flujos torrenciales más altos y antiguos se encuentran particularmente en la desembocadura de las quebradas que desembocan en los ríos Blanco y Negro y se muestran como remanentes aterrizados colgados de 200 – 600 m de amplitud con escarpes de terraza de formas rectas a convexas con alturas entre 150 y 200 m en las localizadas en la desembocaduras de las quebradas que proveen sus aguas por el margen izquierdo del río Negro. Entre estas quebradas se destacan las quebradas Blanca, Susumuco y Perdices, esta última que presenta remanentes aterrizados colgados en la parte media de la cuenca. Como se indicó previamente se constituyen de cantos, guijas subredondeadas a angulares con locales bloques de tamaños mayores a 1m de diámetro de filitas, cuarcitas, metaconglomerados, areniscas, lutitas y localmente calizas (INGEOMINAS, 1992). El margen derecho del río Blanco antes de la confluencia con el río Negro, igualmente presenta flujos en forma de abanicos torrenciales pero a diferencia de los mencionados anteriormente, estos presentan alturas de 130 – 150 m y desarrollan un segundo nivel de terraza a 100 m de altura producto de la acción erosiva del río Blanco sobre los materiales previamente emplazados., Se destacan por su amplitud los abanicos de flujo torrencial asociados con la confluencia de las quebradas San Martín (**Figura 6**) y El Estado, esta –última cerca de la desembocadura del río blanco en el Negro. Son de común ocurrencia en estas geoformas los procesos de **avalanchas de detritos (Dad)** producto de la socavación lateral y la profundización de los canales y cuyos materiales han contribuido localmente a la conformación de los abanicos fluviotorrenciales actuales tipo **flujo de detritos**. Aunque no se tienen datos suficientes se considera que en la conformación de los flujos torrenciales antiguos han contribuido significativamente materiales asociados con conos y lóbulos de gelifracción presentes en la parte alta de las cuencas mencionadas y cuyo emplazamiento empezó con los procesos de deshielo subrecientes. Los abanicos de flujo torrencial subactuales a actuales son de proporciones menores (0.5 – 1.5 km² y 8 a 50 m de altura en promedio) y se encuentran en los canales menores que confluyen en los ríos Blanco y Negro. Corresponden a **flujos de detritos (Dfd)** que presentan forma de cono de pendientes inclinadas a abruptas. Entre estos se destacan los ubicados en las desembocaduras de las quebradas Las Perdices, San Miguel, Chirajara, Susumuco, El Borrachero y San Marcos y se constituyen como se indicó anteriormente de materiales producto de los procesos de inestabilidad comunes en geoformas pre existentes. Se constituyen de bloques, guijas y guijarros angulares de rocas metamórficas, principalmente filitas embebidos en una matriz limosa donde igualmente se encuentran restos de material vegetal, principalmente troncos de madera.

Los Conos y lóbulos coluviales y de solifluxión. Son Geoforma en forma de cono o lóbulos de longitudes moderadas a muy largas, de formas convexas e inclinaciones abruptas a escarpadas. Se presentan localmente en las laderas con espesores que pueden alcanzar localmente los 20 m, y su origen se atribuye tanto a procesos gravitacionales y de escorrentía superficial como por flujo lento y viscoso de suelos saturados y no saturados. Se constituyen de bloques angulares a subangulares de diferentes tamaños (0.2 – 1 m) embebidos en material arcilloso limoso. Los bloques son de filitas y cuarcitas predominantemente, aunque igualmente se encuentran bloques de cuarzo lechoso dependiendo de las rocas presentes en los alrededores.



Figura 6. Panorámica de las cabeceras del río Blanco en el sector de Tunque. A la izquierda el flujo de inundación torrencial aterrazado subreciente en la confluencia de la quebrada San Martín en el río Blanco. A la derecha las pendientes del terreno asociadas con deslizamientos y avalanchas, y la presencia de abanicos de flujo torrenciales subactuales socavados actualmente por el río.

Estas geoformas tienen una amplia cobertura en las laderas que conforman los valles de los ríos Negro y Blanco, particularmente en las partes medias de las mismas. Dadas las características de permeabilidad relativamente alta de estas geoformas, estas se ven afectadas por los movimientos en masa actuales, cuyos depósitos alimentan los cauces aledaños causando los procesos torrenciales ya descritos previamente.

Coluviones de deslizamiento. En la zona recorrida son de común ocurrencia los deslizamientos de tierra y roca, aunque dadas las altas pendientes del terreno

igualmente se presentan caída de bloques, que particularmente a lo largo de la carretera Guayabetal – Villavicencio, han generado varias víctimas. Existen dos tipos de deslizamiento principales: en este tipo de depósitos, los deslizamientos rotacionales y los deslizamientos translacionales.

Los deslizamientos rotacionales se caracterizan por ser movimientos gravitacionales a lo largo de una superficie de ruptura curva y cóncava hacia arriba, en asocio de un coluvión de deslizamiento hundido en la parte alta o cabecera y levantado hacia el pie o pata del mismo. **Los coluviones de deslizamiento rotacional (Dcdr):** son geoformas de acumulación de rocas, coluvión y suelo residual en forma de cono o lóbulo de morfología alomada baja, de longitud corta a larga y de formas convexas escalonadas muy inclinadas a abruptas. Se estiman espesores de 10 - 70 m.

Se presentan comúnmente en la región de Hoya Negra con coronas de deslizamientos antiguas de formas curvas de 200 – 500 m. Igualmente se presentan esporádicamente en el margen izquierdo de las quebradas San Marcos y El Cobre con coronas de deslizamiento antiguas de 500 – 1000 m. Dadas las altas pendientes y los procesos de socavamiento lateral ejercido por el río Blanco y las quebradas San Marcos y El Cobre respectivamente, los coluviones de deslizamiento se presentan agrietados y afectados por deslizamientos recientes de las mismas características que predisponen al colapso total de la masa deslizada, ver mas adelante figura 16. Este tipo de deslizamiento se encuentra asociado con laderas de contrapendiente de sierra homoclinal o en los flancos de los espolones estructurales descritos previamente.

En los deslizamientos translacionales el movimiento es controlado por planos someros de debilidad (planos de estratificación, foliación o el contacto entre un plano rocoso y los suelos residuales suprayacentes). Involucran materiales de rocas o tierra que se mueven a lo largo de una superficie de falla más o menos planar. Presentan un llamado **coluvión de deslizamiento translacional (Dcdt):** cuyas formas son alomadas de aspecto planar y lobular o en forma de cono hacia la base, de longitud corta a muy larga, de forma irregular a compleja y abrupta a muy abrupta de aspecto caótico y asociado con bloques rocosos separados por grietas donde el drenaje es ausente o desordenado y localmente reflectado por el lóbulo frontal de tierra.

Los lóbulos frontales alcanzan espesores estimados de 10 – 50 m y dadas las característica de altas pendientes y la disposición a favor de las laderas estructurales de sierra homoclinal, o en planos de falla o faceta triangular, la masa deslizada se encuentra en el fondo de los valles, separada ampliamente de la corona de deslizamiento lo cual permite clasificarlos como **avalanchas de detritos**. Tal situación ha generado el represamiento local de los canales y es el origen de de flujos de detritos encausados que se desplazan a gran velocidad por los drenajes cercanos.

Este tipo de deslizamiento es de común ocurrencia en el margen izquierdo del río Guayuriba (confluencia del río Negro y Blanco), en el margen izquierdo del río Blanco y los márgenes derechos de las quebradas El Cobre y San Marcos entre otros. Esta situación se favorece por el control estructural ejercido a favor de la pendiente, tanto por los planos de falla como por las laderas estructurales de sierra homoclinal.

Acorde con lo observado preliminarmente, los movimientos en masa presentes en la región se asocian a la saturación de coluviones y suelos residuales someros que generan avalanchas de detritos y roca que obstruyen los canales de las quebradas, generando tanto la concentración de la energía fluvial en el flanco frontal y que desestabilizan igualmente los depósitos de coluviones de deslizamiento rotacional o simplemente obstruyen los canales que forman represamientos temporales para posteriormente desencadenar flujos de detritos e inundación de detritos que se mueven a gran velocidad por las quebradas afluentes y los ríos Negro y Blanco.

c) Geoformas de origen fluvial:

Las geoformas de origen fluvial y lagunar están originadas por el efecto erosivo y acumulativo de las corrientes de los ríos y la sedimentación de materiales en cuencas de los ríos Blanco y Negro principalmente. Se constituyen de fragmentos de roca subredondeados a subangulares de diferente composición predominantemente de origen metamórfico (Cuarzitas, filitas), además de areniscas y cuarzo lechoso en matriz arenosa gruesa.

Conforman las planicies y llanuras de inundación, terrazas fluviales de acumulación y de erosión, conos de deyección y barras puntuales y longitudinales de los ríos Blanco y Negro. Se evidencian localmente como mínimo dos niveles de terraza de 3 – 5 m y 1 - 2 m de altura sometidos en algunos sectores a procesos de erosión lateral. Es notorio el carácter torrencial de los ríos mencionados que alcanzan localmente amplitudes de 100 – 150 m con desarrollo de barras longitudinales y puntuales, estas últimas particularmente grandes en la confluencia de los ríos Blanco y Negro donde alcanzan longitudes de 700 m.

2. CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS VISITADOS

Durante la visita realizada a la localidad de Guayabetal se realizaron 22 estaciones de control, ver **Tabla 3**. Se visitaron de forma muy rápida 12 sitios: seis (6) sitios sobre la carretera Guayabetal – Villavicencio, cuatro (4) por el margen izquierdo y dos por el margen derecho del río Blanco antes de la confluencia con el río Negro.

Tabla 3

Relación de estaciones efectuadas durante la visita del 20 y 21 de octubre de 2005. Datos obtenidos con GPS Garmin Etrex de precisión altimétrica.

ESTACION	SITIO	NORTE (m)	ESTE (m)	ALTITUD APROX (msnm,)
1	Sector Los Picos	956260	1030977	1109
2	K61+800	956200	1030850	1110
3	K61+800	956284	1030808	1174
4	K61+900	956310	1030907	1173
5	Ascenso K62+000	Sin señal	Sin señal	Sin señal
6	Escuela Chirajara	957008	1031389	1099
7	Puente Chigüire	955962 955996	1036666 1036709	919 905
8	Susumuco	955894	1035676	939
9	Escuela Casa de Teja	956181	1033732	1023
10	San Marcos - Los Canes	958253	1025995	1025
11	San Marcos - Los Canes	958226	1025962	1130
12	San Marcos – Hundimiento de vía	958512	1026182	1159
13	Tunque	958782	1021047	1398
14	Vía Cuenca El Cobre	959591	1019089	1578
15	Cuenca El Cobre	956628	1019022	1570
16	Vereda Naranjal – El Cobre	959659	1018983	1559
17	Vereda La Palma – El Cobre	960710	1019142	1868
18	Cuenca Borrachero	959601	1021739	1500
19	Hoya Negra – San Antonio	957032	1027948	1164
20	Sector Cruce de la vía con la Quebrada San Antonio a Hundimiento de la vía	956944 957003 957124	1028031 1028054 1028098	1149 1133 1132
21	Casa Señor Jairo Martínez	957225	1029162	1123
22	K64+200	956273	1032802	1066

2.1 SECTORES SOBRE LA VIA GUAYABETAL VILLAVICENCIO

2.1.1. Loma Los Picos

En este sector se visitaron tres sitios cercanos que corresponden al sector sur y oriental de la loma mencionada. Corresponden a una nariz de laderas convexas

con pendientes de 40° - 45° y un contraste de relieve cercano a los 400 m de altura que definen una terraza de falla correspondiente al bloque hundido de la falla de Estoraque evidenciada previamente. La foliación regional se inclina predominantemente hacia el occidente con ángulos de 30° - 55° . Particularmente el sector en análisis corresponde a una faceta triangular de 250 m de altura dispuesta hacia el sur con inclinaciones del orden de 45° , donde se evidenciaron localmente espejos de falla.

