

79-29

C Y C

BIBLIOTECA

ESTUDIO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO

DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS

DE LOS RIOS:

PANCE, MELENDEZ, CALI Y AGUACATAL

PARTE I

INFORME

//
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

(C. V. C.)

Departamento Agropecuario- Sección Recursos Naturales

ESTUDIO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DE LAS
CUENCAS HIDROGRAFICAS DE LOS RIOS
PANCE-MELENDEZ-CALI-AGUACATAL.

PARTE I
(Informe)

Bogotá, Mayo 1979

G E M C O L T D A.

Consultores de Geología y Minería

551-8
C 822 e

C O N T E N I D O

Página

RESUMEN.

I.	INTRODUCCION.	1
	I.1 Propósito del Estudio.	1
	I.2 Método de trabajo.	2
	I.3 Estudios Previos.	5
	I.4 Localización y accesibilidad al área.	7
II.	CLIMATOLOGIA.	9
	II.1 Precipitación Pluvial	9
	II.2 Temperaturas.	9
	II.3 Clima y vegetación.	10
III.	GEOMORFOLOGIA.	11
	III.1 Influencia del Clima.	11
	III.2 Intemperismo.	12
	III.3 Formas erosionales.	13
	III.3.1 Provincias Geomorfológicas.	13
	III.3.1.1 Provincia geomorfológica del grupo dolerítico con intercalaciones sedi- mentarias.	15

79680



III.3.1.2	Subprovincia de las doleritas de los Parallones de Cali.	13
III.3.1.3	Provincia geomorfológica de los es- dimentos del grupo del Cauca.	23
III.3.1.4	Provincia geomorfológica de la forma- ción Popayán.	24
III.3.1.5	Formas deposicionales.	25
IV.	GEOLOGIA.	25
IV. 1	Estratigrafía.	25
IV. 1.1	Grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias.	27
IV. 1.2	Grupo del Cauca.	32
IV. 1.3	Rocas ígneas intrusivas (Yto-Tqr).	37
IV.1. 4	Formación Popayán.	39
IV. 1.5	Cono de Panes (Qcp).	40
IV. 1.6	Cono de Meléndez (Qcm).	40
IV. 1.7	Cono de Cali (Qcc).	41
IV. 1.8	Sedimentos aluviales (Qal).	41
IV. 1.9	Sedimentos coluviales (Qc).	41
IV.1.10	Terrazas (Qt).	41
IV.2.	Geología estructural.	42
IV.2.1	Fallas	43

	<u>Página</u>
IV.2.1.1 Falla de Cali.	44
IV.2.1.2 Falla de Pance	44
IV.2.1.3 Falla del Cascarillal.	45
IV.2.1.4 Falla de Dos Quebradas.	45
IV.2.1.5 Falla de Pichindocito.	45
IV.2.1.6 Falla de Pichindó.	45
IV.2.1.7 Falla de Lili.	46
IV.2.1.8 Falla de la Castellana.	46
IV.2.2 Pliegues.	47
IV.2.2.1 Conjunto de Cali o Lili.	47
IV.2.2.2 Conjunto de la Buitrera.	48
V. GEOLOGIA DE INGENIERIA.	51
V.1 Descripción de las zonas homogéneas.	52
V.1.1 A- Zona alta de los farallones.	52
V.1.1.1 Fenómenos de inestabilidad.	53
V.1.2 B- Zona media.	54
V.1.2.1 Fenómenos de inestabilidad.	56
V.1.3 C- Zona baja.	58
V.1.3.1 Fenómenos de inestabilidad.	59
V.1.4 D- Valle propiamente dicho.	62

	<u>Página</u>
VI. YACIMIENTOS MINERALES.	64
VI.1 Depósitos de carbón.	64
VI.2 Minerales de oro.	65
VI.3 Materiales de construcción.	65
VI.4 Arcillas industriales.	65
VII GEOLOGIA HISTORICA.	67
VIII CONCLUSIONES.	69
IX. RECOMENDACIONES.	73

GLOSARIO

RESUMEN INFORMACION DE CAMPO

BIBLIODGRAFIA.



I L U S T R A C I O N E S

(En parte II)

PLANCHAS

- PL. No. 1 : Mapa Geológico a escala 1:25.000
PL. No. 1 : Mapa Geotécnico a escala 1:25.000

ANÁLISIS PETROGRÁFICO

Muestras : ICH 2363, 2364, 2355 A 2370 A, 2372 A,
2372 A, 2373 A, 2374 A, 2375 A.

FIGURAS

- Fig. No. 1: Mapa Indica.
Fig. No. 2: Columna estratigráfica del conjunto de la Buitrera.
Fig. No. 3: Columna estratigráfica del conjunto de la Buitrera.
Fig. No. 4: Columna estratigráfica del conjunto de la Buitrera.
Fig. No. 5: Columna estratigráfica del conjunto de Cali.
Fig. No. 6: Columna estratigráfica del conjunto de Cali o Lili.

