



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

*MARTA LUCIA JARAMILLO L., Geóloga*

*CARLOS VERA, Ing. Geólogo*

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

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.3. LOCALIZACION.....	2
1.4. GENERALIDADES.....	3
1.4.1. Períodos de lluvia.....	3
1.4.2. Relieve .....	3
1.4.3. Drenaje.....	5
1.4.4. Aspectos económicos.....	5
1.4.5. Poblaciones y vías de acceso.....	6
1.4.6. Reseña histórica .....	7
2. ESTUDIOS ANTERIORES .....	11
2.1. ESTUDIOS REGIONALES.....	11
2.1.1. Geológicos.....	11
2.1.2. De suelos.....	12
2.1.3. Zonas de vida .....	12

2.2.	ESTUDIOS LOCALES.....	16
3.	METODOLOGIA.....	17
3.1.	MAPA DE FORMACIONES SUPERFICIALES Y LOCALIZACION DE ESTACIONES .....	18
3.2.	MAPA ESTRUCTURAL .....	19
3.3.	MAPA MORFOMETRICO .....	19
3.4.	MAPA DE PROCESOS EROSIVOS .....	19
3.5.	MAPA DE TIPIFICACION Y ESTADO DE LAS CONSTRUCCIONES .....	19
3.6.	MAPA DE APTITUD PARA EL USO URBANO .....	20
4.	ASPECTOS GEOLOGICOS Y GEOMORFOLOGICOS.....	21
4.1.	MARCO GEOLOGICO REGIONAL.....	21
4.1.1.	Rocas cretáceas.....	21
4.1.1.1.	Rocas ígneas básicas y ultrabásicas.....	22
4.1.2.	Rocas terciarias.....	23
4.1.2.1.	Rocas ígneas .....	23
4.1.2.2.	Rocas sedimentarias .....	24
4.1.2.2.1.	Formación Cartago y Formación Buga .....	24
4.1.2.2.2.	Formación La Paila .....	25
4.1.2.2.3.	Formación Zarzal .....	25
4.1.3.	Rocas cuaternarias .....	26
4.2.	GEOLOGIA ESTRUCTURAL .....	26
4.2.1.	Fallas .....	27
4.2.1.1.	Falla Mistrató .....	27
4.2.2.	Alineamientos .....	28
4.2.2.1.	Alineamiento Barsinal .....	28

4.2.2.2. Alineamiento Arrayanal .....	28
4.2.2.3. Alineamiento La Villada.....	30
4.2.2.4. Alineamiento Bellavista.....	30
4.3. FISIOGRAFIA Y MORFOMETRIA.....	31
4.4. FORMACIONES SUPERFICIALES .....	33
4.4.1. Formación Barroso .....	33
4.4.2. Plutón de Mistrató .....	35
4.4.3. Depósitos no consolidados del cuaternario .....	41
4.4.3.1. Flujos de escombros .....	42
4.4.3.1.1. Depósito de flujo de escombros Qfe1.....	42
4.4.3.1.2. Depósito de flujo de escombros Qfe2.....	44
4.4.3.1.3. Depósito de flujo de escombros Qfe3.....	47
4.4.3.1.4. Depósito de flujo de escombros Qfe4.....	50
4.4.3.2. Terrazas .....	51
4.4.3.3. Depósitos de flujos de lodo .....	54
4.4.3.4. Depósitos torrenciales .....	56
4.4.3.5. Depósitos aluviales recientes .....	57
4.4.3.6. Barras .....	58
4.5. PROCESOS EROSIVOS .....	59
4.5.1. Deslizamientos .....	59
4.5.2. Sobrepastoreo .....	61
4.5.3. Erosión de caminos .....	62
4.5.4. Socavamiento de márgenes.....	62
4.6. ASPECTOS SISMICOS .....	65
4.7. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA .....	67

4.8.	INFLUENCIA HUMANA .....	69
4.8.1.	Tala de bosques .....	69
4.8.2.	Sobrepastoreo .....	71
4.8.3.	Minería .....	71
4.8.3.1.	Ladrillera Buenos Aires .....	71
4.8.3.2.	Ladrillera sin nombre .....	76
5.	ASPECTOS HIDROLOGICOS.....	79
5.1.	GENERALIDADES .....	79
5.2.	PARAMETROS MORFOMETRICOS.....	80
5.3.	GEOHIDROLOGIA.....	86
6.	ESTADO DE LAS EDIFICACIONES.....	88
7.	APTITUD PARA EL USO URBANO .....	93
7.1.	CATEGORIA I.....	95
7.1.1.	Categoría IA .....	95
7.1.2.	Categoría IB .....	96
7.1.2.1.	Sector Villa Irene.....	97
7.1.2.2.	Sector carrera 6 entre calles 6 y 7 .....	99
7.1.2.3.	Sector carrera 6 entre calles 4 y 5.....	100
7.1.3.	Áreas IC .....	100
7.1.3.1.	Sector estación de gasolina.....	102
7.1.3.2.	Sector margen occidental de la carrera 7 entre calles 7 y 11 .....	102
7.2.	CATEGORIA II .....	104
7.2.1.	Categoría IIA.....	104
7.2.1.1.	Sector urbanización Los Arrayanes .....	105

7.2.1.2. Sector urbanización Buenos Aires .....	110
7.2.2. Categoría IIB.....	111
7.2.2.1. Sector el terreno.....	111
7.2.2.2. Sector Bellavista .....	112
7.3. CATEGORIA III .....	113
7.3.1. Categoría IIIB.....	113
7.3.2. Categoría IIIC .....	113
7.3.2.1. Sector vertiente noroccidental del casco urbano.....	114
7.3.1.2. Sector quebrada El Naranjo .....	122
8. CONSIDERACIONES SOBRE EL FUTURO RELLENO SANITARIO .....	128
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	131
BIBLIOGRAFIA .....	135
ANEXOS .....	138

## LISTA DE TABLAS

	pág.
TABLA 1. Municipio de Mistrató, población 1938-1985.....	8
TABLA 2. Datos de caudales en las corrientes aledañas al casco urbano .....	80
TABLA 3. Parámetros morfométricos de las cuencas aledañas al casco urbano .....	84
TABLA 4. Tipificación y estado de las viviendas en el Municipio de Mistrató .....	90

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
FIGURA 1. Localización .....	4
FIGURA 2. Mapa estructural .....	29
FIGURA 3. Contacto entre el Intrusivo de Mistrató y la Formación Barroso .....	37
FIGURA 4. Diques silíceos en el intrusivo de Mistrató .....	38
FIGURA 5. Orientación cataclástica de los minerales en el Intrusivo de Mistrató .....	39
FIGURA 6. Flujo de escombros (Qfe2) en la vertiente nororiental del casco urbano .....	46
FIGURA 7. Deslizamientos sobre la unidad Qfe3 .....	48
FIGURA 8. Bloques descendidos, unidad Qfe3 .....	49
FIGURA 9. Flujo de escombros suprayaciendo una terracea del Río Risaralda .....	53
FIGURA 10. Deslizamiento superficial de tipo planar .....	60
FIGURA 11. Degradación del terreno por sobrepastoreo .....	63
FIGURA 12. Erosión de caminos sobre un corte subvertical .....	64



FIGURA 13.	Ladrillera Buenos Aires, frente de explotación del material .....	72
FIGURA 14.	Proceso activo de erosión por efecto de la explotación de material en la parte baja y sobrepastoreo .....	74
FIGURA 15.	Deslizamiento en el Barrio Buenos Aires ..	75
FIGURA 16.	Frente de explotación de la ladrillera ubicada en la carrera 6 con calle 3 .....	77
FIGURA 17.	Distribución regional del drenaje .....	81
FIGURA 18.	Deslizamientos recientes en el sector de Villa Irene .....	98
FIGURA 19.	Talud con riesgo de deslizamientos ubicado dentro del casco urbano .....	101
FIGURA 20.	Deslizamiento reciente a la altura de la calle 5 con carrera 7 .....	103
FIGURA 21.	Talud margen izquierda del Río Risaralda. Sector Urbanización Los Arrayanes .....	106
FIGURA 22.	Agrietamientos en la estructura del cementerio, zona cercana al talud .....	107
FIGURA 23.	Evidencia del empuje de tierra hacia el borde del talud .....	109
FIGURA 24.	Deslizamiento reciente (C5) vertiente noroccidental del casco urbano .....	116
FIGURA 25.	Deslizamiento reciente (C7) vertiente noroccidental del casco urbano .....	117
FIGURA 26.	Deslizamiento reciente, vertiente noroccidental del casco urbano .....	119
FIGURA 27.	Deslizamiento reciente, vertiente noroccidental del casco urbano .....	120
FIGURA 28.	Deslizamiento superficial reciente, parte alta de la vertiente noroccidental del casco urbano .....	121

FIGURA 29. Efectos del deslizamiento superficial originado en la parte alta de la vertiente noroccidental del casco urbano .....	123
FIGURA 30. Deslizamiento superficial con vertimiento directo de aguas negras sobre el escarpe .....	124
FIGURA 31. Grieta ubicada en la parte alta de la vertiente noroccidental del casco urbano .....	125
FIGURA 32. Quebrada El Naranjo cerca al cruce con la carretera que conduce a la Vereda El Terrero .....	127

## LISTA DE ANEXOS

### ANEXO 1. Mapas.

- Mapa 1-3/6 : Localización de estaciones.
- Mapa 2/6 : Morfométrico.
- Mapa 1-3/6 : Formaciones superficiales.
- Mapa 4/6 : Procesos Erosivos.
- Mapa 5/6 : Tipología y estado de las edificaciones.
- Mapa 6/6 : Aptitud para el uso urbano.

### ANEXO 2. Minería.

### ANEXO 3. Sismicidad regional.

## **1. INTRODUCCION**

### **1.1. ANTECEDENTES**

El presente trabajo fue realizado por la CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE RISARALDA - "CARDER" - en un programa piloto a nivel nacional denominado Geología Ambiental de las Cabeceras Municipales del Departamento de Risaralda, que incluye los municipios de Apía, Quinchia, Mistrató, Guática, Santuario, Belén de Umbria, Pueblo Rico, La Celia, Balboa y La Virginia, con el fin de determinar áreas de aprovechamiento del suelo en la zona urbana y suburbana. Con este objetivo la CARDER elaboró el documento OP-06-88 donde se definen los parámetros de estudio, tomando como modelo el estudio de geología ambiental en el área urbana y suburbana del municipio de Marsella, realizado para la CARDER por EGEO (Estudios Geológicos), en 1987.

## 1.2. OBJETIVOS

Los objetivos principales del estudio apuntan a un desarrollo armónico y seguro de los municipios, mediante la determinación de zonas de aptitud de uso en los mismos, para dar a los gobiernos municipales un derrotero en el campo de la planeación.

Se espera que las instituciones involucradas en el desarrollo de los municipios se beneficien de los resultados de este estudio, ya que esta información les permite conocer y controlar de manera más acertada las consecuencias de los fenómenos ambientales y geológicos que puedan repercutir en la seguridad de la comunidad.

## 1.3. LOCALIZACION

La zona de estudio comprende el área urbana y suburbana del municipio de Mistrató, localizado a 5°19' de latitud norte y 75°52' de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

El municipio de Mistrató se encuentra a una distancia de 86 km de la ciudad de Pereira, capital del departamento de Risaralda. Limita al norte con el municipio de Andes, en el departamento de Antioquia y con el departamento del Chocó; por el sur con los municipios de Pueblo Rico y Belén

de Umbria; por el oriente con los municipios de Riosucio (Caldas) y Guática y por el occidente con el municipio de Pueblo Rico y con el departamento del Chocó. (Ver figura 1. Localización).

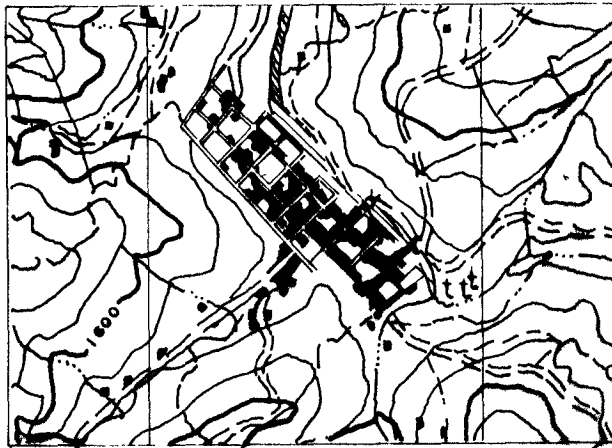
#### **1.4. GENERALIDADES**

El municipio de Mistrató es el cuarto del departamento en cuanto a extensión territorial; tiene una superficie total de 483 km<sup>2</sup>, distribuidos, según pisos térmicos de la siguiente manera: cálido 8 km<sup>2</sup>, medio 195 km<sup>2</sup>, frío 252 km<sup>2</sup>, páramo 28 km<sup>2</sup>.

El clima predominante en el área de estudio es de bosque muy húmedo premontano con una precipitación media de 2000 mm anuales (Velasco y Vera 1987).

**1.4.1. Periodos de lluvias.** Existen dos periodos de lluvias en el año, el primero comprende los meses de marzo y abril con una precipitación promedio de 107 mm y el segundo los meses de julio, agosto, septiembre y octubre con una precipitación promedio de 134 mm.

**1.4.2. Relieve.** El municipio de Mistrató, posee un territorio montañoso que corresponde en su mayor parte a la Cordillera Occidental. Posee un relieve muy accidentado,



ESCALA APROX 1:16.600

# MISTRATO

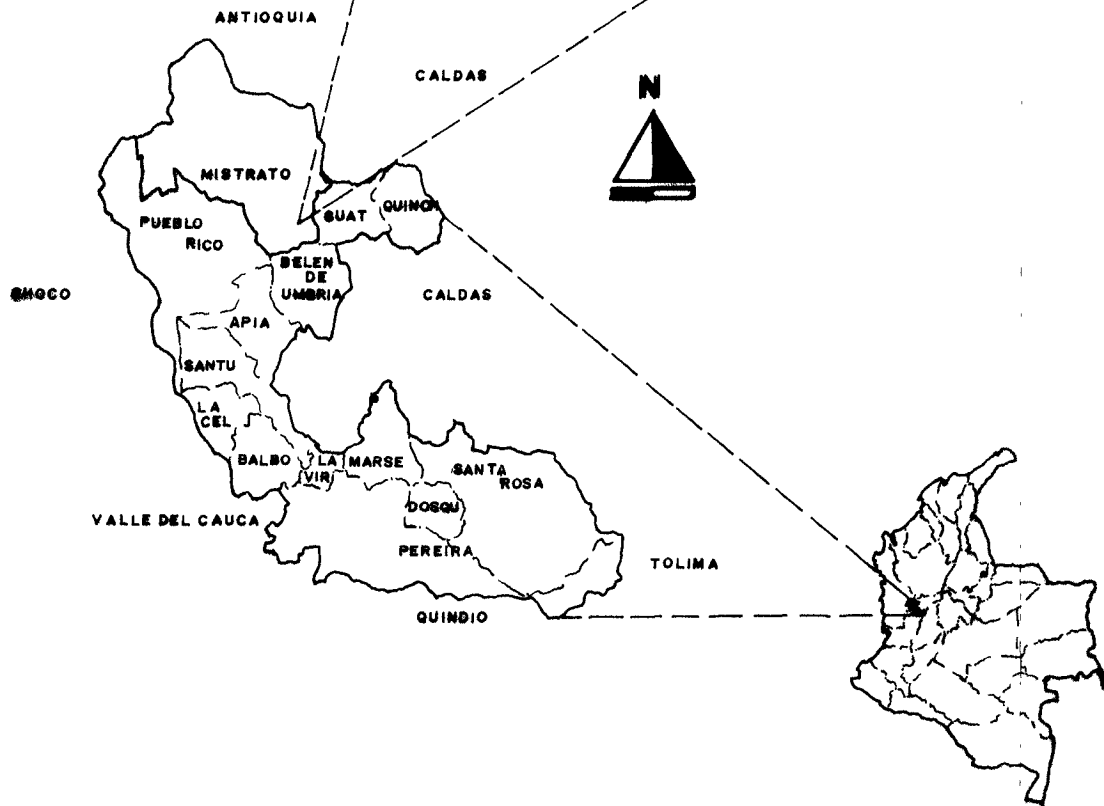


FIGURA I. LOCALIZACION.

destacándose entre sus principales alturas o "cuchillas" los cerros de Paramillo, San Fernando y Caramanta en los límites con Antioquia; el Alto del Terrero, la Cuchilla de Guapá y la Cuchilla de Membara.

**1.4.3. Drenaje.** Entre sus principales ríos y quebradas se destacan el río San Juan, El Mistrató, El Risaralda, El Chamí, El Aguila, La Quebrada Churruchí, la Quebrada Humacas y la Quebrada Mampay.

El casco urbano es atravesado por el Río Risaralda y las quebradas Arrayanal, El Naranjo y Barsinal.

**1.4.4. Aspectos económicos.** Los habitantes del municipio de Mistrató se dedican en su mayoría a la agricultura, la ganadería y en los sitios más apartados a la minería. Los cultivos más importantes son el café, caña de azúcar, maíz, lulo, yuca y cacao.

En la actualidad existen algunos prospectos de explotación de oro y plata filonianos, la mayoría cercanos al corregimiento de Puerto de Oro, todos ellos de bajo rendimiento por lo antitécnico de la explotación. Son necesarios además estudios topográficos y geológicos complementarios.



**1.4.5. Poblaciones y vías de acceso.** En este municipio hay dos corregimientos: Puerto de Oro y San Antonio del Chamí; dos caseríos, Nacederos y Pueblo Rico y cinco Inspecciones de Policía: Aribató, El Jardín, La Jeguada, Mampay y Purembará.

El acceso al municipio de Mistrató se realiza desde la ciudad de Pereira utilizando la Troncal de Occidente, carretera pavimentada que se encuentra en buenas condiciones. Por ésta se llega hasta los sitios denominados La Isla o Remolinos de los cuales parten carreteras sin pavimentar, pero en buenas condiciones, hasta el municipio de Belén de Umbria y posteriormente a Mistrató.

Otras vías sin pavimentar que comunican al municipio con otras poblaciones son: Mistrató - Anserma, Mistrató - Guática, y Mistrató - San Antonio del Chamí.

Hacia los caseríos y veredas se tienen las vías Mistrató - Pueblo Rico, Mistrató - La Villada, Mistrató - Dosquebradas y Mistrató - Cocorná.

Por último posee numerosos caminos que conducen a fincas y a caseríos menos importantes.

**1.4.6. Reseña histórica (Atlas de Risaralda, 1988).** Según la crónica, Jorge Robledo en el año 1539 envió al capitán Gómez Fernández a la provincia del Chocó o Chima donde halló muchas poblaciones.

En el año 1542 Robledo y Lorenzo de Aldana regresaron a la región donde empezaban las selvas Chocoanas y fundaron la población de Guntras, aldea que desapareció en 1601 bajo el ataque de los Noanamaes.

En 1724 Fray Luis Ayala aparece como cura de las misiones de San Juan del Chamí y en 1777 hay datos del presbítero José Antonio Ruiz, cura del Chamí y del caserío San Juan del Tatamá.

El nacimiento de Arrayanal, aparece por primera vez en 1843 como distrito del Cantón de Atrato, cuya capital era Quibdó. Su fundación está ubicada en el sitio donde existiera Guntras; según el censo de ese año (1843) ya contaba con 1034 habitantes indígenas. En 1859, la población fue segregada del Chocó y anexada en calidad de aldea a la provincia del Quindío.

En el año 1864 alcanzó la categoría de Distrito Parroquial. En 1865 Arrayanal contó con su primera escuela primaria. El 26 de Abril de 1911, la Asamblea Departamental creó el

distrito de Belén y Arrayanal quedó como corregimiento. En mayo 18 de 1923, Mistrató fue erigido como municipio, según ordenanza N° 11 del Departamento de Caldas y compuesto por Arrayanal, la fracción de Mampay, los cuales pertenecían a Belén y también por San Antonio del Chamí que pertenecía a Pueblo Rico. Una nueva ordenanza, el 18 de marzo de 1925, elevó a Arrayanal a la categoría de municipio pero con el nombre de Mistrató.

Los censos nacionales de población han arrojado los siguientes resultados para el municipio:

TABLA 1. Municipio de Mistrató - Población 1938-1985

Año	Cabecera Municipal	Resto	Total
1938	1142 Habitantes	5499 Habitantes	6641
1951	1922 Habitantes	6565 Habitantes	8487
1964	2427 Habitantes	6913 Habitantes	9340
1973	3021 Habitantes	8474 Habitantes	11495
1985	3086 Habitantes	9782 Habitantes	12868

FUENTE: DANE

En el período 1938 - 1985 la población total del Municipio creció a una tasa promedio anual de 7%. Desagregadamente, la población de la cabecera creció a una tasa promedio

anual de 3.62% y el resto del municipio tuvo una tasa de crecimiento promedio anual de 1.66%, lo que demuestra que es menor el crecimiento rural que el de la cabecera. Un análisis detallado de la tasa de crecimiento poblacional para cada uno de los periodos intercensales anotados, muestra una tendencia a un crecimiento poblacional con una tasa descendente en la cabecera municipal. Así por ejemplo, para el periodo 1938-51, la tasa fue de 5.25% promedio anual, en tanto que para el periodo 1964-73 fue de 2.71% y para 1973-85 fue de 0.18% promedio anual.

