



*GEOLOGIA AMBIENTAL DEL AREA  
URBANA Y SUBURBANA DEL MUNICIPIO  
DE APIA (RISARALDA)*

*BLANCA OLIVA POSADA POSADA, Geóloga  
HECTOR JAIME VASQUEZ MORALES, Ing. Geólogo*

*PEREIRA  
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL  
DE RISARALDA (CARDER)  
FEBRERO 1989*

Este trabajo fue realizado  
con la asesoría del Doctor  
Michel Hermelín Arbaux

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCION.....	1
2. ESTUDIOS PREVIOS.....	6
2.1. ESTUDIOS REGIONALES.....	6
2.1.1. Geología.....	6
2.1.2. Suelos.....	7
2.1.3. Vegetación.....	8
2.1.4. Clima e hidrografía.....	8
2.1.5. Minería.....	8
2.2. ESTUDIOS LOCALES.....	9
3. METODOLOGIA.....	13
4. ASPECTOS GEOLOGICO Y GEOMORFOLOGICO.....	16
4.1. GEOLOGIA Y ESTRUCTURA REGIONAL.....	16
4.1.1. Unidades litológicas.....	16
4.1.1.1. Rocas volcánicas.....	16
4.1.1.2. Rocas metasedimentarias.....	19
4.1.2. Estructuras.....	20

4.1.2.1.	Generalidades.....	20
4.1.2.2.	Falla Apía.....	21
4.1.2.3.	Falla El Muñeco.....	22
4.1.2.4.	Falla Boquerón.....	22
4.1.2.5.	Falla Agualinda.....	23
4.1.2.6.	Actividad tectónica reciente.....	23
4.2.	FISIOGRAFIA Y MORFOMETRIA.....	25
4.3.	FORMACIONES SUPERFICIALES.....	28
4.3.1.	Depósito de flujos de lodo.....	28
4.3.2.	Cenizas volcánicas.....	36
4.3.3.	Terrazas y rellenos aluviales del Río Apía .....	38
4.3.4.	Terrazas y depósitos de la Quebrada La Frontera .....	39
4.3.5.	Depósitos de flujos de escombros.....	39
4.3.6.	Rocas volcánicas basálticas .....	40
4.3.7.	Rocas metasedimentarias.....	41
4.4.	PROCESOS EROSIVOS.....	42
4.4.1.	Erosión.....	42
4.4.1.1.	Erosión superficial.....	42
4.4.1.2.	Cárcavas.....	44
4.4.2.	Movimientos de masa.....	45
4.4.2.1.	Deslizamientos.....	45
4.4.2.2.	Desprendimientos.....	47
4.4.2.3.	Flujos.....	48
4.4.2.4.	Desplazamientos del terreno.....	49

4.4.3. Socavación de orillas.....	49
4.5. ASPECTOS SISMICOS.....	50
4.6. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA.....	56
4.7. INFLUENCIA HUMANA.....	58
5. ASPECTOS HIDROLOGICOS.....	64
5.1. GENERALIDADES.....	64
5.2. PARAMETROS MORFOMETRICOS.....	66
5.3. HIDROGEOLOGIA.....	72
6. ESTADO DE LAS EDIFICACIONES.....	74
7. APTITUD PARA EL USO URBANO .....	79
7.1. BASES DE ZONIFICACION.....	79
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
BIBLIOGRAFIA.....	117
ANEXOS .....	119

## LISTA DE TABLAS

	pág.
TABLA 1. Proyecciones de la población para el Municipio de Apía. 1985 - 2000.....	4
TABLA 2. Parámetros morfométricos.....	68
TABLA 3. Tipificación de viviendas.....	75
TABLA 4. Aptitud para el uso urbano .....	80

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1. Localización .....	3
FIGURA 2. Mapa geológico y estructural .....	18
FIGURA 3. Perfil topográfico N-S .....	26
FIGURA 4. Perfil topográfico E-W .....	27
FIGURA 5. Modelos de formación del depósito de flujos de lodo .....	31
FIGURA 6. Perfil de cenizas volcánicas .....	37
FIGURA 7. Diagramas de precipitación .....	65
FIGURA 8. Cuencas hidrográficas .....	67
FIGURA 9. Perfil longitudinal de la Quebrada El Clavel (o Quebrada Del Hospital) .....	70
FIGURA 10. Cortes esquemáticos N-S y E-W del sector recreacional .....	91
FIGURA 11. Esquema del talud sur del Hogar Infantil Las Golondrinas .....	95
FIGURA 12. Propuesta de estabilización del talud inferior de la carretera a la altura del caño norte del Hogar Infantil Las Golon- drinas .....	97

## LISTA DE ANEXOS

### ANEXO 1. Mapas

- Mapa 1/6. Localización de estaciones
- Mapa 2/6. Morfométrico.
- Mapa 3/6. Formaciones superficiales.
- Mapa 4/6. Procesos erosivos.
- Mapa 5/6. Tipología de la construcción
- Mapa 6/6. Aptitud para el uso urbano

### ANEXO 2. Fotografías

### ANEXO 3. Sismicidad

### ANEXO 4. Descripción de perfiles

### ANEXO 5. Informes técnicos



## 1. INTRODUCCION

Dentro del programa de Geología Ambiental que está realizando la Corporación Autónoma Regional del Risaralda, en las cabeceras municipales, cuyo objetivo principal es la identificación detallada de cada uno de los problemas de índole geológica que afecta al municipio en su área urbana y suburbana, para con ello entrar a buscar las soluciones más adecuadas que garanticen a la población no sólo su seguridad ante los riesgos naturales, sino también la posibilidad de desarrollarse haciendo uso racional del suelo; el Municipio de Apía se ha seleccionado como uno de los primeros por considerarse que enfrenta problemas de inestabilidad geológica que merecen pronta atención.

Fue fundado el 15 de Agosto de 1883 por inmigrantes antioqueños atraídos por la fertilidad de estas nuevas tierras y por las ricas guacas que en ella se encontraban.

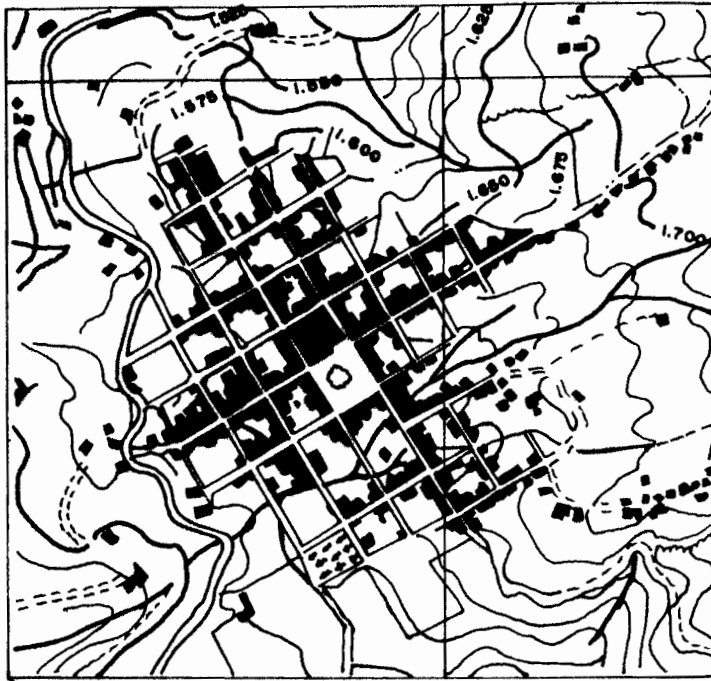
De acuerdo con el censo de 1985, realizado por el DANE, la población de Apía sería de 5.260 habitantes en el Area ur-

ana. Las proyecciones de la población, basadas en los censos de 1951, 1964, 1973 y 1985, arrojan una tasa de crecimiento negativo del -1.16%.

La tabla 1 muestra las proyecciones de la población hasta el año 2000; estas proyecciones denotan un descenso de 664 habitantes entre 1988 y esa fecha, lo que sugiere que Apía no tendría necesidades habitacionales en el futuro. La realidad parece estar lejos de esta situación; en la actualidad en el municipio existen demandas de vivienda que ameritan ser consideradas y que serán parcialmente cubiertas por proyectos de urbanización, uno de los cuales se encuentra en ejecución.

Al igual que otros municipios del Departamento, Apía tiene una tendencia poblacional negativa, calculada en -1.16% anual, con lo cual para el año 2000 se tendría un total de 12.622 habitantes, 4.415 en el área urbana y 8.207 en la rural.

Se encuentra localizado el municipio en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental, a los 59-7' de latitud norte y 759-57' de longitud al oeste de Greenwich (Figura 1), a una altura de 1.630 m.s.n.m. Tiene un área total de 214 km<sup>2</sup> de los cuales aproximadamente medio km<sup>2</sup> corresponde al área urbana.



APIA

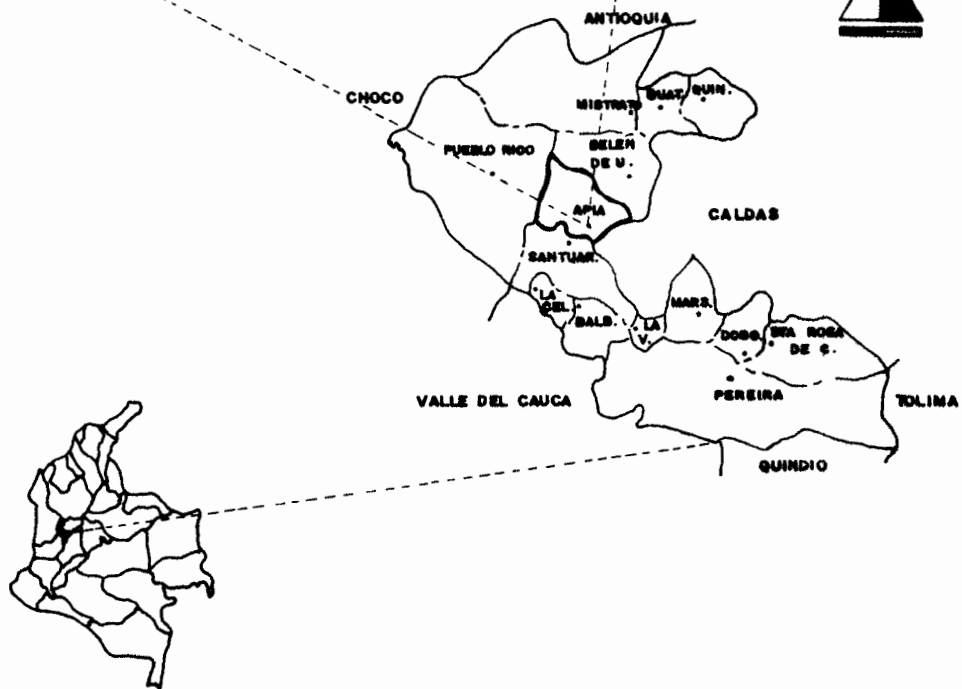


FIG. 1 - LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

TABLA 1. PROYECCIONES DE LA POBLACION PARA EL MUNICIPIO DE APIA.

1985 - 2000

1985	5260	1993	4791
1986	5199	1994	4736
1987	5139	1995	4681
1988	5079	1996	4626
1989	5020	1997	4573
1990	4962	1998	4520
1991	4904	1999	4467
1992	4847	2000	4415

El relieve es montañoso con pendientes fuertes; el clima varía desde frío en las altas montañas como el Cerro Tataamá, a 4.150 m. de altura, hasta medio en el área urbana y cerca al Río Apía a 1.320 m. Esto le permite al municipio tener una agricultura muy variada, además de bosques naturales explotados comercialmente.

Su economía se basa principalmente en el cultivo del café y en menor proporción plátano, caña de azúcar, pastos y frutales. La ganadería y la porcicultura en la actualidad se hacen en muy pequeña escala. La minería está restringida

a una mina de manganeso de propiedad privada, localizada a 3 km de Apía, por la carretera que conduce a Belén de Umbría.

## 2. ESTUDIOS PREVIOS

### 2.1. ESTUDIOS REGIONALES

**2.1.1. Geología.** Caballero y Mejía (1988) describen para la región rocas volcánicas constituidas por brechas, aglomerados y basaltos con escasas intercalaciones de chert y calizas, y una secuencia de rocas sedimentarias compuesta por limolitas, lodolitas, cherts, arenitas, calizas y conglomerados, de las cuales las más pelíticas habrían sido afectadas por un metamorfismo de bajo grado.

Según Arcas (1988) las unidades litológicas presentes en la región son análogas a las de los grupos Dagua y Diabásico. La primera, de edad Cretácea, estaría compuesta por pizarras y filitas carbonosas con intercalaciones de metachert, metaarenitas y metacalizas y lutitas silíceas, arenitas, chert, calizas y, localmente, arenitas conglomeráticas; la segunda sería una secuencia volcanosedimentaria de origen submarino, con predominio de cherts, lodolitas y basaltos, de edad Cretácea.

Entre las fallas geológicas más importantes de la región estaría la Falla Apía (Caballero y Mejía, 1988; Arcas, 1988), la cual, según James (1986), diverge de la Falla Ansermanuevo al este de Balboa, Risaralda, continuándose al norte con dirección N-S y buzamiento vertical.

**2.1.2. Suelos.** IGAC (1976) clasifica los suelos del Municipio de Apía como Conjunto Cajones de la Asociación Cajones, derivados de cenizas volcánicas. Son suelos profundos a muy profundos, con drenaje interno y externo rápido y natural bien drenado. El perfil del suelo es del tipo ABC; el horizonte superficial es de color gris, muy oscuro, de textura francolimosa, seguido de un horizonte transicional de color pardoamarillento, de textura francoarenosa. Los horizontes subsuperficiales son de color pardo fuerte a amarillo parduzco, con texturas que van de finas a moderadamente finas.

La Federación Nacional de Cafeteros (1988) ha clasificado los suelos de la región cafetera, por zonas: Alta (1.750 - 2.300 m.s.n.m.), Media (1.250 - 1.750 m.s.n.m.) y Baja (900 - 1.250 m.s.n.m.). Los suelos en el Municipio de Apía están en la zona media y fueron clasificados como Asociación de las unidades Chinchiná y 200. La Unidad Chinchiná está compuesta por suelos derivados de cenizas volcánicas, de color pardo amarillento, estructura estable y alta

capacidad de retención de agua; sus características principales son: Baja fertilidad natural, pobre en elementos nutritivos, alto contenido de materia orgánica y bajo contenido de fósforo. La Unidad 200 se caracteriza por suelos de mediana fertilidad natural, ricos en Ca y Mg, pobres en fósforo soluble y potasio y deficientes en nitrógeno por ser pobres en materia orgánica.

**2.1.3. Vegetación.** Según el IGAC (1977), el Municipio de Apía pertenece a la formación vegetal bosque muy húmedo premontano (bmh-PM), con una precipitación media anual de 2.300 mm. y temperatura media de 19°C.

**2.1.4. Clima e hidrografía.** Apía cuenta con la siguiente distribución de climas: Clima medio, 97 km<sup>2</sup>, clima frío 108 km<sup>2</sup> y páramos 9 km<sup>2</sup>. Su caudal hidrográfico está representado por los ríos Apía, San Rafael, Guarne y por las quebradas La Risaralda, Agualinda, Campoalegre, Cascabel, La Contentos, El Encanto, La Perla, La Esmeralda, Farallona, Quebrada Negra, La Estrella, La Máquina, La María, El Bosque y El Jazmín (Atlas de Risaralda, 1988).

**2.1.5. Minería.** La actividad minera de la región está restringida a la explotación de manganeso en la mina La Sombra, localizada a 3 km de la cabecera municipal de Apía por la carretera que conduce a Belén de Umbria.



Igualmente se reporta un cuerpo mineralizado tipo pórfido en el Alto Serna (Franco, 1986).

## 2.2. ESTUDIOS LOCALES

Arcas (1988) presenta una caracterización Geotécnica del área urbana y periurbana del Municipio de Apía, haciendo énfasis en las condiciones de estabilidad de los terrenos ocupados por el Hogar Infantil Las Golondrinas; los aspectos más destacados son:

- El Municipio de Apía se encuentra sobre un antiguo depósito de flujos de lodo formado por cantos y bloques de basalto en una matriz limoarcillosa de color pardo rojizo.
- El depósito de flujos de lodo se encuentra infrayacido por esquistos carbonosos y basaltos del Grupo Dagua.
- Dos fallas regionales, Apía y Mistrató, cruzan el área periurbana con dirección N-S.
- La Falla Agualinda, que con dirección SW - NE cruza inmediatamente al norte del casco urbano, presenta evidencias de actividad reciente.

- El depósito de flujos de lodo ha sido profundamente afectado por la erosión superficial y en masa; esta última ha experimentado una considerable aceleración en los últimos treinta años.
- Las principales zonas afectadas son: Las márgenes de la Quebrada Del Hospital en el extremo este de la población y entre ésta y su desembocadura en el Río Apía.
- Los extremos norte y occidental del casco urbano presentan movimientos de masa asociados a fugas en los sistemas de conducción de aguas.
- La ceniza volcánica ha desaparecido completamente.
- Las laderas deben ser clasificadas como potencialmente inestables.
- Los procesos de erosión en masa están relacionados con fugas en el sistema de conducción de agua en el área urbana y vertimiento incontrolado de aguas servidas en el área periurbana.

Con respecto al Hogar Infantil Las Golondrinas, en el trabajo de ARCAS (1988), se destacan los siguientes aspectos:

- Presenta rasgos de inestabilidad en el talud de la carretera que comunica la población con los municipios de Santuario y La Virginia.
  
- Los indicios de inestabilidad son: Desplomes de regolito, pequeños flujos de lodo asociados a deslizamientos menores, flujo de dos manantiales que afloran en el escarpe y un deslizamiento tipo rotacional en el predio colindante hacia el sur; éste último está asociado a flujo no controlado de aguas servidas y a fugas en el sistema de acueducto y alcantarillado.
  
- El depósito tiene carácter impermeable, la circulación de agua ocurre sólo a lo largo de grietas.
  
- El contacto entre el depósito de flujo de lodo y las filitas carbonosas no parece coincidir con una discontinuidad hidrogeológica.
  
- El fenómeno de inestabilidad parece estar directamente relacionado con fugas del sistema de alcantarillado que se manifiestan como manantiales intermitentes en el talud.

Las medidas de estabilización propuestas por ARCAS (1988) se resumen en:

- Evaluar condiciones de redes de acueducto y alcantarillado.
- Controlar vertimiento de aguas servidas.
- Conformar talud con pendiente 1:4/3 y cubrirlo con césped.
- Conformar terreno entre corona del talud y el edificio con pendiente de 10%.
- Instalar adecuada red de drenaje.
- Instalar piezómetros.

### 3. METODOLOGIA

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos trazados para este estudio, se adoptó una metodología basada en el trabajo "Geología Ambiental del área urbana y suburbana del Municipio de Marsella", realizado por EGEO Ltda. (1987) para la CARDER, y los términos de referencia estipulados en el documento op-06-88.

El desarrollo del trabajo se realizó por etapas sucesivas, a saber:

- Revisión bibliográfica de estudios tanto locales como regionales, que incluye aspectos tales como: Geología, suelos, clima, hidrología, sismos y generalidades del municipio.
  
- Fotointerpretación basada en fotografías aéreas de FEDERACAFE a escala 1:9800 de 1979, vuelo F-13-A, Nros. 7213, 7214 y 7215 y del IGAC, vuelos C-2273/33823 a escala 1:37200 y C-2068/31614 a escala 1:31400.

En esta etapa se elaboraron calcos de drenaje, estructuras, procesos erosivos, unidades litológicas y formaciones superficiales, acompañados por un análisis preliminar.

- Trabajo de campo que permitió la delimitación y caracterización de unidades litológicas, estructuras y formaciones superficiales. Se realizó una descripción detallada de cada uno de los procesos previamente identificados y se zonificaron áreas con distinto grado de inestabilidad. El trabajo de campo fue acompañado, además, por un muestreo de aguas de distintos orígenes (8 muestras), elaboración de cortes E-W y N-S con nivel Abney y altímetro de precisión, excavación de trincheras y descripción de perfiles. Se seleccionaron, además, algunos sitios para un posterior muestreo de suelos y se realizó un inventario de viviendas, teniendo en cuenta el tipo y estado de la construcción.
- Trabajo de oficina, con el fin de elaborar el informe y los mapas respectivos.

El mapa morfométrico fue elaborado con base en la plancha 205-III-A-1 del IGAC, a escala 1:10000, mediciones directas de campo y el plano de alcantarillado del municipio. Los mapas "Geológico", "Formaciones Superficiales", "Procesos Erosivos" y "Aptitud para el uso urbano", se realizaron

de acuerdo con el trabajo de campo y basados en fotografías aéreas de FEDERACAFE, a escala 1:9800, y una fotografía ampliada a una escala aproximada de 1:5000.

El mapa de tipología y estado de la construcción se basó en un mapa de Departamento de Planeación, a escala 1:1500, de 1984.

#### 4. ASPECTOS GEOLOGICO Y GEOMORFOLOGICO

##### 4.1. GEOLOGIA Y ESTRUCTURA REGIONAL

Desde el punto de vista estructural, el Municipio de Apía pertenece al Terreno Cañasgordas, interpretado como un arco de islas o corteza oceánica, acrecentado a la margen continental occidental de la placa suramericana (INGEOMINAS, 1983).

Las unidades litológicas que afloran en la región son rocas volcánicas básicas y rocas metasedimentarias; éstas serán descritas a continuación:

##### 4.1.1. Unidades Litológicas.

4.1.1.1. Rocas volcánicas. Son rocas de composición básica que han sido llamadas basaltos y diabasas, pero sólo un examen microscópico daría su clasificación exacta.



Son rocas masivas, afaníticas, de grano muy fino; en estado fresco se presentan de colores verde (principalmente), gris, gris oscuro y, rara vez, de color rojizo. En ocasiones amigdalares, con vesículas hasta de 1 cm. de diámetro rellenas de calcita y sílice. Algunas veces se presentan porfídicas, con fenocristales de hornblenda y plagioclasa. Se encuentran aflorando ampliamente en quebradas, cortes de carretera y caminos. Normalmente se alteran a un saprolito arcillolimoso de color amarillo, pardo amarillento, amarillo rojizo, rojo intenso y abigarrado.

Comúnmente estas rocas están fracturadas y cizalladas, lo que les confiere un aspecto brechoso, manifestado por fragmentos de roca rodeados por un material bastante fino (muy triturado), con características miloníticas, que se extiende en forma de bandas curvas y continuas (fluxión).

También es característico encontrar las rocas con múltiples fracturas rellenas de sílice, en forma de prismas, con bloques estriados y con mineralización de sulfuros, principalmente pirita.