El primer sitio se encuentra a 2,6 km de Guayabetal sobre la vía que conduce a Villavicencio (corresponde al Km 61 + 800). En este sector se presentó un deslizamiento el 29 de julio de 2005 a las siete de la noche el cual afectó la vía y ocasionó daños asociados con la interrupción libre del tránsito por 7 Días (COVIANDES Oficio GG-2402 de Agosto 22 de 2005).

Corresponde a un deslizamiento tipo caída de escombros con componente translacional, de aproximadamente 100 m de altura que presenta una corona de deslizamiento de 30 – 50 m con un escarpe de 2 m de altura, y con flancos de 70 m de longitud y 2 – 3 m de altura.

El material involucrado corresponde a un macizo rocoso muy fracturado asociado con filitas, esquistos cuarzo sericíticos y cuarcitas foliadas en capas hasta de 1 m y que forman con el diaclasado predominante (ver **Tabla 4** y **Figura 7**), bloques de 0.1 – 3 m pero con predominio de 0.1 – 0.3 m.

Tabla 4

Fracturamiento predominante en el sector Loma Los Picos (Km 61 + 800)

	DIRECCION BUZAMIENTO	INCLINACION
FOLIACION	33 a 320	55° - 30°
DIACLASAS F. 1	204 – 218	85° - 85°
DIACLASAS F. 2	15 – 24	75 - 89
TALUD	180	43°

Hacia la parte superior se encuentran 2 – 3 m de depósitos coluviales y talus constituido de bloques angulares de 10 – 50 cm de cuarzo lechoso, cuarcitas foliadas y esquistos, clastosoportados, localmente con matriz arenoarcillosa pardusca, y todo cubierto por un suelo edáfico delgado de 20 – 30 cm. Hacia la corona y entre 1 – 2 m del borde del escarpe de deslizamiento se encuentran grietas de tensión de 1- 2 m de profundidad y 2 – 5 cm de amplitud. Igualmente se evidenció la cobertura vegetal arbustiva y herbácea y particularmente un arbusto en el borde del escarpe próximo a colapsar.

El evento formó un coluvión de deslizamiento en forma de cono (Talus) que según COVIANDES Oficio GG-2402 de Agosto 22 de 2005 alcanzó un volumen



Figura 7. Aspecto de la cicatriz de deslizamiento del Km 64 + 800 durante la visita del 20 de octubre de 2005. Nótese los planos de deslizamiento a favor de la pendiente y el alto fracturamiento de las rocas.

aproximado a los 8.000 m³. Este talus constituido de bloques de diferente tamaño, algunos de los cuales fueron dinamitados para su remoción de la banca de la carretera, involucró tanto material metamórfico (Cuarcitas cuarzo sericíticas, filitas) como de los coluviones subactuales presentes en las partes altas de la ladera.

El coluvión de deslizamiento ya fue removido y aún en el momento de la visita técnica se encontraban remanentes colgados en la parte media de la zona deslizada. Igualmente se evidenció el humedecimiento en el flanco izquierdo del deslizamiento.

Mas adelante en el Km 61 + 900 igualmente se encuentra otro deslizamiento del tipo translacional de aproximadamente 20 m de altura y 40 m de base sobre la carretera. En este sector el diaclasado es más denso con espaciamiento de 1 -2 cm formando bloques angulosos de 10 – 50 cm (ver **Figura 8**). En la **Tabla 5** se aprecian las direcciones predominantes de diaclasamiento y foliación. El análisis preliminar de estos datos con la información pre existente permiten evidenciar la formación de cuñas de deslizamiento conformadas por la foliación predominante en la zona y particularmente con la familia de diaclasamiento 5 definida por INGEOMINAS (1992) que se dispone paralela al río y se inclina hacia el mismo, favoreciendo los movimientos en masa descritos.



Figura 8. Vista del talud en K 61 + 900. Nótese los planos a favor de la pendiente.

Hacia la parte trasera de la corona de deslizamiento del Km 61 + 900 conforma una ladera escarpada y dispuesta en escalones o terracetas elaboradas según los acompañantes a la visita para el cultivo de tomate de árbol aunque en la actualidad se encuentra cubierta con pastos de gran altura (1.5 m). Tal situación favorece los procesos erosivos y se sobrecarga la ladera en su corona.

Tabla 5

Características generales de fracturamiento en el sitio del Km 61 + 900

	DIRECCION BUZAMIENTO	INCLINACION
FOLIACION	225	22°
DIACLASAS F. 1	95	53°
DIACLASAS F. 2	10	80°
TALUD	150	41°

Igualmente se evidenciaron al oriente del flanco izquierdo de este deslizamiento, algunos bloques mayores de 3 m de arista que amenazan con desprenderse y afectar la vía en este sector. Este lugar ya ha sido intervenido previamente con drenajes por las cabeceras (zanjas de coronación) lo cual amerita un análisis más detallado de la región para evitar que nuevos movimientos en masa tipo caída se presenten.

Avanzando y bordeando el costado oriental de la loma Los Picos en el sector conocido como la escuela de Chirajara Baja se presentaron el pasado agosto de 2005 flujos de escombros (Detritos) que han afectado parcialmente la escuela.

Tal situación ha sido repetitiva desde hace 14 años según habitantes del lugar y se recuerdan eventos similares en septiembre 9 de 1991, en abril de 2001 y julio de 2004.

Corresponde este lugar a una ladera larga, recta ligeramente cóncava con un contraste de relieve extremadamente alto y pendientes muy escarpadas con inclinaciones mayores de 60° hacia el sureste que hacen parte del margen derecho de la quebrada Chirajara (**Figura 9**). En este lugar afloran esquistos cuarzo sericíticos y filitas grises en capas delgadas (5 – 50 cm) inclinadas hacia el noroeste 87° y con diaclasamiento predominantemente perpendicular hacia el noreste en ángulos de 75° .

Esta disposición favorece los procesos de volcamiento y la generación de bloques angulares de 2 – 50 cm. Igualmente hacia la parte superior de la ladera se presentan coluviones colgados 4 – 5 m de espesor de flujos anteriores constituidos de bloques angulares de 5 – 10 cm en matriz arcillo arenosa de la misma composición.

La escuela se localiza sobre el borde exterior del talud de la antigua vía al llano en el sitio donde se localiza el Puente Chirajara. (**Figura 9**). A la escuela se accede solo por un costado del tramo vial que recorta el puente, puesto que los movimientos en masa en la margen izquierda de la Quebrada Chirajara han destruido la banca antigua en el mismo.

Hace 14 años en un evento de similar magnitud fue arrasada y posteriormente reconstruida según el testimonio de habitantes vecinos. El sitio donde se construyó la escuela ha presentado eventos recurrentes de flujo de escombros en los últimos años, que desde la parte alta y en una pendiente muy fuerte, han producido daños a la misma. Es así como a comienzos del año 2004 (marzo – abril) un flujo de gran poder y volumen considerable devastó un salón de clases, la cocina y tanque de agua de la escuela, escasas horas después de que los alumnos salieran de la misma cumpliendo la jornada de estudio.

A raíz de ello la escuela fue evacuada temporalmente y se efectuaron las labores de remoción de escombros tanto de la vía como de las instalaciones. Luego de finalizado el periodo de vacaciones de mitad de año, la escuela fue reabierto (julio de 2004) previos trabajos de construcción de un nuevo salón al lado opuesto de la construcción que sobrevivió al flujo.

La escuela funcionó regularmente hasta el mes de agosto de 2005 cuando se produjo un nuevo evento de flujo en dicho lugar (y seis puntos más sobre la vía), que sin causar víctimas ni daños materiales directos a la escuela, alertó nuevamente a la población escolar sobre la posibilidad de eventos recurrentes y el riesgo de los estudiantes al tomar clases allí.



Figura 9. Aspecto de la parte media y baja de la quebrada Chirajara. Nótese el cono de flujo de detritos formado en el sector de la escuela Chirajara Baja e igualmente el deslizamiento translacional tipo avalancha de detritos en el margen izquierdo de la quebrada

El flujo de detritos se originó en la parte más alta de la ladera, cerca de la torre de transmisión de energía (**Figura 9**), que debido a la alta pendiente cobró gran energía y removió materiales que por mecanismos de falla gravitacionales tipo volcamiento flexural (flexural toppling) se encuentran dispuestos en la superficie de la ladera (**Figura 10**).

Conforme lo observado, el alto diaclasamiento de la roca y su disposición con planos de foliación en sentido vertical hacen que el material involucrado no sea de tamaños mayores a 2 m y de forma alargada, siendo la mayoría de partículas elongadas con longitud mayor de 2 - 20 cm. El flujo del año 2004 generó un camino para las aguas el cual no existía antes del evento y hoy en día se considera como camino probable de encauzamiento en la eventualidad de un movimiento de este tipo.

Los flujos de escombros formaron un cono de deyección en la base que arrasó la escuela del lugar hace 14 años según los testimonios recogidos durante la visita, y que de forma similar destruyó parcialmente la reconstruida escuela en el evento de abril de 2001. Se constituyen de bloques angulares de 2 – 50 cm de diámetro de la misma composición de la ladera (**Figura 10**).

La cercanía al trazo de la falla de Estoraque incide significativamente en el alto fracturamiento de las rocas en el lugar, de igual manera la presencia de

coluviones de flujos antiguos en las cabeceras de la ladera contribuyen a los procesos de flujo actuales, máxime cuando estos depósitos se saturan en la época invernal y empiezan a moverse hacia la quebrada Chirajara.

En conclusión, la situación que se presenta no es nueva por lo cual este sector se considera como de alta amenaza a la generación de este tipo de movimientos en masa y por tanto se debe evaluar hacia el futuro la inversión que allí se realice y la falsa seguridad que ello puede dar a quienes utilizan las instalaciones.

En las laderas de la margen izquierda de la quebrada Chirajara igualmente se evidenciaron deslizamientos translacionales de suelo – avalanchas de detritos, cuyos conos de deslizamiento están siendo socavados por la erosión lateral ejercida por la corriente de agua en la parte inferior (Ver **Figura 9**).