En cuanto al aspecto vial, la baja densidad que se presenta al respecto, una de las mas deficientes del departamento, se explica por la extensión del municipio y por su economía no cafetera.

El servicio de energía es prestado por la CHEC, en la modalidad de venta directa al usuario. Actualmente se efectúa el montaje de una subestacion de 1.5 MVA. La reciente electrificación del corregimiento de San Antonio del Chamí disminuirá el deficit al respecto, que también es de las más altas del departamento.

En cuanto a las redes de acueducto y alcantarillado, puede decirse que el municipio cuenta con una buena cobertura. Sin embargo, ciertos sectores requieren especial atención

ya que cuentan con tuberías viejas y deterioradas que eventualmente ocasionan problemas.

El sector educativo cuenta actualmente con dos escuelas primarias (masculina y femenina) y un colegio de bachillerato agropecuario ubicados en la zona urbana.

En cuanto a salud pública se refiere, la zona urbana cuenta con un hospital bien dotado, que desarrolla actividades de consulta médica, hospitalización, odontología, vacunación y laboratorio.

## 2. ESTUDIOS ANTERIORES

En términos generales, puede decirse que son pocos los estudios de carácter geológico desarrollados en la región. Los existentes son de carácter regional principalmente.

### 2.1. ESTUDIOS REGIONALES

**2.1.1. Geológicos.** Calle et al (1984) describieron y cartografiaron la geología de la zona norte del área de estudio en la Plancha 186 escala 1:100.000. Delimitaron la Formación Barroso y el Intrusivo de Mistrató, observando en este último variaciones en facies que van desde tonalitas hasta gabros.

CARDER y Universidad Nacional (1987) evaluaron los riesgos fluviales ocasionados por la inestabilidad geométrica del cauce del Río Risaralda. (Tomo I, 1986, por Velasco y Vera; Tomo II, 1987, por Molina y Múnera). En el primer tomo se tiene un mapa de Isoyetas escala 1:100000 de la cuenca del Río Risaralda, en este se delimitan áreas de

alta precipitación. El segundo tomo incluye un estudio geomorfológico de la sección intramontana del Río Risaralda y presenta un mapa 1:25000 en el que se delimitan al norte y suroeste del municipio de Mistrató la Formación Barroso y el Intrusivo de Mistrató. Se cartografían además las fallas existentes ya reconocidas y fallas y alineamientos nuevos.

**2.1.2 De suelos.** CENICAFE, (1988) estudió la zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del Departamento de Risaralda; este estudio contiene la cartografía de suelos correspondiente a la zona cafetera y define para el área de Mistrató las siguientes unidades:

- Unidad (200) (200)<sub>2</sub> corresponde a suelos derivados de basalto con ceniza volcánica.
- Unidad CH-200 (CH-200)<sub>2</sub> que son suelos derivados de cenizas volcánicas.

CARDER (1985) realizó el mapa de cobertura y uso actual del suelo para el Departamento de Risaralda.

**2.1.3. Zonas de vida.** En el municipio existen diferentes zonas de vida que se describen a continuación: (Atlas Risaralda, 1985).

- **Bosque muy Húmedo Premontano (bmh-PM).** Corresponde a una zona cafetera. La biotemperatura media es de 18 a 24°C.

Precipitación anual: 2000 a 4000 mm.

Proviene de la provincia Húmeda Perhúmeda, con alturas de 900 a 2000 m.s.n.m. La topografía presenta cerros altos, laderas quebradas y onduladas; se presentan algunas partes planas de poca extensión. El área es de 27.393 ha.

- **Bosque muy Húmedo Montano Bajo (bmh-MB).** Se encuentra ampliamente distribuido en zonas que enmarcan a los páramos y tierras altas. Los límites climáticos son:

- Biotemperatura media: 12 a 18°C
- Precipitación anual: 2000 a 4000 mm

Proviene de la provincia Húmeda Perhúmeda, con altura entre 1900 a 2900 m.s.n.m. Permanece generalmente cubiertas por mantos de nubes y neblinas. Son terrenos muy accidentados, los ríos y quebradas son torrenciales. La distribución geográfica es de 18.000 ha.



- **Bosque pluvial Montano Bajo (bp-MB).** Los límites climáticos son:

Biotemperatura media : 12 a 18°c

Precipitación anual mayor de 4000 mm

Pertenece a la provincia húmeda superhúmedo

Altura : 1800 m.s.n.m.

Esta zona está generalmente cubierta de neblina y masas de nubes, de tal manera que la evaporación es baja.

Es una zona que se debe proteger para mantener estable el agua de las cuencas hidrográficas.

La topografía presenta laderas muy quebradas con numerosos cursos de agua.

Es una zona de fertilidad baja, abundante lluvia y topografía accidentada, por lo cual se debe utilizar únicamente como área protectora para la regulación de las aguas de las cuencas hidrográficas. La distribución geográfica es de 5.100 ha.

- **Bosque Pluvial Montano (bp-M).** Los límites climáticos son:

Biotemperatura media : 6 a 12 °C.

Precipitación media anual: mayor de 2000 mm.

Altura: se inicia a partir de los 2800 m.s.n.m.

La topografía es de subpáramos de laderas muy pendientes y escarpadas. La distribución geográfica: 5.199 ha.

- **Páramo Pluvial Subandino - Tundra Pluvial Andina.**

Estas dos formaciones constituyen las dos máximas alturas de la cordillera. Los límites climáticos son:

Biotemperatura media: inferior a 6 °C

Precipitación media : superior a 1000 mm

Pertenece a la provincia Humedad Superhúmedo

La evaporación es muy baja en la zona, que es valiosa como productora de aguas.

La topografía es en general abrupta pero presenta mesetas con relieves muy suaves. El bp-M es un área productora de agua, por lo que se debe conservar su vegetación nativa. La distribución geográfica es de 5.199 ha.

## 2.2. ESTUDIOS LOCALES

CARDER (1988) realizó el estudio de protección de viviendas en peligro, (documentos OP-01, OP-03 y OP-04). En este estudio se delimitan zonas subnormales en las cabeceras municipales que puedan ser afectadas por cualquier tipo de riesgo natural.

### 3. METODOLOGIA

Este estudio se llevó a cabo en 4 etapas: Compilación preliminar de la información disponible, fotointerpretación detallada de la zona de estudio, trabajo de campo y por último elaboración del informe.

La compilación preliminar incluyó la consulta de los estudios ya mencionados. El análisis de las aerofotografías disponibles para la zona permitió elaborar un mapa fotogeológico preliminar del área de estudio y localizar detalladamente los procesos, con el fin de delimitar las principales zonas de riesgo geológico.

El análisis fotogeológico se realizó con base en las siguientes fotografías: C 2277 de la 000054 a la 000059, C 1257 de la 116 a la 128, fotos Comité de Cafeteros F12 N°5211 y 5212 y F13 N°5223, 5224 y 5225.

Para la elaboración de los mapas de campo se utilizó una fotografía aérea ampliada, a escala 1:6500. Fotos IGAC 2277

N°056.

El trabajo de campo se llevó a cabo entre el 19 de enero y el 15 de febrero de 1989; durante este período se cubrió la tipología y el estado de las construcciones, estado de los cauces y orillas de las quebradas que bordean la cabecera municipal, las distintas unidades geológicas superficiales que conforman el área de estudio; se evaluaron además los sitios críticos de ocupación. Esta información fue ajustada por entrevistas hechas a los residentes de la región; finalmente se elaboró una serie de mapas, los cuales se especifican a continuación:

### **3.1. MAPA DE FORMACIONES SUPERFICIALES Y LOCALIZACION DE ESTACIONES**

- **Mapa Fiduciario:** contiene la localización de los puntos de observación hechos en el trabajo.
- **Mapa Geológico:** contiene la información geológica detallada de la cabecera municipal en estudio. Ambos se integran en un solo mapa escala 1:5.000.

### **3.2. MAPA ESTRUCTURAL**

Contiene las principales estructuras, fallas y alineamientos que han afectado la zona; su importancia se relaciona con el efecto sísmico en el área. Escala 1:32.360

### **3.3. MAPA MORFOMETRICO**

Contiene la distribución de pendientes en rangos del 0 a 10%, 10 a 20%, 20 a 30%, 30 a 40%, y mayores del 40%, escala 1:5.000.

### **3.4. MAPA DE PROCESOS EROSIVOS**

Los procesos erosivos juegan un papel importante en la estabilidad de las formaciones superficiales; están influenciados a su vez por las pendientes, estructuras y la constitución del sustrato. En este mapa se diferencian procesos activos y no activos, su zona de influencia y su edad relativa. Escala 1:5.000.

### **3.5. MAPA DE TIPIFICACION Y ESTADO DE LAS CONSTRUCCIONES**

Contiene una clasificación cualitativa a semicuantitativa del estado de las edificaciones y el tipo de material de que están construidas. Escala 1:2.500.

### 3.6. MAPA DE APTITUD PARA EL USO URBANO

Con los mapas anteriores se elabora el mapa de aptitud para el uso, donde se definen las zonas aprovechables en la cabecera municipal, con sus respectivas condiciones y restricciones. Escala 1:5.000.

#### 4. ASPECTOS GEOLOGICOS Y GEOMORFOLOGICOS

##### 4.1. MARCO GEOLOGICO REGIONAL

El área de estudio está ubicada en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental, constituida por rocas con edades que van del Cretáceo Temprano al Cuaternario (Hall, et al, 1972; Alvarez & González, 1978).

**4.1.1 Rocas Cretáceas.** Las rocas Cretáceas de la Cordillera Occidental la conforman dos zonas con un origen marino similar, uno al sur constituido por el Grupo Dagua al suroeste y el Grupo Diabásico al sureste (Barrero, 1969; Nelson, 1957, Orrego et al, 1976).

La otra zona, al norte, está compuesta por rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Formación Barroso (Hall, et al 1972; Alvarez & González, 1978), estas rocas se encuentran suprayacidas por una cubierta de rocas sedimentarias de tipo turbidítico y pelágico denominada Formación Penderisco. Ambas formaciones, Barroso y Penderisco constituyen



el Grupo Cañas Gordas.

Es de especial interés la secuencia correspondiente a la Formación Barroso, por encontrarse en el área de estudio: en la base se tiene una secuencia volcánica y volcanoclástica, compuesta por rocas básicas de tipo toleítico de origen volcánico, con rocas diabásicas, derrames basálticos, basaltos amigdaloides, lavas almohadilladas, tobas y brechas vitreolíticas y aglomerados. (Molina & Múnera, 1987).

Esta formación se encuentra suprayacida por la Formación Penderisco que es una secuencia sedimentaria constituida por dos miembros: el Miembro Nutibara, el cual está en contacto con la formación volcánica y el Miembro Urrao que suprayace las anteriores. Los espesores varían entre 10 y 5 km respectivamente (Alvarez, 1983).

**4.1.1.1 Rocas Igneas Básicas y Ultrabásicas.** En la Cordillera Occidental se presentan claras evidencias de lavas, gabros y rocas ultramáficas que pueden representar remanentes de corteza oceánica y del manto superior respectivamente.

Estos cuerpos de roca se encuentran emplazados a lo largo del sistema de fallas Cauca Romeral. Los fragmentos

ofiolíticos discontinuos, relacionados con zonas tectónicas o zonas de sutura se pudieron haber generado en dorsales medio oceánicas. (Coleman, 1971) y fueron emplazados como pedazos de corteza oceánica o manto superior sobre el continente, durante el Cretáceo Medio a tardío.

#### **4.1.2 Rocas Terciarias**

**4.1.2.1 Rocas Igneas.** El Plutónismo de la Cordillera Occidental es considerado ensimático y la mayoría de las dataciones son de edad terciaria (Alvarez, 1983). Este Plutónismo ocupa un 20% del área de la Cordillera Occidental y está constituido por cuerpos intrusivos de composición variable pero en su mayoría intermedia; y por granodioritas, tonalitas, gabros y pórfidos andesíticos.

Las intrusiones porfidicas afloran a todo lo largo de la Cuenca Cauca-Patía y su emplazamiento está dado por la canalización a través de fracturas pertenecientes al Sistema de Fallas Cauca Romeral. Sin embargo, (Alvarez, 1983; Calle & González, 1984) consideran el Plutón de Mistrató de edad Cretáceo Medio y su origen lo relacionan con un posible arco volcánico localizado al este de la Falla Cauca Romeral; esto presupone la existencia de una zona de subducción, posiblemente en la Fosa del Atrato. Otras rocas ígneas de edad terciaria están asociadas a la

Formación Combia, caracterizada por presentar derrames volcánicos que van desde basaltos hasta riolitas.

Las intrusiones porfiríticas son cuerpos intrusivos intermedios, que afloran a todo lo largo de la Cuenca Cauca - Patía y su emplazamiento está dado por la canalización a través de fracturas del Sistema de Fallas Cauca - Romeral (Alvarez, 1983).

**4.1.2.2 Rocas Sedimentarias.** En la Cordillera Occidental, hacia el sur, las rocas sedimentarias están relacionadas con transgresiones marinas sobre un relieve bajo, donde predominaron ambientes marinos al sur, y al norte ambientes lagunares y lacustres representados por una secuencia sedimentaria ubicada a sur de La Virginia y sus remanentes al norte de la misma.

El contacto con rocas mesozoicas es discordante y angular, indicando que ocurrió tectonismo entre los dos eventos sedimentarios (James, 1986).

Desde Anserma hacia el sur, se distinguen tres formaciones sedimentarias importantes:

**4.1.2.2.1 Formación Cartago y Formación Buga.** Integran el Grupo Valle (Schwinn, 1969) están constituidas por

depósitos pelíticos grises y carbonosos intercalados con areniscas y en menor proporción material tobáceo; en la localidad tipo, el espesor puede alcanzar mas de 400 m.

Schwinn (1969) considera la Formación Cartago como la parte inferior de la Formación La Paila.

**4.1.2.2.2 Formación La Paila.** Compuesta por 200 m de tobas en la parte inferior y 400 m de conglomerados y areniscas con algunas intercalaciones de arcillolitas en la parte superior. Según estudios palinológicos (Van Der Hammen, 1957) esta formación es de edad terciaria superior, (Mioceno).

**4.1.2.2.3 Formación Zarzal.** Corresponde a una secuencia sedimentaria compuesta de diatomitas, arcillas y arenas, depositada sobre la Formación La Paila de una manera discordante.

Estos sedimentos constituyen el denominado Graben del Cauca, y la disminución en el espesor de la columna de éstos sedimentos es marcada hacia el norte de La Virginia (Risaralda); lo que refleja el levantamiento de esta parte con relación al sur (James, 1986). Esta tendencia, en la actualidad, está confirmada por métodos gravimétricos y nivelación. Además, la parte superior de los sedimentos

está completa al sur de La Virginia y ausente o interrumpida en muchos lugares al norte, sugiriendo que ha continuado tanto el levantamiento de esta área, como el proceso de formación de las cuencas hasta el presente (Restrepo, 1979).

**4.1.3 Rocas Cuaternarias.** El cuaternario presente en la Cordillera Occidental, está relacionado con el proceso de levantamiento de las cordilleras, con la formación de sedimentos por fragilidad de las rocas que componen la misma cordillera y con zonas estructurales que ocasionaron inestabilidad en la cordillera. Estos sedimentos cuaternarios están representados por flujos de escombros, flujos de lodo, terrazas aluviales, conos aluviales y barras. En algunas partes, estas formaciones se encuentran cubiertas por capas de ceniza volcánica, provenientes del Complejo Volcánico Ruiz-Tolima.

## **4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

Las principales trazas de falla en la región, están asociadas al sistema norte-sur pertenecientes al Sistema Cauca-Romeral; la más importante en la zona es la Falla Mistrató, ésta pasa al occidente del municipio y diverge de la Falla Anserma Nuevo 4 km al sur de Belén de Umbría.

#### 4.2.1. Fallas

4.2.1.1. **Falla Mistrató.** Según el estudio sismotectónico en el área del Viejo Caldas (James, 1986), esta falla presenta alineamiento fuerte en las imágenes de Landsat, evidencia geomorfológica en el valle del Río Mistrató; posiblemente esté asociada con sismicidad cortical.

La manifestación de esta falla en el campo es muy clara: presenta grandes escarpes, cambios en el curso de las corrientes, bloques desplazados, cimas rectas y alargadas y facetas triangulares. La traza principal se encuentra aproximadamente a 300 m al occidente del casco urbano de Mistrató.

La tendencia de esta falla es norte-sur y pone en contacto dos unidades litológicas diferentes, (Intrusivo de Mistrató y sedimentos volcanoclasticos de la Formación Barroso).

La Falla de Mistrató tiene una longitud de 12 km: su tendencia es norte-sur (Ver Figura 2) y su buzamiento es vertical.

Con base en la distribución de sismos de la región, esta estructura probablemente tiene una baja o moderada actividad. El sismo de 1962, que afectó el área de interés,

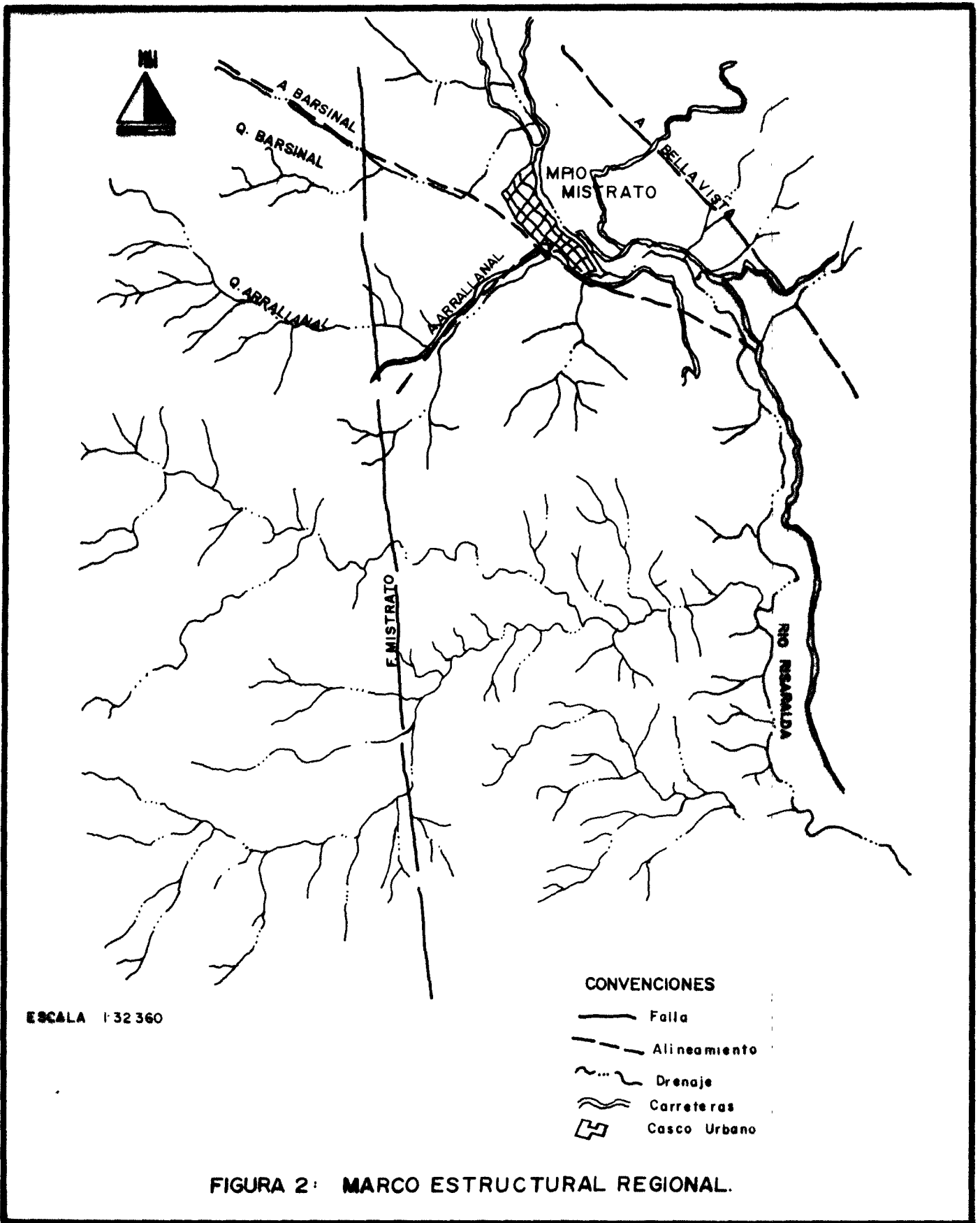
se originó a una profundidad relativamente somera (James, 1986). Los períodos de recurrencia para estos eventos son de 25 a 30 años en esta zona, sugiriendo la proximidad de otro evento con características similares en un futuro cercano.

**4.2.2. Alineamientos.** Otros alineamientos fuertes que pasan cerca al casco urbano son:

**4.2.2.1 Alineamiento Barsinal.** Está caracterizado por tramos rectos de la Quebrada Barsinal, hace parte de un sistema de alineamientos menores con tendencia noroeste, los principales datos estructurales van desde N10°E hasta N70°W con buzamientos más comunes entre 54° al occidente hasta verticales.