Estas rocas infrayacen al depósito de flujos de lodo en su zona oriental y están en contacto con rocas metasedimentarias (Figura 2). La zona del contacto está afectada severamente por la Falla Apía, con dirección N-S, lo que ha hecho

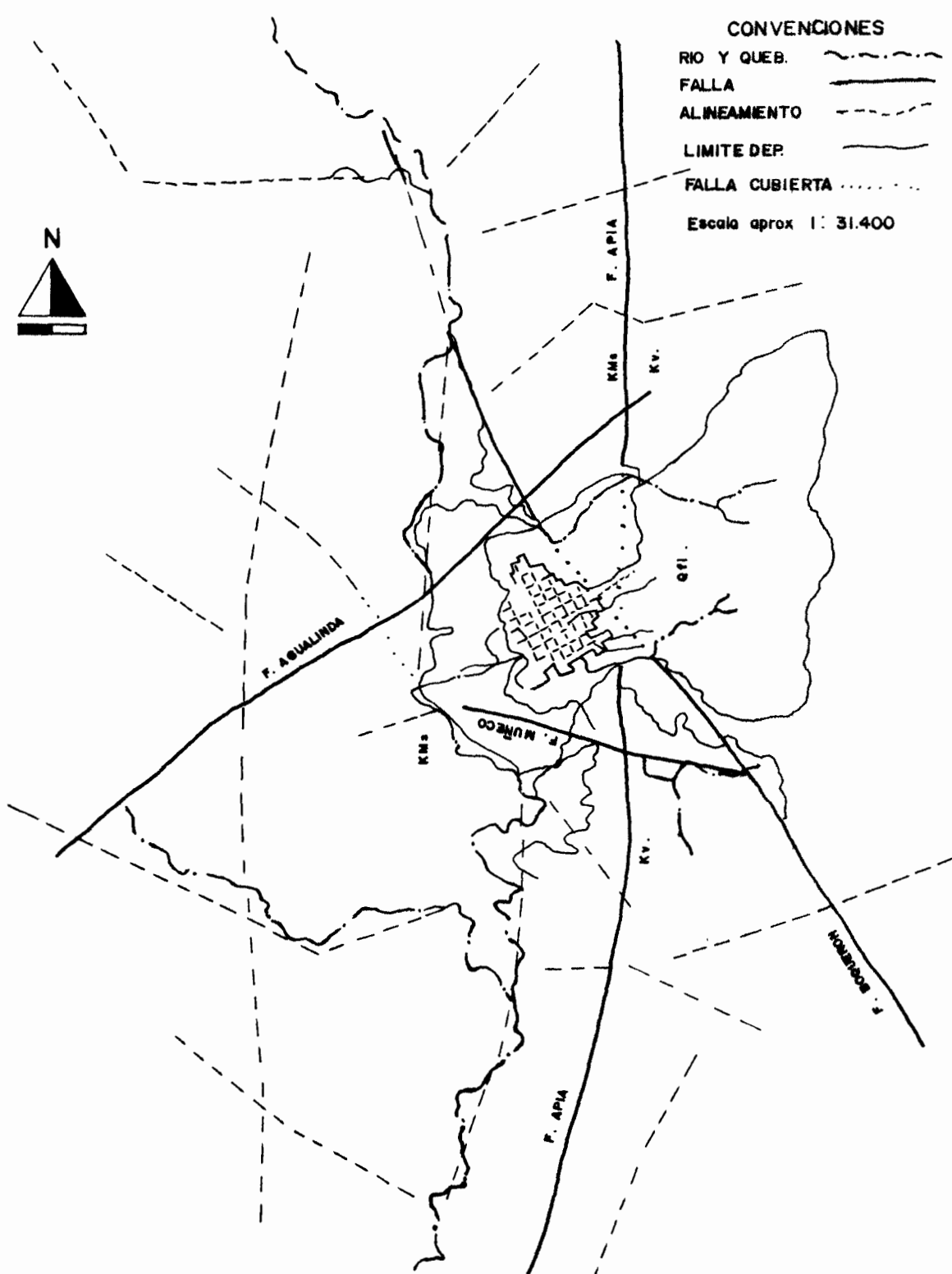


FIGURA 2. GEOLOGIA Y ESTRUCTURAS

imposible determinar las características de dicha zona de contacto.

**4.1.1.2. Rocas metasedimentarias.** Se denominan así a lutitas que, por sus características, parecen haber sufrido un metamorfismo regional de bajo grado. Son de color amarillo, pardo amarillento, amarillo rojizo, gris y gris oscuro cuando presentan alto contenido de materia orgánica (filitas grafitosas). En algunas ocasiones se presentan en estratos continuos, bien definidos, con espesores de varios centímetros; otras veces son un poco masivas, con laminación interna fina, aunque generalmente no presentan estructuras de origen sedimentario. Comúnmente están dispuestas caóticamente o muy laminadas por efectos de cizallamiento. Los planos de estratificación presentan una amplia variación en su dirección y buzamiento; se encuentran desde horizontales hasta completamente verticales.

Los efectos dinámicos comúnmente han afectado las rocas metasedimentarias; éstas aparecen con aspecto pizarroso, con laminación bastante fina y, en ocasiones, con micropliegues.

Estas rocas están cubiertas por el depósito de flujos de lodo en su zona occidental, según planos continuos que coinciden con los planos de foliación (o estratificación),

o con estructuras como fracturas o fallas; tal es el caso de la falla observada en el sector de la carretera cerca al Barrio Centenario, en el talud del proyecto de urbanización "El Hogar Colombiano", con una dirección de N56W/45E.

#### **4.1.2. Estructuras.**

**4.1.2.1. Generalidades.** La zona de estudio está intensamente afectada por estructuras que siguen tres direcciones principales: N-S, E-W y NW (Ver Figura 2).

Las estructuras N-S están representadas principalmente por la Falla Apía y por alineamientos en la misma dirección, tales como el alineamiento del Río Apía (A) y el alineamiento en la ladera derecha del Río Apía (D), con proyecciones hasta las cercanías de Santuario.

Las estructuras E-W están representadas básicamente por tramos rectos de quebradas, que hacen notorio un control estructural del drenaje en esta dirección. Parecen estar asociadas con estructuras N-S, como se manifiesta al norte del casco urbano del Municipio de Apía, donde alineamientos sucesivos y paralelos, de dirección E-W, están asociados con la Falla Apía.

Estructuras NW están representadas, principalmente, por la Falla Boquerón, por la Falla El Muñeco y por alineamientos menores en la misma dirección, evidenciados por cambios parciales en las pendientes y zonas con superficies escarpadas.

**4.1.2.2. Falla Apía.** Esta falla es de características regionales (James, 1986); presenta una dirección general N-S y buzamiento vertical. Por fotografías aéreas es fácil determinar su trazo, caracterizado por cambios bastante fuertes en las pendientes, que semejan bloques descendidos; a éstos se asocian drenajes rectos, paralelos entre sí y normales a la dirección de la falla .

Hacia el sur está demarcada por zonas de pendientes abruptas y por el valle del Río Apía. Afecta tanto a las rocas volcánicas, como a las metasedimentarias, especialmente en la zona de contacto entre ellas, determinando numerosas zonas de cizalladura y milonita, al igual que zonas brechosas.

La falla pasa por el sector oriental de la población de Apía, donde está relacionada con numerosos problemas de inestabilidad, especialmente en el vía de acceso al municipio.

**4.1.2.3. Falla El Muñeco.** Presenta una dirección general NW; a ella se encuentran asociadas .pequeñas fallas locales con direcciones  $N73^{\circ}E/49^{\circ}W$ ,  $N24^{\circ}E/81^{\circ}E$  y  $N76^{\circ}W/53^{\circ}W$  y numerosas fracturas paralelas. Este sistema de fracturas, aunque localmente cuartea la roca en forma centimétrica, forma prismas con tamaños de 1 a 2 m, cuyos planos buzan hacia la carretera. Esta falla está relacionada con problemas serios de estabilidad en la vía de acceso, donde demarca zonas de intenso facturamiento, cizallamiento y milonitización de rocas volcánicas.

Otra falla local asociada, presenta una dirección de  $N62^{\circ}W/77^{\circ}E$ , a partir de la cual se han desarrollado dos direcciones de fracturamiento principales  $N36^{\circ}E/68^{\circ}SE$  y  $N42^{\circ}W/71^{\circ}W$ .

**4.1.2.4 Falla Boquerón.** Presenta una dirección general NW, cruza inmediatamente al este del casco urbano y se extiende por cerca de 8 km. Su traza está definida por zonas escarpadas, de pendientes abruptas, silletas laterales, hombreras, cambios bruscos en la pendiente (cerca a lugar donde atraviesa al Río Apía) y parte recta de la Quebrada Risaralda, en su extremo norte.

En la Quebrada Agualinda, cerca a su cruce con la carretera a Pueblo Rico, se observa la zona de contacto entre rocas

volcánicas y metasedimentarias, bastante afectadas por efectos dinámicos; las rocas presentan un aspecto brechoide y están muy fracturadas. En este lugar se obtuvo una dirección representativa de  $N39^{\circ}W/76^{\circ}N$ .

**4.1.2.5. Falla Agualinda.** Esta falla fue reportada por ARCAS (1988) como activa, de edad Holocena, con dirección SW-NE; corta, según ARCAS, depósitos de ladera y cenizas volcánicas en forma nítida. Aunque los efectos de la falla pueden observarse en el sector de Quinceletras, en la carretera Apía-Pueblo Rico, su traza es confusa en fotografías aéreas y en el campo no se obtuvieron evidencias en otros lugares.

**4.1.2.6. Actividad tectónica reciente.** La actividad tectónica más reciente está evidenciada por pequeñas fallas que afectan, en forma local al depósito de flujos de lodo.

Aunque la Falla Agualinda, según ARCAS (1988), está afectando cenizas volcánicas, las fallas más recientes detectadas por trabajo de campo no presentan actividad en los últimos miles de años, ya que no se encuentran cortando los depósitos de cenizas volcánicas.

En predios del proyecto de urbanización "El Hogar Colombiano" se observa una falla con dirección  $N55^{\circ}W/56^{\circ}E$ ,

cortando el depósito de flujos de lodo; las estriás presentes en el plano de la falla, cuyo plunge es de  $N50^{\circ}E/56^{\circ}E$ , indican un movimiento contrario a la pendiente.

Igualmente, en el talud superior de la carretera que conduce a Pueblo Rico, a la altura del mismo predio, una pequeña falla, de carácter local, marca el contacto entre rocas metasedimentarias y el depósito de flujos de lodo; presenta una dirección general  $N55^{\circ}W/19^{\circ}E$ , paralela a los planos de foliación de las rocas; no se pudieron determinar las características del movimiento, pero podría pensarse en una acción durante o después del emplazamiento del depósito.

Otras fallas que afectan el depósito de flujos de lodo se observan en la carretera de acceso, a la altura del parque de la Virgen ( $N10^{\circ}W/54^{\circ}E$ ), y en la Quebrada Del Hospital, cerca al Barrio San Juan; esta última, de dirección  $N75^{\circ}W/-25^{\circ}S$ , marca el contacto entre el depósito de flujos de lodo y un pequeño depósito de flujo de escombros, donde se aprecia un desarrollo centimétrico de milonita.

Es un hecho preocupante que estas estructuras se presenten en o cerca a la cabecera municipal; sin embargo las características observadas en estos lugares indican movimientos posteriores al depósito de flujos de lodo, pero anteriores



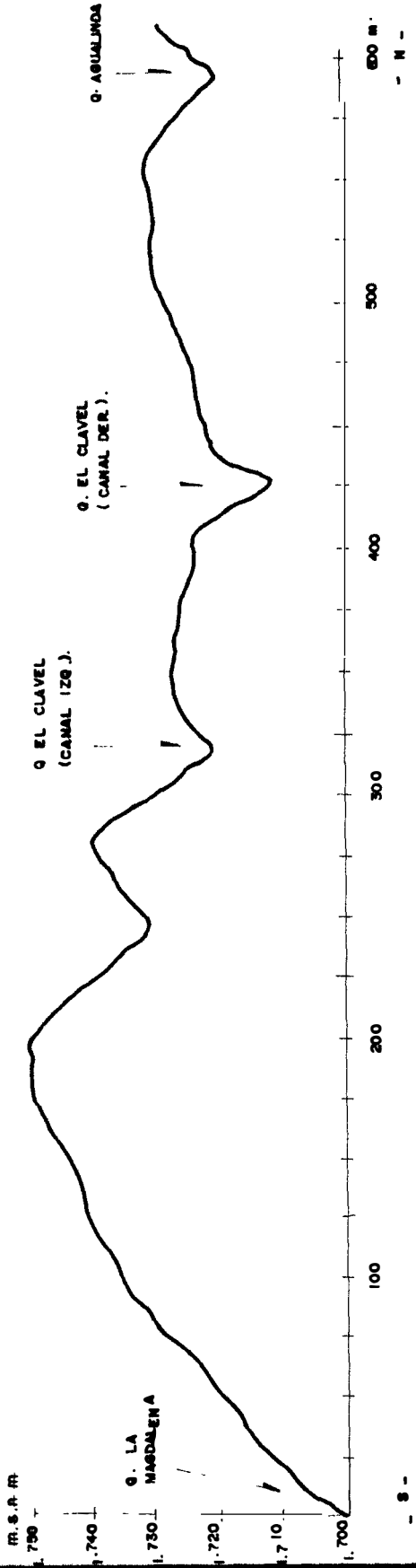
a los depósitos de cenizas volcánicas.

#### 4.2. FISIOGRAFIA Y MORFOMETRIA

El Municipio de Apía se levanta sobre las laderas de la vertiente oriental de la Cordillera Occidental. Su área urbana y suburbana se localiza sobre una pendiente media de 20% que se empina un poco hacia la divisoria de aguas (30%) siguiendo muy probablemente una estructura (Falla Boquerón). Hacia el oeste (Río Apía), las pendientes se hacen mucho más fuertes llegando a alcanzar más del 60% (Mapa 2). En esta zona se aprecian drenajes muy rectos que disectan vertientes muy extendidas, mientras al oriente del casco urbano, hacia la divisoria de aguas, el relieve es de colinas redondeadas, con pendientes medias, separadas por zonas deprimidas bastante planas, correspondientes a antiguas superficies de deslizamiento; es un relieve poco evolucionado, con huellas de antiguos procesos erosivos y afectado por procesos recientes que en algunos casos llegan a ser significativos.

Los perfiles mostrados en las Figuras 3 y 4 ilustran mejor la fisiografía de la zona, tanto en sentido E-W como N-S.

Es importante destacar además, que la ubicación del municipio, favorece la acción de los vientos, especialmente los



ESC H : 1 : 2.500  
V : 1 : 1.000

FIG. 3 - PERFIL TOPOGRAFICO N - S. AL ORIENTE DEL CASCO URBANO

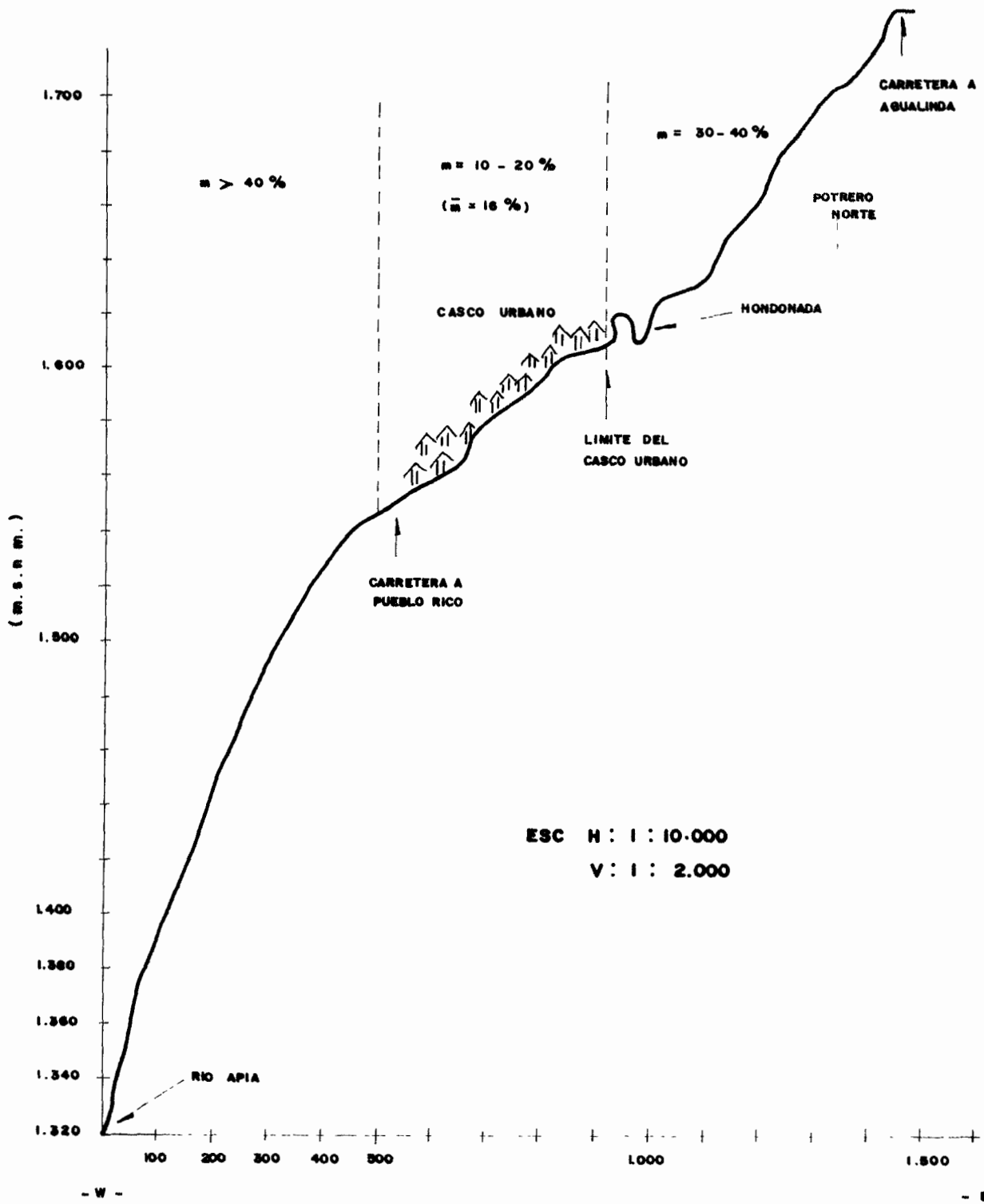


FIG. 4 - PERFIL TOPOGRAFICO E-W EN INMEDIACIONES DEL CASCO URBANO.

procedentes del norte, confiriéndole un clima más frío a la cabecera.

La zona urbana y suburbana del municipio está asentada sobre un depósito de flujos de lodo limitado al norte por la Quebrada Agualinda y al sur por la Quebrada La Magdalena; ambas quebradas, a la altura del casco urbano, hacen una deflexión hacia éste, ocasionando un "cuello" en el depósito, para abrirse de nuevo en las vertientes sobre el Río Apía (Ver Mapa 3). Esta es una zona de influencia de las fallas Apía y Boquerón.

#### **4.3. FORMACIONES SUPERFICIALES**

**4.3.1. Depósito de flujos de lodo.** Se extiende desde la divisoria de aguas al este, hasta el Río Apía al oeste, y desde la Quebrada Agualinda al norte, hasta la Quebrada la Magdalena al sur (Mapa 3).

Está compuesto por bloques y cantos de rocas volcánicas basálticas cuyos tamaños varían desde pocos centímetros hasta 3 m. embebidos en una matriz limoarcillosa de color amarillo, amarillo rojizo, rojo, cuando está muy meteorizada. Hacia el Río Apía, predominan los bloques de rocas metasedimentarias, con colores abigarrados y en fragmentos pequeños.

El espesor es muy variable; se ha observado desde 1 m o menos sobre rocas metasedimentarias en la carretera de acceso, en la vía que conduce hacia Pueblo Rico y en el Barrio San Juan, hasta más de 8 m en la Escuela Agualinda y en el área urbana, sin encontrarse el límite inferior. En estos dos sitios, por su estado muy seco, se considera bastante estable.

El depósito, en general, presenta un carácter permeable, poroso, poco consolidado, es común encontrar afloramientos de agua relacionados con las fracturas y los espacios entre los fragmentos de roca.

La topografía propia del depósito es poco evolucionada, con colinas redondeadas, en ocasiones alargadas, separadas por zonas deprimidas bastante planas; se hace muy suave hacia la divisoria de aguas y el casco urbano y muy abrupta entre la carretera de acceso y el Río Apía.

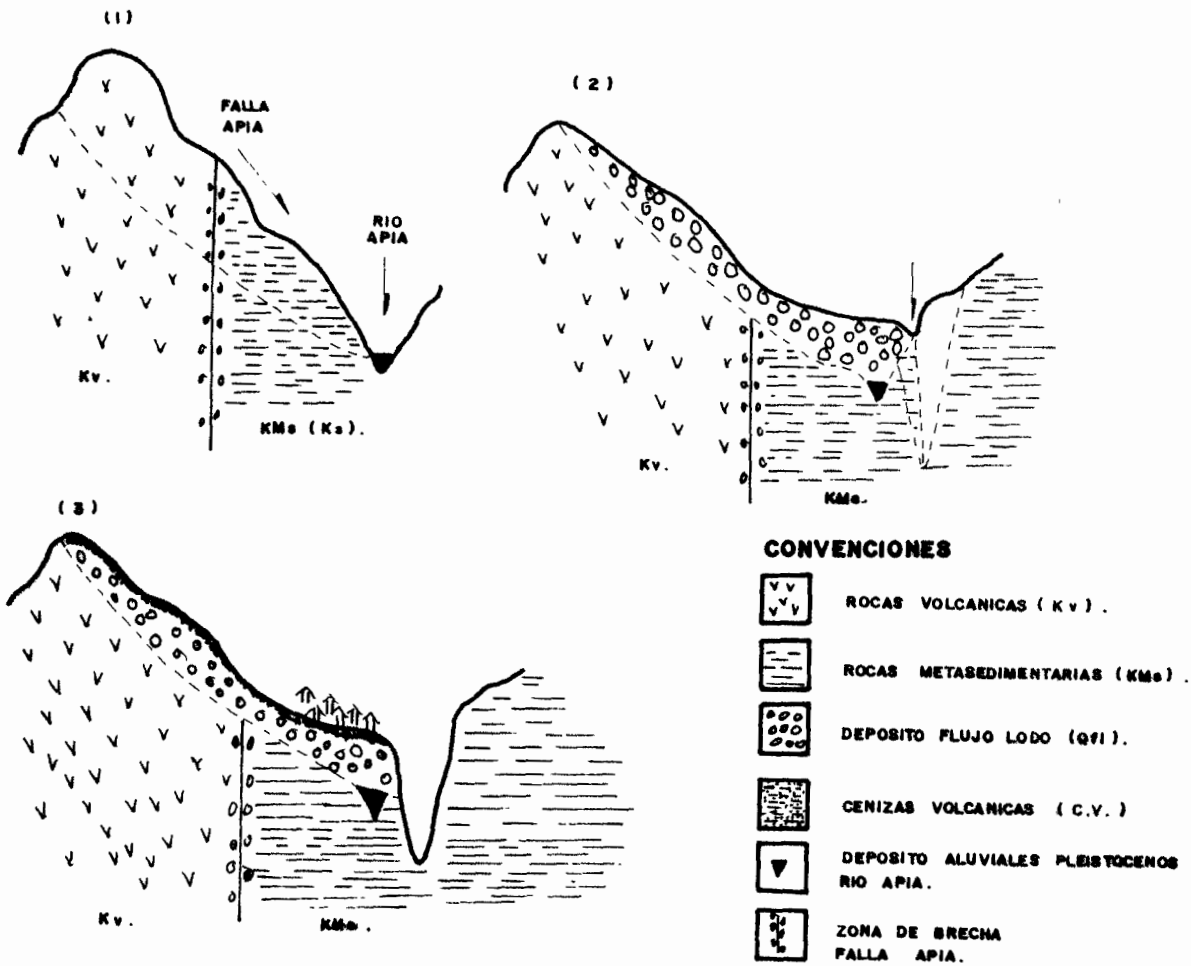
El estado avanzado de meteorización esferoidal que presentan los bloques de roca volcánica basáltica, que en algunos casos llega a formar costras hasta de 15 cm lo mismo que el color rojo intenso de la matriz, permiten suponer que el depósito es bastante antiguo. En lugares donde las pendientes no son muy fuertes, está suprayacido por cenizas volcánicas, lo que sugiere su emplazamiento varios miles

de años atrás. El depósito de flujos de lodo es más antiguo que las terrazas del Río Apía, los depósitos torrenciales de la Quebrada la Frontera y las cenizas volcánicas que lo cubren parcialmente; de esta forma, la determinación de su edad depende, en buena medida, de las dataciones que puedan realizarse en cenizas volcánicas de la región.