FOTOGRAFÍAS (En Parte I)

Fotografía No. 1	18
Fotografía No. 2	19
Fotografía No. 3	18
Fotografía No. 4	18
Fotografía No. 5	18
Fotografía No. 6	18
Fotografía No. 7	15
Fotografía No. 8	17
Fotografía No. 9	19
Fotografía No. 10.	20
Fotografía No. 11.	20
Fotografía No. 12	24
Fotografía No. 13	27
Fotografía No. 14.	28
Fotografía No. 15.	28
Fotografía No. 16	30
Fotografía No. 17	31
Fotografía No. 18	30
Fotografía No. 19	33
Fotografía No. 20	33
Fotografía No. 21	35
Fotografía No. 22	35
Fotografía No. 23	65
Fotografía No. 24	65



Página

Fotografía No. 25	. . . . .	66
Fotografía No. 26	. . . . .	66
Fotografía No. 27	. . . . .	66
Fotografía No. 28	. . . . .	66
Fotografía No. 29	. . . . .	63
Fotografía No. 30	. . . . .	63
Fotografía No. 31	. . . . .	61
Fotografía No. 32	. . . . .	62
Fotografía No. 33	. . . . .	60
Fotografía No. 34	. . . . .	62
Fotografía No. 35	. . . . .	62
Fotografía No. 36	. . . . .	62
Fotografía No. 37	. . . . .	61

R E S U M E N

Nos afloran rocas de edades cretáceas hasta recientes, siendo las más antiguas las del grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias que cubren aproximadamente el 70% del área. El grupo del Cauca de edad terciaria se lo encuentra en el área como restos de una cuenca sedimentaria, fué plagada y erodada quedando como remanentes las rocas que forman los conjuntos litológicos de Cali o Lili, de la Buitrera, Alto del Rosario y de Dos Quebradas. La tonalita de edad terciaria que afecta a las doleritas y la formación Popayán de edad pliopleistoceno que aflora en la zona baja de las cuencas.

Geomorfológicamente se ha dividido el área en tres provincias y una subprovincia geomorfológica, dentro de las cuales se han desarrollado una ó más unidades fisiográficas principales; las provincias son:

Provincia Geomorfológica del grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias.

Subprovincia de las doleritas de los farallones de Cali.

Provincia Geomorfológica del Grupo del Cauca.

Provincia Geomorfológica de la Formación Popo-
yán.

Los principales rasgos tectónicos están afec-
tando a las doleritas y a los sedimentos ter-
ciarios, siendo el principal el sistema de fal-
las de Cali de dirección NE-SW y los pliegues.

Desde el punto de vista geotécnico se han dife-
renciado cuatro zonas, atendiendo a factores
climáticos y geomorfológicos y las condiciones
de estabilidad de ellos derivadas.

Dentro de cada una de estas zonas se han separa-
do, secundariamente, áreas clasificadas en dife-
rentes grados de estabilidad, según la presencia
de problemas de mayor o menor magnitud e inten-
sidad,

En términos generales, y proporcionalmente a la
extensión total de las cuencas, la zona se ha
considerado como naturalmente estable.

Por efecto de la intervención del hombre, a tra-
vés de los trabajos de explotación de canchales y
minas de carbón, existe una zona crítica con in-
tensos fenómenos de erosión y ramociones en ma-
sa que amenazan seriamente la zona urbana, parti-
cularmente al norte del área.



Su cuantificación detallada no ha sido posible, a nivel del presente estudio, haciéndose imperiosa su investigación con el fin de poder determinar las medidas correctivas que deberán ser adoptadas.