El alineamiento tiene una longitud aproximada de 3 km y se observa desde la parte alta de la cordillera hasta la carretera que conduce a Belén de Umbría; las evidencias geomorfológicas están caracterizadas por pendientes muy fuerte en las vertientes de la Quebrada Barsinal, tramos muy rectos en el curso de la misma y deslizamientos y cicatrices antiguas a lo largo del mismo (Figura 2).

**4.2.2.2 Alineamiento Arrayanal.** Con tendencia noreste, su expresión más característica es un tramo absolutamente



ESCALA 1:32 360

CONVENCIONES

- Falla
- - - Alineamiento
- ~ ~ ~ Drenaje
- ~ ~ ~ Carreteras
- ▣ Casco Urbano

FIGURA 2: MARCO ESTRUCTURAL REGIONAL.



recto, de unos 600 m en el curso de la Quebrada Arrayanal. El extremo suroccidental de la traza presenta cicatrices antiguas, movimientos de masa, tramos rectos en los afluentes y abundantes facetas triangulares en ambas márgenes. La longitud aproximada del alineamiento es de 2.5 km (figura 2).

**4.2.2.3 Alineamiento La Villada.** Con una tendencia al noreste y una longitud aproximada de 7 km. Se encuentra hacia la margen izquierda aguas abajo del Río Risaralda, en la parte alta de esta vertiente, su expresión geomorfológica está evidenciada por cicatrices antiguas, derrumbes e inestabilidades en las márgenes de la quebrada, la dirección del cauce también tiene un control estructural fuerte al noreste (Figura 2).

**4.2.2.4 Alineamiento Bellavista.** Sistema de tendencia noreste, se encuentra al oriente del casco urbano a una distancia aproximada de 0.5 km. Este alineamiento posiblemente es el que controla el cambio de dirección del río que viene de norte a sur para tomar un rumbo sureste (Figura 2).

La traza de este alineamiento tiene una longitud aproximada de 6 km y está evidenciada por la presencia de facetas triangulares, bloques descendidos, hombreras y pequeñas

silietas alineadas, fuertes pendientes y cicatrices antiguas a lo largo de la traza.

En el anexo 3 se incluye un compendio de la información macrosísmica existente y catálogos de sismos someros y profundos realizado para el estudio de geología ambiental.

#### **4.3. FISIOGRAFIA Y MORFOMETRIA**

El municipio de Mistrató está ubicado en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental. El casco urbano se asienta sobre un valle de 1 km de largo por unos 320 m de ancho con una ligera orientación de este valle al noroccidente. Se encuentra limitado por cerros empinados y delineados en forma de escuadra que indican un control estructural.

Este valle presenta cierres estructurales tanto al norte como al sur del mismo; hacia el norte se encuentran nuevas aperturas, constituyendo una serie de pequeños valles alineados entre si en una dirección norte sur, en donde el Río Risaralda se convierte en un cauce trenzado.

Al sur, el valle se cierra conformando un cañón que se estrecha aguas abajo.

El análisis morfométrico (Mapa 2/6) se llevó a cabo con base en mediciones directas con nivel Abney.

De acuerdo con observaciones fotogeológicas y observaciones de campo, se obtuvo una clasificación representativa del área de estudio que obedece a las aptitudes del suelo con respecto a la pendiente. Se tiene entonces:

- 0 a 20% uso urbano
- 20 a 30% asentamientos dispersos
- 30 a 40% cultivos técnicamente desarrollados con prácticas de conservación.
- 40 a 50% Cultivos con control estricto combinados con prácticas de conservación
- > 50% prácticas de conservación

Adaptado de EGEO (1987)

La región ha sido clasificada como zona cafetera, y se cultiva aún en pendientes mayores del 50%; luego es importante combinar los cultivos con especies que ayuden en la conservación de las laderas; sin embargo, en las zonas de riesgo que se definirán en este trabajo, este tipo de uso no es admisible.

#### 4.4. FORMACIONES SUPERFICIALES

De acuerdo a los alcances de este estudio, se describen las formaciones circundantes al área próxima al casco urbano.

**4.4.1 Formación Barroso.** Está formada por rocas volcánicas cretáceas y sedimentos marinos que ocupan un 10% del área de estudio. Está constituida por lavas espilitizadas, basaltos intercalados con sedimentos volcanoclasticos y turbiditas. Los sedimentos se encuentran intruidos por silos de gabro u hornblenditas, y se originan en un ambiente marino profundo a somero.

Al occidente, en la divisoria de aguas entre el Río Cauca y el Océano Pacífico, esta formación se encuentra en contacto fallado con sedimentos marinos de la Formación Penderisco (Alvarez & González, 1978) y al oriente se encuentra en contacto fallado con el Plutón de Mistrató (Calle & González, 1984).

El contacto entre el intrusivo de Mistrató y la Formación Barroso es rectilíneo, y en los mapas de geología regional se le denomina Falla de Mistrató, con intenso fracturamiento en esta zona de contacto.

En las rocas lávicas la textura es ofítica o subofítica, los componentes mineralógicos esenciales son plagioclasa (An 60-70) y clinopiroxeno (augita), con minerales de alteración clorita, leucoxeno y pumpellita; opacos, ilmenita y magnetita. Las tobas están compuestas por fragmentos de cristales de plagioclasa y clinopiroxeno de bordes biselados, basaltos hipocristalinos y vidrio alterado, basaltos grises y verdosos y basaltos amigdaloides con vesículas rellenas de calcita y clorita. Las ceolitas son comunes.

Afloramientos típicos de esta unidad se encuentran en la carretera que conduce a San Antonio del Chamí, después de la antigua cantera de la Secretaría de Obras Públicas.

Molina & Múnera (1987) describen una unidad sedimentaria que se encuentra intercalada con la unidad volcánica, constituida por estratos de chert, tobas y lutitas, que buzán de 15 a 60° al oeste, con una orientación norte-sur y un ancho promedio de 1 km; estas descripciones fueron hechas en la parte alta de la Quebrada Arrayanal y en la carretera que conduce al alto de Pueblo Rico.

Las principales secuencias observadas para esta unidad están constituidas por estratos de lutitas cuyos espesores van desde 50 cm hasta 2 m, estratos de chert hasta de 1 m

y estratos de tobas hasta de 2 m. Las lutitas son de color verde, se meteorizan a un color crema y en algunos puntos presentan un color morado; los estratos delgados de chert son de color negro, con fractura concoide y presentan un intenso fracturamiento como se observa en la planta de tratamiento del municipio, indicando el contacto fallado con el Intrusivo de Mistrató.

Edad y Correlaciones. INGEOMINAS (1984) considera que su edad es Cretáceo Temprano ya que es intruida por el Plutón de Mistrató, al cual por correlación con otros cuerpos intrusivos que se localizan sobre el mismo arco magmático, se ha atribuido una edad de Cretáceo Medio.

**4.4.2 Plutón de Mistrató.** Es un cuerpo de forma alargada en sentido norte-sur con 16 km de longitud y un ancho promedio de 6 km. Presenta facies tonalíticas, dioríticas y gabroides; el tamaño de grano varía de medio a fino y la textura puede ser hipidiomórfica, alotriomórfica hasta porfirítica en las facies tonalíticas (Calle & González, 1984).

En las tonalitas el máfico presente es hornblenda y adicionalmente presenta feldespatos potásicos en bajo porcentaje.

Las dioritas son rocas de color oscuro, finogranulares, compuestas de plagioclasa (An 30-50) y hornblenda uralitizada o cloritizada. Los gabros son rocas de grano fino a medio, color verdoso, de textura alotriomórfica o hipidiomórfica, compuestas por plagioclasa (An 72), hiperstena, uralita, augita, anfíbol y en bajo porcentaje magnetita (INGEOMINAS,1984).

Al oeste de Mistrató, el intrusivo presenta contactos fallados, rectilíneos y subparalelos con la formación Barroso; y al este de Belén de Umbria se encuentra en contacto con el gablo ultramáfico. No se ha determinado si este contacto es fallado (Molina & Múnera,1987). Sin embargo, en el área de estudio, en el camino hacia la Argentina al oeste del municipio, se observan contactos irregulares que evidencian un carácter intrusivo posterior a la Formación Barroso. (Figura 3).

En la zona de estudio, este cuerpo ocupa el 29.9% del área. Se distinguen facies cuarzodioríticas, tonalíticas y dioríticas, con diques silíceos que poseen un espesor máximo de 25 cm; presenta intenso fracturamiento y microfallamiento, siendo más acentuado el cizallamiento en la zona de contacto con la Formación Barroso (Figuras 4 y 5), donde los minerales constituyentes de la roca presentan orientaciones con tendencias norte-sur algunas y este-oeste

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
FO757



FIGURA 3. Contacto entre el Intrusivo de Mistrató y la Formación Barroso, nótese el carácter irregular y el intenso fracturamiento (Localización: camino a la Argentina).



Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0758

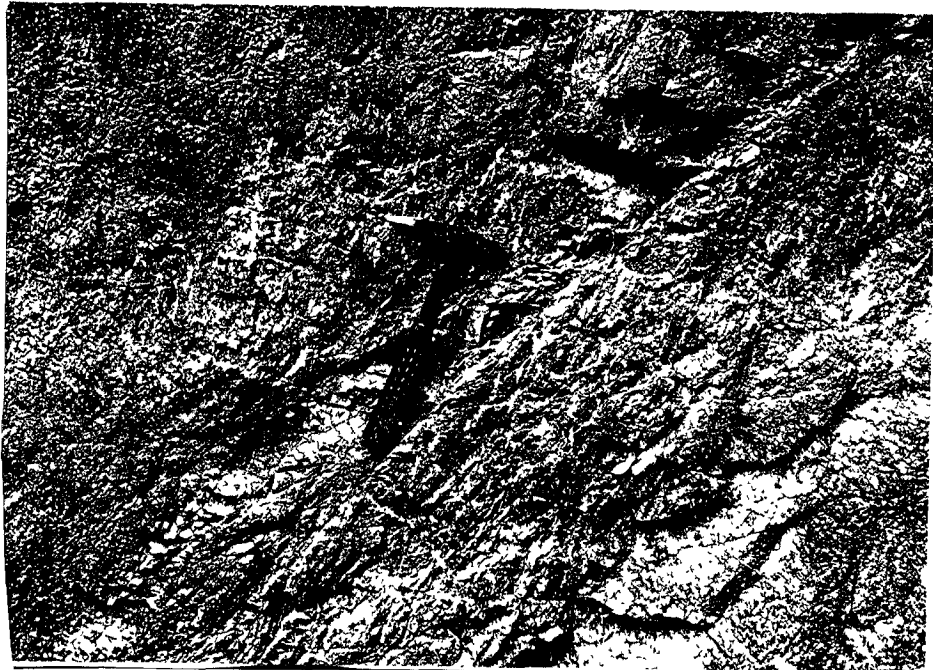


FIGURA 4. Dique de composición silícea en el Intrusivo de Mistrató, espesor 20 cm, con dirección E-W/-35°S. Localización: Calle 6a con cra. 8a.

Fototeca DNPA D  
2.10-06  
F0759

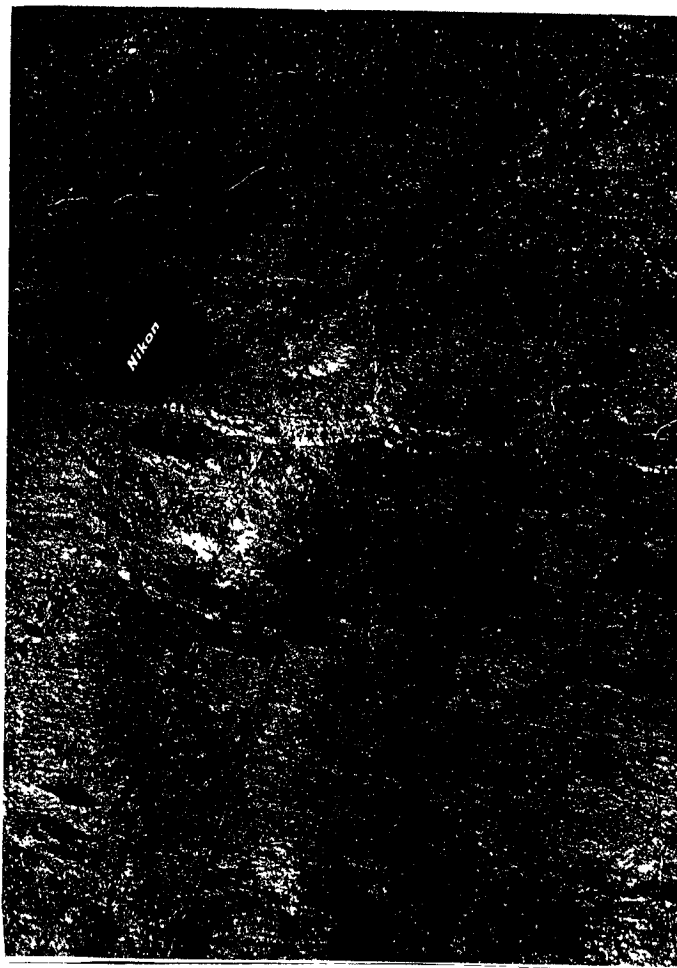


FIGURA 5. Orientación cataclástica de los minerales en el Intrusivo de Mistrató, con tendencia  $N60^{\circ}W$   
Localización: camino a la Argentina, cerca a la zona de contacto con la Formación Barroso.

otras, pero se observan también ligeras variaciones de orientación.

El intrusivo presenta saprolitización de colores amarillo rojizo, crema, blanco grisáceo y amarillo grisáceo, con un espesor máximo observado de 20 m; es altamente permeable y presenta susceptibilidad a movimientos de masa superficiales.

En la vertiente occidental del casco urbano desde la Quebrada El Naranjo hasta la Quebrada Barsinal predominan las facies cuarzo dioríticas a tonalíticas, diferenciándose macroscópicamente por el contenido de cuarzo, que en la primera alcanza hasta un 40% mientras que en la segunda los contenidos máximos son del 10%. En algunos sitios como en la Quebrada Honda, afluente de la Quebrada El Naranjo se presenta biotita en un bajo porcentaje.

En la vertiente oriental del municipio, desde el puente que atraviesa el Río Risaralda, tomando la vía que conduce a Pereira y desde la Quebrada El Naranjo hacia El Terrero la facies predominante es diorítica, de color gris oscuro y grano fino. Presenta cuarzo, hornblenda y plagioclasa. En esta zona el fracturamiento de la roca también es intenso. Afloramientos típicos del cuerpo se encuentran 100 m después de la Quebrada Barsinal sobre la carretera que

conduce a San Antonio del Chamí, en la Quebrada Honda, en la Quebrada Dosquebradas y en la vía hacia El Terrero.

- **Correlación y Edad del Plutón.** Aunque no existen dataciones radiométricas conocidas para el intrusivo, INGEOMINAS (1984), le asigna una edad Cretáceo Medio asociándolo al arco magmático de esta época.

Molina & Múnera (1987), consideran que está asociado a la actividad plutónica de la Cordillera Occidental, con la intrusión de pulsos magmáticos generados después del salto de la zona de subducción durante el Cretáceo Tardío.

Puede ser correlacionable con el intrusivo de Sabanalarga ( $98 \pm 10$  m.a. González, 1978), debido a su corta distancia de la zona de subducción, su alineamiento y a las litologías que intruye.

**4.4.3 Depósitos no consolidados del Cuaternario.** Ocupan el 57.09% del área de estudio; sobre éstos se asienta la población de Mistrató; están constituidos principalmente por flujos de escombros, flujos de lodo, depósitos torrenticiales, terrazas, orillares recientes y barras del Río Risaralda.

**4.4.3.1 Flujos de escombros.** Se distinguen 4 tipos de flujos de escombros, todos ellos con reactivaciones menores en su parte inferior. Los flujos de escombros se denotan por las letras Qfe, seguidas de un subíndice 1,2,3,o 4 que designa un grupo de depósitos con características similares y una ubicación geográfica contigua. A continuación se describen cada uno de ellos:

**4.4.3.1.1 Depósito de flujo de escombros Qfe<sub>1</sub>.** Ocupa un 26.53% del área de estudio; está localizado en la vertiente oriental del casco urbano. Se observan buenos cortes en al vía que conduce a la Vereda Miraflores. Constituido por cantos de diorita, de roca de dique silíceo y de roca verde en algunos sitios; estos bloques están embebidos en una matriz arenolimososa con algo de fracción arcilla, de color pardo rojizo, ocre y pardo oscuro, con alto grado de meteorización, compuesta por fragmentos de cuarzo, de diorita y fragmentos de dique, la consistencia en seco es dura, en húmedo es friable y en estado mojado es ligeramente plástica. Presenta porosidad normal y fina y una permeabilidad alta. Las grietas de desecación y los procesos de bioturbación, debidos a raíces principalmente, son comunes en esta matriz.

Los cantos alcanzan diámetros máximos de 3.0 m y mínimos de 1 cm, siendo predominante una fracción entre 20 y 25 cm.

La redondez y esfericidad de estos bloques es baja, se encuentran poco meteorizados, aunque algunos cantos presentan costras de meteorización hasta de 5 mm de espesor.

Los depósitos están suprayacidos por cenizas volcánicas en un horizonte que varía entre los 40 y 80 cm de espesor con límites claros y generalmente ondulados. Los depósitos son infrayacidos por saprolito y en algunos puntos roca fresca que corresponde a diorita y cuarzodiorita del intrusivo de Mistrató; este último aparece en zonas erosionadas sobre todo en los cortes de la carretera. La capa de ceniza volcánica tiene dos horizontes diferenciables, uno superior orgánico de color pardo grisáceo y otro inferior de color crema amarillento, el límite entre ambos horizontes es gradual y difuso. Las texturas van de limosa a limoarenosa para los horizontes superior e inferior respectivamente. Para ambos la consistencia en estado seco es semidura, friable en estado húmedo y no plástica en mojado. La porosidad es abundante en ambos horizontes, de carácter irregular y en algunos sitios es tubular. La permeabilidad que presentan es también alta.

El espesor máximo observado hacia la parte inferior del depósito es de 3 m. La relación matriz-bloques es de 30% - 70%.

**4.4.3.1.2 Depósito de flujo de escombros  $Q_{fe_2}$ .** Este depósito está localizado en la vertiente nororiental del casco urbano. Afloramientos típicos de este depósito se encuentran sobre la carretera que conduce a La Villada frente al trapiche. Estos depósitos ocupan el 3.33% del área de estudio y se encuentran uno al lado del otro, con una disección poco profunda en sus extremos, evidenciando la juventud de los mismos.

La fracción fina está constituida por una matriz arenolimsa de color pardo rojizo, altamente meteorizada, compuesta por fragmentos de roca y cuarzo; la consistencia varía desde muy suelto en estado seco, friable en húmedo hasta no plástica en estado mojado.

La porosidad de la matriz es alta, con una permeabilidad que varía de alta en la parte superior del depósito a media en la parte inferior.

La fracción gruesa está compuesta exclusivamente por cantos de diorita fresca, con redondez y esfericidad bajas. Presentan tamaños que varían desde 1 cm hasta 1.5 m de diámetro; predominan tamaños entre 15 y 20 cm en la parte superior y entre 5 y 10 cm en la parte baja.

El depósito tiene un espesor máximo de 8 m y está supraya-

cido por un pequeño flujo de lodo y un horizonte de ceniza volcánica e infrayacido por tonalita con facies cuarzodioríticas del Intrusivo de Mistrató.

La ceniza es de color pardo amarillento, textura limosa con un espesor máximo de 50 cm suprayacida por un flujo de lodo con límites claros hacia la parte superior. Su consistencia es suave en estado seco, suelta en estado húmedo y ligeramente plástico en mojado. Presenta además porosidad y permeabilidad alta.

El depósito de flujo de lodo está constituido por una matriz grisácea de textura limo arenosa, presenta cuarzo y fragmentos de roca, con una consistencia que va desde duro en estado seco, friable en estado húmedo y no plástico en mojado; la porosidad y la permeabilidad son altas.

Hacia la parte superior, en contacto difuso con el flujo de lodo que suprayace al flujo de escombros, se encuentra un suelo limo arenoso de color pardo grisáceo con un espesor de 20 cm, su consistencia es dura en estado seco, friable en húmedo y ligeramente plástica en mojado, presenta porosidad abundante, fina e irregular, la bioturbación se presenta en forma de raíces finas y abundantes; la permeabilidad también es alta. Un perfil típico de este depósito se muestra en la figura 6.



Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0760

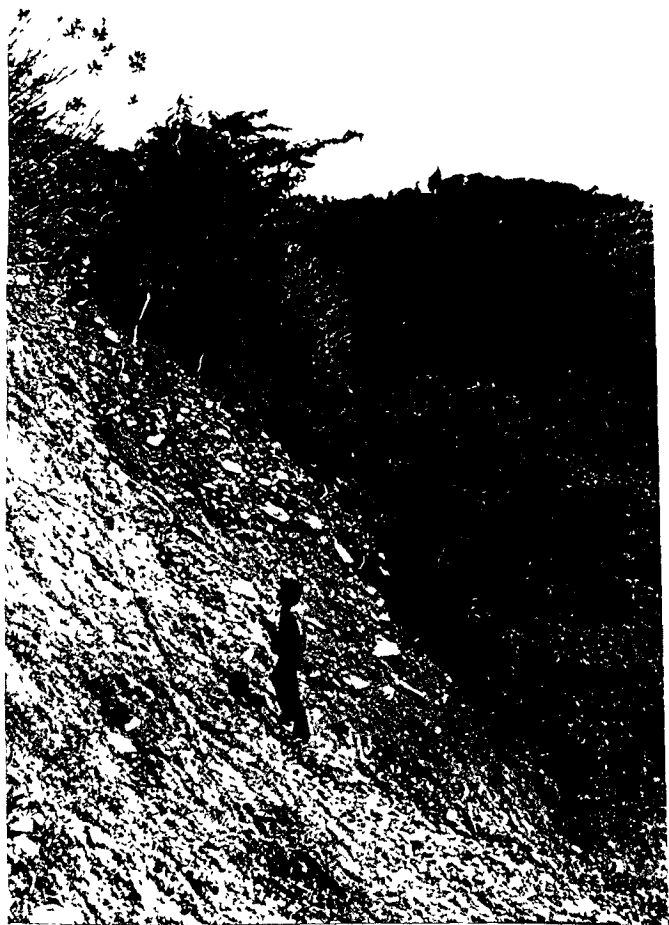


FIGURA 6.  $Q_{Fe_2}$ , depósito de flujo de escombros, localizado en la vertiente nororiental del casco urbano, carretera a La Villada. Espesor del flujo 8 m.

**4.4.3.1.3 Depósito de flujo de escombros  $Qfe_3$ .** Está localizado al norte de la cabecera municipal; se observa un corte de este depósito en la carretera que de Mistrató conduce a San Antonio del Chamí; ocupa el 2.24% del área de estudio, el espesor máximo observado es de 10 m. En algunas partes presenta reactivaciones pequeñas evidenciadas por deslizamientos y bloques descendidos, en la mayoría de los casos por influencia antrópica como se observa en el barrio Buenos Aires (Ver figuras 7 y 8).

La matriz de este flujo de escombros tiene un color que varía de amarillo rojizo a pardo amarillento, tiene texturas limo arenosa y limo arcillosa en algunas partes. Esta compuesta de cuarzo principalmente y fragmentos de roca altamente meteorizados. La consistencia en estado seco es dura, en húmedo es friable y en mojado no plástica a ligeramente plástica. Presenta porosidad alta y una permeabilidad que varía de media a alta dependiendo de la textura presente. La relación entre la matriz y la fracción gruesa es de 30 a 70%.

La fracción gruesa está compuesta por tobas, basaltos y diabasas y por bloques de tonalitas y cuarzodioritas; los diámetros máximos observados son de 1.10 m, mínimos 0.5 cm y predominantes entre 4 y 8 cm. La esfericidad y redondez de los bloques es baja, con un grado de meteorización

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
FO761



FIGURA 7. Deslizamientos presentados en la unidad  $Qfe_3$ , de origen antrópico, localizados al rededor del Barrio Buenos Aires.

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0762



FIGURA 8. Bloques descendidos unidad Qfe3. Localización Barrio Buenos Aires.

moderado. Las alteraciones más fuertes se observan en el componente intrusivo. En la parte superior del flujo se tiene un suelo con espesor máximo de 20 cm; el límite entre ambos es poco claro. El suelo presenta restos de ceniza volcánica de color café grisáceo, poco densa y con abundante bioturbación; el espesor máximo observado de este depósito es de 10 m. (figura 7).

**4.4.3.1.4 Depósito de flujo de escombros Gfe<sub>4</sub>.** Está localizado al suroeste del municipio, en la vertiente occidental del Río Risaralda, margen derecha aguas abajo del casco urbano. Un buen corte de este flujo de escombros se observa en la carretera que conduce de Mistrató a la vereda El Terrero. Esta unidad ocupa el 10.63% del área de estudio y consiste en una serie de flujos de escombros originados por desprendimientos en la parte alta de la misma vertiente; todos presentan poca disección.

La matriz de estos flujos tiene texturas arenosas y limo arenosas, con colores que varían de crema a pardo amarillento y está constituida por cuarzo y fragmentos de roca. La consistencia de la matriz en estado seco es dura, húmeda es suelta y mojada es ligeramente plástica. La porosidad y permeabilidad varían de media a alta; así mismo, el grado de meteorización varía de medio a alto.

La fracción gruesa está compuesta por cantos de diorita y cuarzo, predominando la primera, los diámetros varían desde 1 cm hasta 4 m y el tamaño predominante es de 10 a 15 cm; la esfericidad y redondez de los bloques y cantos es baja y el grado de meteorización varía de medio a alto. La relación matriz fracción gruesa es de 45% - 55%.

Estos depósitos se encuentran suprayacidos en algunas partes por suelos derivados de ceniza volcánica con las siguientes características:

Son de color pardo oscuro, con textura limosa; su espesor máximo es de 70 cm, su consistencia en estado seco es dura, húmedo es friable y mojado es plástica. Es común la bioturbación por raíces finas aunque no muy abundantes. La porosidad es media, de tipo irregular y la permeabilidad varía de media a alta.

**4.4.3.2 Terrazas.** Localizadas al norte y al sur del casco urbano, ocupan el 11.37% del área de estudio; son sedimentos aluviales del Río Risaralda, constituidos por una matriz areno gravosa, de color amarillo rojizo. Compuesta por fragmentos de cuarzo, basalto y diorita, su consistencia en estado seco es dura, húmeda es friable y mojada es no plástica. La permeabilidad y la porosidad son altas. La relación matriz/fracción gruesa es 20% a 80%.

La fracción gruesa está compuesta por cantos y bloques de basalto y de diorita, siendo más abundante el componente volcánico. El empaquetamiento es alto y de tipo combinado. Los diámetros máximos son de 90 cm y los mínimos de 4 cm, todos con bajo grado de meteorización; la redondez y esfericidad de los bloques es alta.

La figura 9 corresponde a una columna estratigráfica levantada en el casco urbano, frente al estadio. El espesor máximo de las terrazas es de 1.7 m pero puede ser mayor hacia el sur del municipio.

El contacto superior de las terrazas es tajante y plano y corresponde a un flujo de escombros provenientes de la vertiente noroccidental (Qfe<sub>3</sub>).

El espesor máximo observado de este flujo de escombros es de 1.7 m, pero su espesor aumenta al occidente, donde a la altura del barrio Buenos Aires es de 10 m.

El contacto superior de este flujo es claro y ondulado con un flujo de lodo que presenta las siguientes características:

La fracción más fina es limosa de color café oscuro con moteados amarillos y rojizos, su consistencia en seco es

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0763



FIGURA 9. Flujo de escombros suprayaciendo una terraza formada por el Río Risaralda. Localizado al norte del casco urbano, frente al estadio.



ligeramente dura, en húmedo es firme y en mojado no plástica. Presenta una porosidad media de tipo irregular y una permeabilidad de media a baja. La relación fracción fina-fracción gruesa es de 80 a 20%.

La fracción gruesa está constituida por basalto y diorita en proporciones similares y cuarzo en menor cantidad, la diorita presenta un grado de meteorización medio, mientras que el cuarzo y el basalto se encuentran frescos. El diámetro de los bloques varía de 9 a 0.3 cm, predominando los de 1 cm, la esfericidad y redondez son bajas. El espesor máximo observado de este flujo de lodo es de 1.3 m, en la parte superior de éste, se tiene un suelo con un espesor de 10 cm, el límite entre ambos es difuso. El suelo es de textura limosa, color pardo grisáceo, su consistencia es suelta en estado seco, friable en húmedo y no plástica en mojado. Tiene una porosidad fina irregular y escasa y una baja permeabilidad.

**4.4.3.3. Depósitos de flujos de lodo.** Ocupan el 1.14% del área de estudio se presentan como reactivaciones superficiales de los flujos de escombros o deslizamientos que involucran suelo y la parte superior del saprolito del Intrusivo de Mistrató. Los flujos de lodo por lo general, son poco extensos; la mayoría de ellos no son cartografiables.

Los flujos de lodo relacionados al Intrusivo de Mistrató, involucran suelo y la parte más superficial del saprolito. El espesor máximo observado de estos flujos es de 80 cm.

La fracción fina presenta una textura limo arenosa con colores que varían de crema a pardo grisáceo. La consistencia en estado seco es dura, en húmedo es firme y en mojado no plástica. Presenta porosidad y permeabilidad medias.

La fracción más gruesa está constituida por cuarzo y fragmentos de roca de dique y de saprolito del Intrusivo de Mistrató; están altamente meteorizados, los diámetros máximos son de 1 cm pero predomina el tamaño arena.

Los cantos están ligeramente redondeados, pero su esfericidad es baja.

En los afloramientos de la vertiente occidental del casco urbano, se distinguen hasta tres paleosuelos, lo que indica la recurrencia de este tipo de eventos.

Los flujos de lodo relacionados con reactivaciones superficiales de antiguos flujos de escombros presentan las siguientes características:

Estos se encuentran en la vertiente oriental del casco urbano: la matriz es de textura limo arenosa de color pardo amarillento a amarillo, está compuesta por fragmentos de roca de dique, de roca verde, de diorita y cuarzo abundante, la meteorización es de media a alta. Su consistencia es dura en estado seco, friable en estado húmedo y ligeramente plástica en mojado. Tiene porosidad alta, en gran parte tubular, y una permeabilidad alta.

La fracción gruesa está compuesta por cantos de diorita en su mayor parte, y por cantos de roca verde y roca de dique. El empaquetamiento es medio, de tipo combinado, la meteorización de los bloques es baja, con diámetros máximos de 50 cm, mínimos de 1 cm y predominantes de 8 a 10 cm, su esfericidad y redondez son bajas.

La relación fracción fina - fracción gruesa es de 70% y 30%.

**4.4.3.4 Depósitos torrenciales.** Ocupan el 1.85% del área de estudio, se localizan en las partes bajas de las cuencas de las quebradas Arrayanal, Barsinal y quebrada sin nombre ubicada al nororiente del casco urbano.

Presentan una composición variable dependiendo de la litología atravesada por estas quebradas; generalmente

estos depósitos presentan superficies ligeramente inclinadas con forma de cono; todos son de poca extensión excepto el de la Quebrada Arrayanal donde se asienta parte del casco urbano.

La matriz de estos depósitos es gravosa a arenosa, con algo de fracción limo; en algunas partes presenta un suelo incipiente.

Para los depósitos asociados a las quebradas Barsinal y Arrayanal, la fracción gruesa está compuesta por bloques de aglomerados, basaltos y chert, los diámetros máximos son de 80 cm. muy redondeados y de esfericidad media. El grado de meteorización es bajo.

En la vertiente nororiental, quebrada sin nombre, la fracción gruesa está constituida exclusivamente por cuarzodiorita y diorita. También son bloques redondeados pero de baja esfericidad, los diámetros máximos son de 30 cm, los bloques tienen además un bajo grado de meteorización.

**4.4.3.5 Depósitos aluviales recientes.** Son zonas aledañas a los cauces del Río Risaralda y las Quebradas Barsinal y Arrayanal.

La fracción fina de estos orillares está constituida por capas de arena y limo, compuesta por cuarzo y fragmentos de roca; la meteorización es baja, su consistencia es suelta en estado seco friable en húmedo y no plástica en mojado.

La fracción gruesa está constituida por cantos de basaltos, tobas, dioritas, cuarzodioritas y gabros, embebidos en una matriz arenosa y escasa de color crema. Los cantos están frescos, los diámetros máximos son de 25 cm pero predominan tamaños entre 4 y 8 cm. Se encuentran formas elongadas, discoidales y algunas esféricas, la redondez y esfericidad es media. El espesor total de estos depósitos está entre 60 cm y 2 m.

**4.4.3.6 Barras.** Están asociadas exclusivamente al Río Risaralda; son islas alargadas constituidas por cantos de dioritas, basaltos, gabros, tonalitas y cuarzodioritas. Todos estos bloques se encuentran en estado fresco, la mayoría de estas barras se encuentran descubiertas, lo que señala que son de formación reciente, sin embargo, al norte del casco urbano, 40 m arriba del trapiche, se tiene una barra con unos 60 m de largo por 20 m de ancho que presenta abundante vegetación.

#### 4.5. PROCESOS EROSIVOS

Los procesos erosivos involucran diversos factores como el clima, el tipo de roca, la pendiente y la acción antrópica entre otros. Estos procesos controlan en gran parte la morfogénesis de la zona.

Los procesos erosivos se presentan en el mapa 4/6. Muchos de ellos son recientes, se encuentran sin cobertura vegetal sobre las cicatrices y sin removilización de los depósitos asociados. Los considerados inactivos presentan los bordes del escarpe suavizados; la vegetación existente ha colonizado la totalidad de los escarpes y se desarrolla en forma normal, sin embargo, las características geológicas e hidrometeorológicas del área, sugieren la posibilidad de removilizaciones importantes en algunas zonas.

**4.5.1 Deslizamientos.** Los procesos activos más importantes se encuentran afectando la vertiente noroccidental del casco urbano.

Las áreas afectadas por estos deslizamientos van hasta 200 m<sup>2</sup>; casi todos corresponden a deslizamientos superficiales de tipo planar y localmente rotacional (figura 10).

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0764



FIGURA 10. Deslizamiento superficial de tipo planar, ubicado en la vertiente occidental de la cabecera urbana.

Estos deslizamientos involucran suelo y la parte superior del saprolito; en la mayoría de los casos, estos deslizamientos coinciden con la presencia de vaguadas donde se recogen aguas de escorrentía y flujos subterráneos.

El origen de los deslizamientos en el municipio de Mistrató obedece a la combinación de varios factores; son ellos:

- Alto grado de meteorización de la roca existente.
- Estructuras heredadas en el saprolito, con orientaciones a favor de la pendiente.
- Alta precipitación en la zona.
- Pendientes muy fuertes.
- Degradación de la ladera por uso inadecuado (sobrepastoreo y cultivos limpios).

**4.5.2 Sobrepastoreo.** El pastoreo afecta considerablemente las laderas que rodean el casco urbano así como las de zonas suburbanas. El proceso es más acentuado en la vertiente al noroccidente de la cabecera municipal, y aguas arriba de la Quebrada El Naranjo donde varios deslizamientos están relacionados con esta práctica.

El pasto permanente del ganado genera terracetas y grietas. Este destape del terreno permite una mayor infiltración de agua que al saturar el saprolito genera los deslizamientos



(Figura 11): la erosión superficial se observa en zonas con cambios recientes a cultivos limpios.

**4.5.3 Erosión de caminos.** La erosión de caminos es un proceso de menor importancia en el área de estudio; sin embargo en zonas fuertemente degradadas y donde los cortes del camino son de tendencia subvertical se generan deslizamientos puntuales. Estos se observan en el camino hacia la vereda la Argentina y El Terrero (Figura 12).

**4.5.4 Socavamiento de márgenes.** El socavamiento de orillas afecta el cauce de la Quebrada Arrayanal aguas arriba, pero sólo en épocas de fuertes crecientes, ocasionando el desplome de paredes en terrenos cultivados. En la parte baja de la quebrada, cerca a la desembocadura, sus márgenes están completamente urbanizadas, pero poseen una buena protección con gaviones y muros de concreto que ha dado buenos resultados hasta el presente. Anteriormente, este proceso actuaba de manera persistente sobre la margen derecha aguas abajo del Río Risaralda a la altura del casco urbano. La construcción de gaviones en esta orilla por parte de CARDER parece haber eliminado los efectos de este agente erosivo.

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
FO765



FIGURA 11. Degradación del terreno por sobrepastoreo.  
Localización: aguas arriba de la Quebrada el  
Naranjo.

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
FO766



FIGURA 12. Erosión de caminos sobre un corte subvertical. Camino hacia la Vereda la Argentina.

#### 4.6. ASPECTOS SISMICOS

El primer paso en el análisis de riesgo sísmico de un área, es cartografiar las fallas de la región. Para el caso del municipio de Mistrató, ésto se hizo con base en una recopilación de estudios anteriores, fotointerpretación estructural de la zona y verificaciones de campo (Figura 2).

De acuerdo con el estudio sismotectónico del área del Viejo Caldas, deben ser ubicadas las zonas urbanas en relación con las estructuras analizadas, para determinar sus cercanías a las fuentes potenciales de sismicidad y cartografiar la geología de estas áreas para tener una idea del comportamiento de las capas subyacentes ante el paso de la onda sísmica (James, 1986).

El papel que juegan la Falla Mistrató y los alineamientos descritos con relación al riesgo sísmico de la zona no se conoce, ya que no se ha detectado actividad de estas estructuras durante el Cuaternario.

La zona urbana del municipio de Mistrató está fundada sobre materiales no consolidados correspondientes a terrazas, flujos de escombros y depósitos torrenciales que poseen densidades menores a las de las unidades litológicas del basamento: ésto significa que el casco urbano experimentará

un aumento del efecto sísmico, tanto en términos de aceleraciones como desplazamientos de la superficie. Obviamente, en casos de un nivel freático alto el efecto resultará mayor, ya que la onda sísmica con determinada velocidad en una roca, estará obligada a ampliar su longitud de onda mientras disminuye su velocidad al pasar de este material a otro menos denso.

Los riesgos de derrumbes que pueden ser creados durante un sismo aumentan en zonas de pendientes altas, especialmente donde existen problemas de humedad en el suelo, causados muchas veces por falta de sistemas de alcantarillados o por la utilización de sistemas rudimentarios que tienden a concentrar las aguas en pequeñas cañadas.

No obstante, como resultado de los estudios de campo, la respuesta común de los pobladores del municipio sobre el efecto de los sismos de 1962, 1979 y 1988 (30 de noviembre y 31 de diciembre) es que no hubo daños sobre las construcciones ni en las personas; algunos habitantes recuerdan que sólo en el sismo de 1962 se desprendieron algunas tejas. En 1979 solamente detectaron vibración en las construcciones, sin embargo, no aparecieron grietas en las paredes ni pisos; los mismos efectos se experimentaron para los sismos de 1988.

Un aspecto de riesgo sísmico importante en el municipio de Mistrató es el estado de las construcciones, evaluado del mapa 5/6: Un gran porcentaje de las construcciones se encuentra en regular o mal estado. Las anotaciones hechas sobre este parámetro en el informe de Marsella son aplicables también a este municipio; es el caso del predominio de construcciones de bahareque con poco mantenimiento, techos altos y pesados, construcciones sostenidas por columnas de madera o ladrillo sin refuerzos suficientes y la presencia de plagas en el maderamen de las construcciones (Este último muy común).

EGEO (1987) recomienda que toda construcción nueva cumpla con los requerimientos estipulados en el decreto ley 1400 "Codigo Colombiano de Construcciones Sismoresistentes". Adicionalmente, las entidades encargadas podrán promover en la conciencia ciudadana la necesidad de realizar inversiones en la mejora y refuerzo de las edificaciones existentes; esta última recomendación se hace urgente en el municipio de Mistrató.

#### **4.7. EVOLUCION GEOMORFOLOGICA**

La zona urbana del municipio de Mistrató se asienta sobre un valle alargado, con dirección al noroccidente, éste valle está ubicado cerca a la zona de influencia de la

Falla Mistrató, donde su traza principal y sus satélites han generado una geomorfología estructural escalonada al occidente del casco urbano.

La formación de este valle puede corresponder a la confluencia de varias fallas que circundan el área en combinación con procesos erosivos degradacionales. Esta hipótesis encuentra evidencias en el control estructural ejercido sobre algunas quebradas, presencia de facetas triangulares en la vertiente noroccidental del casco urbano y el intenso fracturamiento de las rocas presentes.

Para explicar su formación, se tiene en cuenta el mapa estructural local en el que se nota la confluencia del Alineamiento Barsinal con una orientación  $N65^{\circ}-70^{\circ}W$  y de la Falla Mistrató con orientación norte-sur. Esta confluencia genera una geometría en escuadra en la vertiente noroccidental.

Conjuntamente con este sistema habrían actuado alineamientos de tendencia noreste, representados en el área por el Alineamiento La Villada, el Alineamiento El Terrero y el Alineamiento de Arrayanal.

Todos estos sistemas generaron zonas de debilidad en la roca favoreciendo los movimientos de masa de los cuales aún

quedan vestigios en la vertiente nororiental. Posteriormente actuaron los procesos erosivos que moldearon este valle y los más pequeños que se encuentran río arriba.

Una pérdida gradual en la capacidad de transporte del Río Risaralda obligó a éste a depositar sus sedimentos formando las terrazas que se encuentran en el casco urbano, parte de estas terrazas están suprayacidas por un cono aluvial formado por la Quebrada Arrayanal.

Algunos deslizamientos superficiales recientes, se depositaron sobre estas terrazas, para completar el marco morfológico actual.

#### **4.8. INFLUENCIA HUMANA**

La acción antrópica en zonas aledañas al casco urbano de Mistrató ha producido efectos de magnitud menor en la evolución del paisaje si se les compara con los eventos naturales; sin embargo, son de gran importancia debido a que dicha acción puede generar o acelerar procesos naturales, causando modificaciones contraproducentes en la estabilidad de algunos sectores.