2.1.2 Loma de Chirajara y quebrada Susumuco

La loma de Chirajara se constituye en una sierra homoclinal de dirección NNE cuya terminación sur forma una faceta triangular por fallamiento cuya base sobrepasa los 5 km de longitud y una altura del orden de los 1200 m. Se constituye en una ladera recta de 33° - 45° de inclinación donde se desarrolla un drenaje subparalelo poco denso (**Figura 11**).

Según el resultado de los análisis de diaclasas adelantado por INGEOMINAS (1992), ver **tabla 1**, es factible la ocurrencia de fallas en cuña definidas por las familias de diaclasamiento 1 y 3 y la familia 2 con la foliación de las rocas, facilitándose los deslizamientos planares favorecidos por el diaclasamiento particularmente de la familia 3 hacia el río.

En el sector oriental de la faceta triangular se encuentra el abanico de flujo torrencial aterrazado de Susumuco que alcanza una amplitud de 3 km y alturas promedio de 200 m. Los escarpes de terraza son muy abruptos a escarpados y asociados localmente con coluviones y flujos torrenciales menores producto de la degradación denudativa ocasionada por las quebradas que drenan y disectan el abanico principal.

La parte media y superior de la faceta triangular mencionada previamente, se encuentra cubierta por depósitos de coluvión delgados y disectados de occidente a oriente por los siguientes quebradas: La Caridad, El Aserrio, Caño Seco, Los Chorritos, Macalito, Chorrerón y Espejo. Los procesos erosivos son intensos y dada la cobertura herbácea y arbustiva poco densa en asocio de las altas pendientes genera, con lluvias intensas, flujos de detritos por saturación de los coluviones colgados, INGEOMINAS (1992).

En esta zona se visitaron los siguientes sitios: Susumuco (Puente Chigüire y km 67 + 300), sector Escuela Casa de Teja ó Las Tejas y el sector del km 64 + 200.

En el sector de Puente del Chigüire el pasado 3 de septiembre se presentó un flujo de detritos que destruyó tres viviendas localizadas a las orillas de la antigua carretera a Villavicencio. De igual manera erosionó parcialmente la banca de la antigua carretera y afectó el estribo del margen derecho del nuevo puente sobre la quebrada (ver **Figuras 1, 12 y 13**).

En el sector de Susumuco el evento formó un cono de flujo torrencial de aproximadamente 50 m de longitud por 60 m de ancho y espesores promedio de 3 m (**Figura 12**). El flujo se constituye de bloques angulares a subredondeados de 1 – 100 cm con predominio de 1 – 5 cm y dentro de una matriz arenosa pardusca.

Los bloques están conformados por cuarcitas, esquistos cuarzo sericíticos y cuarzo lechoso. Llama la atención la presencia de materia orgánica vegetal particularmente troncos de árboles dentro del material. Igualmente es notoria la mayor concentración de material grueso hacia la parte distal del cono o abanico formado.



Figura 10. Detalles de parte del cono de detritos formado a la altura de la antigua carretera. Nótese la disposición de la foliación y los coluviones de flujo colgados en la parte alta del cono.



Figura 11. Vista hacia el oriente de la faceta triangular que determina las características geomorfológicas de la loma Chirajara por el sur. Nótese las cicatrices deslizamientos tipo translacional (flujos de roca y detritos), definidos a la altura de la carretera hacia Villavicencio en el km 64 + 200.



Figura 12. Aspectos del cono formado por los flujos de escombros o detritos en el sector de Chigüire. Nótese le tamaño de los sedimentos mas gruesos hacia la parte distal y los daños ocasionados en las viviendas del lugar. Al fondo se observa el cauce de la quebrada cuyo lecho está constituido por roca y que quedó prácticamente limpio.



Figura 13. Detalle de los daños ocasionados en el puente por los flujos de escombros en el sector de la quebrada Chigüire. Nótese a la derecha los depósitos de eventos anteriores socavados por los eventos actuales que han dañado la banca de la antigua carretera.

Las características torrenciales del evento dejaron el canal en forma de “V” totalmente limpio lo cual permite apreciar localmente la foliación en cuarcitas y esquistos dispuestas en capas de 10 – 60 cm fracturadas formando bloques de 20 – 60 cm y todo cubierto por los depósitos de coluvión del flujo torrencial de Susumuco. Es notorio en los alrededores, particularmente en el margen derecho del río Negro la presencia de flujos torrenciales formados recientemente y los cuales se presentan sobre facetas triangulares de laderas rectas afectadas por deslizamientos translacionales y que generan flujos cuyos depósitos forman conos de deyección que localmente desvían el curso del río, concentrando su energía hacia el margen izquierdo, donde se encuentra la carretera.

Avanzando hacia el occidente del puente Chigüire (Km 67 + 300) y dentro del mismo escarpe de terraza del flujo torrencial de Susumuco, igualmente se presentó otro flujo torrencial de las mismas características ya mencionadas,

formando un cono de 50 m de largo por 60 m de ancho y espesores de 1 – 2 m y donde predominan las cuarcitas en bloques de 10 – 50 cm con predominio de gravas de 1- 2 cm, particularmente hacia el ápice donde de igual manera se encuentran troncos de árbol.

En el valle en forma de “V” dejado afloran cuarcitas en capas de 5 – 55 cm con diques de cuarzo lechoso y con inclinaciones de 56° hacia el noroeste. Según INGEOMINAS (1992), en este sector se encuentra el trazo de la falla de Susumuco en dirección NNE lo cual puede estar contribuyendo a la inestabilidad del lugar.

En el sector de la escuela Casa de Teja ó Las Tejas, ubicada en la parte central de la faceta triangular de la Loma Chirajara se presenta hacia la parte superior un lóbulo coluvial colgado que se aproxima hacia el río Guacavía (nombre que toma aguas abajo de la confluencia de los ríos Blanco y Negro) por el caño Seco y la quebrada Macalito. En el sector de la escuela casa de teja se encuentra una corriente que figura en la cartografía con el nombre de La Desgracia y cuyo cauce en forma de “V” muy escarpado está constituido por cuarcitas formando cascadas que terminan hacia la parte distal de la quebrada en la desembocadura en el río Guacavía.

Se caracterizada igualmente por la formación de un abanico o cono de flujo torrencial antiguo que en este sector alcanza espesores de 15 – 60 m, y el cual ha sido erosionado por deslizamientos retrogresivos del coluvión ocasionando la caída de la banca de la antigua carretera. La escuela de Casa de Teja se encuentra en el margen derecho de la hoya formada por los procesos erosivos mencionados. Según los acompañantes en el recorrido y lugareños, en mayo de 2004 se presentó un evento de caída de bloques y un pequeño flujo proveniente del talud de corte de la vía justo frente a la escuela, el cual ingresó rápidamente a las aulas, dañó uno de los muros de la fachada y aunque deterioró pupitres y útiles escolares no produjo pérdidas de vidas humanas.

Como medida de prevención se construyó un muro en concreto fundido de 1 m de altura con una malla en la parte superior de 1 m. No se pudo determinar por falta de tiempo la efectividad de estas medidas de prevención, sin embargo dadas las características topográficas muy escarpadas y la presencia de depósitos permeables en la parte superior posibilitan los fenómenos de remoción en masa tales como caídas de bloques y flujos torrenciales.

El lecho de la quebrada citada en roca parental, su sección profunda en “V” y su elevada pendiente longitudinal tanto aguas arriba como aguas abajo del cruce con la vía y dada la alta capacidad de transporte de materiales de la corriente hacen suponer que de presentarse una desviación súbita del cauce a la altura del cruce con la banca de la vía o un evento de creciente de gran magnitud, la escuela puede encontrarse en condición de amenaza, claro está que para ello debe

realizarse un análisis más detallado sobre la ocurrencia posible de un nuevo evento de este tipo.

La amenaza que se presenta hoy en día sobre la escuela corresponde a flujos de la ladera producto de desprendimientos de Talus, situación ya mencionada cuyos efectos pretendió la administración solucionar parcialmente y con ayuda de la comunidad mediante la construcción del cerramiento perimetral. Es posible que esta obra trabaje efectivamente para contrarrestar el ingreso a las instalaciones de pequeños flujos (inferior a 5 metros cúbicos). Sin embargo la mayor amenaza futura está representada por el ensanchamiento progresivo del cauce de la quebrada La Desgracia en la pata del talud que soporta la escuela pues como producto del continuo paso de agua a través de la sección y ante la imposibilidad de profundizar en el lecho rocoso de la misma, eroda continuamente los depósitos de las márgenes cuya resistencia a la erosión es menor.

En el sector del kilómetro 64 + 200 se han presentado avalanchas de roca asociados con desprendimiento de bloques que han ocasionado en septiembre de 2005 la muerte de dos personas. El desprendimiento se encuentra en cuarcitas foliadas paralelamente en capas de 15 – 20 cm inclinadas 85° hacia el noroeste, ver **Tabla 6** y **Figura 14**, las cuales conforman columnas irregulares de 0.5 – 2 m que evidencian localmente procesos de volcamiento flexural.

Tabla 6
Características generales de fracturamiento en el sitio del Km 64 + 200

	DIRECCION BUZAMIENTO	INCLINACION
FOLIACION	310	85°
DIACLASAS F. 1	230	32°
TALUD	210	31°

El movimiento en masa presenta una corona irregular de 120 m de longitud con escarpes de deslizamiento de 1 – 2 m de altura con desprendimientos localizados hacia los flancos del mismo, definiendo hacia el centro una ladera convexa asociada con el talud de la carretera. El fenómeno se favoreció por las altas inclinaciones de la ladera y la disposición local del diaclasamiento a favor de la pendiente del terreno, condiciones acentuadas por el talud hecho para la carretera.



Figura 14. Vista general de la corona de deslizamiento de donde se generó la caída de bloques del km 64 + 200. Nótese la irregularidad de la misma y la disposición de las diaclasas en favor de la pendiente.

2.1.3 Margen izquierda del río Blanco

El margen izquierdo del río Blanco antes de la confluencia con el río Negro presenta una morfología festoneada asociada con la presencia de sierras homoclinales de dirección NNW, con laderas estructurales rectas localmente convexas y laderas de contrapendiente de formas convexas relacionadas con procesos de deslizamiento rotacionales antiguos y recientes.

El sector sur contra el río Blanco se encuentra afectado por fallamiento, dejando como resultado facetas triangulares formadas por procesos de deslizamientos antiguos los cuales han presentado reactivación recientemente.

Las descripciones en estas áreas son muy generales, dando énfasis a los sectores de las quebradas San Marcos, Borrachero y El Cobre. Igualmente se analizan los movimientos en masa de la localidad de Tunque.

La quebrada San Marcos presenta un valle en forma de “V” profundizado y asociado con una ladera estructural de sierra homoclinal por el margen derecho y

una ladera de contrapendiente por el margen izquierdo, cubiertos por coluviones y posiblemente lóbulos de gelifracción subrecientes. La cuenca se encuentra afectada por procesos de deslizamiento acentuados tanto rotacionales como translacionales (**Figura 15**), que han generado recientemente procesos de flujos torrenciales encausados (flujo de detritos) que se han desplazado hasta el río Blanco donde se ha formado un abanico obstruyendo parcialmente el curso del mismo.