La génesis del depósito no es muy clara debido a la falta de evidencias; sin embargo, parece razonable discutir dos hipótesis : Un emplazamiento catastrófico único o un emplazamiento a partir de flujos de lodo sucesivos. La Figura 5 ilustra ambos casos hipotéticos; el primero (caso A) supone una superficie de falla, a partir de la cual se generaría un movimiento de masa tipo flujo de lodo; éste se emplazaría en forma rápida y daría origen a una superficie bastante plana en la divisoria de aguas.

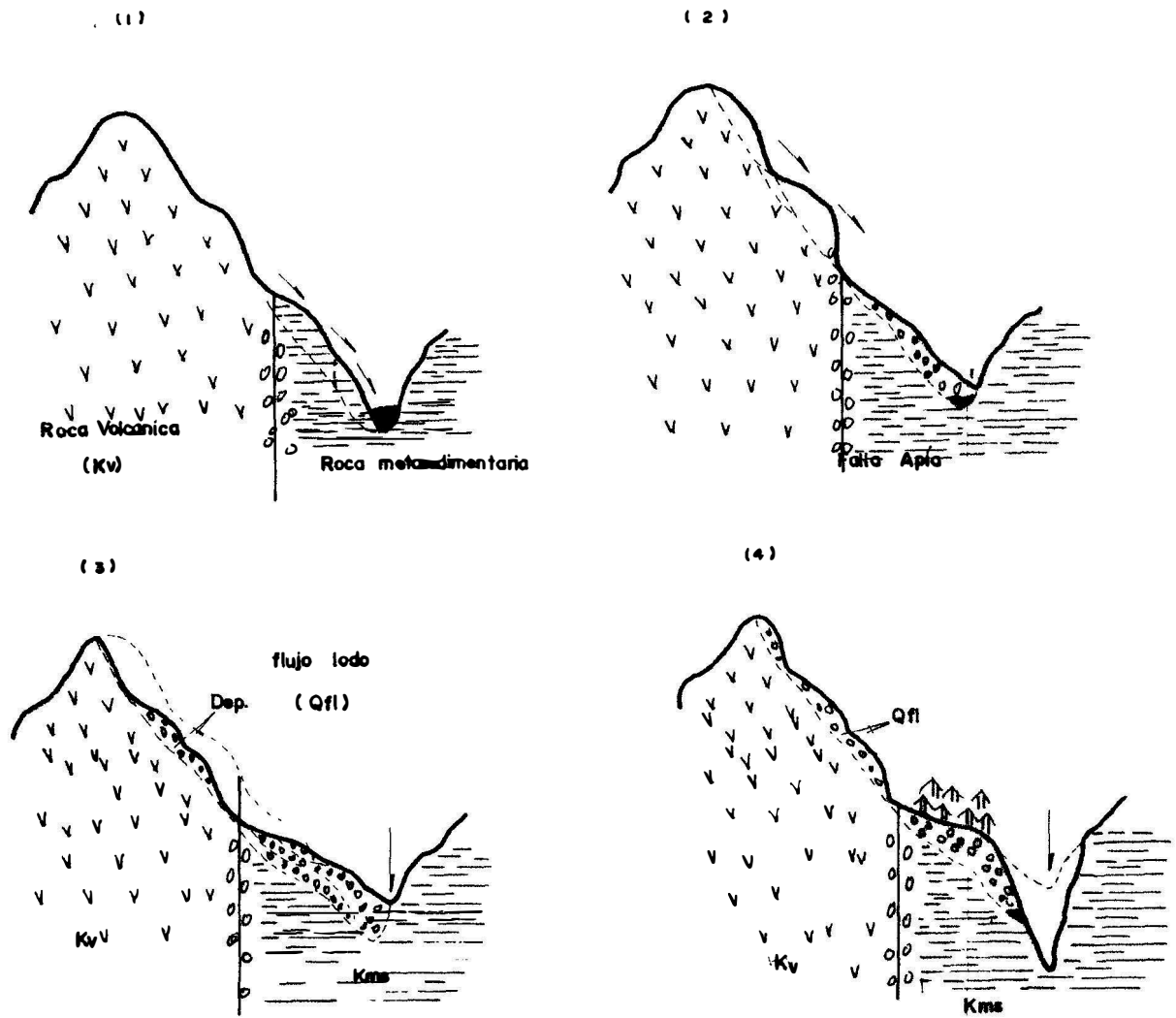
La segunda hipótesis (caso B) supone la acción de varios flujos de lodo de carácter remontante, que actuarían en forma continua, comenzando por las inmediaciones del Río Apía y finalizando en la divisoria de aguas.

Aunque no se detectaron superficies de discontinuidad del depósito o niveles diferenciables dentro del mismo, el emplazamiento debió realizarse por flujos sucesivos, en cortos intervalos de tiempo entre ellos; esto explicaría



- (1) FORMACION DE FALLA, QUE ACTUA COMO SUPERFICIE DE ARRANQUE (DISCONTINUIDAD ESTRUCTURAL).
- (2) EMPLAZAMIENTO DEL DEPOSITO DE FLUJO DE LODO, REMOVLIZACION Y REINCORPORACION PARCIAL DE DEPOSITOS ALUVIALES DEL RIO APIA.
- (3) INCISION DEL RIO APIA Y DEPOSITACION DE CENIZAS VOLCANICAS.

FIG. 5c - MODELO GENESIS DEL DEPOSITO DE FLUJOS DE LODO (GENESIS CATASTROFICA).



- (1) SOCACION DEL RIO APIA Y FORMACION DE SUPERFICIES DE FALLA O SUPERFICIE DE ARRANQUE DE FLUJOS DE LODO.
- (2) Y (3) FLUJOS DE LODO SUCESIVOS Y CONTINUOS EN EL TIEMPO. REMOVLIZACION Y REINCORPORACION PARCIAL DE LOS DEP. ALUVIALES DEL RIO APIA.
- (4) INCISION DEL RIO APIA Y DEPOSITACION DE CENIZAS VOLCANICAS.

FIG. 5b - MODELO GENESIS DEL DEPOSITO DE FLUJOS DE LODO (FLUJOS DE LODO SUCESIVOS).



los distintos niveles de disección del depósito, representados por el Río Apía y las Quebradas Agualinda, La Magdalena y El Clavel. Esta hipótesis explicaría además la composición diferencial del depósito entre la divisoria de aguas y el Río Apía; esto es: Entre la cuchilla y el casco urbano, éste está compuesto completamente por fragmentos de roca volcánica; en la zona del casco urbano, los fragmentos son mixtos (roca volcánica y roca metasedimentaria); y entre la zona urbana y el Río Apía, los fragmentos de roca son predominantemente de rocas metasedimentarias.

Por el contrario, la hipótesis 1 implicaría una mezcla indiscriminada de ambos tipos de roca.

De todas maneras, independientemente de las dos teorías, la Falla de Apía y el Río Apía tuvieron una marcada importancia en la génesis de los movimientos de masa que produjeron tal depósito.

La deflexión de las quebradas Agualinda y La Magdalena se presenta en el área de influencia de las fallas Apía y Boquerón, lo que sugiere un control estructural que provocó una especie de "estrangulamiento" del depósito (Ver Figura 2).

Por otra parte ambas teorías implican una removilización y asimilación parcial de depósitos aluviales del Río Apía por parte del depósito. Esto explicaría la presencia de bloques de cuarzomonzonita, procedentes del Cerro Tatamá, a 50 m de altura y 250 m de distancia, con respecto al actual cauce del río, en la Quebrada Del Hospital.

Se han localizado algunos lugares donde ha habido removilización del depósito. Es muy evidente, por ejemplo, en el potrero sur de Agualinda, donde eventos sucesivos de deslizamiento dejaron hondonadas cóncavas que llegan hasta el límite de la cárcava mayor; en el potrero norte también se dieron movimientos de masa que dejaron áreas planas y alargadas en la dirección de tales movimientos. El mismo fenómeno está presente en la zona de El Clavel, donde hay huellas de antiguos deslizamientos, representadas por áreas deprimidas entre colinas alargadas y en las cuales se recogen las aguas de escorrentía.

A excepción de la parte media a inferior del potrero norte de Agualinda, en las hondonadas cóncavas, antes mencionadas, hay recubrimiento de cenizas volcánicas de varios decímetros de espesor, demostrando una gran estabilidad desde que éstas se depositaron.

Los procesos erosivos que en la actualidad se están dando al interior del depósito suponen una removilización, por lo menos parcial, de éste. Desplazamientos sucesivos del terreno, que en ocasiones se dan en bloques, a partir de grandes grietas en el terreno, escalonamientos y pequeños desprendimientos son efectos de tal removilización, sobre laderas con pendientes entre 20% y el 30%, que han estado sometidas a ganadería intensiva.

Dadas las características del depósito (mediana permeabilidad y porosidad y baja cohesión), parece lógico pensar en la presencia de dos discontinuidades hidrogeológicas; la primera estaría representada por la interfase cenizas volcánicas-depósito de flujos de lodo, y la segunda por la interfase depósitos de flujos de lodo-rocas volcánicas o metasedimentarias (ambos tipos de roca dan origen a saprolitos arcillosos); sin embargo, aunque la removilización actual del depósito de flujos de lodo parezca estar relacionada con corrientes subterráneas y un nivel freático superficial, estas discontinuidades hidrogeológicas no parecen corresponder a superficies de arranque de movimientos de masa actualmente activos.

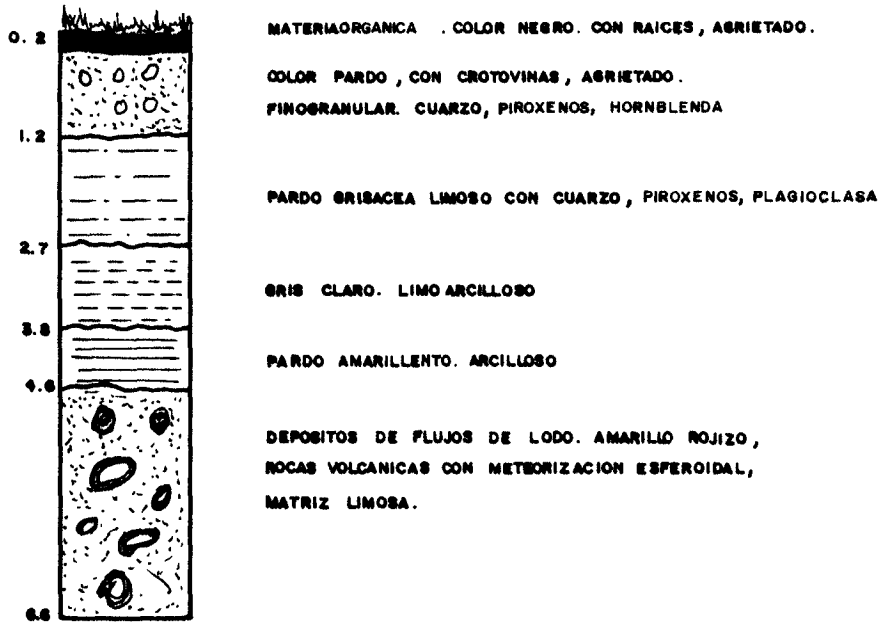
Es importante, por lo tanto, realizar un estudio detallado de las propiedades mecánicas e hidráulicas del depósito con el fin de establecer con mayor certeza su grado de es-

tabilidad.

**4.3.2. Cenizas volcánicas.** Con algunas excepciones, el área al oriente del casco urbano del Municipio de Apia está cubierta por una capa de cenizas volcánicas, con un espesor máximo encontrado de 4.5 m, en una cárcava de la zona de El Clavel, siendo más común encontrar horizontes de 3 a 3.5 m. En el casco urbano se han localizado aisladamente algunos puntos en los cuales aflora (Ver Mapa 3).

Las cenizas volcánicas se caracterizan por su alta porosidad y permeabilidad, densidad media a baja lo mismo que su cohesión; son limosas a limoarcillosas; su color varía de pardo claro a oscuro, amarillento y en ocasiones rojizo. Los minerales más comunes son cuarzo bipiramidal, plagioclasa, piroxenos y hornblenda; en los horizontes superiores las crotovinas son abundantes.

Las cenizas volcánicas forman un suelo muy homogéneo y continuo, se encuentra en zonas relativamente planas como son la divisoria de aguas, la zona media y alta de Agualinda, en donde es posible apreciar varios horizontes (Figura 6). Localmente suprayace saprolito de rocas volcánicas, pero en general se le encuentra cubriendo el depósito de flujos de lodo.



**FIG. 6 - PERFIL TIPICO DE CENIZAS VOLCANICAS  
CARCAVA POTRERO SUR AGUALINDA**

No se detectó la presencia de estructuras que afectaran las cenizas, solamente agrietamientos por deshidratación, a partir de los cuales se dan pequeños desprendimientos del terreno.

**4.3.3. Terrazas y rellenos aluviales del Río Apía.** Compuestos principalmente por fragmentos de roca volcánica basáltica que alcanzan hasta 15 cm de diámetro, y en menor proporción de rocas metasedimentarias, todas dentro de una matriz arenosa de color pardo oscuro, gris oscuro.

A la altura del casco urbano del municipio, su llanura aluvial alcanza una amplitud de 150 m aproximadamente. En ella es posible distinguir, al menos, tres terrazas bajas, cuya diferencia de nivel no supera 1 m. La llanura de inundación está a una altura de 1.30 m sobre el nivel del río; se ha podido apreciar que en épocas de crecida, éste ha superado este nivel.

Bloques de rocas graníticas de hasta 8 m de diámetro, han sido hallados en ambas márgenes del río. Estos bloques, cuya composición es la de una cuarzomonzonita, sólo pudieron tener origen en el Cerro Tatamá, tal como lo reporta ARCAS (1987).

La incidencia que ha tenido el Río Apía sobre las geofor-  
mas se hace muy evidente en la margen izquierda de éste,  
entre las quebradas La Frontera y Agualinda. Allí las  
pendientes superan el 60% y el cauce de las quebradas es  
muy profundo. Se hallaron bloques de rocas graníticas en  
la Quebrada Del Hospital a una altura de 50 m sobre el  
nivel actual del Río Apía, lo que da una idea de la profun-  
dización y variación de su cauce.

#### **4.3.4. Terrazas y Depósitos de la Quebrada La Frontera.**

Asociados a la Quebrada La Frontera, es posible encontrar  
depósitos torrenciales compuestos por bloques angulosos y  
cantos de rocas volcánicas y metasedimentarias, embebidos  
en una matriz arenosa de color gris. Localmente alcanzan  
hasta 4 m de espesor y suprayacen el depósito de flujos de  
lodo.

Terrazas: Se distinguen varios niveles de éstas, la más  
alta de las cuales se encuentra a 1.5 m del nivel actual  
de la quebrada. Están compuestas por cantos y fragmentos  
redondeados a subangulosos de rocas volcánicas basálticas,  
y en menor cantidad rocas metasedimentarias, dentro de una  
matriz arenosa de color gris.

#### **4.3.5. Depósitos de flujos de escombros.** Caracterizados por una gran cantidad de bloques de roca volcánica de

diferentes tamaños, dentro de una matriz arenosa de color pardo. Se originan a partir de un proceso de carcavamiento que se está dando sobre la vertiente izquierda de la quebrada, y que se ha remontado hasta la carretera. El aporte de este material a la quebrada es considerable, sin que al parecer se hayan presentado represamientos.

**4.3.6. Rocas volcánicas basálticas.** Se encuentran aflorando ampliamente en la vía de acceso al municipio y en las quebradas que drenan la zona de estudio.

Se caracterizan por su coloración verde en estado fresco, son masivas, de grano muy fino, con venillas de sílice y calcita; en ocasiones su textura es porfídica, con fenocristales de hornblenda y plagioclasa. Comúnmente están muy fracturadas y cizalladas y en ocasiones con características miloníticas.

En el camino a Agualinda y en la zona del Boquerón, están alteradas a un saprolito limoarcilloso de color rojizo, amarillo rojizo.

Subyacen el depósito de flujos de lodo en la zona oriental del municipio, al igual que las cenizas volcánicas. La diferencia en las propiedades entre ellos aparentemente no es la causa de los procesos de carcavamiento o despren-



dimiento, que se están generando al interior del depósito.

Como se aprecia en el mapa 3 de formaciones superficiales, las rocas volcánicas representan un porcentaje muy pequeño dentro de ellos.

**4.3.7. Rocas metasedimentarias.** Las rocas metasedimentarias están ampliamente distribuidas al occidente de la cabecera municipal; afloran principalmente en la vía a Pueblo Rico, en las vertientes sobre el Río Apía y en cortes de caminos.

Son lutitas que han sufrido un bajo grado de metamorfismo, se presentan de colores grises a abigarrados; han tenido un intenso fracturamiento y en ocasiones cizallamiento y plegamiento que les dan un aspecto caótico. Están suprayacidas por el depósito de flujos de lodo.

El saprolito de la roca metasedimentaria es una arcilla de color gris, muy plástica e impermeable en comparación con el depósito de flujos de lodo que es más permeable y menos cohesivo.

Es común encontrar estas rocas buzando a favor de la pendiente, razón por la cual se ve afectada por pequeños deslizamientos en la vía a Pueblo Rico.

#### 4.4. PROCESOS EROSIVOS

**4.4.1. Erosión.** La erosión ha sido un factor importante en la evolución geomorfológica de la zona de estudio; tanto la erosión superficial como en masa continúan vigentes y afectan severamente parte del territorio (Mapa 4).

**4.4.1.1. Erosión superficial.** La construcción de caminos, el sobrepastoreo y la pérdida de vegetación protectora del suelo, son factores determinantes en la intensa actividad de la erosión superficial.

La erosión por caminos es especialmente importante en los sectores del Barrio San Juan y en las cuencas altas de las quebradas El Clavel y Agualinda. El continuo uso de los caminos provoca la pérdida de vegetación, en tanto que el agua de escorrentía actúa desprendiendo partículas y arrastrándolas. Dada la poca compactación (baja cohesión) del depósito de flujos de lodo, la profundización y ampliación de estos caminos es relativamente rápida, comenzando por la formación de surcos que pueden evolucionar hasta cárcavas, especialmente en el cruce de varios caminos o donde son transitados intensamente.

El sobrepastoreo es un fenómeno importante en el área de estudio; ha dejado sus huellas en forma de terracetas,

donde las contrahuellas son sometidas a la acción de los agentes erosivos. Dicho fenómeno se presenta en potreros localizados en sectores como El Crucero, potrero norte de la carretera a Agualinda, El Establo y en la zona oriental del casco urbano, en la cuenca alta de la Quebrada El Clavel. En estas zonas el sobrepastoreo provoca, algunas veces, desplazamientos del terreno.

La actividad ganadera en la actualidad es reducida, pero según relatos de habitantes, años atrás era de carácter importante. Los potreros fueron explotados intensamente, dando origen a huellas y procesos aún vigentes. Unos pocos potreros fueron sustituidos por zonas para cultivo de café y plátano, pero en la actualidad la mayoría de éstos persisten, presentando serios signos de inestabilidad.

La erosión superficial por falta de vegetación protectora es de gran importancia en la cuenca alta de la Quebrada Agualinda. Los problemas de inestabilidad allí se originaron por procesos combinados.

En el pasado la intensa actividad en potreros y la ausencia de vegetación protectora desencadenó deslizamientos en esta zona. Hace aproximadamente 12 años, cuando la actividad ganadera prácticamente se extinguió, la cuenca fue reforestada en forma antitécnica, dejando espacios muy

reducidos y evitando, de esta forma, el crecimiento de vegetación nativa, aún en las márgenes de la quebrada, por falta de luz; esto implicó una continuidad de procesos erosivos.

**4.4.1.2. Cárcavas.** Son de especial importancia por su magnitud. Se han formado en zonas como El Crucero, en la cuenca alta de la Quebrada El Clavel, en la cuenca media de la Quebrada Agualinda, cerca a la planta de tratamiento y en la zona del Muñeco.

La génesis de las cárcavas se debe a procesos combinados tales como: Desplazamientos del terreno, sobrepastoreo, acción de corrientes subterráneas y formación de canales labrados por el agua.

Tales procesos se ven favorecidos por la baja cohesión o la poca consolidación del depósito de flujos de lodo y al nivel freático superficial.

La presencia de corrientes facilita la ampliación rápida de las cárcavas, ya que éstas socavan las orillas del canal y provocan colapsos laterales de la masa de suelo, por pérdida de soporte (potrero norte de Agualinda).

Otras cárcavas han tenido su evolución a partir de corrientes subterráneas o por variaciones en el nivel freático, donde la presión de poros supera la resistencia a la cizalladura; en este caso el proceso puede comenzar con un deslizamiento o con el basculamiento favorecido por la presencia de fracturas (potrero sur de Agualinda).

En la zona del Muñeco, márgenes de la Quebrada La Frontera, las cárcavas se han formado sobre depósitos de flujos de escombros recientes, no consolidados. Dadas sus características (poca compactación y alta permeabilidad) y composición (numerosos fragmentos de roca volcánica fracturada en matriz arenosa), estos depósitos son fácilmente removidos por acción de aguas de escorrentía y de infiltración.