**4.8.1 Tala de bosques.** La tala de bosques en este municipio como en todos aquellos de la zona cafetera alcanza su



punto más crítico hacia el primer cuarto de este siglo con la colonización de estas tierras para implantar cultivos de café y pastos. El establecimiento de este tipo de cultivos eliminó la mayor parte del bosque primario generando un aumento en la tasa de erosión superficial en la cuenca del Río Risaralda (Velasco & Vera, 1986).

Quizás el efecto principal de este tipo de modificación en el área de estudio, es el desencadenamiento de una serie de movimientos superficiales como los que se señalan en el mapa 4/6.

Debido a la eliminación del colchón vegetal, la superficie del suelo está expuesta directamente al alto régimen hidrometeorológico presente en la zona, acelerando y permitiendo el impacto directo de las gotas de lluvia en la superficie, aumentando la escorrentía en la cuenca del Río Risaralda (Velasco & Vera 1986).

En la actualidad, el campesino de esta región tiene la tendencia a ocupar zonas pendientes mayores del 50% para dedicarlas a pastos y cultivos de café, en cuya primera etapa de implantación la superficie del terreno queda expuesta dando lugar a deslizamientos.

**4.8.2 Sobrepastoreo.** Otra influencia de tipo antrópico es la degradación de las laderas por el sobrepastoreo; esta práctica se realiza principalmente en la vertiente noroccidental al casco urbano, la cual ha sido señalada como de estabilidad deficiente.

**4.8.3. Minería.** A continuación se hace una descripción de aquellas explotaciones que tienen cierta incidencia en la estabilidad del casco urbano, haciendo énfasis en su ubicación, tipo de extracción y análisis de riesgo. Las explotaciones son dos básicamente:

**4.8.3.1. Ladrillera Buenos Aires.** Localizada al noroeste del municipio, en la parte alta del barrio Buenos Aires, ésta es la más grande de las dos y funciona aproximadamente desde 1981.

El material explotado en la cantera corresponde a saprolito de cuarzodiorita perteneciente al intrusivo de Mistra-tó. El saprolito es de color crema a rojizo, de consistencia dura y alta permeabilidad; el espesor observado en este punto es de 13 m (Figura 13).

Debido a la misma excavación se evidencia un proceso activo que se manifiesta en forma de grietas paralelas al corte y de surcos de drenaje provenientes de una cicatriz re-

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
FO767

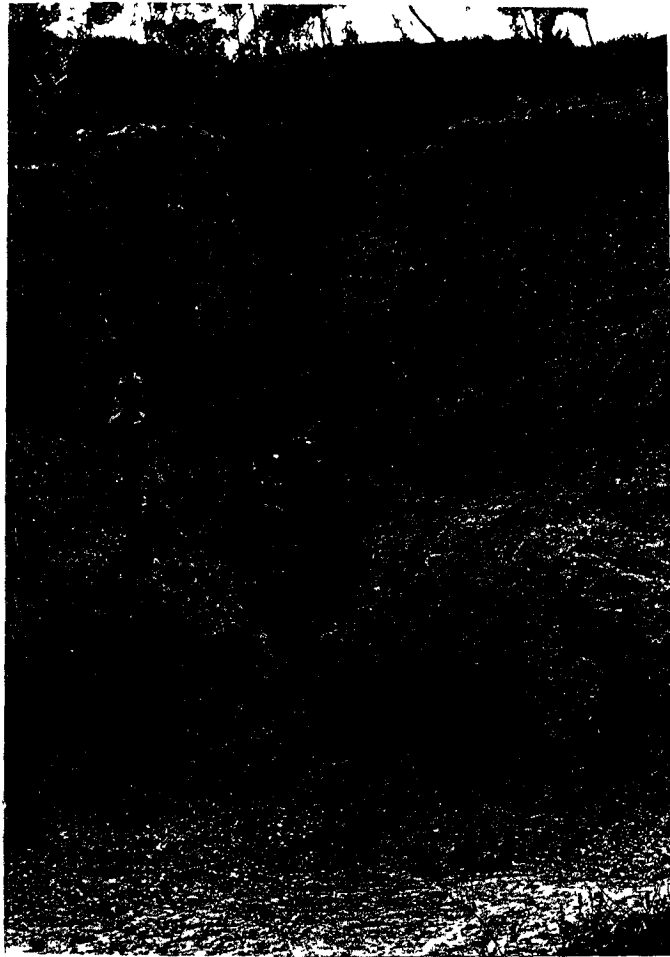


FIGURA 13. Ladrillera Buenos Aires, frente de explotación sobre saprolito de cuarzodiorita correspondiente al Intrusivo de Mistrató. Altura 13 m.

ciente que se encuentra 5 m por encima de corte de la cantera.

El terreno aledaño a la cantera es aprovechado como potrero: sobre éste ya comienzan a verse terrazas de sobrepastoreo que podrían ocasionar problemas en el frente de explotación (Figura 14). Sería recomendable eliminar esta práctica en las zonas aledañas.

Actualmente la explotación de esta ladrillera no tiene ningún tipo de control ni vigilancia por parte de personal capacitado; sería conveniente instruir a los propietarios y trabajadores sobre la manera de llevar a cabo una extracción adecuada del material. Esto, además de permitirles mayor comodidad para el trabajo, disminuiría riesgos de deslizamientos mayores.

En cuanto a la preparación misma del material para fabricar los ladrillos, se requiere el uso permanente de agua. Los sobrantes de la misma son vertidos directamente sobre la ladera, saturando el suelo y la parte superior del saprolito. Esto ha ocasionado ya algunos deslizamientos menores que afectan directamente al barrio Buenos Aires (Figura 15); es indispensable que la acequia por donde bajan estas aguas sea impermeabilizada.

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
FO768



FIGURA 14. Cicatriz antigua ubicada en la parte alta de la cantera. Evidencia proceso activo debido al sobrepastoreo y a la explotación de material en la parte baja.

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
FO769



FIGURA 15. Deslizamiento en el Barrio Buenos Aires. En la parte superior se encuentra una acequia que proviene de la ladrillera, la cual aporta aguas permanentemente.

**4.8.3.2 Ladrillera sin nombre.** Se localiza dentro del casco urbano, exactamente en la carrera 6 con calle 3.

Es la más antigua del municipio, se explota desde 1950 aproximadamente. Al igual que para la ladrillera Buenos Aires, la explotación se hace de manera antitécnica. El frente de explotación tiene una altura de 7 m y forma un talud prácticamente vertical.

El material extraído corresponde también a saprolito de cuarzodiorita derivado del Intrusivo de Mistrató, de color crema a rojizo, consistencia dura y permeabilidad alta.

El terreno que se encuentra por encima del corte está dedicado al pastoreo; esta práctica en combinación con las labores de explotación de la cantera ocasionan problemas de erosión cuyas evidencias son claras por encima del frente de explotación (Figura 16).

La extracción de material en esta ladrillera, se efectúa ahora sobre un talud relativamente bajo (8 m de altura); el corte avanza sobre la ladera por una pendiente aproximada del 20%, pero 5 m adelante del frente de explotación, la pendiente cambia bruscamente presentando inclinaciones mayores del 50%; por lo tanto, la superación de este límite podría ocasionar inestabilidades mayores, de difícil con-

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
FO770

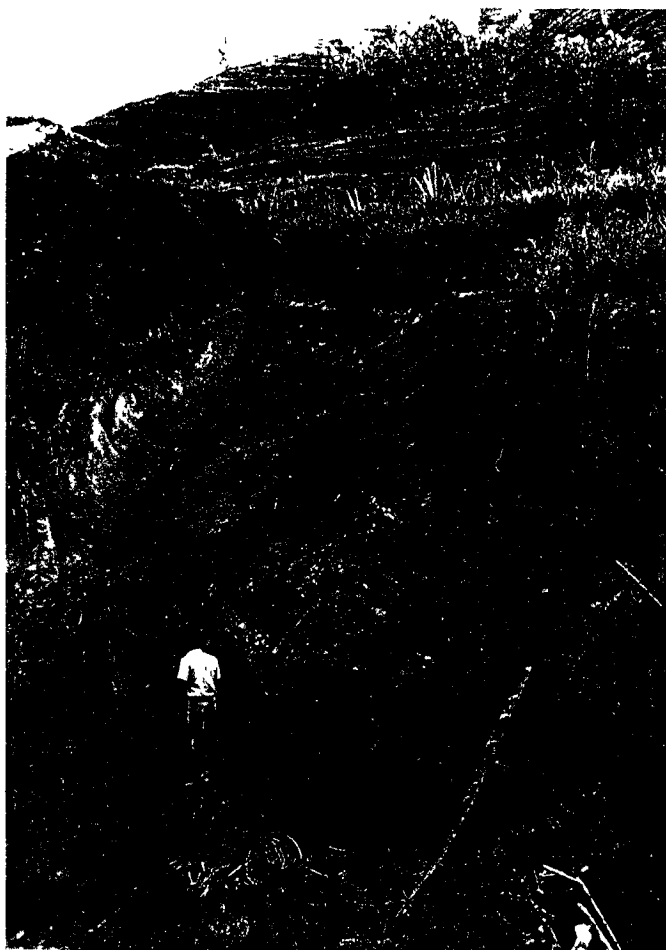


FIGURA 16. Frente de explotación de la ladrillera ubicada en la carrera 6 con calle 3.



trol; el problema se acentúa debido al régimen de lluvias que da origen a corrientes esporádicas en la ladera sobre la cual se hace la explotación.

Las recomendaciones hechas para la ladrillera Buenos Aires también se ajustan a este caso. Además es indispensable que se efectúe la visita periódica de un geólogo que supervise el buen manejo de las labores de explotación y dé las recomendaciones pertinentes en caso de que lleguen a presentarse problemas.

Otro tipo de explotación es la de material de playa que se lleva a cabo en el río y quebradas que rodean el casco urbano, pero son casos esporádicos y menores ya que CARDER ejerce en el municipio un buen control en este aspecto.

## 5. ASPECTOS HIDROLOGICOS

### 5.1. GENERALIDADES

El área de estudio se encuentra en la zona climática de bosque muy húmedo premontano, con una precipitación media anual de 2000 mm (Mapa de Isoyetas, Velasco & Vera, 1986).

Existen dos períodos de lluvias en el año, el primero comprende los meses de marzo y abril con una precipitación promedio de 107 mm y el segundo, los meses de julio, agosto, septiembre y octubre con una precipitación promedio de 134 mm. (CENICAFE,1985).

La temperatura media estimada es de 20°C; no existen datos sobre intensidad y brillo solar, nubosidad y fuerza y dirección de los vientos (por observación de campo parece predominar una dirección norte-sur).

De las corrientes aledañas al casco urbano tampoco se tienen datos que permitan definir caudales máximos y

mínimos; sin embargo, se hicieron algunas mediciones en las Quebradas Barsinal, El Naranjo y Arrayanal utilizando el método de la hoja; estos datos se consignan en la tabla 2.

TABLA 2. Datos de caudales en las corrientes aledañas al casco urbano

QUEBRADA	CAUDAL (m <sup>3</sup> /Seg)
Arrayanal	0.27
Naranjo	0.02
Barsinal	0.19

## 5.2. PARAMETROS MORFOMETRICOS

Los parámetros morfológicos de las cuencas de las Quebradas Barsinal, Arrayanal y El Naranjo se presentan en la tabla 3; fueron calculados con base en la plancha 205 I-A, escala 1:25000 (figura 17); los parámetros medidos fueron los siguientes:

- Diámetro o longitud mayor de la cuenca.
- Longitud del cauce principal.
- Longitud total de canales.
- Perímetro.
- Área.
- Cota superior e inferior.

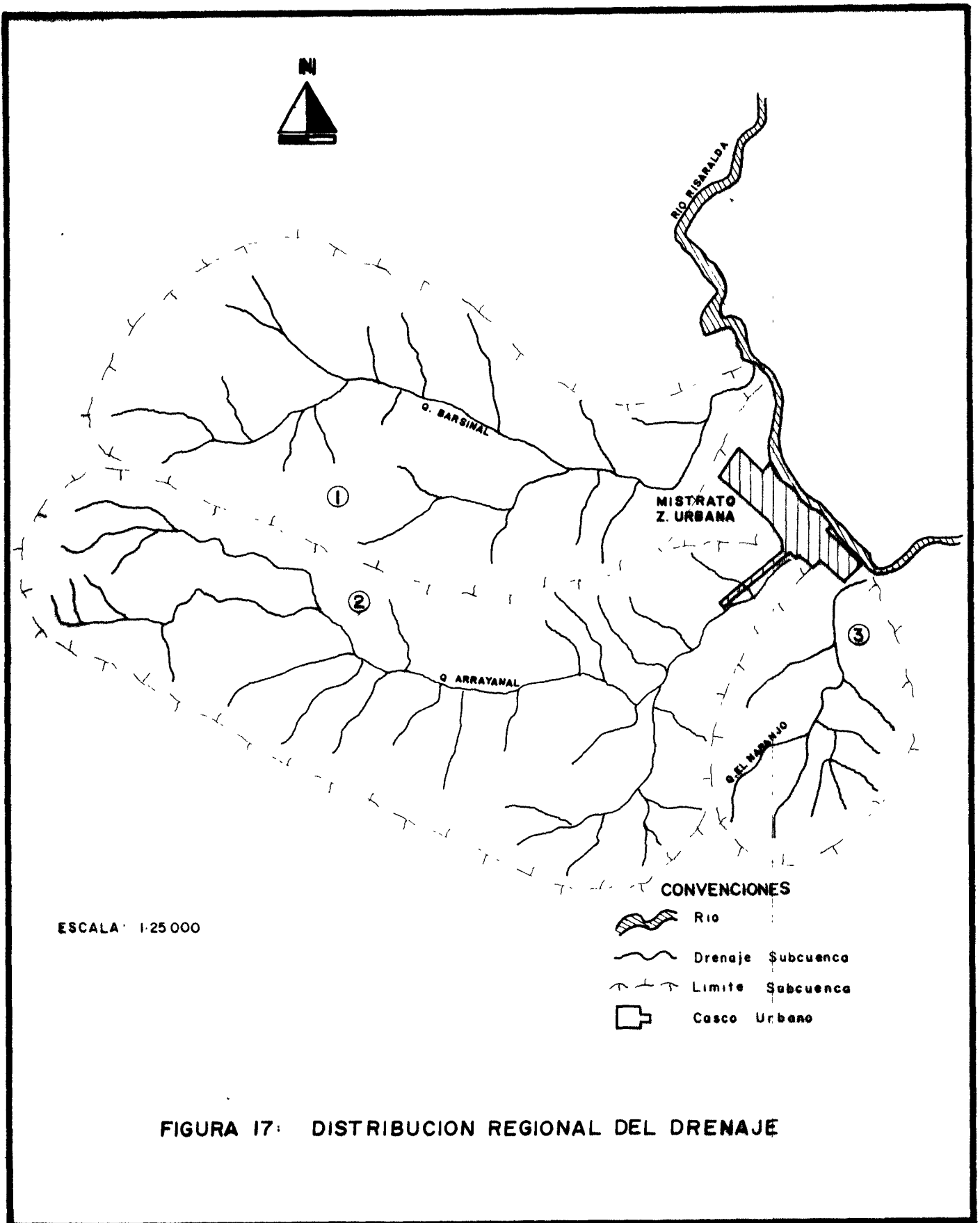


FIGURA 17: DISTRIBUCION REGIONAL DEL DRENAJE

Con los datos anteriores se calcularon los parámetros, que permiten establecer una interpretación cuantitativa del comportamiento de las corrientes que drenan el área de estudio, estos parámetros son:

- **Densidad de drenaje:** relaciona la longitud total de las corrientes de la cuenca y el área misma. Sirve para establecer la eficiencia de la cuenca para evacuar agua y sedimentos, un valor alto de este parámetro indica un mayor escurrimiento. De las cuencas consideradas la mayor densidad de drenaje la presenta la cuenca de la Quebrada Arrayanal.
  
- **Frecuencia de canales:** es la relación entre el número de canales y el área de la cuenca considerada, esta frecuencia es mayor para la Quebrada El Naranjo.
  
- **Gradiente:** Relaciona la diferencia de altura con la longitud del canal. El mayor gradiente lo presenta la Quebrada El Naranjo.
  
- **Coefficiente de compacidad:** Relaciona el perímetro de una cuenca, con el perímetro de un círculo de área equivalente al de la cuenca en consideración, se obtiene mediante la fórmula:

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

$K_c$  = Coeficiente de compacidad.

$P$  = Perímetro.

$A$  = Area.

Este coeficiente evalúa la similitud entre la forma de la cuenca y una cuenca circular. Un coeficiente cercano a 1 implica tiempos de concentración relativamente cortos y en consecuencia una mayor probabilidad de regímenes torrenciales, en las corrientes principales.

Las Quebradas Arrayanal y Barsinal presentan un coeficiente de compacidad cercano a 1. ( Ver Tabla 3)

La carencia de información sobre caudales no permite, evaluar las crecientes máximas de las corrientes, no obstante se hicieron mediciones de caudal para las Quebradas Barsinal, El Naranjo y Arrayanal; estos datos se consignan en la tabla 2; el caudal mayor lo presenta la Quebrada Arrayanal.

De acuerdo con la información de los habitantes, las quebradas no presentan crecientes excesivas y los daños causados son mínimos, exceptuando quizá los causados por

Tabla 1. Parámetros morfométricos de las cuencas adyacentes al casco urbano.

CUENCA	AREA (km <sup>2</sup> )	LONG. CUENCA (km)	LONG. CAUCE PRINCIPAL (km)	LONG. TOTAL CANALES (km)	PERIMETRO (km)	NUMERO DE CANALES	DIF. DE COTAS (m)	DENSIDAD DE DRENAJES (km <sup>2</sup> /km)	FREC. CANALES	ESPALDADO UFM - TF	COEFIC. COMPA- RTIDAD
Arayama	6.2	1.67	4.75	17	10.5	4.6	650	3.27	5.11	0.136	1.3
El Naranjo	1.3	1.0	1.5	4.0	4.0	7.0	300	3.1	5.38	0.2	0.98
Balsina	4.1	1.55	3.5	10	8.5	1.6	700	2.43	3.9	0.2	1.18

la Quebrada Arrayanal donde las paredes de la canalización son erodadas en algunos tramos pequeños. Al respecto se recuerda una inundación grave sucedida el 8 de julio de 1973 donde la fuerza de la corriente fue bastante considerable (arrastró unos 50 m un camión cargado de madera).

Esta quebrada tiene canalizado un tramo entre las carreras 6 y 7 (parque principal) con una apertura para la captación en forma rectangular con 2.15 m de ancho por 1.38 m de alto. Crecientes anteriores llegaron a alturas hasta de 80 cm.

Una de las causas principales del desbordamiento de esta quebrada fue el taponamiento de la apertura o boca de captación con rocas y troncos arrastrados por la creciente.

El aumento de velocidad de la corriente, con la canalización de la quebrada en el tramo urbano le ha dado una capacidad erosiva que no ha sido contrarrestada con una buena calidad en la construcción de los muros; por esta razón se presentan socavamientos a la altura de las carreras 5 y 6. (parque principal).

El tramo canalizado recibe buen mantenimiento por parte del municipio: se limpia el cauce y las zonas de filtración son



reparadas con cemento.

Todas las quebradas consideradas en este estudio desembocan al Río Risaralda, éste no presenta riesgos de taponamiento en el área estudiada, sin embargo, a la altura de la vereda Playa Bonita, el 29 de octubre de 1956, se presentaron una serie de deslizamientos que represaron el río; éste fue destapado en forma gradual empleando dinamita. El casco urbano no fue afectado, sin embargo, en la vereda hubo aproximadamente 14 muertos a causa de los deslizamientos. Es indispensable realizar visitas periódicas a esta zona, sobre todo en épocas de invierno, para detectar a tiempo este tipo de procesos.

### 5.3. GEOHIDROLOGIA

Las formaciones superficiales presentes en la zona: Intrusivo de Mistrató y flujos de lodo y de escombros, presentan en términos generales una alta permeabilidad, facilitando un alto porcentaje de infiltración de las aguas lluvias.

En zonas de alta pendiente, en el Intrusivo de Mistrató, los flujos de aguas subterránea son comunes, presentando acumulación de estos flujos en las partes bajas; éstas se hacen mayores en épocas de invierno.

Las corrientes naturales son eferentes en su totalidad y no presentan infiltraciones en su recorrido; ello determina una buena ganancia de caudal del Río Risaralda.

## 6. ESTADO DE LAS EDIFICACIONES

El desarrollo espacial de Mistrató se dió en forma alargada, siguiendo la morfología del valle, extendiéndose a partir del parque principal. Con el agotamiento del espacio libre, la malla urbana creció hacia el pie de las laderas y las orillas del Río Risaralda y las quebradas Arrayanal y Barsinal.

Actualmente existen en el municipio tres planes de vivienda en construcción, son ellos: Villa Irene, Buenos Aires y Los Arrayanes; todos se adelantan por el sistema de auto construcción y tienen la asesoría del Sena. Como se anotó anteriormente, estas urbanizaciones, antes de ser habitadas, deben cumplir los requisitos sanitarios y geotécnicos (Manejo de zonas inestables) recomendados en este estudio, vías perimetrales adecuadas y áreas libres mínimas.