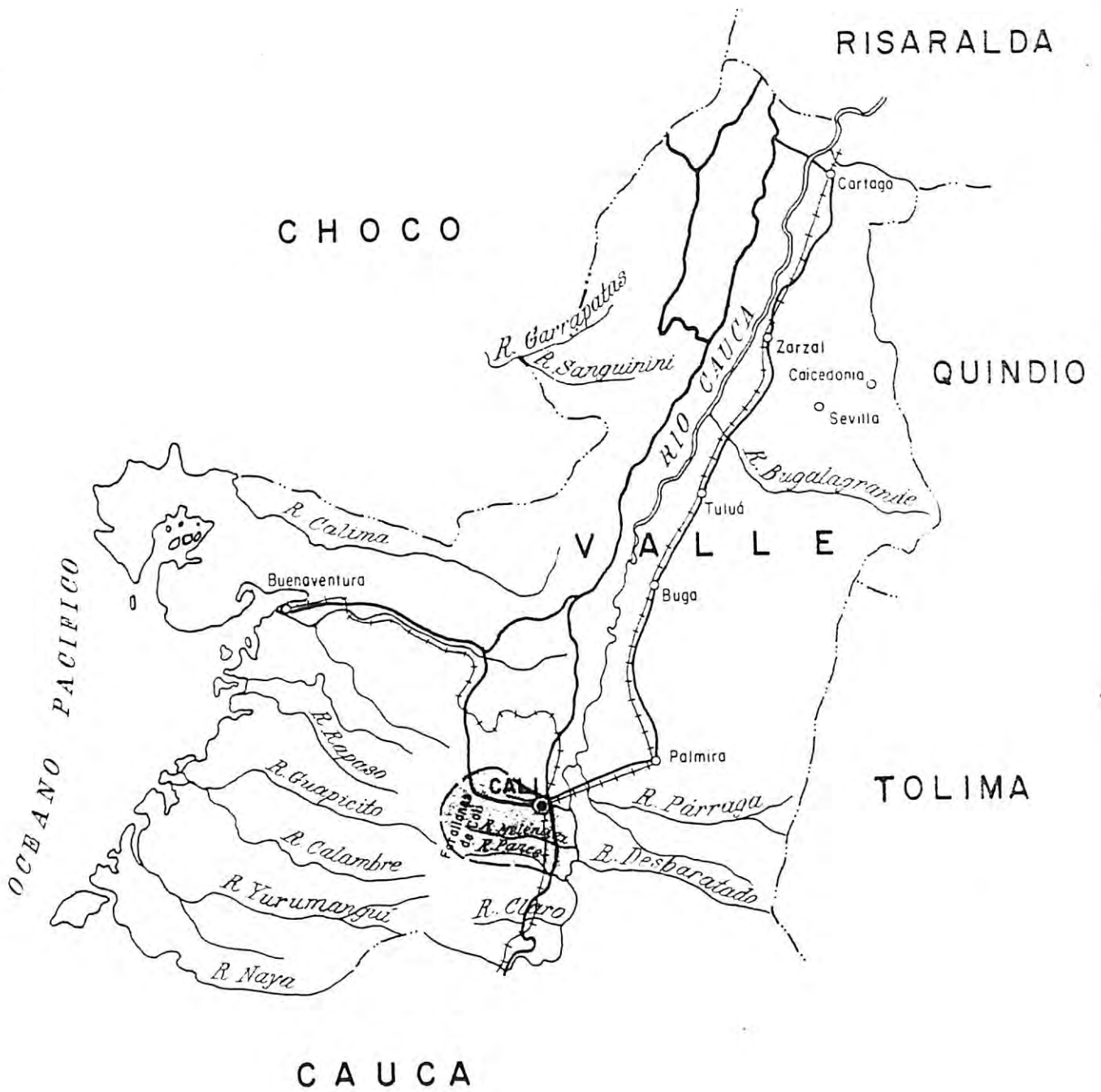
I. INTRODUCCION

La Corporación Autónoma Regional del Cauca (C.V.C.), interesada en hacer la investigación geológica y geomorfológica de las cuencas hidrográficas de los ríos Pance-Meléndez-Cali-Aguacatal, celebró el contrato CVC No.1490 con la Compañía Consultores de Geología y Minería Ltda. (GEMCO Ltda.).

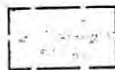
I. 1 Propósito del Estudio.

El propósito de la presente investigación geológica geomorfológica, ha sido el de dotar a la Corporación Autónoma Regional del Cauca (C.V.C.) de un estudio técnico indispensable dentro del conjunto de investigaciones básicas, para elaborar el plan de manejo y aprovechamiento de las cuencas hidrográficas de los ríos Pance-Meléndez-Cali-Aguacatal. Este estudio cubre un área de 22.400 hectáreas comprendidas por las citadas cuencas, situadas sobre el flanco oriental de la cordillera Occidental en el departamento del Valle del Cauca (Ver Fig. No. 1).

En esta investigación se ha dado especial énfasis a los aspectos litológicos y geomorfológicos, de importancia fundamental para los estudios edafológicos y básicos necesarios en el control de la erosión y de los problemas de geología de ingeniería.



AREA ESTUDIADA



MAPA INDICE

ESCALA 1:1'500 000

FIG. 1

I.2 Métodos de Trabajo.

De acuerdo a la metodología sugerida por Gemco Ltda. y aceptada por la C.V.C., el trabajo se dividió en etapas sucesivas de tal manera que siguiendo un orden lógico, permitiera la iniciación de las investigaciones cada vez que se completaba la anterior.

Una vez recopilada y analizada la información geológica existente, se hizo el reconocimiento preliminar del área con el cual se determinaron los aspectos que debían ser complementados e implementados de acuerdo al nivel de detalle exigido por los objetivos propuestos.

Paralelamente con la primera interpretación fotogeológica se inició la preparación de la base cartográfica utilizándose las planchas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi a escala 1:25.000 para proyectar la información obtenida en la primera interpretación de las fotografías aéreas. También se elaboró el mapa planimétrico del área comprendida entre las cotas 2.200 y 3.800 mts. de altura, correspondiente a la zona de los farallones de Cali.

En esta primera fotointerpretación se tuvo en cuenta dos criterios definidos. En primer término el estrictamente geológico-geomorfológico, donde se definieron las unidades litológicas, sus relaciones y los rasgos tectónicos que las afectan así como también las provincias morfogenéticas a las cuales dan origen. En segundo lugar el ingeniero-geológico, encaminado a determinar las zonas de

inestabilidad antiguas y actuales, mediante la asociación del tipo de litología y el aspecto morfológico y las zonas que podrían ofrecer condiciones potenciales de inestabilidad.

En lo referente a ubicación de presas y piscifactorías, preliminarmente se tuvieron como factores determinantes la menor dimensión de la obra y la capacidad de embalse. También se consideró la condición de estabilidad, a nivel de aspecto superficial de las rocas que quedarían bajo la influencia de las aguas embalsadas.

Todos los datos obtenidos a través de esta primera interpretación fotogeológica fueron proyectados sobre las bases planimétricas a escala 1:25.000 obteniéndose el Mapa Fotogeológico, básico para el trabajo de cuantificación y verificación de campo.

Al igual que las actividades descritas anteriormente, la verificación de campo comprendió los aspectos geológicos geomorfológicos y de ingeniería de geología, adicionado de la parte correspondiente a la prospección de yacimientos minerales de la zona de estudio.

En lo concerniente a la investigación geológica, ésta se desarrolló en cuanto a la estratigrafía, definiéndose los aspectos litológicos y crono-estratigráficos, por una parte y por otra la tectónica, comprobándose, mediante la búsqueda de evidencias en el terreno de los rasgos estructurales (especialmente de fallas y fracturas) detectadas en el análisis fotogeológico y en el campo.



Se comprobaron los contactos litológicos, levantándose columnas estratigráficas que nos permitieran una correlación de los conjuntos litológicos cronológicamente, identificándose las relaciones estructurales y los ambientes deposicionales.

Paralelamente se colectaron muestras de rocas de los sitios problema que permitieran un estudio petrográfico de importancia para definir aspectos relacionados con el origen y su relación con las otras rocas.

En el aspecto geomorfológico, después de analizarse los factores que desarrolla en los procesos, se definieron provincias morfogenéticas, teniendo en cuenta los parámetros más importantes que las originaran tales como litología, tectónica e influencia de los agentes de intemperización, tanto mecánicos como químicos. También se analizó la relación roca-suelo.

Los aspectos ingeniero-geológicos comprendieron análisis cualitativo-cuantitativo de los fenómenos observados, investigándose sus causas y factores contribuyentes.