**4.4.2. Movimientos de masa.** Los movimientos de masa son numerosos y afectan especialmente el área suburbana. Su importancia está basada, no sólo en su cantidad, sino además en su magnitud. Se han diferenciado los siguientes movimientos de masa: Deslizamientos, desprendimientos, flujos y desplazamientos del terreno; sin embargo, generalmente, estos procesos actúan en forma mixta.

**4.4.2.1. Deslizamientos.** Afectan principalmente la vía de acceso y la carretera a Pueblo Rico, donde se han intensificado a partir de las obras de ampliación de la ca-

rretera.

Generalmente, los deslizamientos tienen carácter mixto, ya que finalmente se transforman en pequeños flujos de lodo o escombros, ya sea que actúen sobre el depósito o sobre rocas volcánicas y metasedimentarias, intensamente fracturadas.

Uno de los deslizamientos más importantes es el que afecta el talud superior de la carretera en la parte posterior del hogar infantil, el cual va precedido de desprendimientos de masas de suelo.

La saturación o alta humedad es una causa significativa en el origen de los deslizamientos, ya que implica una alta presión de poros. Las fracturas no siempre son irregulares; en ocasiones son planos bien definidos, a partir de los cuales se origina el movimiento.

Muchos deslizamientos son progresivos; esto es, se van formando a lo largo de canales en forma sucesiva, generalmente de carácter remontante; este tipo de fenómeno se observa en la margen izquierda de la Quebrada La Frontera, en la parte posterior del Colegio Santo Tomás y en la cuenca alta de la Quebrada El Clavel.

Cuando los deslizamientos son de carácter ascendente están acompañados de grietas en el terreno, paralelas a la corona.

**4.4.2.2 Desprendimientos.** Son movimientos en los cuales una masa de suelo o un bloque de roca se desprende de un talud de pendiente fuerte a partir de una superficie (p.e una fractura) y desciende en caída libre, rodando o a saltos.

Los desprendimientos de roca se dan principalmente en la zona del Muñeco, donde se presentan taludes verticales y subverticales en roca fuertemente fracturada. Tales fracturas están representadas por diaclasas que buzando hacia la carretera y que forman cuñas a manera de bloques prismáticos de roca. También son frecuentes en algunos sitios de la carretera, en donde las rocas metasedimentarias están buzando hacia ésta.

Los desprendimientos de suelo se originan a partir de agrietamiento causado por desecación (deshidratación) y actúan generalmente sobre el depósito de flujo de lodo y sobre cenizas volcánicas, como ocurre en las trincheras del plan de vivienda "El Hogar Colombiano" y en el Potrero Sur de la carretera a Agualinda.

En el talud del hogar infantil, los desprendimientos de suelo se han presentado en forma combinada con deslizamientos iniciales. Igualmente sucede en la cuenca alta de la Quebrada El Clavel, donde se han dado procesos combinados de deslizamientos y desprendimientos de suelo, en masas de varios decímetros hasta metros.

**4.4.2.3. Flujos.** Los flujos son movimientos de masa, en los que el agua juega un papel importante, dadas las condiciones de hidratación con las que éstos se presentan.

Se han diferenciado flujos de lodo y flujos de escombros, teniendo en cuenta que la matriz es superior o igual al 50%, en los primeros, y menor de 50% en los segundos.

En la actualidad los flujos son de magnitudes relativamente bajas. Los flujos de escombros se presentan principalmente en sectores del Muñeco y otros sitios de la carretera, donde encuentran condiciones favorables, debidas al intenso fracturamiento de las rocas volcánicas y metasedimentarias.

Los flujos de lodo, aunque pequeños, son más comunes y se localizan a lo largo de la vía de accenso y carretera a Pueblo Rico, en la cuenca alta de la Quebrada Agualinda, en la cuenca alta de la Quebrada El Clavel y en la parte posterior de la planta de tratamiento. Estos se han origi-



nado a partir de pequeñas removilizaciones del depósito de flujos de lodo, y a partir de saprolito de rocas volcánicas.

**4.4.2.4. Desplazamientos del terreno.** Los desplazamientos del terreno representan un proceso de erosión en masa, caracterizado por movimientos sucesivos del terreno en forma de bloques o masas; tales movimientos son relativamente lentos y se manifiestan en la superficie topográfica como una serie de desniveles en forma de "terrazas" o "escalones", algunos claramente paralelos, bien definidos, otros en forma rugosa e irregular.

Estos movimientos reflejan en gran medida el estado avanzado de inestabilidad de algunas zonas, como el potrero norte de la carretera a Agualinda.

**4.4.3. Socavación de orillas.** Aunque la socavación de orillas no es un factor importante en la desestabilización de las laderas, debe tenerse especial cuidado en las zonas donde actúa.

En la Quebrada La Magdalena, parte posterior de las viviendas de Santa Inés, la socavación de orillas podría incidir severamente sobre las vertientes, que en este sector son de pendientes bastante fuertes.

La planta de tratamiento vierte agua en uno de los canales de la Quebrada El Clavel, a una presión relativamente alta. Este fenómeno ha creado un proceso de socavación de orillas en dicho canal, que posibilita la acción de movimientos de masa sobre la vertiente.

#### **4.5. ASPECTOS SISMICOS**

Se pretende condensar en este capítulo la información macrosísmica disponible del área de estudio; para ello han sido de gran utilidad el Estudio Sismotectónico en el Área del Viejo Caldas (James, 1986) y la recopilación de los eventos sísmicos que presenta EGEO (1987).

El Municipio de Apía se encuentra localizado en el área de influencia de ambos estudios, razón por la cual es posible acogerse a ellos.

El catálogo de sismos que aquí se presenta (Anexo 3) incluye los eventos ocurridos en la zona de subducción que como lo anota James (1986), es donde se da la tasa de máxima sismicidad; los eventos intermedios, que tienen lugar entre las cordilleras Occidental y Central a profundidades entre 70 y 170 km y los sismos someros.

Toda esta información, sin embargo, presenta grandes deficiencias en cuanto a calidad y cantidad de datos debido entre otros a que la sismología ha tomado auge solamente desde hace poco tiempo; los eventos con magnitudes menores o iguales a VI no son registrados por los medios de información; los epicentros de los eventos sísmicos no han sido bien localizados presentándose marcadas diferencias en trabajos de relocalización, además de la falta de estudios sismotectónicos, sismológicos y geológicos (EGEO, 1987).

Del análisis histórico que hace James (1986), es importante extraer las siguientes consideraciones, con las que pretende llegar a determinar la magnitud y frecuencia de los eventos sísmicos que podrían influir en la seguridad de la zona, y que mejor aún dan una idea bastante aproximada del riesgo sísmico a que está sometido el Municipio de Apía.

- La zona de mayor sismicidad se encuentra localizada donde se da la tasa de máxima subducción. En los últimos 60 a 80 años, la Zona de Benioff, ha sido la fuente de la mayoría de los eventos sísmicos grandes que han afectado el área de interés.
- La presencia de nidos de sismicidad o concentraciones, por debajo del Bloque Andino ha sido interpretada como

el resultado del traslape de placas oceánicas (Pennington et al. 1981).

- Esta región hoy en día estaría clasificada como una zona que posee un riesgo sísmico entre moderado y alto.
- Los eventos que más han afectado las ciudades en esta región se originaron (5 de los 7, desde 1829) en o cerca de Apía.
- Aparecen cuatro concentraciones de epicentros que son las responsables del 70% de los eventos en la región y cuyos hipocentros se ubican principalmente en la Zona de Benioff o a profundidades mayores.
- Más del 60% de los eventos registrados no tienen profundidades asignadas y algunas de las concentraciones están ubicadas donde hay intersecciones de fallas superficiales, por lo cual no se puede eliminar la posibilidad de que estas estructuras también sean fuente de algunos eventos.
- Los eventos significativos en el área tienen un intervalo promedio de recurrencia de 25 años con un rango de 17 a 32 años; los eventos sísmicos mayores a 5.5 Mb, tienen un promedio de 5.1 años, variando entre 1 y 13

años. Se emplea la recurrencia de eventos mayores a 4.2 Mb, como un índice de la actividad de cada concentración.

- El análisis de los eventos sísmicos registrados indican que 7 de los próximos 10 sismos se pueden originar en una de las cuatro concentraciones de actividad sísmica en el siguiente orden: Concentración 1: (Apía-Viterbo) 37%; Concentración 2: (Chinchiná- Sta. Rosa de Cabal) 18%; Concentración 3: (Obando) 10%; Concentración 4: (Salento) 5%.
  
- La Concentración 1: Apía-Viterbo tiende a estar compuesta de eventos con magnitudes inferiores a las de las otras fuentes a pesar de que es la de actividad sísmica más frecuente, con magnitudes de 4.5 a 5.5 Mb y con intervalos de recurrencia de 3.3 años y profundidades de 112 km.
  
- Queda en duda si los orígenes de esta fuente de sismicidad para los numerosos eventos podrían ser debidos a la intersección de estructuras superficiales con orientaciones diferentes (N-S y N45°W), o son de la Zona de Benioff.

- El hecho de que las poblaciones estén fundadas sobre materiales con densidades muy inferiores a las unidades litológicas del basamento, significa que van a experimentar un aumento del efecto sísmico, tanto en términos de aceleraciones como desplazamientos de la superficie durante épocas secas y en caso de nivel freático alto o presencia de relleno debajo de los cimientos, el efecto resultaría mayor.

Considerando entre otros que el tipo y el estado de la construcción en el Municipio de Apía es bastante deficiente; que la población está fundada sobre un depósito de flujos de lodo cuya densidad es muy inferior a la de las rocas volcánicas y metasedimentarias subyacentes y que la región está afectada por importantes estructuras con dirección general N-S, puede establecerse que se hace necesario tomar estrictas medidas tendientes proporcionar a la comunidad una mayor protección de los efectos sísmicos.

Dichas medidas incluirían la exigencia de hacer las nuevas construcciones de acuerdo al código antisísmico y reparar técnicamente las viviendas en mal estado.

La recopilación de los informes de los habitantes sobre los efectos en la población de los eventos sísmicos, no per-

mitió su análisis, dada la imprecisión y la escasez de los datos.

Se reporta, por ejemplo un sismo en el año de 1937, bastante fuerte; se sintieron tres movimientos sucesivos con lapsos entre 1/2 y 1 hora. En los catálogos sísmicos, sin embargo, no figura ningún evento en la zona en dicho año, el más cercano corresponde al ocurrido en febrero de 1938, en el área de Manizales, y cuya intensidad alcanzó IX en la escala de Mercalli.

En el año de 1962 se reporta un sismo muy fuerte en el cual se agrietaron las paredes de algunas construcciones y los techos fueron desentejados. Se reporta en el catálogo un sismo ocurrido en septiembre de 1962, y localizado entre las coordenadas 5.5°N y 76°W, con una intensidad de IV y cinco sismos profundos que no se citan aquí por estar localizados fuera del área de estudio.

En 1963, ocurrió un sismo del cual no se tienen informe de los habitantes, debido probablemente a imprecisión en las fechas; se localizó en las coordenadas 5.199°N y 76.000°W; tuvo una intensidad de IV y magnitud de 3.5 (Pueblo Rico).

El 23 de noviembre de 1979, ocurrió un sismo localizado en las coordenadas 4.5°N y 76.0°W, con magnitud de 6.4 y

profundidad de 113 km a las 18.45.22 horas. Los reportes que de él dan los habitantes del Municipio de Apía son los siguientes:

- Produjo fallas en la estructura de la iglesia, en los arcos y en las paredes, algunas de las cuales se desplomaron.
- Hubo agrietamientos en el Colegio Santo Tomás.
- Las viviendas de bahareque sufrieron averías en los techos y las paredes.
- Las construcciones con muros de cantos sufrieron daños, mientras que los muros en plancha se conservaron intactos.
- Las viviendas de la Vereda Agualinda fueron prácticamente destruidas.

#### 4.6. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA

Con el último levantamiento de la cordillera en la Orogenia Andina, los procesos erosivos y la incisión de corrientes de agua dieron un aspecto geomórfico inicial muy distinto al actual. Posiblemente las vertientes fueron empinadas y



extendidas; la marcada influencia de las estructuras en la región tuvo como resultado un contraste entre zonas abruptas y zonas relativamente planas, dando una idea de tectónica de bloques, como se observa en regiones cercanas (La Marina-Santuario y al norte de Apía).

Semejante actividad tectónica habría provocado un intenso fracturamiento de las rocas volcánicas y metasedimentarias, bastante favorable para la acción de los agentes meteóricos y para la acumulación y circulación de agua.

La acción del Río Apía, socavando profundamente su margen izquierda al igual que la presencia de las fallas Apía y Boquerón, entre otras, facilitarían la formación de flujos de lodo sucesivos. Estos flujos darían como resultado un depósito entre la divisoria de aguas y el Río Apía; este último fue desplazado hacia el Occidente.

Los movimientos de masa representan un proceso morfogenético importante, debido a la gran actividad que han tenido. Removilizaron parte del depósito de flujos de lodo y dejaron sus huellas sobre la superficie.

La acción de las corrientes no ha sido menos importante; tanto el Río Apía, como las quebradas Agualinda, La Magdalena y El Clavel han ajustado parcialmente su cauce a

estructuras que facilitan su profundización y aumentan su capacidad de remoción y transporte de sedimentos; esto es particularmente cierto entre el casco urbano y el Río Apía, donde las quebradas aumentan considerablemente su gradiente.

#### 4.7. INFLUENCIA HUMANA

La monografía publicada sobre Apía con motivo de sus 100 años de fundación (Naranjo, 1986), recopila la información general disponible sobre la población tanto en sus orígenes como a través de toda su historia.

Su utilidad en el presente trabajo radica precisamente en que es posible conocer la evolución que han sufrido los terrenos en relación con las actividades humanas, las cuales han dejado su huella erosiva.

Las modificaciones introducidas al paisaje por la acción antrópica tienen más importancia en la medida del efecto sobre el entorno que por la magnitud de los procesos erosivos, sin pretender restarle importancia a éstos.

Es así como las actividades agrícolas y ganaderas y el proceso de desarrollo urbano, le han reportado a estas tierras un deterioro ambiental, tal como se detalla a

continuación:

- Ampliación de la carretera al mar.

Como consecuencia normal de la necesidad de buscar el incremento en el desarrollo de la economía, surgió la iniciativa de la apertura de la carretera al mar. Se produjo entonces, en el área objeto del presente estudio, el primer gran impacto ambiental.

La carencia de un estudio geológico-geotécnico de esta vía trajo como consecuencias la desestabilización de los taludes, en forma tan acelerada, que se ha puesto en serio peligro la comunicación del Municipio de Apía con el resto del departamento; los procesos de erosión en masa se han intensificado y con ello han desaparecido tierras dedicadas a la agricultura y la ganadería.

La zona denominada El Muñeco es la más severamente afectada; la roca volcánica basáltica que allí aflora presenta una densidad de fracturamiento muy alta, incrementada por el uso de dinamita. Igualmente afectada, se encuentra la zona del Hogar Infantil Las Golondrinas, en la cual el corte dejó taludes muy altos y subverticales, sobre el depósito de flujos de lodo, el que además ha presentado problemas de afloramientos de agua.

- Construcción de vías y caminos.

Las vías que del área urbana conducen a las veredas como en el caso de Agualinda o Santa Inés, presentan taludes pequeños, bastante estables. Las zonas aledañas a tales vías no se han visto afectadas por el corte de éstas. Caso contrario ocurre en la vía que conduce a Viterbo, la cual se encuentra muy afectada por deslizamientos debidos a taludes subverticales, en ocasiones muy altos, sobre rocas volcánicas basálticas muy fracturadas.

Los antiguos caminos de herradura se presentan ahora muy profundos, algunos de ellos ya con vegetación; han favorecido el encauzamiento de las aguas de escorrentía y ocasionado desprendimientos del terreno que junto con el sobrepastoreo han contribuido a la desestabilización de algunos sectores.

En los caminos actuales se produce erosión superficial debido a la falta de vegetación protectora y a la acción de aguas de escorrentía que se concentran en ellos.

- Rellenos antrópicos

En la zona urbana de Apía esta práctica no ha sido muy utilizada. Existen sin embargo algunos llenos que revisten

importancia en la medida en que soportan obras como son: La galería de mercado y casas aledañas, el Colegio Santo Tomás, el Hogar Infantil Las Golondrinas y el estadio.

No se conocen los pormenores de estas obras puesto que no fue posible obtener documentación sobre ellas. Por relatos de los habitantes, se supo que el lleno del cauce de la Quebrada El Clavel alcanzó espesores superiores a 10 m en un recorrido de aproximadamente 250 m. Se colocó una tubería cilíndrica de 2.0 m de diámetro y se terminaron de hacer las obras de adecuación sin que al parecer hubiera un adecuado control sobre ellas. Esta obra, aunque lleva aproximadamente 20 años de construida, no ha presentado problemas de asentamientos o agrietamientos.

No es este el caso del lleno efectuado en el Hogar Infantil Las Golondrinas, que alcanza un espesor hasta de 2 m en el extremo norte; su compactación fue deficiente y en él se asentaron las estructuras, razón por la cual el edificio se ha visto seriamente afectado (Ver información geotécnica completa en Arcas, 1987).

El área del estadio municipal ha sufrido modificaciones sustanciales; se hicieron cortes y llenos sin un control adecuado, por lo cual resultaron muy afectadas las estructuras, sin embargo no se ha realizado ningún estudio

geotécnico que conlleve a las soluciones adecuadas.

El anexo 4 muestra los resultados de un apique realizado en esta área. Como puede apreciarse, al menos en algunos sectores, se ha modificado radicalmente la topografía, trayendo consigo el afloramiento de aguas subterráneas que actualmente representan un problema muy significativo para la desestabilización del terreno.

- Usos de la tierra.

La adecuación de la tierra para cultivos, provocó la destrucción de los bosques naturales, con lo cual se introdujeron modificaciones importantes en el paisaje, se cambió el régimen hídrico y como consecuencia hubo un aumento considerable en la tasa de erosión.

La ganadería fue también una actividad importante hasta hace 10 o 15 años; algunos de los potreros están siendo aprovechados ahora para cultivos principalmente de café, plátano, frutales y caña de azúcar; en el sector de El Establo se han sembrado pinos, pero en forma antitécnica, lo que ha provocado problemas de erosión superficial, desprendimientos y desplazamientos del terreno.

La región no ha tenido actividad minera; solamente tuvo algún significado la g.uaquería, que implicó numerosas excavaciones que ahora son almacenadoras de agua.

Los cauces de ríos y quebradas no han sido modificados por actividades económicas; de ellos no se extrae arena o piedra y tampoco minerales. El aprovechamiento para el consumo doméstico sólo ha implicado su recolección en pequeños tanques introduciendo modificaciones mínimas en su curso.

La Quebrada Agualinda provee de agua a la mayor parte del municipio. En la parte media de esta quebrada se han presentado deslizamientos que inclusive han llegado a represarla; sin embargo, esto no ha afectado la bocatoma principal, la cual se encuentra en la cuenca alta. Un tanque localizado en el sector de la Escuela Agualinda, en cambio, si ha sido afectado; éste provee de agua varias fincas del sector. La Quebrada El Clavel surte el sector de El Clavel; tres de sus ramales nacen en cárcavas del potrero sur de Agualinda, son afectados por deslizamientos y desprendimientos de terreno que enturbian el agua, obligando en ocasiones a la suspensión del suministro. La Quebrada La Magdalena surte el acueducto del Barrio Santa Inés en forma eficiente y segura.

## 5. ASPECTOS HIDROLOGICOS

### 5.1. GENERALIDADES

Dentro de los factores que inciden directamente en el clima del Municipio de Apía, juegan un papel importante los accidentes orográficos, como responsables de los climas, desde páramo (4.150 m. el Cerro Tatamá, hasta templado (Río Apía, 1.300 m), y la dirección de las grandes masas de aire provenientes principalmente del norte, que influyen notablemente en la precipitación y la temperatura.