El análisis del mapa de aptitud para el uso urbano (Mapa 6/6) reveló una situación crítica en lo que tiene que ver con la futura expansión de Mistrató; la mayor parte de las

áreas disponibles ya está en proceso de construcción; por lo tanto un esquema de construcción debe limitarse al aprovechamiento racional de las áreas libres y aptas para el crecimiento urbano.

El mapa de tipología de la construcción (Mapa 5/6) muestra de una manera cualitativa, el tipo y estado de la construcción del municipio de Mistrató en su área urbana. Este inventario se resume en la tabla 4, de donde se deduce que un 46% del total de las construcciones se encuentran en regular y mal estado.

Según encuestas realizadas a los habitantes del municipio, el efecto sísmico sobre las construcciones ha sido bajo; el aprovechamiento del espacio urbano en el municipio de Mistrató debe contemplar una serie de objetivos administrativos y técnicos que permitan mantener un adecuado aprovechamiento de las áreas disponibles, así como garantizar la seguridad de las construcciones, algunos de esos objetivos son:

- Mantener una adecuada proporción de las áreas libres.
- Promover la construcción de áreas de recreación.
- Conectar la malla vial de los nuevos proyectos con la red vial principal.

Tabla 4. Distribución y estado de las viviendas en el Municipio de Mucilutla.

		ESTADO DE LAS VIVIENDAS					
		habitable	destruido	en proceso	en construcción	total	
Municipio	habitable	100	110	34	-	244	100%
	destruido	10	147	36	1	194	79%
	en proceso	-	-	-	-	-	0%
	en construcción	1	26	10	1	48	19%
Total		111	283	80	1	475	100%

- Promover la conformación de circuitos peatonales en las nuevas urbanizaciones.
- Ser coherente con la densidad urbana admisible.
- Garantizar la estabilidad de las nuevas construcciones mediante la implementación del Código Colombiano de Construcciones Sismorresistentes.
- No permitir construcciones de más de dos pisos en áreas pendientes que requieran vigas o columnas, a no ser de que se haga un diseño y control técnico adecuado.
- Garantizar la estabilidad de los terrenos aledaños
- Garantizar la protección ambiental.
- Racionalizar la localización de servicios comunitarios en relación a los recursos disponibles.
- Incrementar la arborización dentro de la malla urbana.
- Establecer parques y zonas de recreación en las zonas aledañas al Río Risaralda. entre calle 10 y calle 2 y en la zona aledaña a la Quebrada Lavapié.

Para alcanzar los objetivos anteriores se deben tener criterios mínimos de planeación que definan políticas a seguir; algunas de ellas involucran los siguientes aspectos:

- Tamaño mínimo de lotes en las nuevas urbanizaciones.
- Areas libres mínimas al interior y exterior de las viviendas.

- Areas mínimas para servicios comunitarios de acuerdo al número de viviendas.
- Preparación de una guía para construcciones, según las normas del Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes, para casas de 1 a 2 pisos y que contenga:
- Normas para construcción de nuevas viviendas y remodelación de aquellas que se encuentran en mal estado.
- Normas que impidan la inadecuada utilización del espacio libre.
- Reglas para la estabilización de taludes y cuidado de los mismos.
- Distribución de zonas aptas para construir, de acuerdo con este estudio. (Mapa 6/6, Aptitud para el Uso Urbano).

## 7. APTITUD PARA EL USO URBANO

El uso del suelo debe llevarse a cabo bajo ciertos criterios de seguridad y economía, lo que exige un conocimiento exhaustivo de las características y propiedades del mismo, que permita hacer predicciones razonables sobre su comportamiento.

En el caso de terrenos destinados a asentamientos humanos, el análisis de las propiedades geomecánicas del suelo, permite determinar tanto su capacidad portante como sus condiciones de estabilidad; con base en esto se pueden establecer criterios de ocupación, los cuales se presentan en mapas de zonificación.

En un mapa de aptitud para el uso urbano, se presenta un conjunto de zonas homogéneas desde el punto de vista de su estabilidad, de la amenaza producida por procesos erosivos y de su respuesta a modificaciones previsibles en su topografía, cobertura o condiciones de circulación de aguas superficiales y subterráneas. "En él quedan sintetizados



los elementos que definen el potencial de ocupación de un terreno dado y constituyen la base para la delimitación de las unidades de planeación y manejo de territorio." (EGEO LTDA, 1987).

La metodología para elaborar un mapa de aptitud para el uso urbano consiste esencialmente en la combinación de factores morfométricos, procesos erosivos, formaciones superficiales y geomorfológicos.

Los ensayos geomecánicos no se consideraron indispensables ya que la zona urbana está asentada sobre un depósito aluvial, definido ampliamente en la literatura de ingeniería de suelos, con excelentes capacidades portantes; y la zona suburbana en su mayor parte está sobre saprolito de roca ígnea intrusiva o sobre flujos de escombros con buena estabilidad.

Las zonas inestables están relacionadas principalmente con pendientes mayores del 50% y a un uso inadecuado del terreno; para el área de estudio se determinaron las siguientes categorías de aptitud para el uso urbano:

## 7.1. CATEGORIA I

Esta categoría corresponde a zonas urbanizadas, que de acuerdo a sus características se subdivide en:

### 7.1.1 Categoría IA (Ver mapa 6/6).

- **Localización:**

Las áreas incluidas dentro de esta categoría comprenden zonas ubicadas dentro del casco urbano.

- **Generalidades:**

Se incluyen dentro de esta categoría las zonas actualmente urbanizadas donde no se evidencian restricciones geológicas aparentes y en las cuales podrían eventualmente establecerse planes de densificación vertical de viviendas y cambios en el uso urbano, una vez realizados los estudios geotécnicos detallados correspondientes.

- **Rasgos fisiográficos:**

En general éstas áreas corresponden a terrenos con topografía plana a suavemente inclinada; con pendientes predominantes en el rango 0 a 10% (Ver mapa 2/6); localmente se presentan pendientes más pronunciadas, ligeramente mayores del 10%.

- **Formaciones superficiales:**

En general, los terrenos que hacen parte de esta categoría comprenden el casco urbano. Este, se encuentra asentado sobre flujos de escombros, flujos de lodo, depósitos torrenciales y terrazas; en el Mapa 1-3/6 se puede apreciar la distribución geográfica de cada una de estas formaciones superficiales; y en el capítulo 4.4.3. se incluye una descripción detallada de cada una.

- **Limitaciones naturales y artificiales:**

Las zonas comprendidas dentro de la categoría IA (Ver mapa 6/6) parecen aptas para desarrollar planes de densificación vertical de viviendas. Sin embargo, por encontrarse ubicadas en áreas cuyas formaciones superficiales presentan propiedades mecánicas heterogéneas, se recomienda, para construcciones futuras, realizar estudios geotécnicos previos, con el fin de garantizar su estabilidad.

**7.1.2. Categoría IB.** Corresponde a áreas urbanizadas que requieren medidas de protección y/o donde deben implementarse los correctivos necesarios para garantizar la estabilidad. Los principales factores que afectan estas áreas son potenciales problemas de estabilidad derivados de procesos erosivos antiguos o actuales, rellenos, taludes

o pendientes escarpadas y colectores de agua; todos estos son sectores que se deben vigilar.

Los sectores ubicados dentro de esta categoría son:

**7.1.2.1. Sector Villa Irene.** Está directamente afectado por la estabilidad de la vertiente noroccidental; se localiza en la carrera 7a entre calles 10 y 11 y corresponde a un proyecto de urbanización actualmente en construcción con la supervisión y asesoría del Sena.

El riesgo de este sector está determinado por ser una zona de pie de ladera que sirve de receptáculo a los sedimentos provenientes de esta vertiente.

El 18 de octubre de 1988, ante una precipitación continua de dos días, se produjeron deslizamientos en la vertiente noroccidental (M11 y M8) que bajaron hasta los límites de la urbanización como se muestra en la figura 18.

Estos deslizamientos poco afectaron el área en construcción pero determinaron su posición de riesgo; favorece el área la existencia en la parte alta de la ladera de un interfluvio ligeramente convexo; sin embargo, esto no debe ser tomado como una barrera natural, ya que como se anotó anteriormente el saprolito posee un diaclasamiento

Fototeca DNPAD  
2. 10-06  
F0771



FIGURA 18. Deslizamientos recientes en el sector de Villa Irene.

paralelo a la pendiente, que favorece los deslizamientos cuando se satura.

Por estas razones se recomienda suspender la construcción de 3 casas localizadas hacia la carrera 7a que pueden ser las más susceptibles a recibir material proveniente de la vertiente.

Los deslizamientos que están en este sector y todos los que afectan la carrera 7a requieren cortes que suavicen la pendiente del escarpe, dando a éstos una inclinación aproximada del 25%. Se debe además empradizar y sembrar leucadena.

**7.1.2.2 Sector carrera 6 entre calles 6 y 7.** Entre calles 6 y 7 con carrera 6, en un lote propiedad de la señora Luz Mary Escobar, se presenta una acumulación de aguas originadas a partir de un flujo subterráneo proveniente de la vertiente noroccidental. En los últimos días esta acumulación de agua se ha incrementado, con potencialidad de convertirse en un foco de infección.

El estancamiento se produce por el cierre de una caja de desague al construir la casa de Gabriel Mejía y la construcción de un muro divisorio de la casa de Mercedes Gutierrez y Luz Mary Escobar, cortando un antiguo canal de evacuación de estas aguas.

La apertura de estos canales sería suficiente para la solución de este problema, el proceso es competencia de las autoridades municipales y de saneamiento.

**7.1.2.3 Sector carrera 6 entre calles 4 y 5.** Geológicamente el sector se encuentra sobre saprolito cuarzodiorítico-tonalítico del Intrusivo de Mistrató; el suelo está dedicado al pastoreo y a cultivos de café.

Sobre la carrera 6 entre calles 4 y 5, un talud subvertical sobre la ladera, con 17 m de alto, (Figura 19) presenta potencial de deslizamiento en la parte superior. Se recomienda la adecuación de esta parte, formando terraceo que dé a la ladera una pendiente aproximada del 30%; debe establecerse una cobertura vegetal liviana y eliminar de las zonas aledañas el pastoreo que ya comienza a repercutir en la estabilidad de la ladera, manifestándose esto con la ocurrencia reciente de pequeños deslizamientos, a los cuales, debe darse el mismo tratamiento que en el caso de la vertiente noroccidental.

**7.1.3. Areas IC.** Las áreas IC corresponden a zonas consideradas de alto riesgo. Para el caso del municipio de Mistrató se presentan dos sectores de este tipo en el casco urbano (Ver Mapa 6/6, Aptitud para el Uso Urbano).

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0772

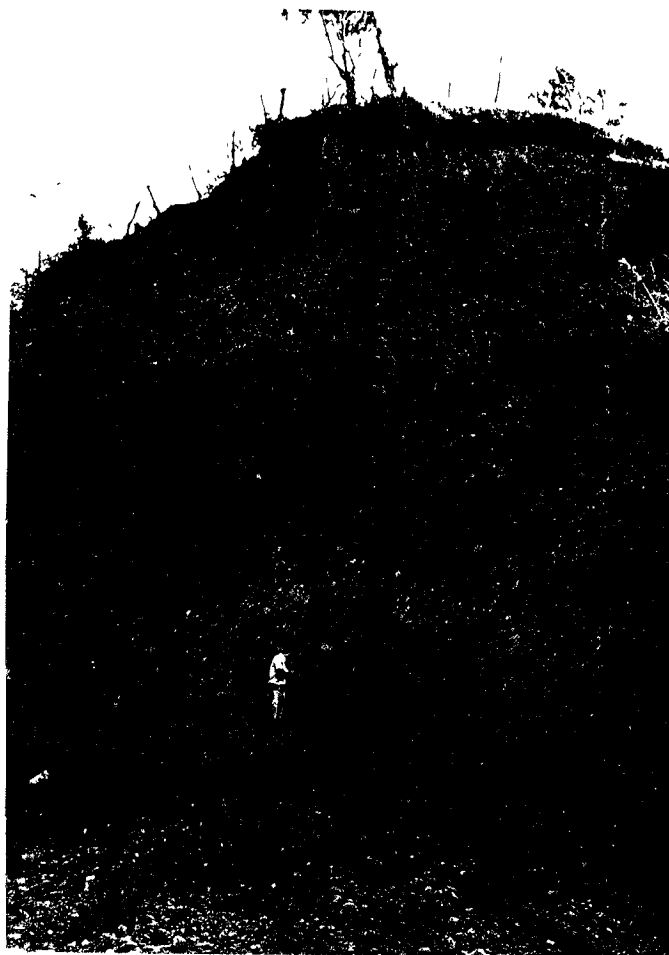


FIGURA 19. Talud subvertical ubicado dentro del casco urbano, carrera 6 entre calles 4 y 5, con riesgo de deslizamientos en la parte superior.



**7.1.3.1. Sector Estación de Gasolina.** En cercanías a la estación de gasolina, carrera 7 con calle 5, el 18 de octubre de 1988 se presentó un deslizamiento que destruyó una vivienda donde se alojaban dos familias; el deslizamiento estuvo influenciado por saturación del saprolito y actividad antrópica (Figura 20), ya que de acuerdo a información de los vecinos, fue talado un pequeño bosque que existía en esta ladera para implantar el cultivo de café que se observa en la figura 20.

Se recomienda la construcción de un trincho en la parte baja de la cicatriz, suavizar ligeramente el escarpe y empradizar la superficie descubierta. El cultivo podría combinarse con prácticas de conservación tales como una disminución en la densidad de siembra para aligerar el peso y mezcla de especies como nogal cafetero.

En este mismo sector, en el extremo de la calle 5 con carrera 7, los desmoronamientos en el talud subvertical pueden ser controlados con el establecimiento de una pendiente menor. Igualmente debe evitar reconstruirse las viviendas afectadas.

**7.1.3.2. Sector margen occidental de la carrera 7 entre calles 7 y 11.** Este sector está directamente afectado por la estabilidad de la vertiente que lo limita. (Ver áreas

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0773



FIGURA 20. Deslizamiento reciente a la altura de la calle 5 con carrera 7.

IIIC, vertiente Noroccidental)). El riesgo está determinado por constituir una zona de pie de ladera que sirve de receptáculo a los sedimentos provenientes de deslizamientos originados en la vertiente Noroccidental del casco urbano. Las recomendaciones que se dan en las áreas IIIC, benefician directamente este sector, así mismo, las viviendas que se encuentran en el pie de esta ladera deben ser reubicadas.

## **7.2. CATEGORIA II**

Las áreas comprendidas dentro de esta categoría corresponden a zonas no urbanizadas que no presentan restricciones geológicas aparentes para el uso urbano; se ubican en su mayoría fuera del perímetro urbano.

Esta categoría se subdividió en IIA y IIB de acuerdo a las siguientes características:

**7.2.1 Categoría IIA.** En general éstas áreas presentan buen potencial urbanístico cuya adecuación deberá incluir circuitos viales, movimientos de tierra técnicamente ejecutados y estudios geotécnicos previos. Por sus características fisiográficas, la adecuación puede realizarse a costos moderados.

Los sectores incluidos dentro de ésta categoría son:

**7.2.1.1 Sector urbanización Los Arrayanes.** Localizado en las afueras del municipio sobre la vía que de Mistrató conduce a Pereira, contiguo al cementerio municipal. Corresponde a un proyecto de urbanización que se lleva a cabo con la asesoría del SENA.

El terreno está constituido por un antiguo depósito de flujo de escombros (Qfe1) compuesto principalmente por bloques de diorita y roca de dique con diámetros hasta de 60 cm, embebidos en una matriz areno-limosa de color crema. Este depósito fue explanado con el fin de adecuar el terreno para la construcción; ésto dejó al descubierto el saprolito del Intrusivo Mistrató que subyace el depósito.

El saprolito tiene un espesor aproximado de 6 m; por debajo se encuentra la roca fresca intensamente diaclasada, con buzamientos que van desde 35° a verticales. La roca fresca aflora en todo el corte del talud en la margen izquierda del Rio Risaralda; la pendiente de este talud supera el 100% y la altura es de 50 m. aproximadamente (Figura 21).

Es importante anotar que en el cementerio se han venido presentando grietas y asentamientos en la zona cercana al talud (Figura 22).

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0774



FIGURA 21. Talud en la margen izquierda del Rio Risaralda, sector del cementerio y futura urbanización Los Arrayanes, la pendiente es mayor del 100%.

Fototeca DNPAD  
210-06  
F0775



FIGURA 22. Evidencia de agrietamientos en la zona cercana al talud. Localización : Cementerio de Mistrató.

En la figura 23 se muestra el empuje de tierra ejercido en el sitio donde anteriormente se habían colocado columnas verticales de concreto. Hoy tienen inclinaciones cercanas a 17°.

Las condiciones geológicas y geotécnicas de este sector, hacen necesario reducir el área destinada para el proyecto. Se deben tener en cuenta además, los siguientes factores:

- Las construcciones deben ser livianas y estar localizadas sobre el saprolito. Para determinar la zona de relleno se deben realizar varios apiques vigilados por CARDER.
- Las construcciones deben seguir la norma AIS 100 del Código de Construcciones Sismoresistentes.
- Deben exigirse ensayos completos de suelos.
- Es indispensable dejar un cordón de seguridad de 25 m a partir del borde del talud; ésta franja puede reducirse dependiendo del resultado de los apiques. Esta franja podría aprovecharse en la construcción de una vía perimetral.

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0776



FIGURA 23. Evidencia del empuje de tierra hacia el borde del talud; las columnas inicialmente verticales tienen ahora una inclinación de  $17^\circ$ . Localización: Cementerio de Mistrató



- Estabilización geotécnica del talud.
- Toda recomendación que a juicio de CARDER sea necesaria durante el desarrollo del proyecto (Uribe, 1988) anota las siguientes recomendaciones:

El proyecto debe contemplar y garantizar el adecuado manejo de aguas lluvias en toda el área y los canales de evacuación deben quedar conectados a la red de alcantarillado.

El proyecto debe ser coherente con pautas arquitectónicas y sanitarias delineadas por la CARDER.

**7.2.1.2 Sector Urbanización Buenos Aires.** Este sector se localiza hacia el noroccidente del casco urbano sobre la vía que conduce al corregimiento de San Antonio del Chamí.

El área corresponde a un terreno con topografía plana, la cual está localizada principalmente sobre depósitos no consolidados del cuaternario.

La principal limitante natural de este sector se restringe a las zonas de pie de ladera, las cuales son receptáculo de los sedimentos provenientes de la vertiente que se encuentra por encima de este sector. (Ver Mapa 6/6).

**7.2.2 Categoría IIB.** En esta categoría se incluyen las áreas con potencial urbanístico, cuya adecuación por protección de corrientes y movimientos de tierra, es relativamente más costosa que la anterior.

Las zonas ubicadas dentro de esta categoría son:

**7.2.2.1 Sector El Terrero.** Localizado sobre la carretera que conduce a la vereda El Terrero; corresponde geológicamente a un flujo de escombros (Qfe4) infrayacido por diorita del Intrusivo de Mistrató; ésta se encuentra fuertemente diaclasada pero con relativa estabilidad. El uso actual de la tierra en este sector corresponde a café y rastrojos.

Esta zona es apta para aprovechamiento urbanístico en algunos puntos con topografía plana; las áreas circundantes de pendientes mayores deben ser protegidas con una cobertura vegetal adecuada; el pastoreo y la implantación de cultivos limpios deben prevenirse desde ahora en todos aquellos sectores donde aún no existen.

En esta zona se tiene proyectado la construcción del Jardín Botánico de Mistrató. Dicho proyecto parece viable.

**7.2.2.2 Sector Bellavista.** Localizado en la vertiente oriental del municipio sobre flujos de escombros correspondientes a Qfel. En esta zona, las áreas con pendientes menores del 20% ofrecen buenas condiciones para la construcción de pequeñas urbanizaciones y algunos asentamientos dispersos, ambos deben ceñirse a las normas de construcción vigentes en el Código Colombiano de Construcciones Sísmoresistentes (Norma AIS 100), deben tener además, un estudio de suelos completo).

La existencia en el área de un tanque que provee de agua al Barrio San Jose (Según información de la propietaria del lote) compromete la estabilidad de una parte de este depósito, debido a que el excedente de agua es conducido por un canal de tierra, lo que ocasiona infiltración y saturación de la masa subyacente; el riesgo se acentúa en épocas de invierno o con aguaceros prolongados, comunes en esta región. Un deslizamiento en esta zona podría obstruir la única vía de acceso que tiene el municipio.

Se recomienda en este caso impermeabilizar el canal o conducir estas aguas por tubería.

### 7.3. CATEGORÍA III

En general las áreas comprendidas en ésta categoría corresponden a zonas de conservación, por sus características ésta categoría se subdivide en:

**7.3.1 Categoría IIIB.** En esta categoría se incluyen las áreas en las cuales debe propenderse por la protección y vigilancia prioritarias de las condiciones de estabilidad del terreno, protección de corrientes y vigilancia continuada en áreas inestables.