Se obtuvieron datos representativos de resistencia al corte empleándose un "torvano" al cual se aplicó en diferentes direcciones teniendo en cuenta las discontinuidades geológicas provenientes de la estratificación y sistemas de diaclasas. En los sitios donde se observaron fenómenos de inestabilidad, se hizo una apreciación de las medidas correctivas más eficaces, llegándose en algunos casos a hacerse un predimensionamiento de las obras, sin llegar a un estimativo volumétrico.

De las posibles fuentes de material, se localizaron las que ofrecen mayores posibilidades en cantidad y calidad. En cuanto a sitios para pequeñas presas y estanques para piscifactorías se llegó a nivel preliminar de estimación de condiciones de estabilidad considerando las características geotécnicas generales de las rocas para efecto de fundaciones y el comportamiento de los suelos residuales que se verían afectados por las aguas embalsadas. Se observó la sedimentación de las corrientes, relacionadas con la facilidad de lixiviación de los materiales de los valles.

I.3 Estudios Previos

Existen informes de estudios geológicos de la Cordillera Occidental, de los cuales algunos han considerado parcialmente el área estudiada.

Uno de los primeros trabajos que se conocen de la cordillera Occidental es el de Stutzer, O. (1.925) quien publica el primer mapa geológico en base a las observaciones hechas en los cortes de la vía férrea entre Cali y Buenaventura, Hubach, E. (1.926) le adicionó a este primer mapa la tectónica. Posteriormente en 1.934 Hubach, E. y Alvarado, B. hacen el primer estudio geológico detallado en el cual definen la nomenclatura estratigráfica para los sedimentos terciarios del Valle y Cauca, en este estudio se le dá gran importancia a los yacimientos de Carbón.

En 1.950 Gaesser publica un mapa geológico de la Cordillera Occidental a escala 1:5.000.000. El primer mapa fotogeológico que se conoce de la Cordillera Occidental entre Cali y Popayán fué elaborado por Raeveldt, H.E. y Keizer, J. (1.953). En 1.954 Keizer, J. hizo la verificación del área comprendida entre las poblaciones de Jamundí y San Antonio (Valle). Nelson, H.W. (1.955) publicó un estudio petrológico de las formaciones más antiguas que afloran en el trayecto Cali-Buenaventura. La misión belga dirigida por Cobmann, A. y otros (1.955) estudiaron los depósitos de carbón en el área del Valle del Cauca.

En 1.963 Cucalón, H.I. publica la Geología del Valle Alto del Río Cauca, utilizado por C.V.C. como base geológica para el estudio hidrogeológico del Valle del río Cauca entre Santander de Quilichao y el río Sonso (Inf. C.V.C. No. 71-4).

Gemco Ltda. en 1.975 hace el estudio Geológico-Geomorfológico de las cuencas de los ríos Timba, Jamundí y Claro para la C.V.C. El presente trabajo es continuación de dicho estudio. En 1.975 Gemco Ltda. hace para la Gobernación del Valle el estudio Geológico-Económico, para la explotación de los depósitos de bauxita en los municipios de San Antonio-La Cumbre (Valle). Ingegminas ha hecho varias investigaciones sobre metales básicos.

En 1.978 el departamento de Ciencias de la Tierra - (Medellín) hace la publicación de Geología No. 11 sobre determinación de edad K/Ar del Stock de Suárez (Cauca) y en 1.979, Geología No. 19 sobre edad K/Ar en hornblendas de plutones tonalíticos de la Cordillera Occidental. De la zona plana hay varios estudios publicados por Diezmann, W. (1.951) y C.V.C. (1.971 y 1.975).

I.4 Localización y Accesibilidad del Área.

El área estudiada se encuentra localizada al occidente de la ciudad de Cali, sobre la estribación oriental de la Cordillera Occidental (Ver Fig. No. 1). Está delimitada : al occidente por los farallones de Cali que forman los cerros más altos de la cordillera Occidental en el departamento del Valle y la divisoria de aguas entre la vertiente occidental y la oriental de la cordillera; al oriente por la llanura de inundación del río Cauca; al norte por la divisoria de aguas entre los ríos Aguacatal y Menga y al sur por la divisoria de aguas entre los ríos Panca y Jamundí.

La cuenca se la ha dividido en tres zonas, siendo la zona alta la comprendida entre las cotas 2.200 y 3.900 mts., la zona media comprendida entre las cotas 2.200 y 1.400 mts. y la zona baja entre las cotas 1.400 y 1.000 mts.

Existen varias carreteras que atraviezan el área de Este a Oeste las cuales, partiendo desde Cali, se comunican con los caseríos de Pance, la Buitrera, Villa Carmela, Pichindé, Peñas Blancas, La Elvira y Felidia principalmente.

Las cabeceras de las cuencas está comunicadas con estas poblaciones por trochas y caminos de herradura, los cuales actualmente son transitados casi exclusivamente por el personal de C.V.C.



II. CLIMATOLOGIA

II. 1 Precipitación Pluvial.

La marcada diferencia de altitud, la cual fluctúa entre 3.900 mts. en la zona alta de la cuenca (Farallones de Cali) y 1.000 mts. en la zona baja donde la conformación geomorfológica es la de un valle ancho limitado por las cordilleras central y occidental son factores que fijan las características del clima de la cuenca. La combinación de estos factores da lugar a una distribución espacial de la precipitación que se puede describir como muy abundante al pasar de los 2.000 mm al año en la zona alta de la cuenca. En términos generales se puede decir que la precipitación disminuye hacia el valle del río Cauca donde hoy \pm 2.000 mm para la zona media y \pm 1.300 mm para la zona baja.

Los meses de máxima precipitación son los de Octubre, Noviembre, Abril y Mayo, siendo la zona alta de la cuenca la más afectada con lluvias y lleviznas muy frecuentes, en buena parte del año.