Llama la atención un deslizamiento rotacional antiguo de gran magnitud por el margen izquierdo cuyo coluvión de deslizamiento actualmente presenta procesos de deslizamiento rotacionales menores debido al socavamiento de la pata del mismo y por la acción de la corriente de la quebrada San Marcos (**Figura 16**).

El margen derecho presenta como característica principal el desarrollo de aproximadamente 6 deslizamientos translacionales recientes (tipo avalancha de detritos) particularmente hacia la parte baja de la ladera, los cuales han afectado los caminos vecinales y generado material de carga para la quebrada San Marcos (**Figura 15**).

Los materiales involucrados corresponden a bloques angulares de 3 – 50 cm con predominio de 3 – 5 cm de esquistos cuarzo sericíticos grises en matriz areno gravosa producto de coluviones 5 – 20 m de espesor sobre las laderas circundantes. Según lo observado en campo, los procesos de avalanchas de detritos del margen derecho de la quebrada San Marcos han ocasionado probablemente tanto pequeños represamientos y flujos torrenciales como la concentración de la energía fluvial en el margen izquierdo de la quebrada, reactivando los conos coluviales y los deslizamientos rotacionales subrecientes.

En el sector denominado de Los Canes en el margen izquierdo del río Blanco cerca de la confluencia con la quebrada San Marcos se evidencia el contacto fallado entre las formaciones Quetame y Gutiérrez el cual esta asociado con fuerte fracturamiento de las filitas y esquistos formando bloques romboidales de 5 – 15 cm y sueltos dentro de la ladera (ver **Figura 15** parte inferior). De hecho, este sector que corresponde a una faceta triangular afectada por antiguos procesos de deslizamiento rotacionales cuyos coluviones han dejado remanentes aterrazados actualmente muy disectados lo cual facilita su reactivación.

En la quebrada el Borrachero, afluente del río Blanco por el margen izquierdo, se presentan sobre las laderas grandes depósitos que conforman grandes lóbulos de gelifracción y sobrelavado glaciar subrecientes.

Estos depósitos han sido disectados por las quebradas del lugar generando flujos torrenciales que han formado conos y abanicos en su desembocadura en el río Blanco.

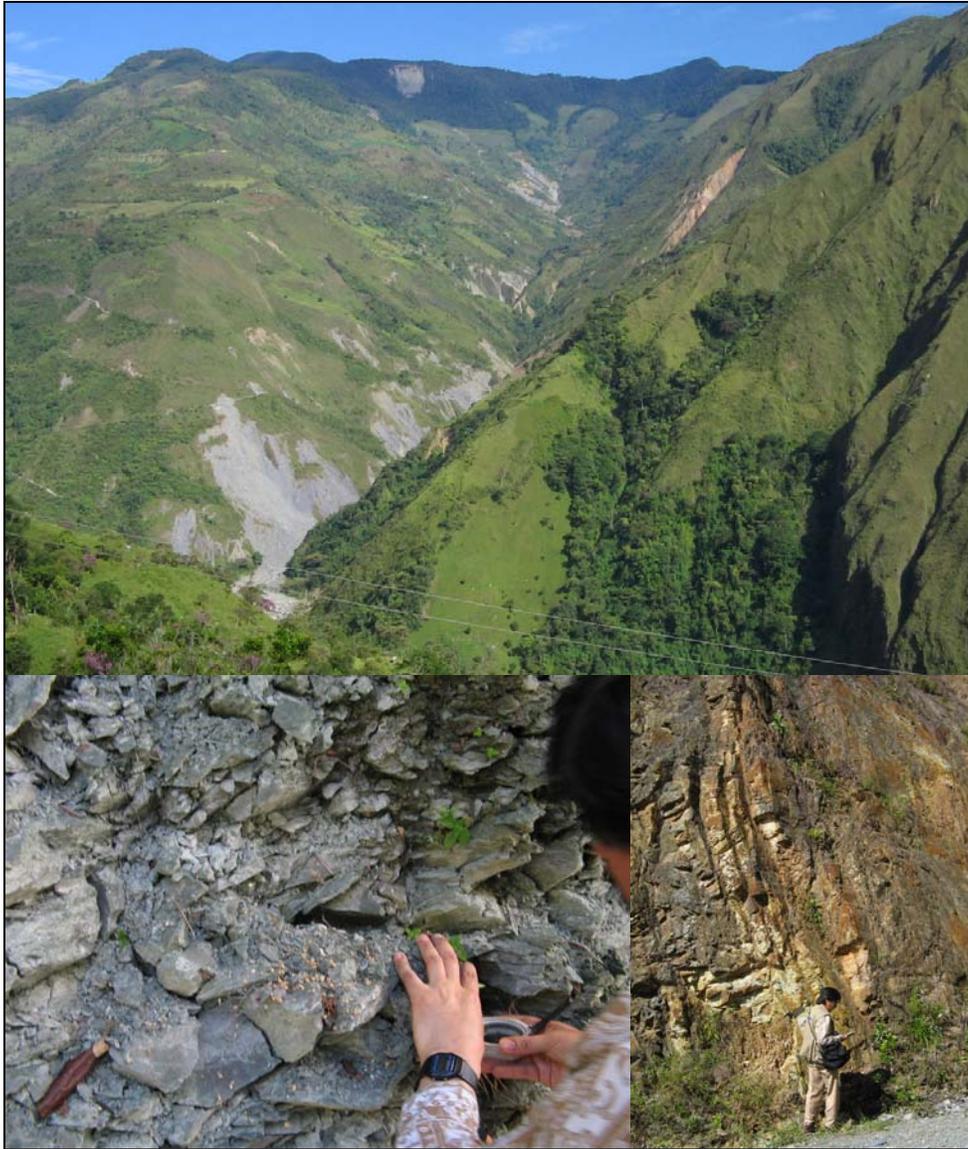


Figura 15. Panorámica de la quebrada San Marcos. Nótese la profundización del canal y la abundancia de movimientos en masa tipo avalanchas de detritos cuyos coluviones han obstruido localmente el canal. En la parte inferior detalles del estado de las rocas presentes en el margen derecho de la quebrada cerca de la confluencia con el río Blanco (sector Los canes).



Figura 16. Aspecto del deslizamiento tipo rotacional antiguo en proceso de reactivación en el margen izquierdo de la quebrada San Marcos. Obsérvese las grietas en la masa deslizada y la socavación presente por erosión lateral en la base de la misma, lo cual ha ocasionado flujos e inundaciones de detritos en la quebrada.

La quebrada Borrachero presenta un valle en forma de “V” localmente en forma de artesa con laderas convexas con pendientes de 60° hacia el cauce de la quebrada, ver **Figura 17**. La dinámica de la quebrada es torrencial lo cual ha generado avalanchas y flujos de detritos que han llegado hasta el río Blanco aproximadamente 1000 m abajo de las cabeceras de la quebrada. En el evento de julio de 2004 el torrente destruyó la banca del camino que conduce a Tunque.



Figura 17. Panorámica del valle de la quebrada Borrachero. Obsérvese las características de las laderas asociadas con abanicos fluvio glaciares subrecientes? y los depósitos dejados en el valle por los procesos torrenciales actuales.

En el sector de la vía que conduce a Tunque el valle tiene una amplitud de 20 – 30 m con un ancho de tirante de 50 – 60 m. Los depósitos fluvio glaciares de las laderas se constituyen de bloques angulares de 5 – 20 cm dentro de una matriz particula soportado de arena y gravas de 0.3 – 1 cm, localmente se encuentran bloques de 2 – 4 m. Los bloques son de arenisca grano fino a medio color amarillo pardusco, esquistos cuarzo sericíticos y cloríticos y cuarzo lechoso.

Los flujos torrenciales de detritos formados recientemente presentan amplitudes de 15 – 20 m y presentan la misma composición pero los cantos son subangulares a subredondeados de 0.5 – 1, 5 m en matriz de areno gravosa gris. En la zona se evidencian procesos de deforestación acentuados los cuales han dejado las laderas desprotegidas y dadas las características de alta permeabilidad de los depósitos localizados en las laderas estos tienden a fluir al ser saturados.

En el sector del cementerio de Tunque se presenta una ladera recta de 61° de inclinación hacia el río Blanco, ver **Figura 6**, la cual constituye probablemente una

faceta triangular afectada por procesos de deslizamientos antiguos en proceso de reactivación lo cual pone en peligro por lo menos siete viviendas.

El deslizamiento mayor tiene una longitud de aproximadamente 900 m y una corona del orden de los 800 m, cuyo coluvión puede sobrepasar los 20 m de espesor. Se constituye de bloques de 5 – 30 cm en matriz arenosa algo arcillosa cuya composición es de areniscas amarillo grisosas, filitas grises, cuarcitas y cuarzo lechoso.

Recientemente se ha presentado en el lugar al menos dos deslizamiento tipo avalancha de detritos que se constituye en procesos de reactivación asociados con la socavación que ejerce el río Blanco en la base de la ladera (**Figura 18**) Estos movimientos poseen coronas de deslizamiento de 50 – 60 m que han dejado un valle en forma de “V” debido a la conjugación de direcciones de foliación y diaclasamiento a favor de la pendiente del lugar.

Es importante notar que Tunque se encuentra sobre un abanico de flujo torrencial aterrizado subreciente el cual localmente se encuentra afectado por los procesos de socavación del río Blanco. Tal situación amerita la realización de análisis detallados de la zona que están fuera del alcance de este informe.

La quebrada El Cobre presenta un valle asimétrico en forma de “V” con la ladera derecha de pendientes de 30° - 45° de forma recta, convexa hacia el fondo por efectos de profundización del cauce el cual se encuentra asociado a la presencia de una falla inversa que pone en contacto las areniscas de la formación Gutiérrez en el margen derecho con las filitas, esquisto y cuarcitas del Grupo Quetame en el margen izquierdo donde se presenta una ladera cóncavo convexa con pendientes menores que las del margen derecho.

Sobre el margen derecho de la quebrada se presentan lóbulos de gelifracción y sobrelavado glaciar de 15 – 25 m de espesor, los cuales se encuentran colgados en la ladera y localmente afectados por procesos de deslizamiento translacional con escarpes de 1 – 2 m de altura. Así mismo son de común ocurrencia la presencia de deslizamientos translacionales de suelos tipo avalancha de detritos que afectan el 70% de una ladera de contrapendiente de 100 m de altura con buzamientos del orden de 45° hacia el noroeste, ver **Figuras 19 y 20**.

En el margen izquierdo se presentan deslizamientos rotacionales subreciente de una longitud de 1000 m aproximadamente y coronas de 500 m cuyos coluviones se presentan aterrizados hacia el cauce y actualmente se encuentran reactivados localmente, mostrando agrietamientos y escarpes de 1 – 2 m de altura.

Los procesos de avalanchas de detritos son comunes en la región de acuerdo con las evidencias de antiguas cicatrices presentes en la ladera derecha y los cuales se han reactivado retrogresivamente. Tal proceso ha generado represamientos

temporales de la quebrada e igualmente la concentración de la energía del agua en el margen opuesto lo cual ha socavado la base de los coluviones del deslizamiento rotacional encontrados en este margen, reactivando el movimiento.