Existen en el municipio dos estaciones pluviométricas: La María y El Tamboril, de las cuales es posible obtener datos desde 1981. Del análisis de estos datos pueden concluirse que el municipio tiene una precipitación promedio anual de 2.200 mm, siendo los meses más lluviosos abril, mayo, junio y octubre y los más secos febrero, agosto y diciembre (Figura 7). Datos sobre nubosidad, brillo solar o humedad relativa se obtienen de la estación meteorológica Las Camelias, localizada en el Municipio de Santuario y cuya infor-



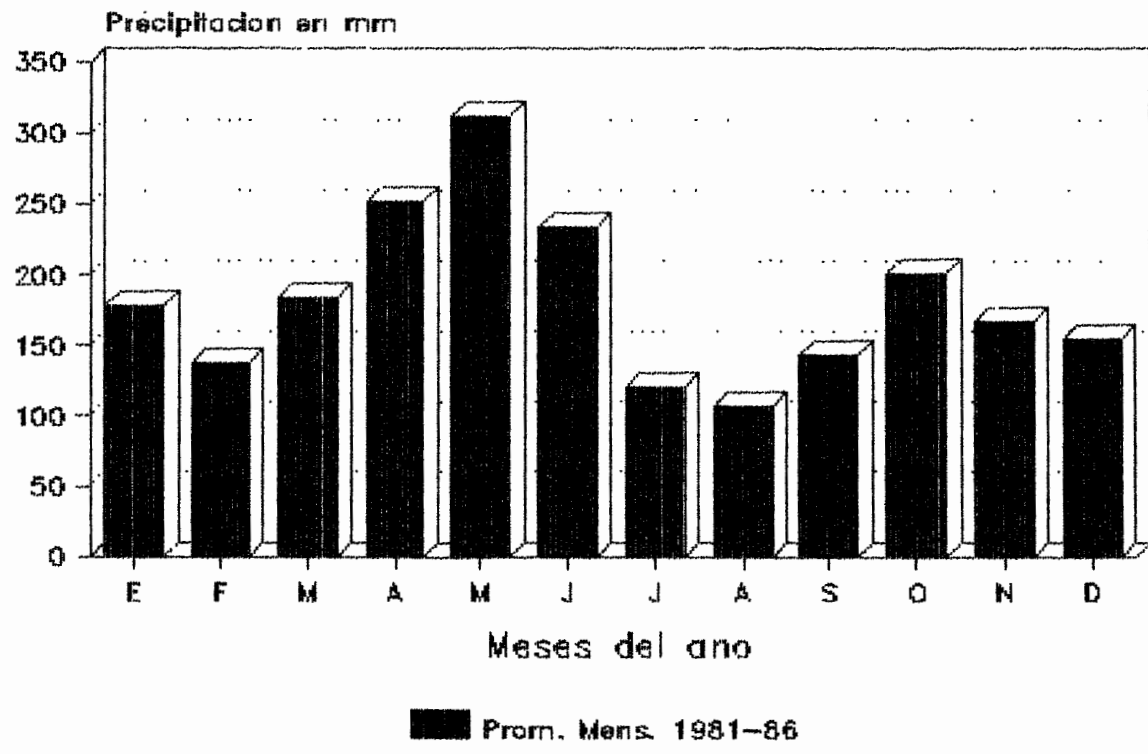


FIGURA 7. Diagrama de precipitacion

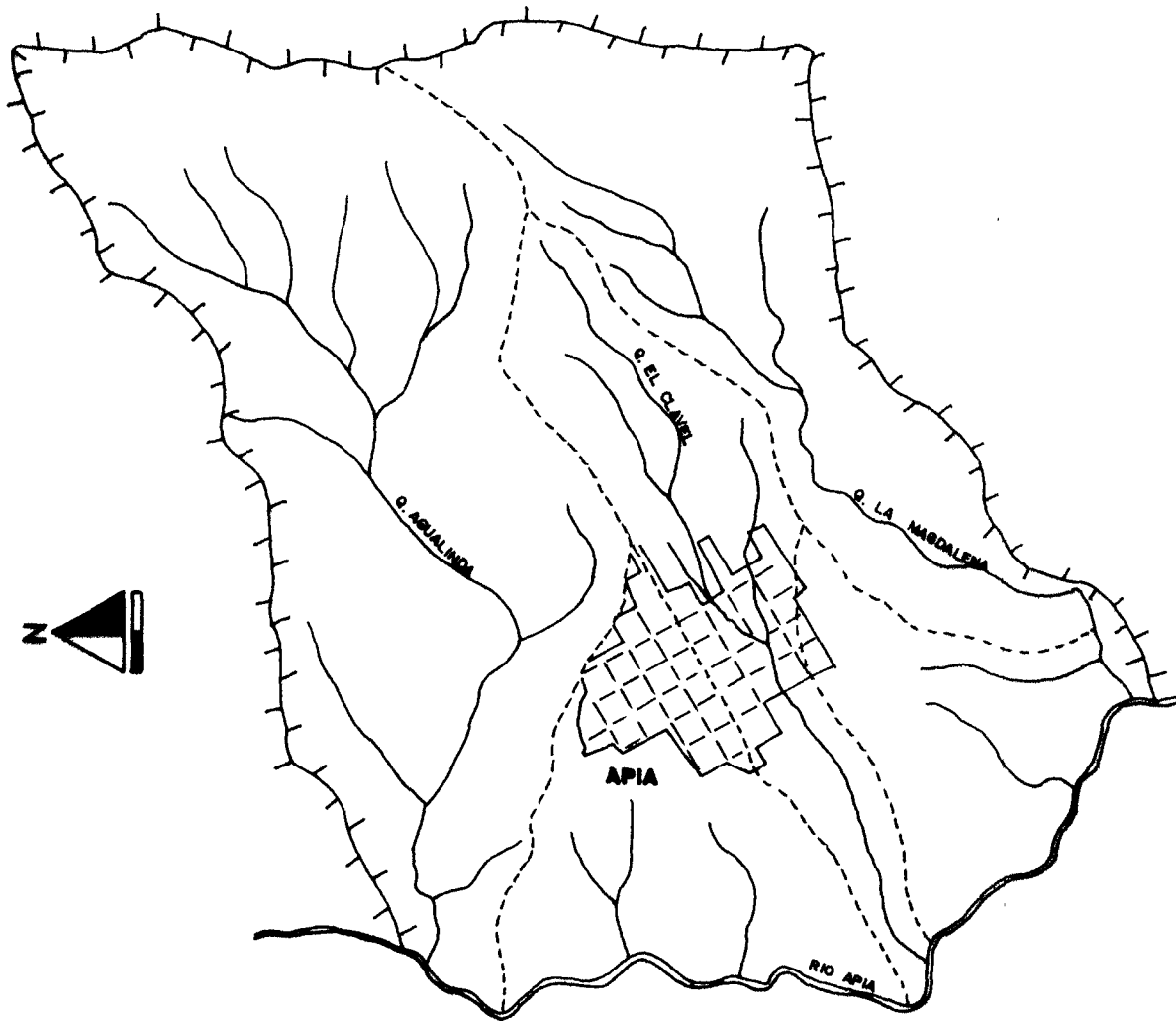
mación es muy confiable por su adecuada localización entre ambos municipios.

Sin embargo, la información que se maneja es muy limitada y está apoyada en cartas de isotermas y de pisos térmicos que sitúan a Apía en un piso templado, con temperatura media de 19°C y en la formación vegetal denominada bosque muy húmedo, premontano (bmh, PM).




## 5.2. PARAMETROS MORFOMETRICOS.

Con el fin de hacer una interpretación adecuada de las corrientes que drenan la zona, representadas por las cuencas de las quebradas El Clavel, Agualinda y La Magdalena (Figura 8) se analizaron cuantitativamente algunos parámetros como: Área de la cuenca, longitud del cauce principal, longitud total de canales, y perímetro de la cuenca, que combinados con las observaciones de campo permiten establecer las posibles variaciones en los caudales.

En la Tabla 2 se muestran los datos obtenidos de la plancha de IGAC 205-III-A-1 y el cálculo de los resultados para cada una de las cuencas.



**CONVENCIONES**

-  LIMITE DE CUENCA
-  SUBCUENCAS
-  DRENAJE

ESCALA APROX. 1:13.100

**FIG. 8 - CUENCAS HIDROGRAFICAS**

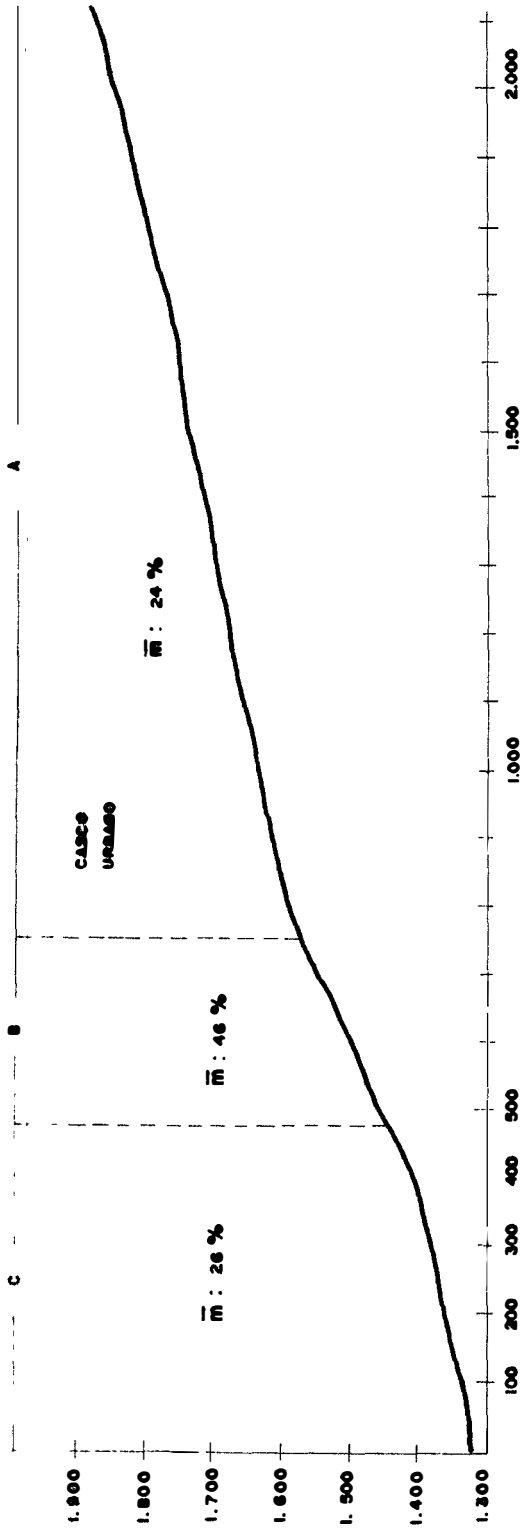
TABLA 2. Parametros morfometricos.

CUENCA	AREA (km <sup>2</sup> )	LONG CUENCA (km)	LONG CAUCE PRAL. (km)	LONG TOTAL CANALES (km)	PERIMETRO (km)	NUMERO DE CANALES	DEF. DE CORTAS (m)	DENSIDAD DE CANAL km <sup>2</sup> /km <sup>2</sup>	FREC CANALES km <sup>2</sup>	PERD. % Car- nal ppal.	COEF. DE COMPA- CIDAD
Aguajinda	1.9	2.42	3.29	7.50	6.9	10	775	3.95	5.26	24	1.41
El Clavel	0.6	1.27	2.24	3.47	5.1	4	575	5.78	6.6	27	1.86
La Magdalena Lena.	0.96	2.16	2.07	2.9	3.65	4	675	3.02	4.16	34	1.05

La Quebrada El Clavel es la que presenta una mayor densidad de drenaje, (relación entre la longitud total de las corrientes que componen la cuenca y su superficie). Esto indica que la eficiencia que tiene para evacuar agua y sedimentos es mayor que la de las otras cuencas.

La frecuencia de canales, (relación entre el número de canales y el área de la cuenca) es mayor en la Quebrada El Clavel, la cual presenta además, una marcada diferencia en la pendiente del canal principal tal como se observa en la Figura 9. sin embargo, la pendiente media del canal principal es mayor en la Quebrada La Magdalena con un 34%.

Como se anotó en el capítulo sobre evolución geomorfológica, el grado de disección del depósito de flujos de lodo de las tres quebradas aquí consideradas es diferente, y está relacionado con las fuertes pendientes que se presentan de la carretera de acceso hacia el Río Apía; con el afloramiento en esta zona de rocas metasedimentarias muy fracturadas y con el control estructural que ejercen las fallas Apía y Boquerón que, fuera de marcar el límite entre las rocas volcánicas y las metasedimentarias, son responsables de la deflexión de las quebradas Agualinda y La Magdalena que limitan el depósito de flujos de lodo; los eventos sucesivos de flujos de lodo que obligaron a las quebradas a estar reabriendo su cauce también pudo contribuir a



ESC H : 1 : 10.000  
 V : 1 : 10.000

FIG. 9 - PERFIL LONGITUDINAL DE LA QUEDADA EL CLAVEL  
 (O QUEDADA DEL HOSPITAL)

que su profundización sea mayor en la parte inferior de las cuencas, muy especialmente en la Quebrada Del Hospital que es quien presenta las mayores diferencias.

La evaluación del coeficiente de compacidad, que relaciona el perímetro de la cuenca con su área mediante la ecuación

$$K_c = \frac{P}{2 (\pi A)^{1/2}}$$

implica que coeficientes cercanos a 1 dan tiempos de concentración cortos, por lo tanto mayor probabilidad de regímenes torrenciales. La Quebrada La Magdalena tiene un coeficiente de compacidad de 1.05 con lo cual prodría esperarse de ella dicho comportamiento, máxime si se tiene en cuenta que cerca a la desembocadura al Río Apía se encontraron algunos depósitos torrenciales (Cap. 4.3).

Las observaciones de campo no permitieron obtener claridad en cuanto a las crecientes máximas de estas quebradas; tampoco se obtuvo mayor información de los habitantes de la zona, los cuales coinciden en afirmar que a pesar de fuertes inviernos, ninguna de ellas han llegado a causar problemas. No fue posible efectuar el cálculo del caudal promedio porque no se halló un tramo apto para ello después de recibir el agua de todos los canales; el régimen

hídrico ha sido afectado por la tala de bosques y la captación para el acueducto, que en el caso de la Quebrada La Magdalena surte el Barrio Santa Inés; la Quebrada El Clavel el sector de El Clavel y la Quebrada Agualinda abastece el acueducto del resto del municipio. En los últimos tiempos, estos cauces se han visto afectados por deslizamientos que aunque no han formado represas, han perjudicado el normal abastecimiento a la población.

### 5.3. HIDROGEOLOGIA.

Como se mencionó en el aparte correspondiente a las formaciones superficiales, el depósito de flujos de lodo es medianamente permeable y poroso y presenta baja cohesión, en tanto que las cenizas volcánicas son muy porosas y permeables facilitando la infiltración del agua que se prolonga a través del depósito aprovechando los espacios entre fragmentos de roca y las grietas y sólo muy poca se desplaza a través del contacto. Caso contrario ocurre en el contacto entre el depósito de flujos de lodo y las rocas volcánicas o las rocas metasedimentarias; el saprolito de éstas es arcilloso e impermeable por lo que el agua se represa en el contacto y sólo puede movilizarse a través de él o del depósito en sí.



En las observaciones de campo no se apreció discontinuidad hidrogeológica alguna entre el depósito y las cenizas volcánicas, y tampoco quedó claro que existiera entre el depósito y la roca infrayacente, o al menos que ésta fuera la superficie de arranque de los procesos de erosión en masa que se están presentando. Lo que sí es bastante evidente es que el nivel freático se encuentra muy superficial (a 1½ m aproximadamente en el sector del estadio y de El Clavel; en las cárcavas de Agualinda a 6 u 8 m; en los cortes de la carretera de acceso es variable encontrándose en la parte media o pie del talud; en las perforaciones hechas en el hogar infantil a 4 y 6 m) y siempre aflorando en el depósito de flujos de lodo.

En el casco urbano ha sido muy común encontrar "nacimientos de agua" que son aprovechados para consumo humano. Los fenómenos de erosión en masa identificados siempre están asociados a estos afloramientos; a partir de ellos nacen varios ramales de las quebradas El Clavel y Agualinda.

El control de estos nacimientos de agua es de suma importancia para frenar los fenómenos de erosión que se están presentando.

## 6. ESTADO DE LAS EDIFICACIONES

En los últimos años, la zona urbana del municipio está creciendo linealmente en cuatro sectores principales: carretera a Agualinda, barrio Santa Inés, barrio San Juan y carretera a Pueblo Rico, y en forma desordenada, no integrada a la malla urbana, en el sector de "El Clavel".

El crecimiento desordenado de la población y la falta de control en este aspecto han posibilitado la proliferación de basureros y botaderos de escombros, habiéndose detectado unos diez de éstos, diseminados en la zona urbana y periurbana.

El inventario y tipificación de las viviendas (Mapa 5) arrojó un resultado de 70 viviendas en mal estado, que representan el 8% respecto al total, y 275 en regular estado (30%), que deben ser mejoradas sustancialmente. La Tabla 3 muestra las características de las viviendas.

TABLA 3. Tipificación de viviendas.

	Bahareque	Mixtas	Ladrillo	Otros	%
BUENAS	96	134	332		62
REGULARES	140	119	16		30
MALAS	54	13	3		8
TOTAL	290	266	351		
%	32	29	39		100

Las viviendas clasificadas como mixtas se caracterizan por tener muros laterales y/o de fachada en ladrillo; la parte restante es de bahareque, generalmente en mal estado, reforzada con hojalatas o madera. El porcentaje de ellas dentro del municipio es de un 70%.

Predominan las construcciones de dos pisos, en las cuales el segundo es solamente de bahareque, llegan a alcanzar tres pisos por tener sótanos que son habitados.

De aproximadamente 75 manzanas, solamente diez están totalmente construidas en material; son de un piso y están en buen estado. Se localizan al occidente del área urbana, son pequeñas, con un área aproximada de 60 m<sup>2</sup>, no tienen solar y solamente un pequeño jardín anterior de 1.3 m. Las

viviendas típicas del pueblo son todas muy grandes, con solar interior que es aprovechado para cultivos.

Dada la topografía abrupta del terreno, las casas en su parte posterior son levantadas sobre guaduas; los pilares de las viviendas y los pisos son comúnmente de madera; los techos son de teja de barro y en general están en mal estado.

En contraposición a las proyecciones presentadas por el DANE (1985), la población de Apía parece estar creciendo; ésto se hace evidente por la demanda de viviendas que se presenta actualmente.

El municipio no tiene capacidad de crecimiento por carecer de lotes adecuados; las zonas susceptibles de ser urbanizadas no presentan aptitud para ello o necesitan estabilización.

Existen pequeños lotes que podrían ser integrados a la malla urbana, pero darían un cubrimiento parcial a las viviendas requeridas para un futuro relativamente cercano; tal es el caso de un lote situado en la carrera 6a entre calles 6a y 6aA, Barrio Rendón, de 527 m<sup>2</sup>, que daría una solución de siete viviendas con áreas similares a las de las ya existentes (73m<sup>2</sup>), y un lote de 405m<sup>2</sup> en el Barrio

Centenario, que aportaría unas ocho viviendas con un área aproximada de 50 m<sup>2</sup>, similar a las construidas en este sector.

Con el fin de dar unas bases adecuadas para la estructuración de un desarrollo armónico urbano, deberán hacerse estudios más detallados que involucren los siguientes aspectos:

- Crecimiento de la población y sus proyecciones: Para ésto podría programarse un censo en el área urbana y suburbana, promovido por la administración municipal y aprovechando la población estudiantil.
- Capacidad de crecimiento urbano teniendo en cuenta elementos como: Cobertura en salud, educación, servicios públicos, con base en un inventario de áreas urbanizables, áreas libres disponibles de carácter recreativo y áreas urbanizadas.
- Promoción de un control urbanístico tendiente a frenar los crecimientos lineales y desordenados de la población, y una integración de los ya existentes a la malla urbana.

- Estudio como alternativa de desarrollo urbanístico de algunas áreas alejadas del casco urbano (p.e. sector del establo). En este caso deben promoverse programas de enlace en transporte, comercio y vías. Igualmente deben reglamentarse políticas de control, para evitar crecimientos lineales a lo largo de las vías.

## 7. APTITUD PARA EL USO URBANO

### 7.1. BASES DE ZONIFICACION

El mapa de aptitud para el uso urbano es el resultado final del estudio de geología ambiental y está basado en la morfometría, los procesos erosivos y las formaciones superficiales. Es la condensación y la síntesis de los resultados del presente estudio y está en función del uso urbano; es por tanto una base para programas y políticas de desarrollo urbano municipal.

La clasificación del suelo en cuanto a su aptitud tuvo en cuenta las zonas urbanizadas y no urbanizadas y dentro de éstas su grado de estabilidad (Tabla 4).

#### **Categoría I. Zonas urbanizadas**

IA. Areas urbanizadas sin problemas potenciales de estabilidad o sin problemas detectados.

TABLA 4. Aptitud para el uso urbano.

ZONAS	URBANIZADA	NO URBANIZADA
CATEGORIA	I	II
Sin problemas detectados.	IA	IIA Urbanizable
Con posibles problemas.	IB	IIB Urbanizable con restric.
Con problemas	IC Requiere Intervencion	IIIA No requiere intervención. IIIB Requiere intervención

Representa la mayor parte del área urbana. No incluye estabilidad de viviendas ante eventuales movimientos sísmicos.

Los problemas que en esta zona puedan generarse están relacionados con el manejo en el sistema de acueducto y alcantarillado (posibles fugas) o con cortes de taludes para construcción o ampliación de viviendas.



**Casco urbano del municipio.**

Las condiciones de estabilidad del área urbana del municipio pueden clasificarse como buenas. Las pendientes allí son moderadas (10-20%), y en general no han sufrido serias modificaciones con propósitos urbanísticos.

En fotografías aéreas se aprecian algunas cicatrices de movimientos de masa, que en realidad corresponden, al menos unas, a depresiones por las cuales corría agua de manantiales. En la actualidad éstas son zonas estables y corresponden a solares de viviendas, en los cuales se cultivan frutales, plátano, yuca y otros.

Las medidas que deben contemplarse para garantizar las condiciones de estabilidad dentro del área urbana, teniendo en cuenta que el depósito se comporta de forma estable en estado seco y con taludes no superiores a 3 ó 4 m, incluyen un control permanente sobre las redes de acueducto y alcantarillado, sobre los cortes que se hagan para construcción o modificación de viviendas y sobre vertimiento de aguas servidas en los solares de las casas.

Otra pequeña área fuera del casco urbano corresponde a la del Hogar del Anciano, localizado en una zona semiondulada, sobre el depósito de flujos de lodo con rocas volcánicas.

Sería importante vigilar el talud hacia la carretera, aunque en el presente no presenta ningún problema.

**IB. Areas urbanizadas con potenciales problemas de estabilidad.**

En estas zonas se generarian problemas de no ejercerse estrictas medidas de control sobre presuntos causales:

- Control de aguas negras y superficiales extremo noroccidental del área urbana, aledaño a la carretera a Pueblo Rico, Urbanización el Hogar Colombiano, sector del Barrio Santa Inés, extremo oriental del casco urbano y sector de la carretera a Agualinda.
- Vigilancia permanente al colector.
- Control de cortes y taludes en el sector oriental, en la carretera a Agualinda y en el Barrio Santa Inés.
- Los sectores de Agualinda y Santa Inés están supeditados al control que se ejerza sobre zonas inestables alledañas.

### Sector del Colector Quebrada El Clavel

La Quebrada El Clavel atraviesa el casco urbano; fue canalizada a través de un colector de cemento de 2 m de diámetro desde el sector de El Clavel hasta el Barrio Rendón Obando.

Se tiene información sobre su obstrucción hace algunos años, causada por un fuerte invierno que arrastró gran cantidad de material. Aunque no se presentaron en dicha ocasión daños mayores, ni se ha vuelto a repetir el suceso, es necesario que se garantice un estricto control en la cuenca alta de esta quebrada, que comprenda:

- Mantener limpias las márgenes de la quebrada.
- Evitar que se arrojen basuras y escombros en la parte posterior de las viviendas localizadas sobre sus márgenes.
- Sustituir los cultivos a orillas de la quebrada por vegetación nativa. La zona de cultivos debe guardar una margen con respecto al cauce de la quebrada.
- Debe dársele un mantenimiento regular al colector, con el fin de retirar los desechos o escombros que en él se

van acumulando.

#### **Sector Urbanización El Hogar Colombiano.**

Comprende la zona localizada sobre el talud superior de la carretera a Pueblo Rico, 500 m después del Crucero y el sector conocido como Los Patios.

Se asienta sobre un depósito de flujos de lodo, compuesto por fragmentos angulares de roca metasedimentaria de tamaño variable, muy meteorizados y bloques redondeados de roca volcánica basáltica hasta de 50 cm de diámetro; todos dentro de una matriz arcillolimosa de colores abigarrados, desde gris a rojo intenso. Presenta fracturas irregulares por desecación y evidencias de tectonismo reciente representado por una falla muy continua con dirección N55°W/56°W y estrías con dirección N50°E, es decir que el sentido del movimiento fue contrario a la pendiente.

Está suprayacido el depósito por un horizonte de cenizas volcánicas de 1.30 m de espesor en el cual no se observan tales evidencias de actividad tectónica.

En el talud sobre la carretera, se observa el depósito de flujos de lodo en contacto fallado con las rocas metasedimentarias, con dirección N55°W/19°E, es decir que el

buzamiento es en contra de la pendiente.

Este afloramiento corresponde a un deslizamiento de aproximadamente 17 m de ancho por 6 m de altura y cuya corona se encuentra a corta distancia de una brecha de 5 m abierta para colocar las tuberías de alcantarillado.