II.2 Temperaturas.

La temperatura media anual es diferente para las distintas zonas en que se ha dividido la cuenca, con variaciones entre 25° C y 30° C en la zona baja, de 12° C a 20° C en la zona media y de 30° C a 10° C en

la zona alta. Los meses de Junio, Julio, Agosto y parte de Septiembre son los que más altos porcentajes de sol tienen y los más secos y en los que también se presentan cambios fuertes de temperatura.

II.3 Clima y Vegetación.

La ubicación de la cuenca en la estribación de la Cordillera Occidental, con los farallones de Cali como divisoria de aguas entre la vertiente en la cual tiene marcada influencia el valle del río Cauca fijan las características del clima para las diferentes zonas de la cuenca del río Cauca. La nubosidad durante todo el año es alta especialmente en la zona alta área de los farallones de Cali (Ver fotografía No 1) con disminución durante los meses de Julio y Agosto, que corresponden también a la época de los vientos.

Tanto para la zona baja como la media de la cuenca el clima se puede clasificar como tropical monzón húmedo, de acuerdo a la clasificación de Koeppe, C.E. y De Long.

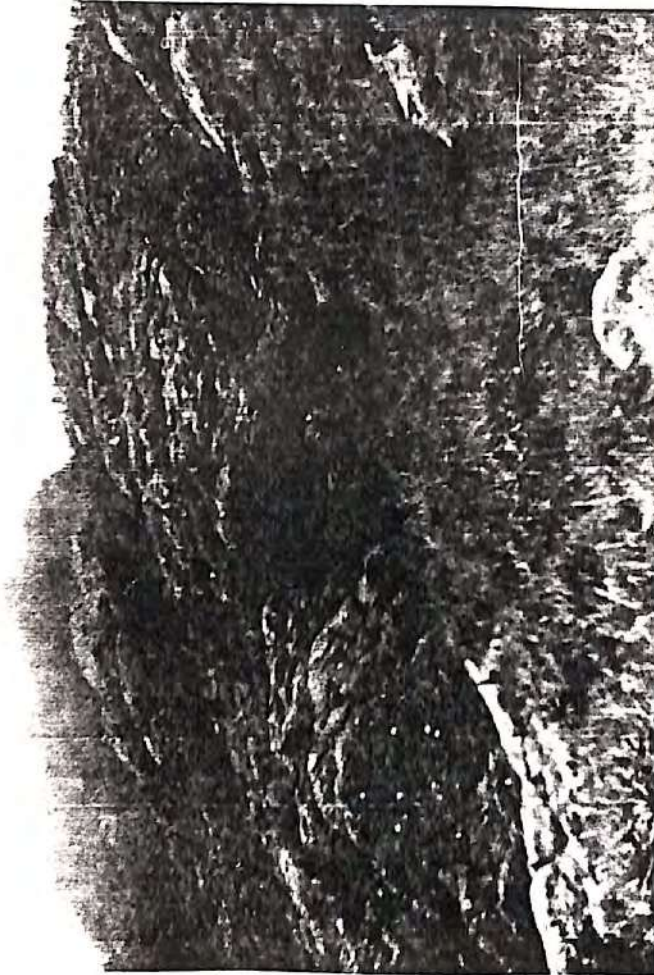
Referente a la vegetación, se empleará la clasificación de Holdridge utilizado en el Mapa Ecológico de Colombia. Así la zona baja de la cuenca se la pueda clasificar como "Bosque Seco Subtropical", la zona media como "Bosque Húmedo Subtropical" y la zona alta "Bosque muy Húmedo Montano Bajo" y "Bosque Pluvial Montano" en toda la parte alta de los farallones. (Ver fotografías No. 2-3-4-5 y 6).



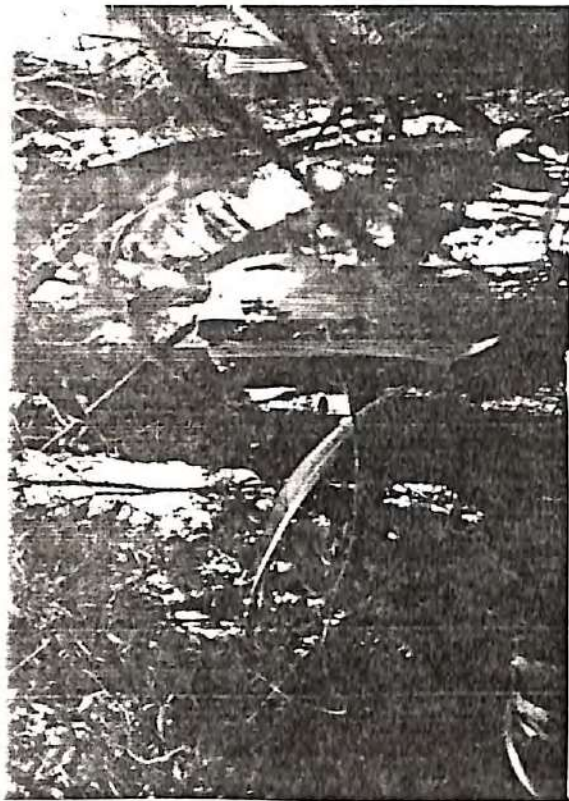
Fotografía No. 1: Húmedad casi permanente en los
farallones de Cali.



Fotografía No. 2: Bosque húmedo subtropical de la zona
media de las cuencas, área del parque
forestal el Topacio (Panca).



Fotografía No. 3: Bosque fluvial montano, en la parte
alta de los farallones de Calli,



Fotografía No. 4: Tipo de vegetación en las estribaciones de los farallones.



Fotografía No. 5: Tipo de arbustos al pie de los
ferraliones de Cali.