Estas áreas corresponden a zonas no urbanizadas ni urbanizables, en su mayoría con pendientes fuertes principalmente mayores del 40% localizadas todas ellas fuera del perímetro urbano. En algunas de éstas áreas pueden aceptarse desarrollos o asentamientos de viviendas aisladas de tipo rural. El uso actual que se les da a éstas áreas, debe continuar y ser controlado de acuerdo con políticas definidas de ordenamiento y manejo del suelo. Algunas zonas deberían reforestarse y/o ser conservadas como zonas verdes, como las márgenes de las quebradas.

**7.3.2 Categoría IIIC.** Corresponde a áreas de conservación y vigilancia, en las cuales es necesario controlar procesos erosivos superficiales y vertimiento de desechos y aguas

negras. Dentro de ésta categoría se incluyen:

#### **7.3.2.1 Sector vertiente noroccidental del casco urbano.**

Del mapa de procesos erosivos se observa la constante actividad de ésta vertiente, cuya formación superficial más importante, corresponde a saprolito del Intrusivo de Mistrató; éste presenta porosidad y permeabilidad altas y un intenso diaclasamiento en diferentes sentidos; ocasionalmente se observa sobre el saprolito un suelo incipiente.

La cobertura vegetal actual de esta ladera está constituida por pasto, rastrojo, algunos cafetales abandonados y cultivos limpios, predominando los primeros. De acuerdo a informes de los moradores, el pastoreo en esta zona ha existido durante muchos años.

Los deslizamientos antiguos así como los recientes, ocurridos el 18 de octubre de 1988, probablemente han tenido un mecanismo de falla similar, planar y localmente rotacional, su génesis está íntimamente relacionada a la presencia de planos de fractura en favor de la pendiente; saturación de la masa subyacente, con una ligera reducción en la permeabilidad de ésta con respecto al suelo que la suprayace.

Además de la progresiva degradación de la ladera por sobrepastoreo, ocasionando la formación de terracetas y

grietas que aumentan la permeabilidad en varios puntos de la vertiente, favoreciendo el aumento de flujo subterráneo en la roca presente, cuando las lluvias son abundantes.

Una característica importante de estos deslizamientos es su localización en zonas de concentración de aguas donde confluyen la escorrentía y flujos subterráneos.

Esta zona es la más inestable del área de estudio y su recuperación y tratamiento es urgente; éstos deben ser integrales de acuerdo con el análisis anterior; se recomienda un tratamiento especial de los deslizamientos recientes C5, C7, C8, C9, M8 y M11, mediante trinchos y fijación de cobertura vegetal. Conjuntamente, toda la vertiente debe ser reforestada.

Para el caso específico de C5 y C7 (Mapa 4/6), que son los dos primeros deslizamientos partiendo de la calle 6a por la carrera 7a (figuras 24 y 25), se recomienda atravesar trinchos al drenaje que se está formando sobre estos escarpes; de 5 a 7 para C5 y aproximadamente 9 trinchos para C7; debe erradicarse un cafetal viejo que se encuentra en la parte superior de éstas cicatrices, tumbar algunos guamos y todos aquellos árboles que den un peso excesivo a la ladera.

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0777



FIGURA 24. Deslizamiento reciente (C5). Vertiente noroccidental del casco urbano.

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0778



FIGURA 25. Deslizamiento reciente (C7). Vertiente noroccidental del casco urbano.



No se requiere la eliminación total de la cobertura vegetal, se recomienda hacer "aclareos" para sembrar las nuevas especies.

Para C4 se recomienda suavizar el talud y sembrar pastos; el escarpe que ha dejado este deslizamiento es de 1 m aproximadamente; aunque el evento no fue de gran magnitud afectó seriamente una construcción que se encontraba en la zona de influencia directa del deslizamiento. (figura 26).

En el caso de C9 (Figura 27) serían suficientes 4 trinchos sobre la cicatriz dejada por el deslizamiento y otros 2 separados 30 m el uno del otro atravesando un drenaje que se ha formado por encima de la corona; sobre la ladera, hay que eliminar parte de los pinos recientemente sembrados en la parte alta, ya que en un futuro aportarían un peso excesivo; podrían ser reemplazados por leucadena. Sobre el depósito asociado al deslizamiento puede sembrarse eucalipto.

La estación M11 corresponde a una cicatriz superficial que se encuentra en la parte alta de la ladera; el deslizamiento bajó como un flujo de lodo y tierra por un antiguo cauce natural (figura 28).

Fototeca DNPAD  
2 10-06  
F0779



FIGURA 26. Deslizamiento reciente. Vertiente noroccidental del casco urbano.

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
FO780



FIGURA 27. Deslizamiento reciente sobre la vertiente occidental del casco urbano. C9 es la de mayor envergadura de las ocurridas en la zona.

Fototeca DNPAD  
210-06  
F0781

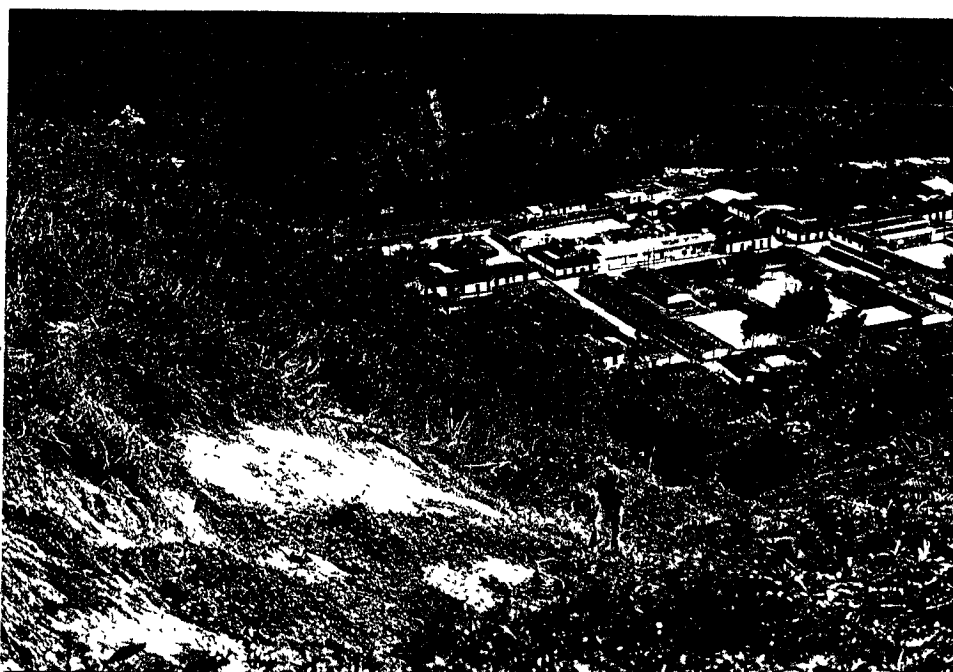


FIGURA 28. Deslizamiento superficial reciente. Parte alta de la vertiente noroccidental al casco urbano.

Este deslizamiento destruyó dos casas y afectó seriamente las casas aledañas; muchas de ellas fueron parcialmente averiadas y otras sólo fueron inundadas (Figura 29).

El problema más grave que se presenta sobre ésta cicatriz, es el vertimiento directo de aguas negras sobre el escarpe, Figura 30, éstas tienen que evitarse por completo; el drenaje sólo debe evacuar aguas de escorrentía. Sólo se recomiendan trinchos menores, uno en la parte alta de la corona donde comienza el canal de escorrentía y repartir otros dos hacia la parte inferior del drenaje. En caso de no poder eliminarse el cafetal que se encuentra encima de la cicatriz, se recomienda sembrar nogal cafetero.

Para el caso de C8 (Figura 31) que corresponde a una grieta transversal con alto riesgo de generar un deslizamiento, se recomienda la siembra urgente de barreras vivas como el limoncillo alrededor de la cicatriz y reforestación de los alrededores con leucadena.

**7.3.2.2 Sector Quebrada El Naranjo.** Esta zona comprende terrenos con pendientes mayores del 40% en las que el sobrepastoreo afecta considerablemente las laderas, generando terracetas y grietas que permiten una mayor infiltración de agua, que al saturar el saprolito, genera deslizamientos (figura 11); estos pequeños deslizamientos aportan

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0782



FIGURA 29. Efectos del deslizamiento superficial originado en la parte alta de la vertiente noroccidental al casco urbano (M9).

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
FO783



FIGURA 30. M9 deslizamiento superficial. Sobre el escarpe se tiene vertimiento directo de aguas negras.

Fototeca DNPAD  
210-06  
F0784



FIGURA 31. Grieta ubicada en la parte alta de la vertiente noroccidental del casco urbano C8.



un exceso de sedimentos, que aguas abajo obstruyen un tubo de 60 cm de diámetro por el cual la quebrada cruza la carretera antes de desembocar al Río Risaralda. Al taparse este tubo, el agua se extiende por encima de la carretera unos 6 m a partir del cauce (Ver Figura 32).

Los habitantes de este sector no señalan ninguna creciente significativa de la quebrada. Esta además, se ha convertido en un botadero de basuras y pasilla de café.

Fototeca DNPAD  
2.10-06  
F0785

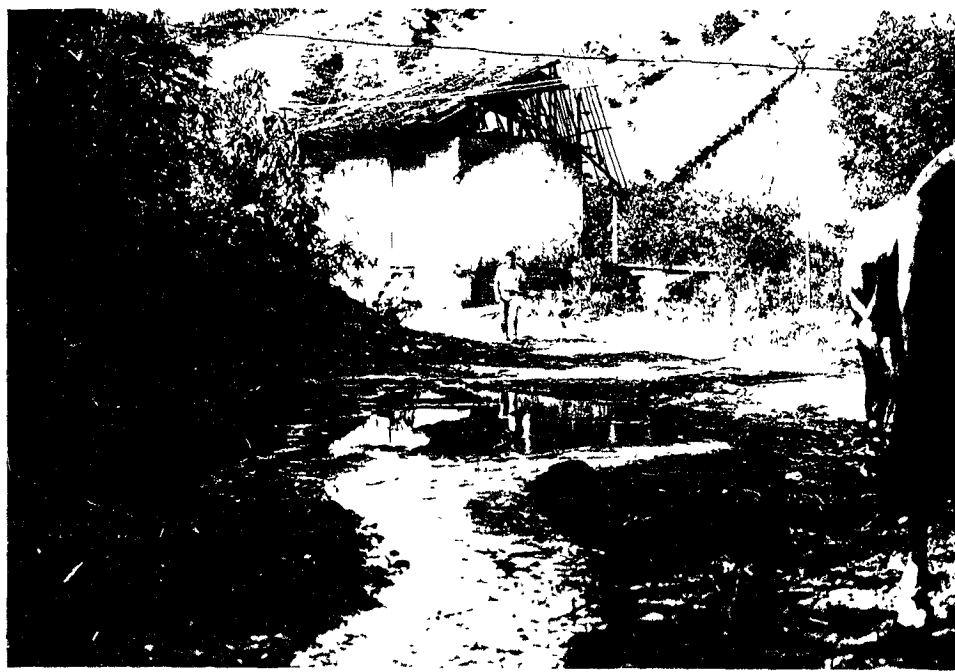


FIGURA 32. Esta quebrada cruza la carretera que conduce a la vereda El Terrero antes de su desembocadura al Rio Risaralda, para ello se utiliza un tubo de 60 cm de diámetro el cual se obstruye debido a la gran cantidad de sedimentos que arrastra la quebrada.

## 8. CONSIDERACIONES SOBRE EL FUTURO RELLENO SANITARIO

El área proyectada para el relleno sanitario del municipio de Mistrató se localiza al norte del casco urbano, a una distancia aproximada de 8 km, por la carretera que conduce a San Antonio del Chami a la altura de la vereda Mampay, en la finca La Genoveva.

En términos generales, el sitio escogido para el relleno sanitario presenta las siguientes características:

- Se localiza topográficamente sobre una ligera pendiente limitada por una ladera con una inclinación mayor del 40% ; sinembargo, el drenaje proveniente de la ladera se concentra en una pequeña quebrada que se encuentra a una distancia de unos 150 m del lote escogido. El hecho de que se encuentre por fuera del lote proyectado para la construcción del relleno, disminuye el riesgo de contaminación de esta fuente de agua por parte del lixiviado.

- El material donde se hará el relleno, corresponde principalmente a un flujo de lodo y escombros, con una buena proporción de material limo-arcilloso acompañado por bloques cuarzodioríticos, dioríticos y gabroicos moderadamente meteorizados y con diámetros que alcanzan hasta 30 cm. Este material presenta una permeabilidad relativamente baja, lo cual se considera propicio para este proyecto.
  
- Localmente, el sector presenta algunos movimientos de masa antiguos que en la actualidad parecen completamente estables; se considera, que los mismos no presentan inconvenientes para la construcción del relleno sanitario.

Además de las características anotadas anteriormente, es importante considerar los siguientes aspectos:

- i) El nivel freático y su rango de fluctuación deben ser definidos con el objeto de localizar el relleno sanitario encima del mismo.
  
- ii) Debe ser conocida la dirección o flujo de las aguas subterráneas, con el fin de evitar la contaminación de fuentes utilizadas para el consumo humano.

iii) La vía de acceso al terreno donde se construirá el relleno sanitario debe ser completada y el tramo construido debe ser reformado.

## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El casco urbano del municipio de Mistrató se asienta sobre un valle de 1 km de largo por unos 320 m de ancho, hacia el noroccidente. Se encuentra limitado por cerros empinados y delineados en forma de escuadra indicando un control estructural en su configuración.

Geológicamente está conformado por el Plutón de Mistrató y saprolito derivado de este mismo cuerpo; por la Formación Barroso, que aflora en una mínima parte del área de estudio y por depósitos no consolidados del Cuaternario, los cuales incluyen flujos de escombros, terrazas, flujos de lodo, depósitos torrenciales, depósitos aluviales recientes y barras.

2. Sobre estos depósitos no consolidados se ubican importantes sectores del casco urbano; algunos de ellos presentan procesos erosivos activos como aquellos ubicados en la vertiente occidental de la cabecera municipal, donde es posible distinguir hasta tres paleosuelos que señalan la

recurrencia de este tipo de eventos.

3. La presencia de saprolitización sobre el Intrusivo de Mistrató conlleva la formación de movimientos de vertiente, debidos a una alta precipitación que satura dicho saprolito; es el caso de los deslizamientos ocurridos sobre la vertiente occidental al casco urbano, los cuales involucraron la capa de suelo orgánico y la parte superior del saprolito.

4. Debido a la naturaleza heterogénea de las formaciones superficiales presentes en el área, en especial la de los flujos de escombros y lodo, se hace indispensable la elaboración de estudios de suelos específicos para cada proyecto constructivo que se quiera llevar a cabo.

5. Los procesos erosivos, especialmente los movimientos de masa son frecuentes en el área y tienen mayor recurrencia en épocas de invierno. Casi todos ellos se presentaron en zonas aledañas al casco urbano, especialmente en el talud occidental que dá a la carrera 7. Estos deslizamientos presentan un alto potencial de reactivación ya que la dirección de los planos de diaclasa presentes en el saprolito se encuentran a favor de la pendiente. Además, los afloramientos en esta zona dan evidencia de que este tipo de eventos ya han ocurrido anteriormente.

6. Se recomienda que para el diseño de cualquier tipo de construcción dentro de la zona, se consideren los parámetros especificados por el Código Colombiano de Construcciones Sismoresistentes.

7. Las pocas áreas aptas para expansión urbana que se tienen en el municipio de Mistrató ya están siendo aprovechadas, como son los sectores de Villa Irene, Los Alpes y Los Arrayanes: es importante que en todas ellas se ejecuten obras de protección de las laderas y taludes circundantes.

8. Los mapas presentados en este trabajo, especialmente el de aptitud para el uso urbano (Mapa 6/6) deben ser utilizados para orientar las decisiones de Planeación Municipal y en ningún momento eliminan la necesidad de estudios detallados para proyectos específicos. El mapa de aptitud para el uso urbano comprende básicamente áreas en donde se hace necesario la implementación de medidas de tipo correctivo y preventivo (González y Yepes, 1988).

9. Se deben implementar estaciones pluviométricas y limnométricas en el Río Risaralda y la Quebrada Arrayanal para obtener registros de caudales que permitan realizar estudios hidrológicos, especialmente sobre crecientes máximas.



10. Se debe vigilar periódicamente el tramo de la Quebrada Arrayanal que se encuentra cubierto, con el fin de determinar deterioros en la estructura o acumulaciones de sedimentos.

11. Según lo establecido por el Código Nacional de Recursos Naturales, se debe respetar una faja paralela a la línea de cauces permanentes hasta de 30 metros; esto no se cumple en el caso de la Quebrada Arrayanal, donde las casas ubicadas cerca a la desembocadura de la misma, corren un alto riesgo de inundación.

12. Debido al carácter torrencial de la Quebrada Arrayanal, es necesario mantener una vigilancia permanente de la misma, sobre todo en épocas de invierno, con el fin de alertar sobre posibles crecientes o deslizamientos.

13. Se deben realizar visitas técnicas, aguas arriba del Río Risaralda, con el fin de localizar posibles represamientos como consecuencia de movimientos de masa.

14. Se recomienda realizar un control bacteriológico estricto de las aguas que circulan por el sector en el que se ha proyectado el relleno sanitario, ya que estas aguas son utilizadas para el consumo humano.

## BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ, E., GONZALEZ, H. 1978. Geología y Geoquímica del Cuadrángulo 1-7 Urrao. Ingeominas. Inf. 1761: 1-347. 37 figs., 13 cuad, 2 pl. Medellín.
- ALVAREZ, J. 1983. Geología de la Cordillera Central y Occidente Colombiano y Petroquímica de los intrusivos Granitoides Mesocenoicos; Bogotá. Boletín Geológico de Ingeominas. V.XXVI No. 2. 175 p.
- BARRERO, D., ALVAREZ, J., KASSEM, T. 1969. Actividad ígnea y tectónica en la Cordillera Central durante el Mesozoico. Bol. Geol. Ingeominas, 17 (1-3): 145-173. 4 tab, 1 pl. Bogotá.
- CALLE, B., GONZALEZ, H. 1980. Mapa geológico preliminar, plancha 186, Riosucio. Ingeominas. escala 1:100.000. Medellín. Publ.efectiva 1984b.
- CARDER, 1986. Implementación de Rellenos Sanitarios Manuales en los Municipios del Departamento de Risaralda, Pereira, 73 p., Anexos.
- CARDER, 1988. Protección de viviendas en peligro, Documentos OP 01, OP 02 y OP 04 de 1988, Pereira, 37 p.
- CASSAN, M., 1982. Los Ensayos In Situ en la Mecanica del suelo. Tomo I. Barcelona, España, 485 p.
- CENICAFE., 1985. Anuario Meteorológico 1985, Chinchiná, 359 P.
- COLEMAN, R.G. 1971. Plate tectonic emplacement the upper mantle peridotitas along continental edges: Jour. Geophys. Res. (Washington). 76:1212-1222.
- DANE., 1986. XV Censo Nacional de Población y IV de Vivienda. Vol. I, Bogotá, 481 p.

- EGEO LTDA., 1984. Inventario Básico de las Cenizas Volcánicas Cuaternarias en la zona sur-oriental del Risaralda y recomendaciones para la evaluación de los riesgos sísmicos y volcánicos. Informe preparado para CARDER, Pereira. 27 p., Anexos, Mapas.
- EGEO LTDA., 1987. Geología Ambiental del área Urbana y Suburbana del municipio de Marsella, Informe preparado para CARDER, Pereira. 216 p., Anexos, mapas.
- FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS., 1988. Estudio de zonificación y uso potencial del suelo en la zona cafetera del Departamento de Risaralda, Bogotá, D.E., 265 p.
- GOBERNACION DE RISARALDA., 1988. Atlas de Risaralda, Pereira, 243 p.
- GONZALEZ, H., RESTREPO, J., TOUSSAINT, J., LINARES, E. 1978. Edad radiométrica K/Ar del Batolito de Sabanalarga. Pub. Esp. Geol., Univ. Nal. (Medellín). 8:1-5, 1 fig, 1 tab. Medellín.
- GONZALEZ, J., YEPES, N. 1988. Geología Ambiental del área urbana y suburbana del Municipio de Andes, Departamento de Antioquia. Tesis de Grado. Universidad EAFIT, Departamento de Geología. Medellín. 101 p., Anexos, Mapas.
- HALL, R., ALVAREZ, J., RICO, H. 1972. Geología de los departamentos de Antioquia y Caldas (Sunzona II-A). Bol. Geol. Ingeominas, 20 (1):1-85. 1 fig, 1 cuad, 1 pl. Bogotá.
- IGAC., 1975. Mapa de estudio general de suelos para fines agrícolas de los municipios de Anserma, Belén de Umbria, Risaralda, Viterbo, Belalcazar, Marsella, La Virginia, Santa Rosa de Cabal y Pereira, Departamento de Caldas y Risaralda, Escala 1:100.000; Bogotá: IGAC, Subdirección Agrícola.
- IGAC., 1979. Estudio general de suelos para fines agrícolas de los Municipios de Pereira, Marsella, Santa Rosa de Cabal, La Virginia, Belén de Umbria, Belalcazar, Anserma, Risaralda y Viterbo (Departamento de Risaralda y Caldas), Bogotá: IGAC, Subdirección Agrícola, 266 p.
- INGEOMINAS., 1983. Mapa de terrenos geológicos de Colombia, Public. Geol. Esp. Ingeominas N°14, Bogotá, 235 p.