Puede apreciarse entonces que las condiciones de estabilidad del terreno son relativamente buenas; la actividad tectónica más reciente tuvo que ocurrir antes de la deposición de las cenizas; éstas se conservan con un espesor considerable sobre una pendiente relativamente suave. Es indispensable la estabilización de los taludes sobre la carretera y dejar un margen considerable entre las construcciones y los taludes.

El Anexo 4 presenta la descripción de perfiles en las brechas 1 y 2 del proyecto de urbanización El Hogar Colombiano.

**Sector comprendido entre las carreras 10 y 11 y la calle séptima, en proyecto de urbanización.**

Es un lote drenado por la Quebrada El Clavel y dos caños que corren más al oriente y desembocan sobre la primera en este sector.

Está localizado sobre un depósito de flujos de lodo, con bloques de roca volcánica basáltica que presentan meteorización esferoidal; localmente está cubierto por cenizas volcánicas de algunos centímetros de espesor.

La Quebrada El Clavel se caracteriza por tener un cauce muy profundo sobre laderas muy extendidas que en la actualidad hacen parte de los solares de las viviendas del sector. Nace en el potrero sur de la carretera a Agualinda, donde constantemente se ve afectada por deslizamientos; se vierten sobre ella aguas negras, el agua sobrante de la planta de tratamiento y desechos sólidos.

Los otros dos caños son originados por aguas negras, freáticas y de escorrentía. También están siendo utilizados como botaderos de escombros.

El proyecto consiste en construir unas viviendas en el sitio donde actualmente ya se levantan algunas, las cuales deben ser demolidas por encontrarse en muy mal estado; canalizar la quebrada y adaptar el área como parque recreacional sin recurrir a llenos que modifiquen drásticamente la topografía.

El terreno así utilizado ofrece condiciones de estabilidad muy favorables; sin embargo es necesario tomar las medidas

adecuadas en cuanto a protección de las márgenes de la quebrada y control de vertimiento de desechos y de aguas negras a ella.

#### **IC. Areas urbanizadas con problemas.**

Estas zonas hacen parte de áreas mayores que presentan serias evidencias de inestabilidad, por lo cual requieren intervención. Corresponden a los sectores del estadio y Escuela Antonio Nariño, Hogar Infantil, Barrio Santa Inés y Colegio Santo Tomás.

#### **Sector del Barrio Santa Inés**

Localizado al sureste del área urbana . Es un cordón habitacional que creció paralelo a una vía secundaria. Los taludes sobre la carretera a Belén de Umbria son subverticales; en ellos aflora el depósito de flujos de lodo, el cual se ha visto afectado por el vertimiento incontrolado de las aguas servidas de las viviendas del sector. Ha habido deslizamientos asociados a estos taludes, el último de los cuales ocurrió en noviembre de 1988 y puso en peligro unas viviendas y el acceso al municipio por esta vía.

La estabilidad de las vertientes que limitan con la Quebrada La Magdalena, está afectada, en varios tramos, por la socavación de orillas. Dichas vertientes son bastante extendidas y están siendo aprovechadas para el cultivo de café principalmente.

El control de las aguas servidas en la parte posterior de las viviendas y la protección de las márgenes de la Quebrada La Magdalena, son recomendaciones que se deben tener en cuenta para la estabilización de las pendientes.

#### **Sector del Estadio Municipal y Escuela Antonio Nariño.**

Localizado al sur del casco urbano. Comprende el estadio municipal, parque recreacional, Escuela Antonio Nariño.

Caracterizado por grandes cicatrices de movimientos de masa, con reactivación parcial de procesos, ocasionados en parte por las modificaciones sustanciales en la topografía para la ejecución de las obras que allí se han adelantado y por la concentración de aguas de escorrentía, aguas negras de casas aledañas y de algunos nacimientos.

Como un resultado de esto, se presentan desniveles hasta de 2 ó 3 m. zonas deprimidas muy cenagosas, erosión superficial laminar y en surcos en los taludes al noreste del



estadio, deslizamientos en el talud norte del estadio iniciados por el corte de la carretera y acelerados por las obras inconclusas de drenaje del mismo.

La adecuación del terreno para la cancha de fútbol implicó hacer un corte y un lleno; el control inadecuado de dichas obras trajo como consecuencia la destrucción de los camerinos por la deficiente compactación del lleno.

De lo anterior puede concluirse que el área debe ser destinada completamente para fines recreacionales; además del estadio, el parque infantil y la cancha de baloncesto, el terreno podría adecuarse para organizar un parque que involucre la siembra de una buena cantidad de árboles.

Dentro de las obras de adecuación se sugieren:

- Control de vertimiento de aguas negras.
- Captación de aguas de escorrentia y de los manantiales que afloran en el área.
- Instalación de filtros y drenes adicionales por ser insuficientes los que hay actualmente.

- Reparación de tubería de conducción de aguas filtradas del sector del colegio que vierte aguas a mitad de ladera.
- Conducción de aguas del drenaje del estadio hasta lugar seguro.
- Protección con gramilla del talud ubicado en el sector de las graderías del estadio.
- Al estadio y al parque infantil debe dárseles un buen mantenimiento y mejorarlos desde el punto de vista estético.

La Figura 10 muestra cortes esquemáticos de esta zona recreacional y la localización de la trinchera excavada allí; en el Anexo 1 se puede consultar el perfil descrito.

#### **Sector del Hogar Infantil.**

Dicha zona está localizada entre la Quebrada Del Hospital y el caño que corre por el extremo norte del hogar, en la vía de acceso al municipio.

El sector sur del hogar, talud posterior Barrio Rendón Obando y las fincas de la margen derecha de la Quebrada Del

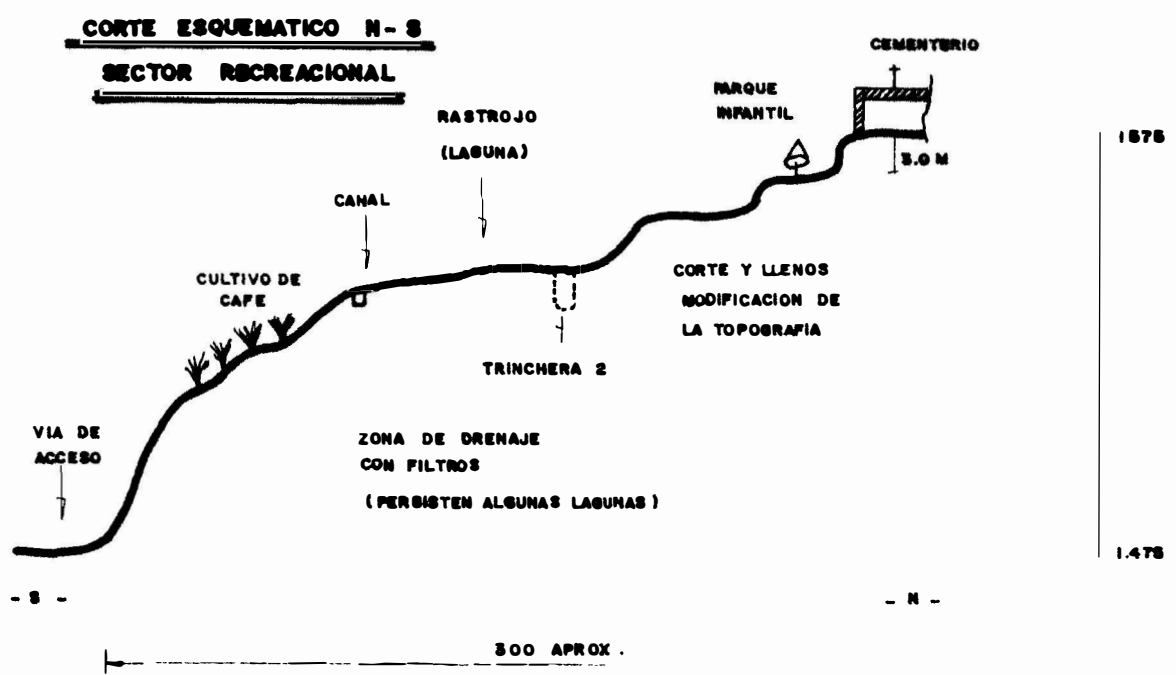
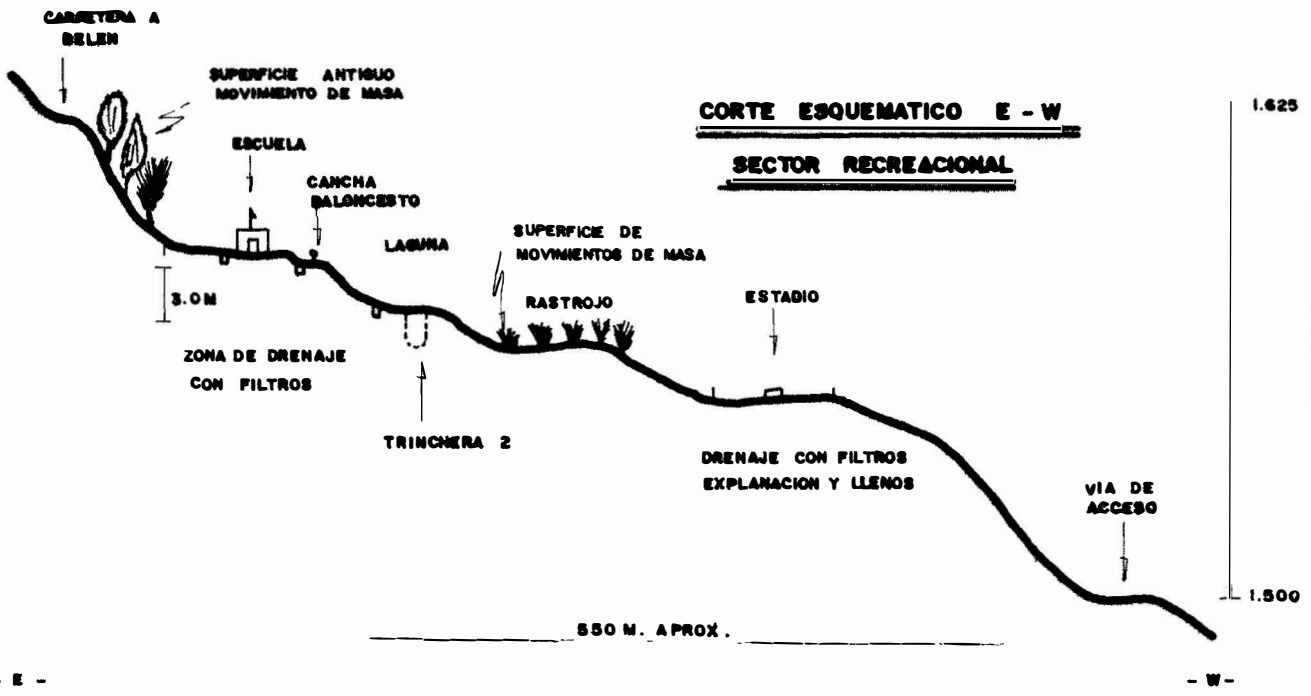


FIG. 10.

Hospital, corresponden a una antigua cicatriz de movimiento de masa en la cual podrían reactivarse procesos erosivos, entre otros por el vertimiento de aguas negras sobre las vertientes de la quebrada.

El talud de la parte sur del hogar presenta deslizamientos activos (al menos dos han ocurrido en los últimos meses), caracterizados por grandes desprendimientos de masas de suelo a partir de agrietamientos en el terreno. El depósito de flujos de lodo contiene bloques de roca basáltica de color verde, con meteorización esferoidal, embebidos en una matriz limo-arcillosa de color rojiza. La parte inferior del talud siempre está muy húmeda, debido a aguas que afloran en él, aunque no es posible ver a qué altura.

Aparentemente los deslizamientos se originaron a partir de la ampliación de la carretera; la pendiente se tendía suavemente hasta ella; estaba completamente cultivada y no presentaba rasgos de inestabilidad. El corte dejó un talud de 12 m de altura, subvertical, que unido a las aguas aflorantes en él y el peso de los árboles, desestabilizó el terreno. Actualmente se tienen grietas paralelas a la corona.

El talud occidental del hogar infantil, al igual que el anterior, presenta rasgos de inestabilidad causados por los

mismos factores. A diferencia del anterior, el depósito de flujos de lodo aparece suprayaciendo rocas metasedimentarias muy fracturadas y cizalladas que están buzando hacia la carretera.

El agua aflora en la parte media del talud, que tiene una altura aproximada de 15 m. Un seguimiento hecho a estas aguas permite anotar que tiene fluctuaciones en su nivel relacionadas con la precipitación. El agua que aflora en el talud no siempre lo hace a lo largo de fracturas; se infiltra a través de los espacios vacíos que hay entre los fragmentos de roca como causa de la poca consolidación del flujo.

En el caño localizado al norte del hogar hay un afloramiento muy continuo de aguas negras. El talud inferior de la carretera a la altura de este caño, presenta problemas de inestabilidad iniciados probablemente por el vertimiento de las aguas del alcantarillado que inicialmente se hacía en este lugar y por la depositación de la tierra resultante del corte de la carretera; actualmente está afectando la banca y unas viviendas localizadas en la parte inferior pertenecientes al Barrio San Juan. Es además utilizado este sitio como botadero de basuras.

Arcas (1987), en su estudio geotécnico del hogar infantil, propone unas medidas de estabilización bastante adecuadas, que sin embargo aún no se han tomado. Una adaptación de tales medidas para el talud sur, de acuerdo con las apreciaciones sobre el origen de los problemas discutidas en este informe, son las siguientes:

- Control del vertimiento de aguas servidas de las viviendas aledañas.
- Suprimir los árboles que le están dando un mayor peso al talud.
- Captar las aguas aflorantes en el extremo oriental del talud.
- Conformar talud con pendiente adecuada, similar a la propuesta por Arcas para el talud occidental, entre la carretera y la corona de deslizamiento (Figura 11).

Las medidas que se deben tomar en el extremo norte del hogar comprenden la revisión del sistema de alcantarillado, ya que presenta fugas.

Es además importante discutir la situación del talud occidental. Aunque no se pudo establecer que los deslizamien-

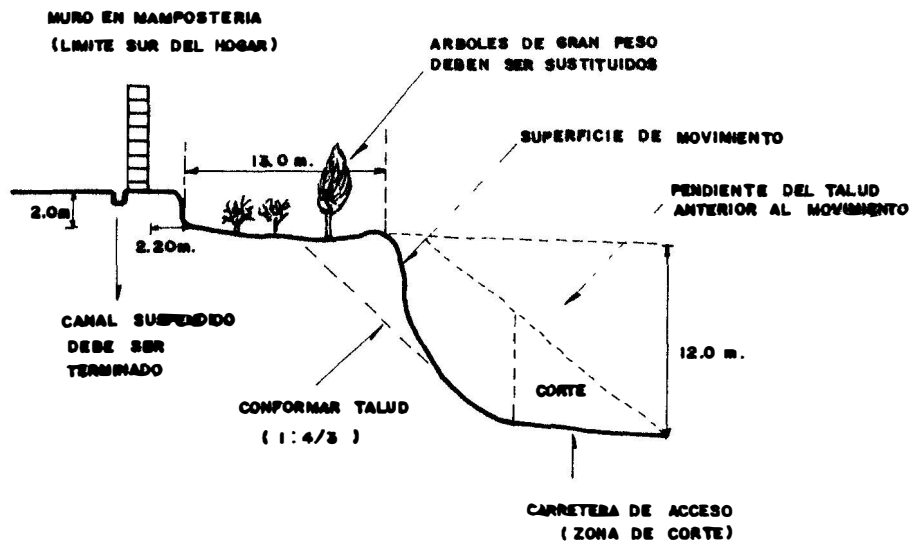


FIG. 11 - ESQUEMA DEL TALUD SUR DEL HOGAR INFANTIL LAS COLONDRINAS - MEDIDAS DE ESTABILIZACION

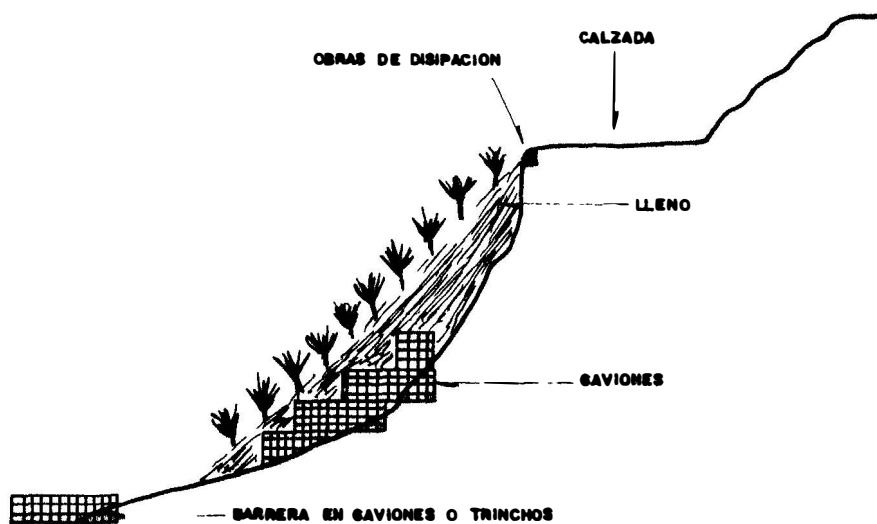


FIG. 12 - PROPUESTA DE ESTABILIZACION DEL TALUD INFERIOR DE LA CARRETERA A LA ALTURA DEL CAÑO NORTE DEL HOGAR INFANTIL LAS COLONDRINAS.

tos se dieran a partir de una discontinuidad hidrogeológica entre el depósito de flujos de lodo y las rocas metasedimentarias, ésta existe y tiene como agravantes los afloramientos de agua en el talud y el buzamiento a favor de la pendiente de las rocas metasedimentarias.

Con respecto al talud inferior de la carretera a la altura del caño norte del hogar infantil, se proponen las siguientes medidas (Figura 12).

- Obras de contención de la banca de la carretera.
- Previa ejecución de las obras de disipación de agua de la carretera, realizar un lleno con pendiente adecuada y sembrar pastos.
- Muro en gaviones en el extremo inferior del canalón, que sirva como barrera a los flujos, de tal forma que no afecte las viviendas del Barrio San Juan.
- Eliminar los botaderos de escombros.

**Categoría II. Areas con potencial urbanístico.**

**IIA. Areas con potencial urbanístico sin problemas potenciales de estabilidad o sin problemas detectados.**



En el área urbana las zonas para expansión están restringidas a pequeños lotes, en los sectores norte y noroccidental, tal como se menciona en el capítulo VI.

Algunas colinas con pendientes suaves pueden ser habilitadas con fines constructivos, pero quedan marginadas del desarrollo actual de la malla urbana.

### **Sector de El Clavel**

Pequeña colina alargada en dirección E-W, con pendientes inferiores al 20% se localiza entre dos ramales de la Quebrada El Clavel.

Se proyecta utilizar el terreno para un jardín botánico, sin embargo, sería prudente reconsiderar esta opción teniendo en cuenta que este proyecto puede realizarse en otras zonas que requieren conservación y algunas medidas de tratamiento y que no pueden ser utilizadas con fines urbanísticos.

### **Sector de Agualinda**

Localizado cerca del establo. Es una amplia zona de pendiente muy suave, cubierta por un espeso horizonte de cenizas volcánicas; su desarrollo quedaría marginado del

resto de la cabecera municipal, pero cuenta con una buena vía de acceso. En caso de ser utilizado, debe ser técnicamente adecuado, teniendo en cuenta estudios geotécnicos.

**Sector localizado entre las calles 11 y 12, "Zona de Tolerancia", en proyecto de urbanización.**

Localizado sobre el depósito de flujos de lodo, en el cual se aprecian bloques de roca volcánica basáltica.

Se caracteriza por presentar cicatrices de movimientos de masa en sus alrededores, además de estar contigua al potrero norte de la carretera a Agualinda, considerado como muy inestable.

Los procesos erosivos que allí se dieron dejaron un sector bastante plano, con algunas zonas un poco más deprimidas que actualmente concentran las aguas de escorrentía.

En general puede decirse que es una zona cuyas condiciones topográficas y de estabilidad la hacen adecuada para vivienda, teniendo cuidado de proteger los taludes sur y oriental y guardando un margen considerable con respecto a ellos.

## **IIB. Areas con potencial urbanístico que presentan restricciones.**

Su adecuación es más costosa que la anterior. Deben garantizarse diseños basados en estudios geotécnicos. Se tiene una zona en el sector suroriental del área suburbana, parte del sector de El Clavel es semiondulado, con pendientes inferiores al 20%, cubierto por cenizas volcánicas. Actualmente está siendo utilizado en cultivos de café.

## **Categoría III. Zonas de Conservación.**

### **IIIA. Zonas de Conservación y Vigilancia.**

Representan la mayor parte del área suburbana. Por sus características fisiográficas y morfométricas no son adecuadas con fines constructivos. Son utilizadas como áreas de cultivos o potreros.

Se presentan procesos erosivos superficiales (erosión laminar y por caminos).

No requieren intervención, pero se deben ejercer estrictas medidas de control, emplearse para cultivos tecnificados que sustituyan su utilización como potreros.

### **IIIB. Areas no urbanizadas, con serios problemas de estabilidad.**

Estas son áreas que requieren ser intervenidas con medidas como: Estabilización geotécnica, tratamiento forestal, control de aguas superficiales, control de aguas subterráneas, tratamiento de taludes y laderas.

#### **Sector de El Muñeco.**

Localizado en la carretera de acceso al municipio, entre las quebradas La Frontera y La Magdalena (Mapa 6).

En esta zona afloran rocas volcánicas basálticas, caracterizadas por una intensa fracturación y por efectos dinámicos que produjeron rocas muy cizalladas, plegadas y localmente milonitizadas. Tales efectos dinámicos son producto de la acción de la falla denominada El Muñeco y de la Falla de Apía, entre otras; además y de manera muy local, se pueden observar fallas conjugadas.

Como se mencionó en el capítulo anterior, los procesos erosivos que allí se dan son desprendimientos de roca y flujos de escombros. Estos procesos tienen un carácter progresivo tanto en el talud superior como en el inferior, afectando de manera muy severa, en varios tramos, la banca

de la carretera.

Ha sido determinante la acción antrópica sobre los procesos mencionados: La ampliación de la carretera implicó el uso de dinamita, lo que aceleró los procesos o los reactivó; las aguas tanto de lluvias como de corrientes, no han sido canalizadas y llevadas hasta un lugar donde no afecte el talud inferior; el sitio es utilizado como basurero municipal y botadero de escombros.

En el talud inferior se observan desplazamientos en el terreno que son inicialmente del orden de 10 a 15 cm dando la sensación de reptación y un carcavamiento que se remonta hasta la carretera.

En la parte media a inferior de las cárcavas, que llegan a tener desde 3 a 12 m de amplitud, 10 a 50 m de largo y 3 a 6 m de profundidad, se observan pequeños afloramientos de agua.