Fotografía No. 6: Vegetación al pie de los farallones
de Calli.

III. G E O M O R F O L O G I A

Es el estudio que trata directamente con la evolución de las formas de la tierra, especialmente de las geoformas que son el resultado del efecto directo de los procesos de erosión en las diferentes clases de rocas. Así, las geoformas erosionales son el efecto directo de la erosión de las rocas y las geoformas deposicionales el resultado de la acumulación de los sedimentos provenientes de la erosión de ellas, por efectos de los factores climatológicos.

En este estudio trataremos ampliamente los paisajes formados por las geoformas erosionales, por ser las que predominan en el área y tener gran importancia para los objetivos del presente trabajo.

Al estudiar la evolución de las geoformas se hizo la reconstrucción de la sucesión de paisajes y de relieves de diferentes períodos. Se estudiaron detenidamente los factores y procesos que han formado parte activa en la formación de los paisajes y de las provincias geomorfológicas, por ser fundamentales para poder aplicar los principios básicos en el manejo de las cuencas hidrográficas.

III.1 Influencia del Clima.

Los factores climatológicos que ayudan a la intemperización de las rocas y a la formación de los diferentes paisajes, relieves y suelos son: la lluvia, la temperatura, la humedad y la vegetación. Si existen

cambios bruscos de temperatura, ya sean rápidos y elevados, pueden provocar un intemperismo de tipo mecánico, el cual ha predominado en el área.

III.2 Intemperismo.

El estudio de los procesos que dan como resultado un paisaje y los factores que controlan estos procesos, tales como el agua, el suelo, la vegetación, los cambios bruscos de temperatura y la actividad de los seres vivos ayudan a clasificar la cuenca en provincias geomorfológicas.

Para los objetivos de este estudio se ha diferenciado los procesos que tienden a destruir las rocas. El intemperismo, (el cual se lo define como los cambios que tienen lugar en los minerales y rocas, ya sean en la superficie de la tierra o cerca de ella, por efectos de la atmósfera, del agua, de las plantas y de la vida animal) da como resultado las formas de destrucción o erosionales. Las formas deposicionales o de construcción (aluviones, coluvios, conos aluviales etc.) son el fenómeno contrario.

El intemperismo deja sus huellas por doquier, desempeñando un papel muy importante en el ciclo de las rocas, pues al atacarla forma el material superficial de la corteza terrestre que posteriormente servirá para la formación de nuevas rocas. Los productos del intemperismo son transportados por el agua, por la influencia de la gravedad y raras veces por el viento y el hielo.

Existen dos tipos generales de intemperismo, el químico y el mecánico los cuales, en la naturaleza, son muy difíciles de separar por estar tan ligados.

III.3 Formas erosionales.

Como resultado de los procesos de erosión, en el área estudiada se han formado diferentes tipos de paisajes con geomorfos características, los cuales varían de acuerdo a la clase de roca que ha sido afectada. Estos paisajes también tienen mucha relación con las estructuras geológicas, el clima, la vegetación y los cambios ambientales, lo cual ha permitido hacer una clasificación en varias provincias geomorfológicas.

III.3.1 Provincias Geomorfológicas.

Teniendo en cuenta los factores anteriores, se ha diferenciado la provincia geomorfológica del grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias, la provincia geomorfológica del grupo del Cauca, la provincia geomorfológica de la formación Popayán y la subprovincia geomorfológica de las doleritas de los farallones de Cali.

III.3.1.1 Provincia Geomorfológica del Grupo Dolerítico con Intercalaciones Sedimentarias.

Esta provincia ocupa la mayor parte de las áreas de las cuencas hidrográficas de los ríos Panca-Maléndez-Cali-Aguacatal. Se extiende desde la zo-

na media de la cuenca, hacia el occidente, hasta la zona alta de ella cerca a los farallones de Cali. Las rocas en general se presentan muy fracturadas y falladas; existe en esta zona una intensa meteorización con formación de suelos. Las intercalaciones sedimentarias están constituidas por chert de espesores delgados y poca continuidad que no tiene ninguna influencia en la morfología de la provincia.

a) Morfología.

Esta provincia geomorfológica tiene una unidad fisiográfica que la caracteriza y es la montaña.

a.1 Montaña.- En el grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias se ha desarrollado muy bien esta unidad fisiográfica, que comprende cimas y laderas con pendientes muy fuertes cubiertas de vegetación. En las cimas o cerros se ha desarrollado un relieve muy bisectado con drenaje de tipo dendrítico con corrientes insecuentes y otro angular a paralelo en donde la clase de corrientes está controlado por fracturas y fallas que afectan intensamente al grupo dolerítico en esta área. Los cauces de las corrientes son muy estrechos y tienen formas de V. Hacia la zona media de las cuencas el relieve es de cerros semiredondeados con pendientes menos abruptas que la zo-

na alta donde se ha desarrollado un drenaje dendrítico a subparalelo con corrientes controladas por las fracturas y fallas. Estas corrientes tienen cauces más amplios y menos pendientes dando lugar a la formación de los aluviones. (Ver fotografía No.?)

a.2 Intemperización. - El proceso de intemperización que ha sufrido las doleritas es el químico, llamado algunas veces descomposición o meteorización donde el material original se transforma en algo diferente. Así tenemos que en las doleritas las plagioclasas son los primeros minerales que se descomponen; estos silicoaluminatos de Na y Ca reaccionan con el bióxido de carbono y el agua puesto que el bióxido de carbono es extremadamente soluble en agua y al mezclarse con las aguas lluvias y con la del suelo, forman el llamado ácido carbónico que al entrar en contacto con las plagioclasas dan como resultado la formación de minerales arcillosos de sílica soluble y de carbonatos de sodio y calcio muy solubles los cuales son fácilmente transportados por el agua que los deposita en forma de calcita, ya sea en costras o rellenando fisuras. Del mismo modo los piroxenos (silicatos de Al, Ca, Mg y Fe) presentes en las doleritas, al ser atacados por el ácido carbónico, forman minerales arci-



Fotografía No. 7: Morfología de cerros con pendientes fuertes provincia geomorfológica del grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias.

llosos de silicatos de aluminio hidratado, sílice soluble y hierro el cual puede ser incorporado dentro de las arcillas formando principalmente los óxidos de hierro hematita y limolita; en el lenguaje ordinario la limolita recibe el nombre de "herrumbre u orin". A los óxidos de hierro se les deben los colores rojos a amarillentos que caracteriza los suelos que se han formado en el área.