Figura 18. Mecanismo de falla en el sector de Tunque. Nótese el movimiento en masa frente al sector visitado (margen derecha) y la acción del río Blanco en la pata del talud. A la derecha se observa la base del área inestable de Tunque (margen izquierda).

Los movimientos en masa del margen derecho de la quebrada El Cobre se han reactivado en el último año lo cual ha incidido en la desestabilización del margen izquierdo, ocasionando agrietamientos que han afectado a 4 familias que habitan el lugar. Se evidenció igualmente la disposición de aguas residuales sobre la ladera lo cual incide directamente para incrementar los procesos.

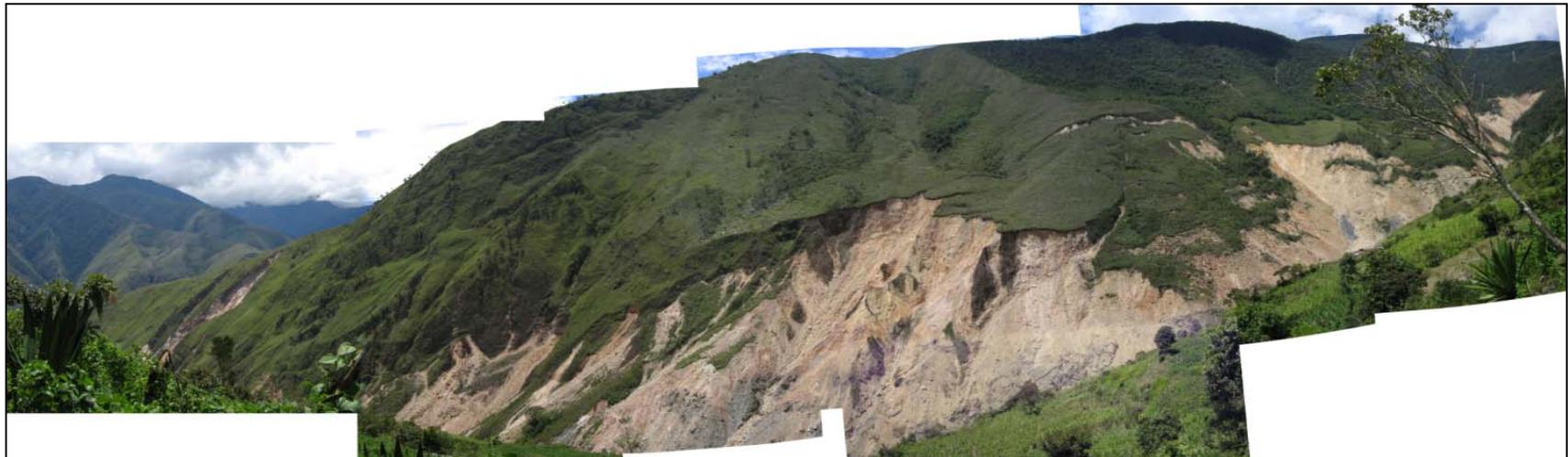


Figura 19. Panorámica del margen derecho de la quebrada El Cobre. Nótese las altas pendientes de la ladera y la alta incidencia de deslizamientos translacionales de suelos asociadas con avalanchas de detritos.



Figura 20. Aspectos del deslizamiento rotacional del margen izquierdo de la quebrada El Cobre. Nótese los escarpes de deslizamiento secundarios en la parte centro derecha que evidencian la reactivación del fenómeno y las cicatrices de avalanchas de detritos presentes en el margen derecho de la quebrada (izquierda de la fotografía).

2.1.4 Margen derecha del río Blanco

La margen derecha del río Blanco esta relacionada geomorfológicamente a sierras homoclinales montañosas y espolones estructurales muy denudados de dirección NNW, las cuales se encuentran asociadas a rocas de las formaciones Quetame y Gutiérrez y que forman estructuras sinclinales falladas en la misma dirección, (ver **Figura 4**).

La parte norte que colinda con el río Blanco corresponde a facetas triangulares muy denudadas de pendientes largas muy escarpadas y asociadas con procesos de deslizamiento rotacional y en cuña que han afectado localmente el curso del río.

Igualmente se presentan abanicos aterrazados de flujo torrencial subrecientes de alturas que alcanzan los 200 m y que han sido afectados probablemente por

procesos torrenciales del río Blanco ocasionando la formación de un segundo nivel de terraza de 100 m de altura (**Figura 6**). Entre estos se destacan los abanicos de la quebrada San Martín afectado por procesos de deslizamiento translacional asociadas con avalanchas de detritos y la quebrada Aguardiente, esta última en proximidades de la confluencia de los ríos Blanco y Negro.

En este margen solo se visitaron los sectores de Hoya Negra y la quebrada el aguardiente, pero se pudieron constatar problemas de deslizamientos tipo avalanchas torrenciales que generan presas de gran altura en los cauces pero afortunadamente, con flujo de agua en la base lo cual impide el represamiento del canal (**Figura 21**). Tal situación no descarta que se puedan presentar flujos e inundaciones de detritos una vez los materiales se saturan.

La región de Hoya Negra corresponde a la ladera de contrapendiente de una sierra homoclinal de pendientes abruptas y asociada con por lo menos tres coronas de deslizamiento en cuña subactuales y cuyo coluvión se encuentra disectado y afectado en la base por los procesos erosivos fluviales del río Blanco.

El sitio visitado corresponde a la quebrada San Antonio donde se encuentra la toma de acueducto de Guayabetal. En este sitio se han presentado recientemente procesos de flujo torrencial que han afectado el suministro de agua a la población; así mismo se han generado deslizamientos de tipo rotacional y en cuña que han ocasionado el hundimiento del camino que conduce a la región, ver **Figura 22**.

El sector oriental de la cuenca del río San Antonio donde se presentan los fenómenos de remoción en masa actuales, corresponde al flanco occidental de un espolón estructural de laderas cóncavas cortas de 25° - 30° de inclinación. El flujo torrencial que afectó la toma del acueducto en los eventos de 2004 y 2005, formó un lóbulo de 1 – 2 m de altura de bloques subredondeados a angulares de 1 – 2 m con predominio de 2 -5 cm y constituidos de cuarzo lechoso, esquisto cuarzoso, neiss cuarzoso, esquisto sericíticos, esquisto anfibólico y restos de material vegetal.

El deslizamiento rotacional presenta una corona de 100 – 150 m de longitud y limitado por flancos definidos por la foliación inclinada 89° hacia el NNW y que localmente presenta evidencias de volcamiento hacia el norte. Se identificaron dos tendencias de fracturamiento tanto hacia el NNE como hacia el NW, esta última a favor de la pendiente del terreno (**Tabla 7**), las cuales muestran espaciamiento de 0.1 – 2 m cuyos materiales han sido involucrados en el coluvión de deslizamiento constituido en el sector de bloques de esquistos en matriz arcillosa.



Figura 21. Aspecto de detalle de los deslizamientos tipo avalancha de detritos típicos de la región de Guayabetal Sector Vereda El Espinal. Nótese la obstrucción de la corriente que puede posteriormente generar flujos e inundación de detritos.

Este coluvión de deslizamiento que puede alcanzar los 5 m de espesor, recientemente se ha reactivado formando deslizamientos translacionales de suelos ó avalanchas de detritos que han dejado coronas secundarias de 20 – 30 m de longitud y escarpes y flancos de 1 – 3 m de altura, ver figura 18. Tal fenómeno se asocia a procesos de socavación de la base deslizada a igualmente a asentamientos diferenciales del terreno por el transito de vehículos por el sector.

Atendiendo la OPAD la solicitud particular del Señor Jairo Martínez del municipio de Guayabetal y dado que su caso es relativo a los problemas de movimientos en masa del sector visitado, se hizo la inspección visual de la propiedad afectada, cuya localización corresponde al sitio 21 de la visita y que se encuentra en la desembocadura de la quebrada Aguardiente en el río Blanco y sobre una terraza aluvial del mismo, aguas arriba de su confluencia con el río Negro.

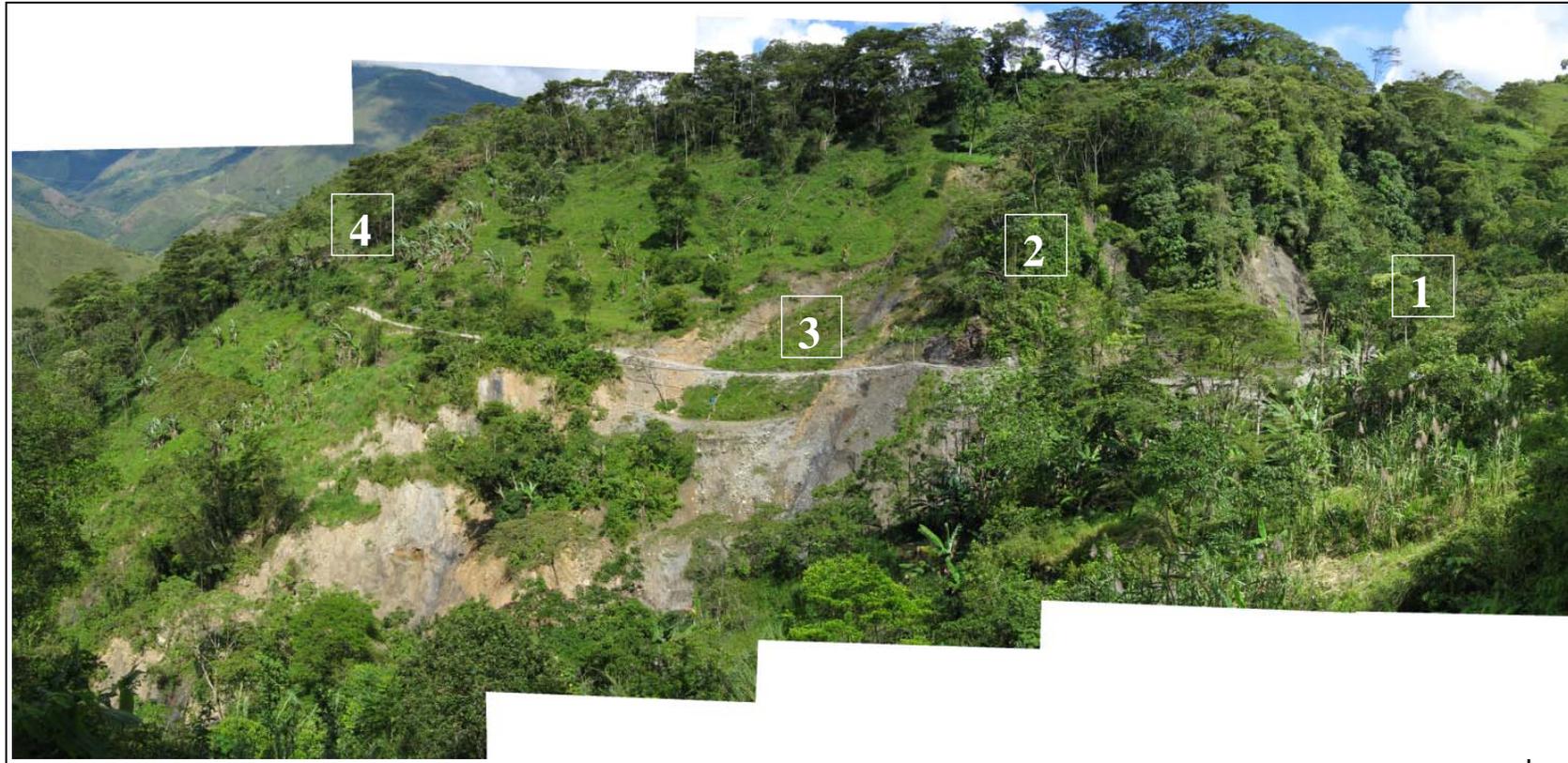


Figura 22. Panorámica de la margen derecha de la quebrada San Antonio en el sector de Hoya Negra. Nótese la corona del deslizamiento rotacional antiguo y la reactivación del coluvión evidente por el hundimiento de la banca del camino por lo menos dos veces. 1. Cruce de la quebrada San Antonio, 2. Control litológico ejercido por filitas y esquistos casi verticales afectados por volcamiento flexural hacia el coluvión de deslizamiento, 3. Coluvión de deslizamiento activo evidente por el hundimiento de la vía y 4. Flanco derecho del movimiento que marca el fin del área inestable en este sector sobre la vía (vivienda).