Según información de los habitantes de la zona, antes de las explosiones de dinamita para ampliar la carretera, solamente se tenía una pequeña área sobre la margen derecha de la Quebrada La Frontera con problemas de inestabilidad. Esto da una idea de los efectos que causan las vibraciones sísmicas en la zona, es decir, que un sismo fuerte podría

provocar o incrementar los procesos erosivos y por lo tanto la inestabilidad del terreno.

Dadas las características antes mencionadas, las medidas de estabilización presentan un alto grado de complejidad, por lo cual es necesario realizar una evaluación geotécnica detallada del área en particular.

Algunas consideraciones generales que se deben tener en cuenta son las siguientes:

En el talud inferior de la carretera, las obras a ejecutar comprenderían:

- Disipación de aguas de la carretera.
- Contención de la banca de la carretera en los sitios afectados.
- Protección de las márgenes de las quebradas La Magdalena y en especial La Frontera en su margen izquierda.
- Evitar el botadero de escombros y basuras en el sitio.

Para el talud superior de la carretera es recomendable el uso de anclajes, no sin antes hacer un estudio detallado

del sistema de fracturas que afecta la roca; sin embargo, en algunos sitios resultaría infructuoso, debido al cuarteamiento centimétrico de la roca. Se podrían utilizar pernos para anclar bloques prismáticos del orden de varios decímetros a metros y mallas de acero con abertura pequeña para controlar los flujos de escombros.

#### **Sector del Colegio Santo Tomás.**

Comprende los potreros localizados en la parte posterior del colegio, entre el camino que cruza la Quebrada Agualinda y la carretera a Pueblo Rico.

Esta zona se encuentra afectada por carcavamiento y deslizamientos recientes, además de presentar cicatrices de movimientos de masa con reactivación parcial de procesos tales como erosión superficial, laminar y en surcos y desplazamientos del terreno hasta de 1.5 m.

El sector, al norte del colegio, que corresponde a la margen izquierda de la Quebrada Agualinda, presenta un deslizamiento cuya corona mide aproximadamente 6 m de ancho y tiene una altura de 8 m; en él hay afloramiento de agua, que se concentra junto con las aguas de escorrentía formando zonas muy cenagosas que han provocado cárcavas en el terreno con dimensiones hasta de 4 m de largo por 3 m

de profundidad. A esto se suma el hecho de que el lugar está siendo aprovechado como potrero y en algunos sitios está siendo removido para cultivos de café, plátano y frutales.

El tramo de la carretera a Pueblo Rico que sirve de límite a esta zona, se ve continuamente afectado por pequeños deslizamientos que afectan tanto el depósito de flujos de lodo como las rocas metasedimentarias que afloran en ella.

Es particularmente importante un deslizamiento al noroccidente del colegio, con una corona de 6 m de ancho y un altura de 40 m sobre la carretera.

El depósito está compuesto por fragmentos de roca metasedimentaria de tamaño variable y colores abigarrados; en la parte media a superior del deslizamiento afloran aguas negras. Este proceso hace parte de una cicatriz de movimiento de masa mucho mayor (25 m de ancho en la corona).

Dos cicatrices más de movimientos de masa se observan en el talud inferior de la carretera; revisten características semejantes a las descritas en el talud superior.

El origen de éstos y otros deslizamientos a lo largo de la carretera es el corte que se hizo para su ampliación;



esto implicó taludes subverticales sobre pendientes muy fuertes y roca metasedimentaria muy fracturada y cizallada.

Como medidas de protección y control para esta zona, se sugieren:

- Sustituir actividad ganadera por actividad agrícola tecnificada, con cultivos permanentes, por ejemplo café.
- Captar aguas que afloran en la ladera media, margen izquierda de la Quebrada Agualinda para frenar el proceso de cárcavamiento.
- Revisar sistema de alcantarillado que al parecer presenta fugas en esta zona.
- Reforestar área aledaña a las cárcavas y proteger margen de la quebrada.

**Sector del potrero localizado al norte de la carretera a Agualinda .**

Limitado al oriente y al sur por la carretera a Agualinda y al suroccidente por la margen más oriental del casco urbano. Localizado sobre el depósito de flujos de lodo, con bloques de roca volcánica basáltica, y atravesado por el

ramal izquierdo de la Quebrada Agualinda que nace cerca al límite oriental donde se concentra en forma cenagosa para continuar su recorrido un tanto irregular.

La zona presenta serias evidencias de inestabilidad; en ella se observan cicatrices de movimientos de masa de gran magnitud que evidencian la removilización del depósito de flujos de lodo; los procesos erosivos activos se manifiestan por numerosos desplazamientos del terreno que originan desniveles hasta de 2 m de altura y se dan a partir de grietas sucesivas; proceso de cárcavamiento asociado al cauce de la Quebrada Agualinda, la cual al socavar las orillas produce colapsos del terreno que van ampliando y profundizando la cárcava, cuyos límites son muy irregulares; ésto al lado de su sistema de formación, la diferencia de la cárcava existente en el potrero Sur de Agualinda.

El agua de escorrentía que se concentra en la carretera es vertida libremente al potrero, por medio de canales o zanjas; esto aumenta la disseminación de aguas y por ende la formación de áreas cenagosas. Como puede apreciarse la zona exige un manejo especial; debe ser considerada como zona de conservación; así mismo debe vigilarse su evolución.

Inicialmente debe reforestarse con especies de buen amarre y alto potencial de evapotranspiración ( p.e. leucaena y eucalipto); mejorarse sustancialmente las obras de disipación de aguas de la carretera a Agualinda; éstas deben ir protegidas hasta el cauce de la quebrada. Solucionado el problema de aguas debe vigilarse la evolución del potrero con el fin de evaluar en qué medida se ha estabilizado, o si por el contrario requiere de otras obras de estabilización (p.e.protección con obras civiles del cauce de la quebrada para evitar la socavación de orillas; obras de contención de los desplazamientos del terreno).

**Sector del potrero localizado al sur de la carretera a Agualinda.**

Corresponde a la parte superior media del depósito, limita al sur con la carretera a Agualinda, al oriente con el camino a Las Cabañas y al occidente con el sector de El Clavel.

En él pueden apreciarse superficies dejadas por la acción de antiguos movimientos de masa que removilizaron el depósito de flujos de lodo.

Es una zona altamente inestable, evidenciada por la acción de numerosos procesos erosivos conjugados, tales como

desplazamientos del terreno, erosión por sobrepastoreo, desprendimientos y deslizamientos, cárcavas y erosión por caminos.

Uno de los procesos de mayor magnitud es una cárcava de 80m de largo, 31 m de ancho y 6 m de profundidad; de taludes verticales, a veces con pendientes negativas. En ella se observa el depósito de flujos de lodo suprayacido por cenizas volcánicas con un espesor que llega hasta 5 m. En el pié del talud hay afloramiento de agua.

Contiguo a la cárcava se han originado movimientos bastante recientes (últimos meses) de carácter continuo y sucesivo. Los movimientos son conjugados entre deslizamientos y desprendimientos, y se han originado a partir de fracturas bastante planas, con pequeños desplazamientos del terreno en su etapa inicial. Adicionalmente se presentan afloramientos de agua en la pata del talud. Podría pensarse que la cárcava en su estado juvenil tuvo características similares a estos movimientos.

Las corrientes generadas a partir de estas cárcavas favorecen, aguas abajo, la acción de nuevos movimientos por la socavación de las márgenes.

Parece inminente la unión lateral de las cárcavas y los deslizamientos, denotando, de esta manera, una acción intensiva y extensiva del conjunto de procesos.

Esta zona debe ser considerada como de conservación; debe vigilarse su evolución con el fin de determinar si las cárcavas tienden a estabilizarse por sí solas. Igualmente se deben vigilar los movimientos de carácter reciente, con el fin de determinar si evolucionan a un estado de cárcava. Se considera pertinente realizar una reforestación en la zona y garantizar un margen de protección de la cuenca alta de la Quebrada El Clavel con respecto a la actividad ganadera.

Adicionalmente se recomienda la instalación de barreras (por ejemplo trinchos) con el fin de controlar flujos que podrían afectar severamente la bocatoma construida aguas abajo; estudiar la posibilidad de instalar filtros para captar agua aflorante; esto matendría el talud de la cárcava en estado más seco.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El área urbana y suburbana del Municipio de Apía se encuentra localizado sobre un antiguo depósito de flujos de lodo, el cual está infrayacido por rocas metasedimentarias en su sector occidental y por rocas volcánicas basálticas en su sector oriental, y suprayacido, parcialmente, por cenizas volcánicas.
  
- El depósito de flujos de lodo debió formarse a partir de varios flujos sucesivos, donde la Falla Apía y el Río Apía tuvieron posiblemente una determinante intervención.
  
- Las cenizas volcánicas han desaparecido en la parte inferior (al oeste del área urbana, hacia el Río Apía), en tanto que en el casco urbano se conservan en algunos lugares y en la parte superior (al este del área urbana, hacia la divisoria de aguas) se encuentran ampliamente distribuidas.

- Numerosas estructuras cruzan la zona de estudio, entre las que se destacan la Falla Apía, de dirección N-S, la Falla Boquerón, de dirección NW, y Fallas locales como la Falla El Muñeco de dirección NW.
  
- La actividad tectónica reciente está evidenciada por estructuras que afectan el depósito de flujos de lodo en sectores como Quince Letras, en el talud superior de la carretera a Pueblo Rico a la altura de los predios de la urbanización "El Hogar Colombiano" y en el talud superior de la vía de acceso a la altura del parque de la Virgen, con direcciones NE, NW y NS respectivamente.
  
- Numerosas cicatrices de movimientos de masa, al igual que procesos erosivos de acción acelerada, actualmente activos, evidencian una removilización, por lo menos parcial, del depósito de flujos de lodo.
  
- Los procesos erosivos de acción en masa están relacionados a un régimen de carácter hidrogeológico.
  
- Los contactos cenizas volcánicas-depósito de flujos de lodo y depósito de flujos de lodo rocas volcánicas o metasedimentarias representan discontinuidades hidrogeológicas: sin embargo éstas no parecen coincidir con superficies de arranque de movimientos actualmente

vigentes.

- La zona del Muñeco, la zona del Hogar Infantil y la zona del Hogar Colombiano (en proceso de urbanización) son áreas clasificadas como de estabilización.
- Las zonas de los potreros norte y sur de la carretera a Agualinda son zonas clasificadas como de conservación.
- La zona del estadio y la zona del Colegio Santo Tomás son áreas clasificadas como de vigilancia.
- El casco urbano del Municipio de Apía es estable, siempre y cuando se controle el vertimiento de aguas servidas, se proteja la cuenca de la Quebrada El Clavel, con el fin de evitar obstrucciones en el colector, y se eviten al máximo las modificaciones en la topografía .
- La cuenca alta de la Quebradas Agualinda debe ser reforestada completamente y se debe dar especial protección a las márgenes de la quebrada, con el fin de frenar los procesos erosivos que la están afectando.

Igualmente debe vigilarse permanentemente esta zona, ya que en algunas partes se pueden presentar represamien-



tos naturales.

- Se detectaron varias fugas en los sistemas de acueducto y alcantarillado; éstas no han sido determinantes en los procesos descritos, pero deben ser solucionadas, ya que podrían contribuir a agravar la situación.
- Hay una gran concentración de aguas en forma cenagosa en la zona del estadio (cerca a la Escuela Antonio Nariño) y en los potreros norte y sur de la carretera a Agualinda. Estas aguas deben ser recogidas y conducidas hasta un lugar adecuado.
- Debe revisarse el sistema de alcantarillado en la parte posterior del Colegio Santo Tomás y en los predios de la Escuela Antonio Nariño.
- Debe controlarse el vertimiento de aguas servidas en los predios aledaños al hogar infantil, en viviendas localizadas en el Barrio Santa Inés y en el sector de el Crucero.
- Deben controlarse los numerosos botaderos de escombros y basuras.

- Los fenómenos de erosión en masa están afectando severamente las vías de acceso desde La Virginia y Pueblo Rico en el tramo correspondiente al área urbana y periurbana; en ellas deben ejecutarse obras de estabilización y protección.
- La ampliación de la carretera al mar ha acelerado e intensificado los procesos erosivos de acción en masa; de no hacerse una evaluación geológico-geotécnica del corredor vial en el tramo la Virginia-Apía-Pueblo Rico, por parte del Ministerio de Obras Públicas, donde se identifiquen los sectores críticos y se diseñen las respectivas soluciones, la carretera seguirá presentando graves inconvenientes.
- Es de carácter urgente la estabilización de los taludes de la carretera a la altura del hogar infantil (talud superior) y en algunos sitios donde la calzada está colapsando (taludes inferiores), a la altura del hogar del anciano, en la parte posterior del Colegio Santo Tomás (vía a Pueblo Rico) y a la altura del hogar infantil; ésta afectaría severamente algunas viviendas localizadas en la parte inferior, en el Barrio San Juan.
- Debe hacerse un estudio detallado de tipo poblacional que involucre un censo, con el fin de determinar el tipo

de crecimiento real de la población y sus proyecciones. Esto permitiría hacer un análisis urbanístico más amplio y determinar las necesidades de tipo habitacional en el municipio.

- El inventario de viviendas arrojó un dato de 70 de éstas en mal estado, que deberán ser sustituidas por construcciones adecuadas.
- Las modificaciones en las construcciones deben ceñirse a patrones técnicos.
- Las nuevas construcciones deben ser diseñadas teniendo en cuenta el Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes.
- Debe crearse un comité local de emergencia con representación de todas las entidades cívicas y oficiales del municipio, al igual que de los colegios y la ciudadanía en general.

## BIBLIOGRAFIA

- ARCAS, 1988. Potencial de explotación de las aluviones y materiales de arrastre en el valle del Río Mapa. inf. para CARDER. Pereira, 125 p.
- CABALLERO, H. Y MEJIA, I., 1988. Estudio geológico-geomorfológico de la carretera La Marina-Santurio, Departamento de Risaralda. Informe preparado por Ingeominas para la Secretaría de Obras Públicas de Risaralda. Pereira, 54 p.
- DEPARTAMENTO DE RISARALDA, 1988. Atlas de Risaralda. Fondo Editorial del Departamento de Risaralda. Pereira. 243p.
- EGEO, 1987. Geología Ambiental del Area Urbana y Suburbana del Municipio de Marsella. inf. para CARDER. + 8 Mapas. Pereira. 216 p.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA, 1988. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del Departamento de Risaralda. Bogotá. 265 p.
- FRANCO, R., 1986. Recursos mineros en el Departamento de Risaralda. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. Pereira. 21 p.
- IGAC, 1976. Estudio general de suelos de los municipios de Balboa, Apía, Santuario y La Celia, Departamento de Risaralda. Bogotá. 159 P.
- , 1977. Mapa Ecológico. Bogotá, Igac, Subdirección Agrológica. 21 Planchas.
- INGEOMINAS, 1983. Mapa de terrenos geológicos de Colombia. Bogotá. Pub.Geol.Esp.Ingeominas. No.14., 235 P.

- JAMES, M., 1986. Estudio Sismotectónico en el área del Viejo Caldas. Ingeominas, Medellín. 113 P.
- NARANJO, G., 1987. Apía a través de la historia. Fondo Ed. Gob. Ris. Pereira. 121 P.
- PAGE, W., 1986. Geología sísmica y sismicidad del noroeste de Colombia. Inf. preparado por la Woodward Clyde Consultants para ISA. Medellín. 156 p.
- PENNINGTON, et al, 1981. La subducción de la cuenca oriental de Panamá y la sismotectónica del noroeste de Suramerica. Memorias del Proyecto Nariño III, Instituto Geofísico, Universidad Javeriana. p. 37-97.

**ANEXO 1. MAPAS**

## ANEXO 2. FOTOGRAFIAS MUNICIPIO DE APIA

1. Panorámica del Municipio de Apía, tomada desde la carretera que conduce a Santuario. Obsérvese la extensión del depósito de flujos de lodo y la forma recta de la divisoria de aguas.
2. Rocas metasedimentarias (filitas) cizalladas, miniplegadas y muy fracturadas, posiblemente por efectos de la Falla Apía, en la zona del Muñeco.  
  
Rocas volcánicas basálticas con fallas conjugadas y diaclasamiento asociado, por efectos de la falla de Apía y/o Falla El Muñeco.
4. Rocas volcánicas basálticas, afectadas estructuralmente por la Falla Apía, cerca al sector del Muñeco, carretera de acceso.
5. Depósito de flujos de lodo con rocas volcánicas basálticas, en las cuales es ya muy apreciable la meteorización esferoidal. Localización: Carretera a Aqualinda.
6. Perfil de cenizas volcánicas, en la divisoria de aguas, sector de Las Cabañas.
7. Talud superior de la carretera de acceso, a la altura del Hogar Infantil Las Golondrinas. Hay afloramiento de aguas hacia la parte media a inferior del talud.
8. Superficie de escarpe, parcialmente estabilizada, en la cual se vierte el agua drenada del estadio, en su extremo norte.
9. Cárcava en el sector del Crucero, producida en parte por mal manejo de aguas negras; terracetas (Sobrepastoreo). Al fondo, Río Apía.
10. Detalle de la cárcava de El Crucero; se aprecian desprendimientos laterales de masas de suelo.
11. Deslizamiento en el talud superior de la carretera a Pueblo Rico y brechas adyacentes, en el lote destinado para la Urbanización El Hogar Colombiano.
12. Detalle del deslizamiento en el talud superior de la carretera a Pueblo Rico. Rocas metasedimentarias infrayacen el depósito de flujos de lodo.

13. Trinchera en Urbanización El Hogar Colombiano, en la cual se aprecia una falla, cuyo plano está estriado e indica movimiento en sentido contrario a la pendiente. Afecta el depósito de flujos de lodo.
14. Aspecto de la parte posterior del Colegio Santo Tomás y taludes superior e inferior de la carretera a Pueblo Rico.
15. Talud inferior de la carretera a Pueblo Rico, parte posterior del colegio Santo Tomás. Deslizamientos y sobrepastoreo asociados.
16. Deslizamientos en la parte posterior del Colegio Santo Tomás. Filitas grafitosas muy cizalladas y afloramiento de agua hacia la parte media a inferior.
17. Aspecto general del potrero norte, carretera a Agualinda. Procesos de carcavamiento, agrietamiento y desprendimiento de masas de suelo; desplazamiento en bloques del terreno. Abundante presencia de agua.
18. Fenómeno de desprendimiento y agrietamiento de masas de suelo, con procesos de carcavamiento, en presencia de abundante agua. Potrero norte carretera a Agualinda.
19. Inclinação de árboles en la parte superior del potrero norte de la carretera a Agualinda, por desplazamientos del terreno (fenómeno similar a reptación).
20. Aspecto general de una cárcava en el potrero sur de la carretera a Agualinda. La siembra de pinos ha contribuido a frenar en parte el proceso de carcavamiento.
21. Detalle de la cárcava (Foto 20), en la cual se aprecia un perfil de cenizas volcánicas suprayaciendo un depósito de flujos de lodo. Hay afloramiento de agua en la pata del talud.
22. Contraste entre cárcava (Foto 20) y su nivel antiguo. La diferencia de alturas entre las capas de los pinos, los cuales son contemporáneos, así lo muestra. Superficie ondulada y semiplana, producto de anteriores removilizaciones.
23. Deslizamiento con desprendimiento de masas de suelo, en la parte alta de la Quebrada El Clavel. Afloramiento abundante de agua.
24. Agrietamiento asociado a deslizamiento (Foto 23), en la parte alta de la Quebrada El Clavel. Huellas de sobrepastoreo. Al fondo, Municipio de Santuario.



25. Huellas de sobrepastoreo (terracetas), movimientos sucesivos del terreno, asociados a uno de los ramales de la Quebrada El Clavel, parte alta.
26. Superficies cóncavas y subredondeadas, por posibles removilizaciones del depósito de flujos de lodo, en el sector de El Clavel.
27. Parte media sector de El Clavel. Superficie plana a semiondulada, poco afectada por procesos erosivos. Se está montando allí el Jardín Botánico de la población.
28. Aspecto del Cerro Tatamá, desde el Municipio de Apía. Foto tomada hacia el Oeste.



















### ANEXO 3. CATALOGO DE SISMOS

Se recopiló en este catálogo, la información sísmica disponible entre las coordenadas 4.5 - 5.3 latitud Norte y 75.3 - 76.3 longitud oeste, y que abarcan todo el Departamento de Risaralda y zonas aledañas a éste en los departamentos de Caldas, Chocó, Tolima, Antioquia, Valle.

Los datos fueron transcritos de las tablas contenidas en las siguientes referencias:

- Page, W., 1986 . Geología sísmica y sismicidad del noroeste de Colombia. Inf. preparado por W.C.C para ISA. Medellín, 136 p.
- James, M., 1986. Estudio sismotectónico en el área del Viejo Caldas. Ingeominas, Medellín. 113 p.
- Egeo Ltda., 1987. Geología ambiental del área urbana y suburbana del Municipio de Marsella. Inf. preparado para la CARDER. 216 p + 8 mapas. Pereira.

Es importante anotar que se presentaron muchas incongruencias en la información correspondiente a un mismo sismo, contenida en las diferentes fuentes. Se tomó entonces como base, el catálogo contenido en James, por ajustarse más a la zona de estudio y éste se complementó en cuanto a intensidad y localización, con las otras referencias.