En general los compuestos de Ca y Mg en forma de carbonatos y sulfatos solubles, lo mismo que parte del magnesio y la sílice soluble se quedan como residuos formando parte de los componentes de las arcillas que se forman, las cuales tienen espesores hasta de 5 mts. También se forman zonas de arcillas caoliníticas blancas, especialmente en las zonas bauxíticas (San Antonio y La Cumbre). Los otros minerales que se encuentran en las doleritas como la clorita, por estar en proporciones tan pequeñas es insignificante en los suelos.

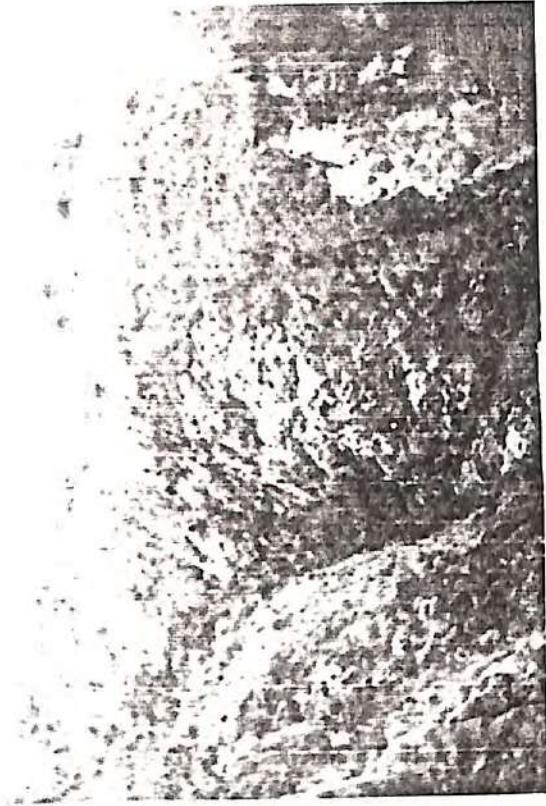
Cuando las doleritas son atacadas por el intemperismo mecánico, se rompen en fragmentos más y más pequeños como resultado de la energía desarrollada por las fuerzas físicas, como por ejemplo los cambios de temperatura cuando

son suficientemente rápidos y elevados. Este proceso de intemperización mecánica origina en las doleritas cantos redondeados o intemperizados esferoidalmente y cantos semiesferoidales que son frecuentes en la zona baja de la cuenca, donde se los llama roca muerta y son explotados como material de relleno.

a.3 Régimen de Lluvias.- En esta provincia geomorfológica, que se caracteriza por tener pendientes abruptas especialmente hacia la zona alta de las cuencas, el régimen es superficial; en la parte media de la cuenca, donde las pendientes son más suaves, se observa un régimen subsuperficial, dando origen a un intemperismo más intenso.

a.4 Clases de Erosión.- Los procesos erosivos de las cuencas están relacionados con la conservación de la capa vegetal, la tala de bosques, las prácticas agropecuarias y la construcción de obras de ingeniería.

En la zona alta de las cuencas se observa muy bien la cobertura vegetal de bosques. La acción de la erosión por escurrimiento difuso se presenta por efecto del peso de la vegetación. El fenómeno es poco frecuente, por lo cual se lo puede considerar despreciable como agente erosivo. (Ver fotografía No. 3).



Fotografía No. 8: Fenómeno de erosión por escurrimiento difuso, en las estribaciones de los farallones de Cali.

En la zona intermedia de la cuenca, donde ha habido desmonte creándose áreas con cultivos permanentes o semipermanentes que producen zonas sin cubierta vegetal, el fenómeno más común es el de erosión laminar; también se presentan fenómenos de remoción en masas tales como deslizamientos y derrumbes.

La zona baja de la cuenca es la zona de más problemas, especialmente por causa de la explotación de los carbonatos y por la intensa tala y sobrepastoreo. La erosión es fuerte formándose zanjones y surcos de erosión, especialmente en el piedemonte. El paisaje es semiárido. Tal es el caso de las estribaciones del cerro de las Tres Cruces y los cerros hacia el sur. Se debe dar a estas zonas un tratamiento especial, no sólo por el paisaje semiárido que presentan con vista a Cali, sino por los problemas de geología e ingeniería que se observan. (Las áreas críticas se describen en el capítulo de geotecnia).

III.3.1.2 Subprovincia de las Doleritas de los Farallones de Cali.