Tabla 7
Características generales de fracturamiento en el sector de Hoya Negra

	DIRECCION BUZAMIENTO	INCLINACION
FOLIACION	342 - 246	89° - 45°
DIACLASAS F. 1	72	58°
DIACLASAS F. 2	289	42°
TALUD	290	32°

En el sector de la quebrada el Aguardiente se presenta un abanico de flujo torrencial subreciente de forma aterrazada y con dos niveles de terraza de 150 m y 200 m y los cuales fueron formados, el más alto por avenidas torrenciales de la quebrada del Estado y el segundo por erosión asociada a eventos torrenciales subactuales del río Blanco. Hacia la parte distal del abanico que alcanza amplitudes de 1500 m en estos sectores, se presenta una terraza de acumulación fluvial de 50 – 70 m de amplitud y 3 – 5 m de altura y cuya base se encuentra actualmente socavada por el río Blanco.

La quebrada Aguardiente que es de características torrenciales y alcanza una longitud de 1200 m, socava las geoformas descritas previamente por el flanco occidental del abanico. Desciende del flanco oriental del espolón estructural que limita la cuenca de la quebrada San Antonio por el oriente y probablemente arrastra sedimentos, tanto de antiguos deslizamientos translacionales evidenciados en la zona alta como de los flujos torrenciales subrecientes, los cuales han formado un cono de flujo torrencial de detritos de 1 – 1.5 m de altura, hacia la desembocadura sobre el nivel de terraza fluvial (**Figura 23**).

Durante los eventos de fuertes lluvias de septiembre 3 de 2005, se presentó un torrente que inundó la casa del mencionado señor a una altura de 1.20 m y dejó invadida la casa de bloques subredondeados de 55 – 60 cm de diámetro y de bloques subangulares de 10 – 70 cm con predominio de diámetros de 5 – 10 cm, de areniscas amarillentas de grano medio y en menor proporción cuarcitas y filitas, todo en matriz arenosa con grava fina.

Según los habitantes del lugar, sobre la cuenca media baja de esta quebrada han sido construidos galpones y porquerizas, además de pozos sépticos y que según el testimonio del Señor Martínez han ocasionado pequeños desprendimientos y represamientos que han generado crecidas esporádicas en el curso de agua. Así mismo anota que ha efectuado las respectivas denuncias por esta situación ante



FIGURA 23. Panorámica de la confluencia de la quebrada El Aguardiente en el río Blanco. Arriba nótese en la parte trasera el cono de deyección de escombros que invadió la vivienda del señor Jairo Martínez y abajo detalle del estado del cono y la vivienda una vez removidos los escombros.

las autoridades locales y regionales pues no solo se trata de la situación ambiental que le aqueja al ser utilizado el drenaje para desagüe de aguas servidas y botadero de basuras, sino que adicionalmente le perjudican su propiedad los eventos recientes de flujo que se encuentran dentro del objeto de la visita al municipio. El evento de flujo de septiembre 3 le ocasionó pérdida de los enceres de su vivienda afortunadamente sin pérdida de vidas humanas.

Dadas las características descritas previamente aunque esta situación puede tener alguna incidencia en los fenómenos mencionados, se puede indicar que la quebrada el aguardiente posee características de tipo geológico e hidrológico que hacen que su régimen sea catalogado de tipo torrencial de manera natural siendo primordial realizar un manejo integral de la microcuenca fundamentado en el estudio detallado de la misma, de forma que permitan hacer los correctivos de mitigación necesarios o en su defecto pensar en la reubicación de las viviendas localizadas en el sector.

Cabe anotar que la condición de amenaza de la vivienda afectada es alta dada su ubicación justo en la salida de la quebrada a la zona plana, donde por naturaleza se realiza la depositación de los sedimentos por ella transportados, siendo éste un lugar no conveniente para la construcción de viviendas ni obras de infraestructura.

3 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA, CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

Las zonas jurisdiccionales de Guayabetal se han considerado como una zona de alta amenaza por movimientos en masa, dadas las características tanto geológicas y tectónicas como de relieve escarpado y la alta pluviosidad que es típica de la región. Este municipio ha sido objeto de innumerables estudios de carácter puntual como es el caso del trazado de la vía o en escalas consideradas muy regionales y que corresponden por lo general a la atención de emergencias o productos desarrollados para planeación territorial entre los cuales se pueden indicar Caro y Garcia (1987), INGEOMINAS (1992), Renzoni (1968), CORPES – INGEOMINAS (1998) y De La Espriella y Cortés (1985) entre otros.

Contribuyen en la alta incidencia de los problemas de inestabilidad de las laderas de los valles de los ríos Blanco y Negro de la jurisdicción de Guayabetal uno o varios de los siguientes factores:

- La morfología montañosa asociada con laderas largas y pendientes muy abruptas a muy escarpadas entre 30° y 70° de inclinación
- La litología esquistosa foliada en varias direcciones y muy fracturadas.
- La presencia de depósitos coluviales y fluvio glaciares colgados en la parte media y alta de las laderas.
- La cobertura vegetal arbustiva a herbácea, regionalmente con procesos de deforestación avanzados y localmente por la actividad antrópica que acelera los procesos.

Así mismo como factores detonantes se pueden mencionar La alta sismicidad de la región del piedemonte llanero asociada con la tectónica activa evidente en la profundización acentuada de los cauces y la afectación local de depósitos Cuaternarios y la alta pluviosidad característica de la región con promedios anuales mayores de 5000 mm y asociadas con altas intensidades. Según lo evidenciado preliminarmente con la intensidad alta de las lluvias los materiales coluviales y fluvio glaciares localizados en las partes medias y altas de las laderas se saturan lo cual genera los procesos de reptación y deslizamientos de tierra y suelos superficiales, los cuales desencadena avalanchas de detritos y roca facilitados por las altas pendientes del terreno y localmente por el alto fracturamiento de las rocas subyacentes.

Concatenando diversos mecanismos de falla de taludes aislados y con base en las observaciones realizadas durante la visita se puede describir un escenario

explicativo que resume la problemática del municipio y la región circundante de la siguiente manera:

El ambiente geológico de formación de las rocas a partir de sedimentos marinos y su posterior metamorfismo relacionado con un intenso tectonismo del territorio, se reflejan en la orografía escarpada de la región y el alto fracturamiento de las rocas presentes en la región. Así mismo es característica la alta sismicidad del territorio y los fenómenos atmosféricos complejos relacionados con la caída de elevados volúmenes de lluvia en cortos periodos de tiempo, condicionan a esta zona para calificarla como de alta amenaza a los movimientos en masa.

Los proyectos estratégicos de desarrollo regional y nacional producto del comercio cada vez más creciente entre el llano y el interior del país, sumado a la escasa cobertura vegetal primaria resultado de la creciente intervención antrópica, contribuyen a los problemas de estabilidad de taludes. Por otra parte, las condiciones propicias para la ocurrencia de avalanchas de detritos y rocas, localmente formadores de represamientos temporales de los cauces y la formación de flujos de detritos torrenciales desencadenan eventos de consecuencias catastróficas debido a su gran velocidad de desplazamiento y el volumen siempre en aumento a lo largo de su trayectoria por cauces estrechos de alta pendiente y en asocio de depósitos sueltos sobre su lecho.

Los eventos descritos afectan negativamente toda infraestructura que se encuentre a su paso requiriendo para su diseño y construcción de una elevada inversión para mitigar sus efectos. Es por esta razón que las obras de infraestructura existentes y en particular la vía que de Bogotá conduce a Villavicencio han requerido de elevadas inversiones no solo en su construcción sino en su mantenimiento. Su funcionamiento es estratégico en la economía nacional y por ello revierte cada problema en impactos directos que aún hoy en día se evalúan.

Es por ello necesario comprender que la dinámica de laderas es continua y ha prevalecido desde tiempos subrecientes como lo evidencia la presencia en los valles de remanentes de inmensos flujos y abanicos fluvio glaciares y de gelifracción y abanicos y conos fluvio torrenciales con alturas de 100 y 200 m sobre el nivel actual de los ríos Blanco y Negro. Son estos mismos depósitos una amenaza latente pues la actividad tectónica de levantamiento de la cordillera Oriental (lenta) asociada con la actividad erosiva de las corrientes de agua y los movimientos en masa (rápida) han generado su degradación y a su vez nuevos depósitos mantenido las laderas en inestabilidad relativa, acentuada localmente por la actividad antrópica en el área.

3.1 CONCLUSIONES GENERALES

Las conclusiones aquí presentadas deben ser consideradas como referencia preliminar y base de estudios futuros de detalle a realizar en los 10 sitios visitados.

- Para la realización de este informe se ha planteado y aplicado en el sector visitado en el municipio de Guayabetal, la metodología geomorfológica del ITC con algunas modificaciones asociadas a una estructuración de geofomas relacionadas en diferentes escalas desde lo más regional a detalle así: Geomorfoestructuras, provincias, regiones, unidades, subunidades y componentes geomorfológicos. Esto se da con el fin de enfocar el análisis de la problemática desde varios puntos de vista y detalle, facilitando el entendimiento de la evolución del territorio, la planeación y su uso actual y futuro.
- La zona estudiada en Guayabetal se encuentra en la geomorfoestructura del Sistema Montañoso Orogénico Andino, en la provincia de la cordillera Oriental y en las regiones geomorfológicas de serranías estructurales afectadas localmente por procesos de metamorfismo, fallamiento y denudación pluviales y localmente glaciares del llamado macizo de Quetame. Igualmente se han identificado unidades de origen morfoestructural, denudacional, fluvial, glaciar y periglacial.
- Se plantea que este documento pueda ser homogenizador de la información temática existente y contribuya tanto a ampliar el conocimiento que se tiene de la región como a facilitar la formulación de Planes (o Esquemas como es el caso) de Ordenamiento Ambiental y Territorial de Guayabetal.
- Se han identificado en los alrededores de Guayabetal geofomas de origen morfoestructural (Sierras homoclinales denudadas, espolones estructurales denudados, terrazas de falla y escarpes de línea de falla y facetas triangulares). Esta situación evidencia la complejidad tectónica de la región lo cual ha llevado como consecuencia la disposición estructural muy escarpada con alto fracturamiento de las rocas que han facilitado los procesos denudacionales evidenciados en la zona.
- Se han identificado igualmente geofomas denudacionales tales como deslizamientos rotacionales y traslacionales de suelos asociados con movimientos en masa tipo avalanchas de detritos y roca, flujos de detritos, y localmente caídas de bloques, además de inundaciones de detritos. Tales procesos que se disparan en cadena son de común ocurrencia en la zona y

generan amenazas altas debido a la alta velocidad de emplazamiento que tienen estos fenómenos.