AÑO	FECHA		HORAS		EFICIENTES		D	PROFUNDIDAD		*MAGNITUD	INTENS	LOCALIZACION
	MES	DIA	HORA	MIN.	SEG.	LAT (°N)		LONG W.	PROF.			
1873	Febrero	9	19	00		5.1	75.5		5.0	III		
1878	Septiembre	7				5.1	75.778		5	VI	Perucales - Calles	
1880	Octubre	5	5	0	0	5.1	75.778		5	VIII	Perucales - Calles	
1885	Abril					5.1	75.778		4	VII	Perucales - Calles	
1888	Octubre	7				5.1	75.778		4	V	Perucales - Calles	
1875	Septiembre	18	4	57	49	5.5	75.37		5.0	VII	Boya - Cross	
1878	Febrero	3	2	20	0	4.37	75.77	182	7	IV	Perucales - Calles	
1880	Junio	4	4	45	07	4.5	75.5		2.5			
1880	Enero	7	2	15	53	4.5	75.5		2.5			
1880	Abril	10	12	42	48	4.5	75.6	128	5	IV	Corroto - Cross	
1881	Abril	18	10	27	13	4.5	75		4	V	La victoria - Calles	
1885	Enero	12	7	45	27	5	75	200	4.5	V	Villa María - Calles	
1885	Abril	2	7	11	20	5	75.5	182	5	VI	Villa María - Calles	
1887	Septiembre	17	20	40	19	4.3	75.1		0			
1888	Febrero	9	2	20	58	4.5	75.0	11	4.5			
1888	Septiembre	7	11	25	44.8	5	75		2.5			
1889	Abril	7	12	47	17	4.3	75.5		2.5			
1889	Junio	12	19	44	18	4.5	75.5					

AGE	SEXES		EDUCATION				C	INCIDENTS		INITIAL	INFORM.	LOCALIZATION
	M	F	1 <sup>re</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup> (N)		5 <sup>e</sup>	6 <sup>e</sup>			
1967	Agente	25	27	10	01	5,1	75,8		2,5	41	Palmar - Droite	
1961	Directeur	20	17	27	24	4,2	75,2	175	5,1	400		
1961	Secrétaire	13	13	55	2	5,2	75,1	127	5,15	400	Palmar - Droite - Gauche	
1962	Agente	25	21	10	42	4,7	75,7	95	0		Ardele - Gauche	
1967	Agente	28	21	18	52	4,375	75,7	95	4,8	4	Ardele - Gauche	
1962	Secrétaire	0	21	14	24	4,9	75,7		1,8	0	Palmar - Droite - Gauche	
1964	Agente	10	2	27	30	5	75,7		0			
1964	Agente	5	11	13	11	4,7	75,8	62	4,7	4	Ardele - Gauche	
1964	Agente	27	10	15	22	4,5	75,1	110	4,3	4	Palmar - Droite - Gauche	
1964	Secrétaire	21	9	11	26	5	75	115	5			
1964	Secrétaire	17	11	57	51	4,7	75,2	120	4,5	1	Palmar - Droite	
1964	Directrice	10	5	42	10	5	75		1,8			
1964	Directrice	14	11	58	23	5	75,7	87	4,7			
1965	Agente	0	13	15	1	4,8	75	90	4,9			
1965	Agente	41	15	23	51	5,1	75,1		1,5			
1965	Agente	0	10	0	55	5	75,8		0			
1965	Agente	13	0	25	53	4,7	75,1		1,7			
1965	Agente	4	10	10	27	5,5	75,1	102	4,25	40	Palmar - Droite	
1965	Agente	7	0	1	25	5	75,1	117				
1967	Agente	17				5,5	75	95	4,3	40	Palmar - Droite	
1965	Secrétaire	5	11	45	47	5,1	75,1		1,5			
1965	Secrétaire	9	0	55	40	5	75		1,5			
1965	Agente	16	12	28	1	5,1	75,7		1,7			

FECHAS		HORAS		EVIDENCIAS		MUNICIPIO		INTENS.		LOCALIZACION	
ANO	MESE	DIA	HORA	MIN.	SEG.	LAT (N)	LONG (W)	PREC.			
1966	Enero	02	5	14	16	8.1	76.1		2.8		
1966	Enero	02	6	14	16	8.1	76.1		2.8		
1966	Enero	02	9	03	47	8	76		2.2		
1966	Enero	02	15	09	53	8	75.9		2.9		
1966	Febrero	7	13	16	5	8.6	76	93	4.59	10	LA CRUZ - VALLE
1966	Febrero	7	15	49	51	8	76		2.1		
1966	Marzo	6	14	03	19	8.2	75.8		2.3		
1966	Marzo	01	6	55	59	8.099	76.199	93	4.52	7	Pueblo Rico - Pasa.
1966	Abril	5	13	19	4	8	75.8		2.6		
1966	Abril	01	3	11	4	8.3	75.7		2.7		
1966	Mayo	15	6	6	1	8.5	75.6		2.3		
1966	Mayo	13	14	46	47	8.1	76	1.5	4	4	
1966	Agosto	15	15	01	5	8.299	75.0	30	4	7	Chicla - Tolima
1966	Diciembre	10	6	57	45	8.9	76	100	4.6	10	Saldaña - Pasaerife
1966	Noviembre	1	13	49	09	8.1	75.7		2.1		
1966	Noviembre	4				8.199	76		2.6	04	Prado - Tolima
1966	Noviembre	17	19	10	54	8.6	75.5		2		
1967	Enero	01	6	30	09	8.2	75.9		2		
1967	Enero	10	4	50	14	8.3	75.8		2.7		
1967	Febrero	7	12	57	49	8	75.9		2.1		
1967	Febrero	4	15	41	55	8.7	75.8		2.1		
1967	Febrero	7	1	43	40	8	75.3		2.6		

TEMP.		HORA		EPOCAS		PRECIPITAC.		VIENTO		HUMEDAD	INSTR.	OBSERVACIONES
AL.	DES.	DA.	HORA	MIN.	SEG.	MM.	CM.	DIR.	VELOC.			
1967	Abril	12	1	4	11	5.2	75		1.8			
1967	Abril	15	19	51	3	5	75.7	107	1.8	0		Acid + H2SO4
1967	Acosta	8	17	10	44	5	75.7		1.1			
1967	Acosta	14	11	32	40	5	75.0		1.7			
1967	Acosta	19	11	17	14	5.1	75.5		1.1			
1967	Acosta	27	7	13	54	5	75.7		1.1			
1967	Acosta	28	19	5	25	7.0	75.1	103	1.8	0		Acid + H2SO4
1968	Enero	1	6	26	41	5.1	75		1.3			
1968	Febrero	12	13	41	57	5	75.2		1.3			
1968	Febrero	14	11	1	1	4.7	75.1		1.3			
1968	Marzo	15	11	33	18	3.777	75.477	107	1.1	1		Acid + H2SO4
1968	Abril	15	7	51	17	5	75		1.1			
1968	Junio	7	13	55	2	4.15	75.4		1.7			
1968	Junio	13	11	41	37	5	75		1.5			
1968	Junio	11	13	45	17	4.15	75.1		1.1			
1968	Junio	23	21	19	13	4.7	75.0		1			
1968	Junio	15	7	40	10	5	75.1		1.3			
1968	Junio	27	13	17	13	4.15	75.5		1.0			
1968	Junio	7	3	2	34	4.15	75.2		1.3			
1968	Junio	9	11	47	15	4.7	75.4		1.4			
1968	Julio	14	11		11	4.15	75.1		1.1			
1968	Julio	24	13	13	11	4.15	75.1		1.5			
1968	Enero	17	5	11	54	5.174	75.274	103	1.3			

AÑO	FECHA		HORAS		EPIZOOTIOLOGIA		S	INFORMACION		MAGNITUD	DATOS	LOCALIDAD
	MES	DIA	COMENZ.	TERMINA	SEÑ.	LAZ.		N.	LONG.			
1969	Enero	27	7	48	3	5,2	76	139	4,1	v		Salas de Arriba - Ro.
1969	Febrero	1	22	39	55	4,5	75,7		2,9			
1969	Febrero	3	1	9	54	5,4	75,6		2,7			
1969	Febrero	12	13	48	4	4,9	75,4		2,5			
1969	Julio	8	7	46	52	5,2	75,2		2,8			
1969	Julio	9	8	52	51	5	75,9		2,8			
1969	Julio	15	19	37	58	5,2	76,1	129	4,7	12		Santiago - Ro.
1969	Noviembre	6	11	32	15	5,2	76,2	133	4,2	12		Pueblo Rico - Ro.
1969	Noviembre	8	23	12	37	4,2	75,6		3,4			
1969	Noviembre	27	15	25	8	4,5	75,5	51	4,3	v		Restrepo - Tolima
1969	Diciembre	20	15	37	59	5	76		2,7			
1970	Febrero	11	4	31	22	4,2	75,3	150	4,2			
1970	Febrero	11	5	3	25	4,5	75		2,7			
1970	Septiembre	15	19	59	11	5	75		2,2			
1970	Septiembre	27	4	42	37	5	75,9		2,2			
1970	Septiembre	27	1	24	52	5	75,9		2,2			
1970	Septiembre	27	5	27	17	5	75		2,7			
1970	Septiembre	27	11	24	54	5	75		2,2			
1970	Septiembre	27	13	1	19	5	75,3		2,5			
1970	Septiembre	27	12	22	15	5	75,9		2,2			
1970	Septiembre	27	15	32	24	5	75,9		2,2			
1970	Septiembre	27	17	54	53	4,9	75,7		2,2			

EPI-CENTRE		HYPAC		EPI-CENTRE		HYPAC		EPI-CENTRE		HYPAC		EPI-CENTRE		HYPAC	
NO.	NAME	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.	LONG.	LAT.
1970	Becerra	23	1	24	16	5	76								
1971	Castro	1	20	30	18	-4.3	75.1								
1972	Castro	2	20	50	27	5	76								
1973	Castro	4	11	50	48	5	76								
1974	Castro	4	2	4	0	5	76								
1975	Castro	6	10	5	2	5	76								
1976	Castro	8	17	44	42	5	76								
1977	Castro	11	29	15	24	4.2	75.7								
1978	Castro	14	16	11	32	5.1	75.1								
1979	Castro	20	4	23	37	5	76								
1979	Castro	22	20	27	23	5	76								
1970	Castro	25	15	15	33	5.1	75.1	161	4.1	10	Peru - Chile				
1970	Castro	21	20	11	34	5.9	75.2	34	4.2	1	El Cerro - Choco				
1970	Castro	21	10	20	52	4.1	75.3								
1970	Castro	16	7	46	49	4.3	75.5								
1970	Castro	9	9	50	13	4.1	75	24	3	1	Castro - Valle				
1970	Castro	1	10	54	1	4.7	75.1	155	4.2	100	Veracruz - Tabasco				
1970	Castro	12	10	5	23	4.7	75.2	75	4.3	10	Castro - Choco				
1970	Castro	11	10	5	14	4.7	75.2	75	4.3	10	Castro - Choco				
1970	Castro	14	0	5	27	4.3	75.7								
1970	Castro	24	19	40	21	5.1	75.3	112	5.3	100	Castro - Cauca				
1970	Castro	11	1	21	33	-4.234	75.1	135	0		Castro - Cauca, And. Va				
1974	Castro	22	10	21	51	4.3	75.1	37	5.1	10	Castro - Valle				



YAC	REGIONS		MOPAS		EFFICIENCY		COEFFICIENTS		*EFFICIENCY	INTENS	TOTAL EFFICIENCY
	*REG	TOP	*MOP	*L.N.	SEB.	1st	2nd	*COEFF.			
1974	United	11	12	51	17	5.015	75.727		4.25		
1975	April	11	1	51	23	4.25	75.25	144	5.12	11	Efficiency - side
1975	April	21	3	48	51	4.25	75	150	4.55	1	Time - side
1975	May	11	5	39	21	4.7	75.3		2.7		
1975	April	11	17	25	12	5.12	75.25	71	4.7		
1975	May	19	4	7	13	6.5	75.3	135	5.5	11	
1975	United	11	21	13	24	5	75.11		2.8		
1975	United	12	2	16	45	5	75.11	127	2.8		
1975	United	12	8	55	45	5	75.11	227	3.5		
1975	United	12	17	22	19	5	75.11	191	2.1		
1975	United	12	1	54	11	5	75.11	147	2.1		
1975	United	12	10	12	25	5	75.11	255	2.1		
1975	United	12	5	55	25	5	75.11	155	2.7		
1975	United	13	11	11	22	5	75.11		2.5		
1975	United	12	15	7	15	5	75.11		2.7		
1975	October	3	1	19	21	4.7	75	120	4.7		
1975	December	27	7	31	40	5.12	75	90	2.3		
1977	May	11	3	53	40	5.335	75.915	129			
1977	May	14	15	42	41	4.7	75.17	6	2.5		
1977	United	7	5	55	17	5	75		2.1		
1977	January	21	19	51	1	4.25	75		1		
1978	United	14	11	47	25	5	75.11		2.3		

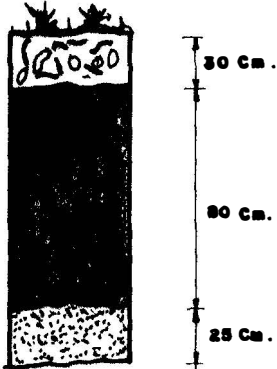
AÑO	REGI-	*1948				EFICIENTES				*ABASTOS	INTENS.	LOCALIZACION
		024	*194	*191	000	147 (%)	1043	*	1909			
1975	Peru	15	12	40	39	4,7	75,9	154	4,5			
1979	Peru	5	3	57	50,6	4,5	75,4	155	5			
1979	Peru	10	10	49	22	4,5	75	153	5,4			
1981	Peru	15	11	4	55,9	4,4	75,7	156	5,7	SI		
1981	Peru	20	7	5		5,012	75,25	137	4,1			
1982	Peru	7	14	2	5	5,015	75,753	141	4,4			
1984	Peru	11	9	59	47	5,132	75,255	171				
1985	Peru	1	7	5	10	4,91	75,275	105	5			
1985	Peru	1	7	5	10	4,91	75,275	105	5			
1985	Peru	4	5	11	51	5,02	75,591	11			Peru en Perceles	
1985	Peru	19	9	49	55	4,99	75,515	109	5		Peru en Perceles	
1987	Peru	7	17	15	16	4,919	75,225	110	4,5		Peru en Perceles	

## **ANEXO 4 - DESCRIPCION DE PERFILES**

ANEXO

1. LOCALIZACION: AREA EN PROYECTO DE URBANIZACION "EL HOGAR COLOMBIANO"  
- SECTOR LOS PATIOS -

BRECHA 1



LLENO ARTIFICIAL - ESCOMBROS CON CERAMICA

30 Cm.

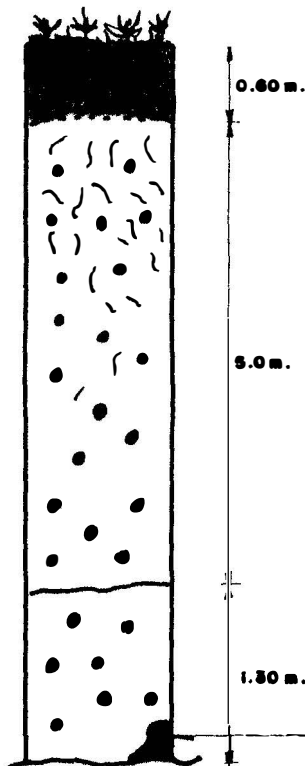
CENIZAS VOLCANICAS DE COLOR NEGRO  
ABUNDANTES ROCAS.

90 Cm.

CENIZAS VOLCANICAS - COLOR PARDO AMARILLENTO

25 Cm.

BRECHA 2



CENIZAS VOLCANICAS - DE COLOR PARDO AMARILLENTO  
ABUNDANTES RAICES.

0.60 m.

DEPOSITOS DE FLUJOS DE LODO  
MATRIZ LIMO - ARCILLOSA DE COLOR AMARILLO ROJIZO  
PARDO AMARILLENTO (ABARRADA).  
FRAGMENTOS DE ROCA VOLCANICA, REDONDEADOS Y DE  
ROCA METASEDIMENTARIA, ANGULARES. (GRIETAS DE DESECACION)  
LOS FRAGMENTOS PRESENTAN TAMAÑOS HASTA DE 90 Cm.  
RAICES HASTA LA PARTE MEDIA.

5.0 m.

PLANO DE FALLA AFECTANDO EL DEPOSITO.

1.30 m.

BLOQUE DE ROCA BASALTICA.

## 2. LOCALIZACION SECTOR DEL PARQUE RECREACIONAL



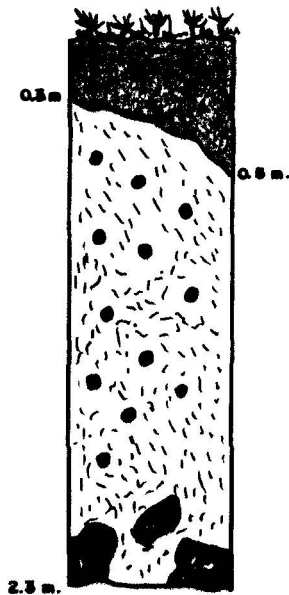
HORIZONTE AMARILLO PARDUZCO ROJIZO.  
ABUNDANTES FRAGMENTOS DE ROCA Y RAICES  
MATRIZ ARCILLOSA. AFLORA AGUA  
LLENO ARTIFICIAL MUY RECIENTE.

HORIZONTE DE COLOR NEGRO - VARIA LIGERAMENTE A CAFE EN SU  
PARTE INFERIOR.  
FRAGMENTOS DE ROCA - RAICES - HIERBA.  
EL AGUA AFLORA A VARIOS NIVELES, EN ABUNDANCIA.  
MATRIZ ARCILLOSA CON ABUNDANTE MATERIA ORGANICA

PARDO AMARILLENTO - ARCILLOSO  
PARCHES DE COLOR GRIS  
PEQUEÑOS FRAGMENTOS DE ROCA Y CERAMICA. - HIERBA

HORIZONTE ARCILLOSO DE COLOR GRIS - CONTIENE FRAGMENTOS DE ROCA Y CERAMICA.  
ABUNDANTE HIERBA.

## 3. LOCALIZACION TERRENO DEL PROYECTO "JARDIN BOTANICO"

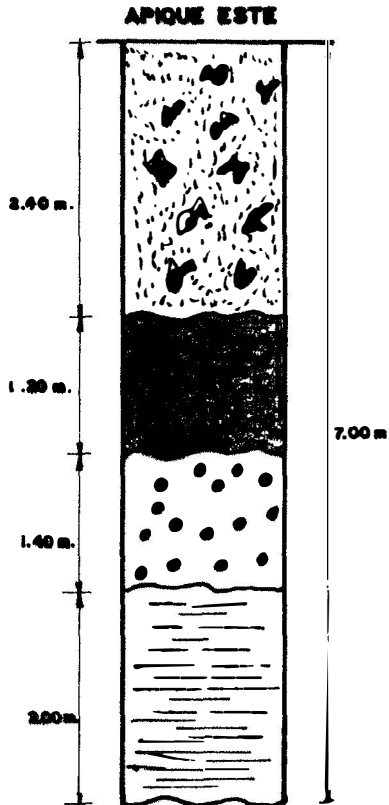


HORIZONTE DE CENIZA VOLCANICA  
DE COLOR PARDO - EN LA PARTE INFERIOR  
GRADA A UN COLOR AMARILLO PARDUZCO.

DEPOSITO DE FLUJO DE LODO.  
MATRIZ ARCILLO - LIMOSA DE COLOR ROJO, AMARILLO ROJIZO.  
PEQUEÑOS FRAGMENTOS DE ROCA VOLCANICA  
NIVEL FREATICO A 1.18 m.

BLOQUES DE ROCA VOLCANICA BASALTICA,  
SAPROLITIZADOS - CON COLORES ABIGARRADOS  
CONSERVAN LA TEXTURA DE LA ROCA.

**4. DESCRIPCION DE APIQUES - HOGAR INFANTIL .**

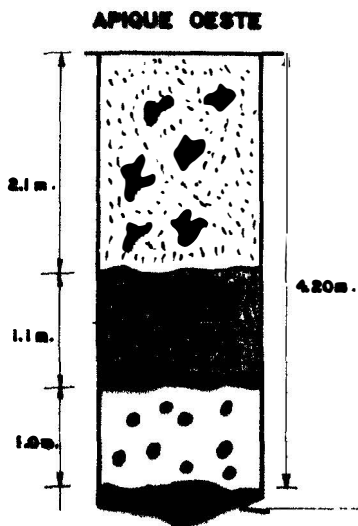
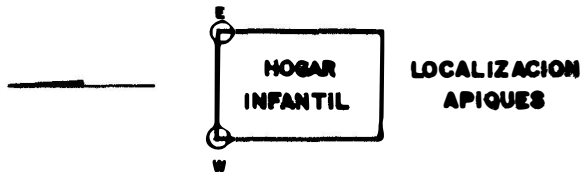


LLENO ARTIFICIAL - COLORES ABISAPRADOS -  
GRIS OSCURO, PARDO, AMARILLO.  
FRAGMENTOS DE ROCA VOLCANICA BASALTICA.

HORIZONTE DE COLOR NEGRO.  
ALTO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA.

DEPOSITO DE FLUJOS DE LODO  
MATRIZ LINO-ARCILLOSA - COLOR PARDO AMARILLENTO  
PEQUEÑOS FRAGMENTOS DE ROCA VOLCANICA Y  
METASEDIMENTARIA - APARECE NIVEL FREATICO (4.30 m).

SUELO ARCILLO-LIMOSO  
COLOR GRIS AMARILLENTO.



LLENO ARTIFICIAL  
PEDAZOS DE MATERIAL EN CONCRETO

HORIZONTE NEGRO  
ABUNDANTE MATERIA ORGANICA

DEP. FLUJOS DE LODO. PARDO AMARILLENTO.  
FRAGMENTOS DE ROCA BASALTICA.

BLOQUE DE ROCA BASALTICA .

***ANEXO 5. INFORMES TECNICOS***

Pereira 1 de Oct. 1969

Doctora  
TERESITA CARDONA CAÑAVERAL  
Secretaria de Planeación Departamental  
Ciudad

REF. : Proyecto construcción cancha auxiliar Apia. Solicitud  
No. 00846.

De acuerdo a las evaluaciones realizadas sobre el sector por los Geólogos participantes dentro del proyecto de Geología Ambiental en el Municipio de Apia, me permito comunicarle lo siguiente :

- El terreno seleccionado se caracteriza por ser una zona de topografía irregular, producto de constantes modificaciones artificiales, conformado por diferentes capas de llenos de material de diferentes características, con un nivel freático superficial, lo cual se verificó con la realización de varios sondeos.
- Se han identificado unos procesos erosivos inherentes a las características del terreno, que muestran una serie de movimientos "reptacionales".
- El sector se ha clasificado como una zona no urbanizada ni urbanizable, donde debe propenderse por la ejecución de obras de estabilización, orientadas a establecer un sistema de drenaje adecuado para controlar el nivel freático y optimización de redes de alcantarillado aledaños que vierten sus aguas negras al terreno considerado.



- De acuerdo al anteproyecto presentado para la construcción de la cancha auxiliar, ésta implicaría la realización de un movimiento de tierras de importancia, que debe analizarse detalladamente, si se tiene en cuenta que están planteando taludes de corte de 12 metros de altura, para los cuales necesariamente deberán adoptarse medidas de estabilización geotécnica.

En cuanto a los rellenos a realizarse, deberá contemplarse también la adecuada consolidación de los mismos y el respectivo manejo de todas las aguas superficiales.

En cuanto al drenaje subsuperficial, también es necesario llevarlo a efecto.

- La Corporación considera que el uso más recomendable del terreno, debe estar orientado a un parque recreacional, donde se realicen las obras de drenaje necesarias, no implique movimientos de tierra, que incluya tratamiento forestal del área.

Sin embargo, si se considera la viabilidad de construir la cancha auxiliar, debe tenerse presente que la ejecución del movimiento de tierra, haría necesario el diseño de obras de estabilidad complementarias, tanto en los taludes de corte como en los rellenos a realizar y no disponer el material sobrante sobre los taludes de la vía, ni sobre los terrenos aledaños.

Atentamente,

*Francisco Antonio Uribe Gómez*

FRANCISCO ANTONIO URIBE GÓMEZ  
Ingeniero Geólogo Planeación



*Cesar Augusto Bautista E.*  
CESAR AUGUSTO BAUTISTA E.  
Jefe Oficina de Planeación