- JAMES, M., 1986. Estudio sismotectónico en el área del Viejo Caldas, INGEOMINAS, Medellín, 112 p., Mapas.
- MOLINA, H. Y MUNERA, A., 1987. Estudio geomorfológico de la sección intramontana del Río Risaralda. Tomo II. Tesis de Grado, Universidad Nacional, Seccional Medellín, Facultad de Minas, Medellín. 199 p., Mapas.
- NELSON, H.W. 1957. Contribution to the geology of the central and western Cordillera of Colombia in the section between Ibagué and Cali. Leidse Geol. Meded. 22:1-76. 28 figs, 12 tab. Leiden.
- ORREGO, A., ROSSMAN, D., PARIS, G. 1976. Geología del cuadrángulo N-6, Popayán. Ingeominas., Inf. 1711:1-135, 1 fig, 2 mapas. Popayán.
- PARRA, E. Y JAMES, M. 1984. Aspectos geomorfológicos en el tramo urbano del Río Otún y la Quebrada Dosquebradas, Informe preparado para CARDER, Pereira 156 p., Anexos, Mapas. Ingeominas: Medellín
- RESTREPO, J.J., Toussaint, J.F., Zuluaga, J., and Hoyos, P., 1979. Algunas consideraciones sobre la geología de la parte septentrional de la Cordillera Occidental: Publicación Especial Geología 20, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 26 p.
- SCHWINN, W.. 1969. Guidebook to the geology of the Cali área, Valle del Cauca, Colombia Assoc. Geol. Geophys. 22p.
- VAN DER HAMMEN. T. 1957. Climatic periodicity and evolution of south American Maestrichtian and Tertiary floras. Bol. Geol. (Bogotá). 5(2): 43p.
- VELASCO, M. Y VERA, C., 1986, Dinámica fluvial del Río Risaralda entre La Isla y el municipio de La Virginia. Tomo I. Tesis de Grado, Universidad Nacional, Seccional Medellín, Facultad de Minas, Medellín, 211 p., Mapas.
- PAGE, W., 1986. Geología Sísmica y Sismicidad de la Región del Noroccidente de Colombia, informe preparado por Woodward Clyde Consultants para ISA. Medellín. 280 p., Anexos, Mapas.

**ANEXO 1. MAPAS**

**ANEXO 2. MINERIA**

## ANEXO 2. MINERIA

Este capítulo describe el tipo de explotaciones mineras que se llevan a cabo en jurisdicción del municipio de Mistrató; con la colaboración de la Gobernación de Risaralda, se retoma un compendio de la actividad minera del departamento, realizado por William Londoño Bolívar, en el que se describen los prospectos mineros que se encuentran dentro de los límites municipales, pero fuera del área de estudio. No se emite una evaluación sobre el impacto ambiental de las explotaciones mineras, por no ser objeto de ese estudio, pero debe hacerse una evaluación detallada de cada una de las minas o zonas mineras, ya que las condiciones en que éstas operan son desconocidas para la mayoría de las entidades gubernamentales .

Mina: Camelias.

Mineral: Oro y Plata filonianos.

Localización: A orillas del Río Batató a 5 km al norte del corregimiento de Puerto de Oro.

Características del yacimiento: Se trata de la mina más rica y antigua de la región. Su explotación se realiza en forma antitécnica, los minerales se benefician en molino californiano de pisones con remolida de concentrados. Existe un sinnúmero de socavones, algunos derrumbados. Se

ha recomendado efectuar levantamiento topográfico subterráneo para relacionar así los trabajos existentes y según los muestreos conocer las reservas, complementando con estudios geológicos.

En la actualidad laboran allí más o menos 30 personas, con muy bajo rendimiento por lo antitécnico de la explotación.

Mina: Moravia.

Mineral: Oro y plata filonianos.

Localización: Ubicada en la margen izquierda aguas arriba de la Quebrada Moravia, en el corregimiento de Puerto de Oro a unos 15 km de éste.

Características del yacimiento: Mina de antiguo descubrimiento que se encuentra en proceso de restauración. El depósito está formado por varias venas hidrotermales de cuarzo con direcciones norte-sur y variaciones noreste y noroeste hasta 35° y buzamientos al este. Las venas se encuentran afectadas por lisos de falla también con mineralizaciones. Los respaldos están representados por cornubianas.

En la actualidad, para el procesamiento del mineral se utiliza un molino tipo californiano de tres pisones, mesas rayadas, molino de arrastre movido por rueda hidráulica.



Actualmente laboran más o menos 12 personas.

Prospecto: Santa Elena.

Mineral Oro y plata filonianos.

Localización: 10 km al noreste del corregimiento de Puerto de Oro.

Características del yacimiento: Se observan dos filones de cuarzo lechoso, separados 120 m; el inferior tiene un espesor de 0.2 a 0.5 m. con rumbo N35°W, buzando al noreste. Las mineralizaciones son de origen hidrotermal, con incrustaciones de sulfuros de hierro, calcopiritas y oxidaciones ferruginosas principalmente. La manifestación se halla en etapa de explotación.

Prospecto: La Rica.

Mineral Oro y plata filonianos.

Localización: En la margen izquierda del Rio Aguita a unos 10 km del corregimiento de Puerto de Oro.

Características del yacimiento: Se trata de una antigua explotación. Existió según vestigios un montaje rudimentario, los vecinos de la zona manifiestan que dio resultados positivos.

Prospecto: Samaria.

Mineral: Oro y plata.

Localización: Parte alta de los nacimientos del Rio Mistrató.

Estado actual: Laboran más o menos 15 personas.

Prospecto: San Felipe.

Mineral: Oro y plata filonianos.

Localización: Corregimiento de Puerto de Oro.

Estado actual: Se labora esporádicamente en forma rudimentaria.

Prospecto: El Diamante.

Mineral: Oro y plata filonianos.

Localización: Corregimiento de Puerto de Oro.

Estado actual: Se labora en forma artesanal.

Existen tres prospectos más localizados en Mampay con recomendaciones para inicial labores; y el otro en parajes de "Arroyo Hondo".

En pequeña escala se explotan sobre el rio "Arroyo Hondo", oro en placeres, siendo necesario efectuar exploraciones a lo largo del rio para realizar programas con mazamorreros.

**ANEXO 3. CATALOGO DE SISMOS**

### ANEXO 3. CATALOGO DE SISMOS

Se recopiló en este catálogo, la información sísmica disponible entre las coordenadas 4.5 - 5.3 latitud Norte y 75.7 - 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 ISG. Medellín, 156 p.
- James, M., 1986. Estudio sismotectónico en el Área del Viejo Caldas. Ingeominas, Medellín. 113 p.
- Egea Lida., 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.

FECHA		HORAS			EPICENTRO O		HIPOCENTRO	MAGNITUD	INTENS.	LOCALIZACION
AÑO	MES	DÍA	HORA	MIN.	SEG.	LAT (N)	LONG (W)			
1878	Febrero	9	19	30		5.1	75.5		5.3	VIII
1878	Septbre.	9				5.1	75.399		5	VI Manizales - Caldas
1883	Novbre.	5	5	0	0	5.1	75.399		6	VIII Manizales - Caldas
1886	Marzo					5.1	75.399		4	VII Manizales - Caldas
1888	Novbre.	5				5.1	75.399		4	V Manizales - Caldas
1935	Septbre.	18	4	57	49	5.15	75.83		6.3	VII Bote - Choco
1938	Febrero	5	2	23	0	4.83	75.79	192	7	IX Manizales - Caldas
1942	Junio	4	4	45	39	4.5	75.5		3.9	
1944	Enero	3	2	16	50	4.5	75.6		4.6	
1950	Abril	10	16	48	48	4.6	75.4	128	6	IX Condoto - Choco
1952	Marzo	18	20	27	18	4.5	76		4	V La Victoria - Caldas
1956	Enero	12	7	45	27	5	75	200	4.6	V Villa Maria - Caldas
1956	Agosto	2	7	11	20	5	75.5	103	5	VI Villa Maria - Caldas
1957	Septbre.	17	20	42	19	4.8	75.6		3	
1958	Febrero	9	2	30	58	4.8	75.3	32	4.5	
1958	Septbre.	9	12	20	44.9	5	76		2.5	
1959	Abril	7	15	47	17	4.8	75.5		3.5	
1959	Junio	13	19	44	18	4.5	75.8			
1959	Agosto	25	23	12	31	5.2	75.8		2.5	VI Palmar - Choco
1961	Diciembr	20	13	25	34	4.6	75.6	176	6.3	VIII
1962	Septbre.	28	18	56	8	5.2	76.2	127	5.26	VII Pueblo Rico - Rda.
1963	Enero	26	21	20	42	4.7	76.3	95	4	V Argeia - Valle
1963	Enero	26	21	28	42	4.699	76.3	95	4.8	V Argeia - Valle

FECHA		HORAS			EPICENTRO		O	HIPOCENTRO	MAGNITUD	INTENS.	LOCALIZACION
ANO	MES	DIA	HORA	MIN.	SEG.	LAT (N)	LONG (W)	PROF.			
1963	Novbre.	6	21	34	34	4.9	75.9		3.5	IV	Pueblo Rico - Risara
1964	Enero	14	3	27	30	5	75.7		3		
1964	Junio	5	11	18	18	4.7	75.8	62	4.3	V	Alcala - Valle
1964	Agosto	27	12	25	22	4.8	76.2	112	4.3	V	Ansermanuevo - Valle
1964	Septbre.	21	0	10	36	5	76	116	5		
1964	Septbre.	17	10	57	51	4.9	76.2	120	4.5	V	El Palmar - Choco
1964	Octubre	12	5	43	30	5	76		2.8		
1964	Octubre	14	11	50	28	5	75.9	63	4.3	V	
1965	Enero	3	18	16	4	4.6	76	90	4.9		
1965	Enero	26	15	38	52	5.2	76.1		3.8		
1965	Marzo	2	23	1	50	5	75.9		3		
1965	Marzo	28	3	35	58	4.7	76.1		2.7		
1965	Abril	4	29	31	33	5.5	76.1	102	4.89	VI	Caramanta - Choco
1965	Abril	7	3	3	39	5	76.1	3.3			
1965	Mayo	19				5.5	76	98	4.8	VI	Caramanta - Choco
1965	Septbre.	5	12	45	47	5.1	76.1		2.5		
1965	Septbre.	9	1	55	40	5	76		2.5		
1966	Enero	16	10	38	2	5.1	75.7		3.7		
1966	Enero	22	5	14	16	5.1	76.1		2.5		
1966	Enero	22	5	14	16	5.1	76.1		2.5		
1966	Enero	23	9	36	47	5	76		3.2		
1966	Enero	29	15	29	58	5	75.9		2.9		

AÑO	FECHA		HORAS			EPICENTRO		O	HIPOCENTRO		MAGNITUD	INTENS.	LOCALIZACION
	MES	DIA	HORA	MIN.	SEG.	LAT (N)	LONG (W)		PROF.				
1966	Febrero	3	18	16	5	4.6	76	91	4.89	VI	La Union - Valle		
1966	Febrero	7	15	49	51	5	76		3.1				
1966	Marzo	4	14	38	30	4.6	75.5		2.8				
1966	Marzo	31	0	55	50	5.399	75.199	98	4.58	V	Pueblo Rico - Rda.		
1966	Abril	5	13	19	4	5	75.9		2.5				
1966	Abril	30	3	11	4	4.8	75.7		2.7				
1966	Mayo	10	6	6	0	4.5	75.6		2.5				
1966	Mayo	10	14	46	47	5.1	76	116	4	V			
1966	Agosto	15	15	12	5	4.699	75.3	83	4	V	Ibaque - Tolima		
1966	Octubre	11	6	57	45	4.9	76	105	4.6	VI	Balboa - Risaralda		
1966	Novbre.	1	23	49	39	5.1	75.7		3.1				
1966	Novbre.	4				5.199	75		3.5	IV	Fresno - Tolima		
1966	Novbre.	17	10	10	54	4.6	75.5		2				
1967	Enero	10	6	30	39	4.8	75.9		2				
1967	Enero	12	4	53	24	4.8	75.8		2.7				
1967	Febrero	3	22	57	49	5	75.9		3.1				
1967	Febrero	4	15	41	55	5.7	75.9		3.2				
1967	Febrero	9	1	45	43	5	78.8		2.6				
1967	Abril	12	0	0	21	5.2	76		3.5				
1967	Abril	26	18	51	2	5	75.9	114	3.9	IV	Apia - Risaralda		
1967	Agosto	5	19	13	44	5	75.9		3.1				
1967	Agosto	14	11	32	43	5	75.5		2.7				
1967	Agosto	24	17	23	14	5.2	75.8		3.1				

AÑO	FECHA		HORAS			EPICENTRO		0	HIPOCENTRO		MAGNITUD	INTENS.	LOCALIZACION
	MES	DIA	HORA	MIN.	SEG.	LAT (N)	LONG (W)		PROF.				
1967	Agosto	27	7	38	54	5	75.7			3.1			
1967	Novbre.	26	20	0	36	5.3	76.1	128		3.9	IV	Pueblo Rico - Rda.	
1968	Enero	1	0	36	40	5.1	76			2.5			
1968	Febrero	19	13	41	57	5	75.8			2.9			
1968	Febrero	29	21	0	1	4.9	75.3			2.5			
1968	Marzo	26	21	55	20	5.399	75.699	107		4.1	V	Riosucio - Caldas	
1968	Abril	25	3	51	37	5	76			3.1			
1968	Junio	7	15	56	8	4.6	75.4			2.7			
1968	Junio	13	21	41	57	5	76			3.5			
1968	Junio	22	23	46	17	4.6	75.2			3.2			
1968	Junio	25	22	19	58	4.7	75.2			3			
1968	Junio	25	7	43	13	5	76.1			2.8			
1968	Junio	27	18	27	28	4.5	75.5			2.4			
1968	Julio	7	8	2	49	4.6	75.8			3.8			
1968	Julio	9	21	47	15	4.7	75.4			3.4			
1968	Julio	14	22	0	10	4.8	75.6			3.3			
1968	Julio	24	18	18	31	4.5	75.4			2.5			
1969	Enero	17	8	33	54	5.054	75.299	138		4.4			
1969	Enero	29	7	45	0	5.2	76	109		4.1	V	Belen de Umbria - Rd	
1969	Marzo	20	22	39	58	4.6	75.9			3.9			
1969	Marzo	31	2	9	54	5.2	75.6			2.5			
1969	Mayo	18	18	48	4	4.9	75.4			2.6			



AÑO	FECHA		HORAS			EPICENTRO		O	HIPOCENTRO		MAGNITUD	INTENS.	LOCALIZACION
	MES	DIA	HORA	MIN.	SEG.	LAT (N)	LONG (W)		PROF.				
1969	Junio	5	7	46	52	5.2	75.8			2.8			
1969	Junio	7	8	53	51	5	75.9			2.8			
1969	Julio	15	19	37	58	5.1	76.1	129		4.7	VI	Santuario - Rda.	
1969	Novbre.	6	11	33	16	5.2	76.2	110		4.8	VI	Pueblo Rico - Rda.	
1969	Novbre.	8	20	13	37	4.8	75.6			3.6			
1969	Novbre.	27	15	36	8	4.5	75.5	61		4.3	V	Restrepo - Tolima	
1969	Diciembr	20	16	37	59	5	76			3.7			
1970	Marzo	20	4	30	13	4.8	75.9	150		4.2			
1970	Mayo	31	6	5	26	4.6	76			3.7			
1970	Seobre.	26	19	59	13	5	76			3.3			
1970	Seobre.	27	4	43	57	5	75.9			3.2			
1970	Seobre.	27	1	34	58	5	75.9			3.1			
1970	Seobre.	27	5	29	17	5	76			3.7			
1970	Seobre.	27	11	24	54	5	76			3.1			
1970	Seobre.	27	18	1	19	5	75.9			3.5			
1970	Seobre.	27	12	22	26	5	75.9			3.3			
1970	Seobre.	27	16	52	34	5	75.9			3.1			
1970	Seobre.	27	13	54	58	4.9	75.9			3.3			
1970	Seobre.	28	2	24	16	5	76			2.8			
1970	Octubre	1	20	36	15	4.8	75.6			3.1			
1970	Octubre	3	23	53	37	5	76			3.1			
1970	Octubre	4	21	53	45	5	76			3.1			
1970	Octubre	4	2	4	0	5	76			3.1			

FECHA		HORAS		EPICENTRO		D	HIPOCENTRO		MAGNITUD	INTENS.	LOCALIZACION
ANO	MES	DIA	HORA	MIN.	SEG.	LAT (N)	LONG (W)	PROF.			
1970	Octubre	6	21	5	8	5	76		3.2		
1970	Octubre	6	17	44	42	5	76		3.2		
1970	Octubre	10	20	15	24	4.8	75.7		2.7		
1970	Octubre	14	16	11	38	5.1	76.1		2.5		
1970	Octubre	22	4	33	47	5	76		3		
1970	Novbre	28	21	27	38	5	76		3		
1971	Marzo	28	15	10	53	5.1	75.6	161	4.6	VI	Manizales - Caldas
1972	Enero	30	27	10	34	5.9	76.2	84	4.2	V	El Carmen - Choco
1972	Marzo	20	13	23	58	4.6	75.5		3.6		
1972	Septbre	15	7	44	49	4.5	75.9		3.8		
1973	Febrero	9	9	53	18	4.6	76	84	5	VI	Toro - Valle
1973	Abril	3	13	54	1	4.7	75.6	158	6.2	VII	Venadillo - Tolima
1973	Abril	13	12	5	24	4.7	76.3	75	4.8	VI	Valencia - Choco
1973	Abril	13	12	5	24	4.7	76.3	75	4.8	VI	Valencia - Choco
1973	Abril	14	0	5	17	4.6	75.7		3.9		
1973	Abril	24	18	42	31	5.2	75.8	118	5.5	VII	Anserma - Caldas
1973	Julio	21	6	31	38	4.784	75.62	158	5		Sentido Per, Arm. Na
1974	Abril	29	22	20	52	4.8	76.1	87	5.1	VI	Ansermanuevo - Valle
1974	Julio	13	18	51	15	5.306	75.739		4.6		
1975	Abril	13	1	53	30	4.8	75.8	144	5.2	VI	Cartago - Valle
1975	Abril	21	8	48	53	4.6	76	150	4.6	VI	Toro - Valle
1975	Mayo	21	5	39	32	4.7	75.8		3.9		

FECHA		HORAS			EPICENTRO		O	HIPOCENTRO		MAGNITUD	INTENS.	LOCALIZACION
ANO	MES	DIA	HORA	MIN.	SEG.	LAT (N)	LONG (W)	PROF.				
1976	Abril	30	17	25	12	5.2	75.6	71	4.7			
1976	Mayo	19	4	7	15	4.5	75.8	158	5.9	VI		
1976	Julio	11	23	18	24	5	76.1		3.4			
1976	Julio	12	2	18	48	5	75.6	267	3.4			
1976	Julio	12	9	55	48	5	75.6	287	3.5			
1976	Julio	12	17	23	19	5	75.6	190	3.2			
1976	Julio	12	1	59	11	5	75.6	247	3.3			
1976	Julio	13	10	13	26	5	75.6	355	3.2			
1976	Julio	13	6	58	35	5	75.6	160	2.9			
1976	Julio	15	11	12	33	5	75.6		2.9			
1976	Julio	31	15	7	16	5	75.6		2.7			
1976	Agosto	3	2	19	22	4.9	76	123	4.9			
1976	Diciembr	27	7	31	43	5.1	76	90	3.2			
1977	Marzo	16	8	58	42	5.535	75.975	229				
1977	Marzo	26	15	42	41	4.7	75.3	4	3.5			
1977	Junio	3	6	55	17	5	76		3.7			
1977	Septbre.	23	19	50	3	4.6	76		3			
1978	Junio	14	11	47	38	5	76.1		3.5			
1979	Mayo	16	12	43	38	4.7	75.8	164	4.8			
1979	Septbre.	6	3	57	53.6	4.5	75.9	165	5			
1979	Novbre.	23	18	45	22	4.5	76	113	6.4			
1980	Junio	25	12	4	56.9	4.4	75.7	154	5.7	VI		
1981	Julio	30	7	5	1	5.063	76.25	107	4.1			

FECHA		HORAS		EPICENTRO		HIPOCENTRO		MAGNITUD	INTENS.	LOCALIZACION
ANO	MES	DIA	HORA	MIN.	SEG.	LAT (N)	LONG (W)			
1983	Mayo	7	14	2	51	5.315	75.743	141	4.4	
1984	Febrero	22	9	59	47	5.082	75.285	131		
1985	Junio	3	7	6	18	4.91	75.876	135	5	
1985	Junio	3	7	6	18	4.91	75.876	135	5	
1986	Marzo	4	6	32	50	5.22	75.591	33		Sentido en Manizales
1986	Marzo	29	9	48	55	4.59	75.626	158	5	Sentido en Pereira.
1987	Enero	7	17	16	25	4.729	76.285	110	4.5	Sentido en Manizales