- Las geoformas de origen fluvial asociados con los ríos Blanco y Negro (Terrazas, barras puntuales y longitudinales) evidencian las características torrenciales de estos ríos, los cuales se encuentran asociados con material grueso (bloques y gravas) producto local de inundaciones de detritos en los cauces de los ríos Negro y Blanco.
- Los movimientos en masa ocurridos en el sector sur de la loma de los picos (Deslizamiento Km 61 + 800 y Km 61 + 900) corresponden a caídas de bloques con componentes translacionales, mientras en el sector de la escuela de Chirajara son flujos torrenciales. La ocurrencia de estos fenómenos se han favorecido por su localización en una terraza de falla lo cual implica alto fracturamiento con diaclasado localmente a favor de la pendiente del terreno y la cobertura de coluviones subactuales que al ser saturados han aumentado la sobrecarga y generado los procesos descritos previamente. El carácter puntual de estos fenómenos indica la influencia de la inestabilidad producida antrópicamente, la cual se asocia con el corte de taludes para la construcción de la vía y posiblemente los movimientos inducidos por el cruce de vehículos pesados por el lugar.
- Los fenómenos de inestabilidad del flanco sur de la loma Chirajara corresponden a flujos de detritos torrenciales cuya ocurrencia se favorecen por encontrarse en el plano de una faceta triangular subreciente inclinada abruptamente hacia el río y asociada a fuerte diaclasamiento que puede facilitar deslizamientos en cuña y la caída de bloques (Km 64 + 200). La ocurrencia de los flujos torrenciales se presenta probablemente por la sobresaturación de los coluviones localizados en la parte alta de la geoforma y que al empezar a fluir se encausan por los drenajes del lugar, limpiando los cauces y acumulando su carga en forma de abanico en la base de la ladera o a la altura de la carretera. Los flujos torrenciales del sector de la quebrada Susumuco (Km 67 + 200) y la quebrada Chigüire son acentuados por estar drenando los depósitos fluvio torrenciales del abanico torrencial de Susumuco que se erosiona fácilmente por problemas de drenaje asociados con procesos de deforestación.
- Los movimientos en masa son particularmente acentuados en las quebradas que drenan el margen izquierdo del río Blanco antes de su confluencia con el río Negro, a partir de la cual toma el nombre de río Guayuriba. Se presentan sierras homoclinales y espolones estructurales montañosos con laderas estructurales y de contrapendiente muy abruptas a escarpadas que conforman los valles de las corrientes que drenan el sector. Tal situación ha favorecido la ocurrencia de avalanchas de detritos, encontrados predominantemente en

laderas estructurales y cuyos talus han ocasionado tanto la socavación lateral del margen opuesto como la generación de represamientos temporales y la formación de flujos de detritos torrenciales que se han encausado por los drenajes causando el deterioro de las laderas. Igualmente la socavación lateral mencionada ha ocasionado la reactivación de los coluviones de antiguos deslizamientos tipo rotacional que se encuentran particularmente en las márgenes izquierda de los drenajes. **Se llama la atención particularmente en el margen izquierdo de las quebradas San Marcos y El Cobre donde se encuentran grandes coluviones en movimiento y pueden afectar localmente las viviendas encontradas en ellos y regionalmente la cuenca del río Blanco y sus asentamientos ribereños.**

La situación precaria y marginada en que viven las familias de la parte baja de la cuenca de la quebrada el Cobre sumada a una condición de amenaza cada vez mayor por la evolución de los problemas de estabilidad de las laderas, hace imperioso tomar las decisiones al respecto con el fin de garantizar y salvaguardar su integridad.

- En la localidad de Tunque se presentan procesos de reactivación retrogresiva de antiguos coluviones de deslizamiento debido a la socavación lateral del río Blanco en la base de los mismos. Este sector debe ser intervenido urgentemente dada la presencia de 7 familias que habitan el lugar.
- En la quebrada Borrachero se han presentado flujos torrenciales que han dañado en varias oportunidades la banca del camino que conduce a Tunque y veredas del extremo nororiental de la población. Estos fenómenos involucran sedimentos fluvio glaciares pre existentes que al ser saturados han ocasionado su movimiento rápido por el valle hasta llegar al río Blanco.
- En el margen derecho del río Blanco, particularmente en el sector de Hoya Negra se evidencian grandes deslizamientos tipo rotacional y en cuña activados por el proceso de socavación lateral del mismo. En el sector de la quebrada San Antonio se han presentado flujos de detritos que han dañado la bocatoma del acueducto de Guayabetal. De igual manera han ocasionado la reactivación de deslizamientos tipo rotacional y en cuña presentes en el flanco derecho de la misma lo cual ha ocasionado el daño de la banca del camino que conduce a Tunque y veredas vecinas.
- En sectores aledaños a la quebrada El Aguardiente se han presentado flujos torrenciales que han afectado una vivienda ubicada en la salida del canal a la parte plana.
- Con relación a los problemas evidentes de la vía, es imprescindible obtener y asignar los recursos necesarios para la elaboración de los estudios tanto

regionales (por fuera del corredor de la vía) como puntuales (sitios estables e inestables) y aunar esfuerzos institucionales para contribuir de manera activa y coherente, oportuna y eficiente con los aspectos que competen a cada institución o entidad del orden nacional, regional o local que tienen ingerencia en la vía.

3.2 RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones han sido formuladas con el ánimo de contribuir en el inicio de una solución que se desearía fuese la “ideal” pero que se ciñe necesariamente a algunos aspectos y consideraciones sobre las competencias de las entidades involucradas en la problemática de movimientos en masa.

Es importante aquí visualizar la situación actual político – administrativa que se da en el tramo de la vía Bogotá – Villavicencio entre el Km 60 y el Km 70 referente a las responsabilidades y competencias de INVIAS, INCO y la concesión COVIANDES, así como la participación de las Gobernaciones del Meta y Cundinamarca, principalmente de sus oficinas de Gobierno, Planeación y Prevención y Atención de Emergencias, en procura de establecer un vínculo que permita al interior del Estado dilucidar la toma de decisiones y reasignar los recursos, responsabilidades y competencias respectivas a cada una de las mismas.

3.2.1. Recomendaciones a corto plazo

Ante la situación de inestabilidad asociada con los fenómenos de remoción en masa ocurridos particularmente en el tramo de carretera Guayabetal – Susumuco es recomendable diseñar un sistema de monitoreo instrumental y visual de la zona, particularmente de los sectores afectados recientemente. Esto se puede implementar en parte con recursos técnicos y con la colaboración de personas de la región que teniendo un amplio conocimiento del terreno y puedan realizar recorridos periódicos con el fin de identificar cambios no habituales en la morfología del lugar informando sobre ello a las autoridades pertinentes para iniciar las acciones a que haya lugar.

Un caso especial son las zonas inestables y aquellas identificadas como potencialmente inestables a través de una zonificación (local o regional) con el fin de realizar un reconocimiento detallado de sus alrededores y emprender acciones de sellado de grietas, descarga manual de rocas y arbustos encontrados al borde de los escarpes principales de dichos movimientos, determinación de potenciales volúmenes a desplazarse. Así mismo se deben emprender labores de información y concientización de la comunidad en el uso y manejo del suelo y los recursos hídricos que brinda el territorio (eliminar las fugas de las mangueras y tanques de

almacenamiento de aguas, lavaderos de vehículos y asesoría al campesino en cultivos inadecuados e incentivos de comercialización de sus nuevos productos).

Es vital igualmente el adecuado manejo de la escorrentía principalmente en las áreas inestables y la ejecución de obras de mitigación con la debida señalización en caso de riesgo para las personas que transitan por los lugares identificados como inestables o en su defecto la restricción de tránsito para salvaguardar las vidas. Se incluye aquí el mantenimiento preventivo a realizarse periódicamente en áreas estabilizadas con obras a fin de que funcionen debidamente en situación de emergencia.

Respetuosamente se recomienda minimizar la posibilidad de accidentes mediante la descarga manual y periódica de los taludes, inclusive una vez se haya superado la emergencia y so pena de cierres temporales de la vía. Es importante indicar y resaltar que la señalización y presencia continua de personal de monitoreo y equipos son garantías de una menor exposición a hechos lamentables.

Para el tramo sobre la vía Bogotá – Villavicencio entre Km 60 y Km 70 se recomienda continuar con los trabajos de descarga manual de los taludes tanto del material rocoso que se encuentra desprendido como de aquel cuyo movimiento es inminente en el corto plazo, incluido el retiro de árboles y rocas de gran tamaño que sobrecarguen la corona y no cuenten con el soporte requerido. Así mismo es importante efectuar obras de drenaje supervisadas impidiendo así el avance inminente de los movimientos. En el corto plazo se recomienda revestir con malla el talud hasta tanto no se establezca la actual condición de estabilidad y se conozcan y ejecuten los trabajos pertinentes para reducir el riesgo para las personas que transitan el corredor vial.

Durante el acceso a las coronas en K61+800 y K61+900, el cual se realiza por un sendero en K62+000, se pudo constatar la existencia de grandes bloques (diámetro mayor a 5 m) prácticamente suspendidos sobre los taludes y que generan gran preocupación a los habitantes de la región. Esta preocupación personal pone en evidencia un peligro a los usuarios de la vía quienes desconocen la existencia de esta amenaza.

Las autoridades pertinentes deben velar porque en los sitios demarcados como corredor de la vía al llano y en especial en estos tramos ya demarcados con avisos no exista población residente pues aunque ellos advierten sobre la amenaza que se cierne sobre la vía, están igualmente expuestos de manera conciente a la misma. Sin embargo, el peligro que representan estos grandes bloques para quienes transitan desprevenidos por la vía debe minimizarse L máximo y para ello es conveniente estudiar desde el punto de vista técnico la mejor forma de evitar que dichos bloques puedan caer sobre la vía.

Se sugiere estudiar la posibilidad de destruirlos en el sitio sin recurrir a explosivos o propiciar su descenso de forma controlada sin deteriorar las condiciones de estabilidad de los taludes.

Es fundamental igualmente llevar a cabo un censo de las viviendas y priorizar los mecanismos de prevención y atención de la población que una vez analizada su ubicación, estén localizadas tanto en la desembocadura de los cauces como en sus bancas. Esta labor puede estar en cabeza del Comité Local de Prevención y Atención de Desastres (CLOPAD).

Estas recomendaciones se hacen extensivas territorialmente a las cuencas de las quebradas San Marcos y El Cobre como afluentes del río Blanco en Guayabetal y principalmente sobre las márgenes izquierdas de las mismas. Se recomienda así mismo, informar y activar todos los mecanismos previstos por el CLOPAD en caso de emergencia y si no han sido formulados, realizar dicha labor a la mayor brevedad posible.

Para el caso del hundimiento de la Vía en la cuenca de la quebrada San Marcos se requiere de una pronta intervención para su recuperación pues el paso actual y bajo las condiciones observadas representa un riesgo para los transeúntes del sector. Dicha intervención debe iniciarse con la debida señalización, la protección del talud en la parte inferior y la recuperación de una banca estable.

En el sector del acueducto en la quebrada San Antonio son necesarias medidas de encauzamiento de aguas y propender por restablecer su drenaje natural. De forma particular en este sector es conveniente establecer las características del deslizamiento que afecta el camino que cruza por el sector de Hoya Negra y propender por la protección del talud de la banca en su parte inferior. Esta última labor requiere de un estudio técnico que soporte la decisión de intervenir el cauce.

En la desembocadura de la quebrada El Aguardiente es importante hacer un reconocimiento de la cuenca y limpiar en lo posible el cauce y acondicionar su drenaje. Se recomienda tomar las medidas pertinentes de protección o reubicación de la vivienda puesto que su condición de amenaza es alta debido a los depósitos dejados por la corriente y la posibilidad de nuevos eventos. En general este es el tipo de situaciones que se deben prever cuando se utiliza el espacio (generalmente plano) que brindan los abanicos aluviales y conos de eyección en el sector. Adicionalmente aquí es pertinente que la autoridad ambiental apoyada en el censo de viviendas y usuarios de cuenca efectúe una visita y exija en la medida de lo posible el cumplimiento de las normas establecidas, claro está, con el apoyo de la Alcaldía Municipal.

En cuanto a los planteles educativos se refiere y en particular la escuela Chirajara, es importante establecer un monitoreo visual y preferiblemente instrumental y continuo de la ladera, en especial durante fuertes aguaceros que

se presenten. Ante esta última situación se deben suspender temporalmente las clases.

Para la Escuela Casa de Teja, en el evento de presentarse crecidas o represamientos en la quebrada, establecer previamente al ingreso de los estudiantes las condiciones de seguridad presentes antes de iniciar o continuar la jornada escolar. Es fundamental instruir a la comunidad de estudiantes sobre los riesgos y los planes de emergencia en caso de un evento de flujo o deslizamiento.

Las escuelas se encuentran construidas en el borde externo de la banca de la antigua vía al llano, sitio por demás inconveniente a la hora de presentarse un sismo pues los efectos locales pueden ser nocivos conforme se reglamenta en el CCCSR 1985 y la NSR98. Se recomienda evaluar la posibilidad de reubicar dichos planteles en el menor tiempo posible a fin de evitar la exposición de los alumnos a un evento que puede ser lamentable y coincidentalmente trágico.

3.2.2 Recomendaciones a mediano plazo

Como se observó en el numeral anterior, la gran mayoría de recomendaciones son a corto plazo pues la situación de emergencia se percibe aún habiendo pasado un mes de la ocurrencia de los diferentes eventos referidos.

El municipio de Guayabetal en particular afronta problemas de espacio para la expansión futura de su casco urbano e inclusive de la localización de infraestructura como escuelas en las diferentes veredas que forman parte de su territorio. Carece dentro de su EOT actual de una cobertura que ilustre la verdadera magnitud de los problemas asociados con movimientos en masa y amenazas geológicas razón por la cual en el mediano plazo y bajo la coyuntura de actualización del EOT municipal, se hace imprescindible trabajar en torno a estos temas como parte de la gestión del riesgo. Debe por tanto liderar esta actividad la misma administración municipal con la ayuda de las gobernaciones, corporaciones y demás entidades y actores que hacen parte de la problemática.

A criterio de INGEOMINAS, las medidas a mediano plazo a realizar con relación a la problemática de movimientos en masa en el Municipio de Guayabetal deben ir enfocadas primordialmente el conocimiento detallado de los sitios con problemas a través de estudios específicos que permitan realizar una intervención efectiva bien sea en el establecimiento de los mecanismos para contratar los trabajos como también para gestionar la obtención de los recursos necesarios para las soluciones encontradas.

Se considera importante iniciar con los estudios geomorfológicos, geológicos y geotécnicos puntuales de cada sitio aquí tratado con el fin de garantizar su estabilidad, no solo por ser las áreas visitadas sino que además corresponden a las zonas donde se han presentado recientemente movimientos en masa.

Estos estudios requieren y deben incluir entre otros múltiples aspectos, el levantamiento topográfico detallado del sitio y sus alrededores, exploración del subsuelo, análisis hidrológicos e hidráulicos, levantamiento de cobertura y usos del suelo y por supuesto los análisis detallados de taludes con base en la toma de datos estructurales y litológicos.

Es recomendable emprender campañas educativas entre la población tendientes a darle a conocer las causas y consecuencias de los procesos geológicos que se pueden presentar en la región, y más que ello, retroalimentarse con los datos y experiencias vividas por la población para poder plantear soluciones en los términos más simples posibles.

3.2.3. Recomendaciones a largo plazo

Para Guayabetal la meta a largo plazo en lo concerniente a este tema debiera ser el contar con instrumentos de planificación y desarrollo acordes a las necesidades de la población urbana y rural que permitan el desarrollo de actividades que minimicen los impactos sobre las laderas reduciendo así ostensiblemente la problemática de movimientos en masa que los aqueja.

La recuperación de las cuencas de las quebradas El Cobre y San Marcos entre otras no es tarea fácil. Por el contrario, puede empeorar de continuar bajo las condiciones actuales. Aquí se hace el llamado a definir y legislar sobre los planes de ordenamiento de las cuencas por parte de la comunidad con el apoyo de la corporación autónoma regional competente, en este caso CORPORINOQUIA.

Como insumos necesarios para tal fin se citan algunos de los estudios temáticos que demandan de mayor tiempo y requieren de detalle particular. Por ello es recomendable llevar a cabo los estudios geomorfológicos geológicos y geotécnicos regionales en la totalidad de las cuencas de los ríos Negro y Blanco con el fin de establecer la morfodinámica de las mismas, su génesis y evolución así como los levantamientos de cobertura y uso de suelos e información predial y censal de dichas cuencas.

El detalle de este tipo de estudios debe ser en lo posible escala 1: 25.000 y preferiblemente 1:10.000 y deben estar acompañados paralelamente de estudios socio-económicos que garanticen la aplicabilidad futura de los resultados y políticas allí plasmadas para cada subcuenca en particular. En el área de geología y geomorfología se requiere de toma de muestras para análisis geológicos (petrografía, sedimentología, edafología, dataciones) y de ensayos geomecánicos básicos.

Es aconsejable que el manejo de esta información se realice, elabore y estructure en un Sistema de Información Geográfico el cual permita la evaluación y

modificación periódica de los datos y logros obtenidos. Allí será importante incluir aspectos como el geopotencial (Georecursos y georestricciones del territorio) y las posibles afectaciones por obras de infraestructura y comunicaciones que se requieran o modifiquen las condiciones establecidas del territorio municipal.

Estas recomendaciones requieren de inversiones cuantiosas las cuales en principio el Estado no subsana sin la debida justificación, siendo la prontitud y flujo de dinero fundamentales. Por ello la gestión de las entidades debe ser efectiva reflejando la situación constante de emergencia que se afronta y los costos que se generan a partir de ella.

Es imprescindible el apoyo económico tanto de las Gobernaciones de Cundinamarca y Meta como las Corporaciones Autónomas Regionales que tienen jurisdicción en la zona y en general de todos aquellos que usufructúan o se benefician directa o indirectamente de este territorio.

4. REFERENCIAS CONSULTADAS

ACOSTA, JORGE Y ULLOA CARLOS., 1997. Mapa geológico del departamento de Cundinamarca. Memoria explicativa. Informe INGEOMINAS 2314. 115 p. Mapa escala 1: 250.000. Bogotá.

CARO, PABLO Y GARCIA JESUS., 1987. Fenómenos de inestabilidad a lo largo del valle de la quebrada Las Perdices y su amenaza para el pueblo de Guayabetal. Informe INGEOMINAS 2073, 26p. Bogotá.

CARVAJAL Y OTROS., 2003. Visión integral de la geomorfología Colombiana. Resumen poster. Memorias del IX Congreso Colombiano de Geología. Medellín. Colombia.

CARVAJAL, JOSE HENRY., 2005. Primeras aproximaciones a la estandarización de la geomorfología en Colombia. Documento inédito en preparación. 32 p.

CORPES – INGEOMINAS., 1998. Mapa de amenazas geológicas por remoción en masa y erosión del departamento de Cundinamarca. Informe INGEOMINAS 2329, 240 p. mapas, anexos. Bogotá.

COVIANDES 2005. Comunicaciones e informes de atención de las emergencias atendidas en la región de Guayabetal. Comunicaciones GG-2402 del 22 – 08 – 05, GG-2594 del 08 – 09 – 2005, DT-2671 del 13 – 09 – 05, GG-2863 del 29 – 09 – 05. Bogotá.

DAMEN, M. C. J. 1990. Terrain clasification using aerospace imagery. Selected qualitative and semi quantitative methods. Revista ITC 90. P 1 – 17. Holanda.

DE LA ESPRIELLA, RICARDO Y CORTES, RICARDO., 1985. Observaciones sobre el Cuaternario del río Negro Guayuriba y piedemonte llanero al oriente de Bogotá. Geología Colombiana. Universidad Nacional. N° 14. Pg 39 – 47. Bogotá.

INGEOMINAS., 1992. Inventario de amenazas geológicas en la cabecera municipal de Guayabetal, departamento de Cundinamarca. Informe INGEOMINAS 2348. 56 p. planos 1: 10.000. Bogotá.

PULIDO ORLANDO Y GOMEZ ESTELA., 2001. Geología de la plancha 266 – Villavicencio. Memoria explicativa, 52 p, mapa escala 1: 100.000. INGEOMINAS. Bogotá.

RENZONI, GIANCARLO., 1968. Geología del macizo de Quetame. Separata de la revista Geología Colombiana N° 5, 127 p. Bogotá.



VAN ZUIDAM, ROBERT, 1985. Aerial photo interpretation in terrain analysis and geomorphological mapping. International Institute for Aerospace Survey and earth Science. I.T.C. Holanda.

VARGAS, GERMAN., 2004. Geomorfología de la sabana de Bogotá. Publicación Geológica Especial de Ingeominas, N° 27. Páginas 109 – 138. Ingeominas. Bogotá.

VELASQUEZ, ELKIN., 1999. Contribution methodologique a la prise en compte du milieu physique dans la planification environnementale du territoire en zone montagneuse de Colombie ». Tesis de PHD. Université de Grenoble, 310 p. Francia.

VERSTAPPEN AND VAN ZUIDAM., 1992. El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos. Publicación ITC No. 10. Villanueva de Huelva.