Forman el tope de la zona alta de las cuencas o sea la divisoria de aguas entre la vertiente oriental y occidental y el límite occidental de la cordillera

Occidental y el límite occidental de las cuencas. Esta compuesta por doleritas las cuales se encuentran muy fracturadas y falladas.

a) Morfología. - Se presentan los farallones como una unidad fisiográfica de montañas abruptas, debido a las condiciones especiales del micro-clima.

a.1 Montaña. - Esta unidad fisiográfica se presenta con un relieve de cerros cortados abruptamente con pendientes verticales que forman acantilados (ver fotografía No. 9). El drenaje es rectangular o paralelo con corrientes controladas por el sistema de fracturas y fallas, las cuales tienen direcciones en todos los sentidos. Hay carencia casi total de vegetación en la parte más alta y una vegetación espesa y poco alta hacia el límite con la provincia geomorfológica del grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias. Las corrientes que fluyen hacia el oriente son las que forman los nacimientos de los ríos Pance-Meléndez y Cali; presentan cauces en V y rectangulares controlados por las fracturas.

b) Intemperización. - En los farallones de Cali, que tienen una altura, en el cerro más alto, de 2,950 mts., las rocas han sido afectadas por el inten-



fotografía No. 5: Morfología de montañas abruptas en
la subprovincia geomorfológica de
los farallones de Cali.

perismo mecánico primordialmente. Las temperaturas bajas producen congelación del agua que queda en las grietas. Al aumentar su volumen se desarrollan presiones dirigidas hacia afuera desde las paredes interiores de la roca, las cuales son lo suficientemente fuertes para desprender fragmentos de la misma. Estas por efecto del intemperismo mecánico se van destruyendo por separación de costras y fragmentos sin producirse la descomposición de los minerales, debido a las condiciones climatológicas especiales que no permiten la formación de suelos. (Ver fotografía No. 10).

- c) Régimen de lluvias.- Los farallones tienen un régimen de lluvias de páramo afectadas por muchos vientos, las cuales atacan a las rocas superficialmente.
- d) Erosión.- La erosión presente en el área es mínima, así que los aportes suministrados a los lechos de las corrientes son muy escasos. Por lo general provienen de cantos que se desprenden y que por efecto de la gravedad ruedan desprendiendo partículas de rocas. (Ver fotografía No.11)

III.3.1.3 Provincia Geomorfológica de los Sedimentos del Grupo del Cauca.

Ocupa esta provincia pequeñas áreas en la zona baja de la cuenca estudiada. El área más grande, que es-



Fotografía No. 10: Intemperización de las doleritas
en la subprovincia de los faral-
lones de Cali.



Fotografía No. 11: Zonas de erosión en la subprovincia
de los farallones de Cali.

ta formada por los cerros formados al pie del valle del río Cauca, tiene una forma alargada y angosta que atraviesa las cuencas de norte a sur; hacia el occidente hay tres franjas más pequeñas de formas alargadas, angostas y de poca extensión que son los remanentes de los sedimentos terciarios depositados antes de la orogénesis.

a) Morfología. - En esta provincia geomorfológica se han desarrollado como unidades fisiográficas montañas, márgenes de valles y valles intramontanos.

a.1 Montañas. - Comprende el relieve de cerros semiredondeados de laderas con pendientes fuertes, los cuales forman las cadenas localizadas en la zona baja de las cuencas y los pequeños cerros aislados con pendientes fuertes y relieve de formas alargadas y angostas limitado por fallas, enclavadas en la zona media de las cuencas.

El drenaje de estas montañas es de tipo dendrítico a subparalelo, cuyas corrientes están controladas por la estratificación y algunas por fallas y fracturas.

a.2 Márgenes de Valles. - Esta unidad fisiográfica se ha desarrollado en la zona baja de las cuencas, ocupando un área entre la superficie del valle o zona de inundación del río Cauca y los cerros adyacentes formados por

los sedimentos terciarios del grupo del Cauca; esta unidad esta compuesta tambien por los conos aluviales de los rios Pance-Maléndez y Cali.-

- a.3 Valles Intramontanos.- Se han formado a lo largo de los cauces de los rios Pance-Maléndez y Cali extendiéndose desde la zona plana hacia las cabeceras. Dentro de estos valles intramontanos las partes superiores de los conos ocupan estrechas zonas como el caso de los conos aluviales de los rios Pance y Maléndez. Tambien se han formado en estos valles intramontanos terrazas las cuales se orientan paralelas a los cauces de estos rios.

- b) Intemperización.- Las rocas sedimentarias que constituyen el grupo del Cauca constan de areniscas de diferentes tamaños de grano, arcillas y vetas de carbón, principalmente.

Los minerales que componen las rocas sedimentarias vuelven a ser atacados por el intemperismo químico y mecánico y se van degradando dando origen a sílice soluble, óxidos de hierro y compuestos cálcicos, los cuales son lavados por el agua dejando residuos que vienen a formar los suelos presentes en esta provincia, los cuales son transportados por el agua y efectos de la

gravidad. Los suelos que se forman son de poco espesor y están compuestos por minerales arcillosos, óxidos de hierro hidratado y sílice en partículas pequeñas.

- c) Régimen de lluvias.- En la zona baja de las cuencas donde nos aflora el conjunto litológico de Cali, donde tenemos una precipitación baja, en una morfología de cerros con pendientes fuertes, las lluvias atacan a los suelos muy superficialmente.

En la zona media de las cuencas donde nos afloran los otros conjuntos litológicos del grupo del Cauca, el régimen de lluvias es abundante, afectan al suelo subsuperficialmente, especialmente en las zonas meteorizadas.

- d) Clases de erosión.- Los cerros formados por estos sedimentos se caracterizan por tener formas alargadas formando cerros con pendientes fuertes; el laboreo de las minas de carbón, el desmonte y las prácticas agropecuarias han acelerado los fenómenos de erosión, generalizándose el escurrimiento intenso (erosión laminar) y la formación de zanjones y cárcavas. En muchas áreas, en el piedemonte, donde la pendiente es fuerte, se presenta remoción en masa.

Las zonas problemáticas están principalmente relacionadas con el laboreo de las minas de carbón, las cuales se tratarán más a fondo en el capítulo

la de Geología de Ingeniería. (Ver Fotografía No. 12)

III.3.1.4 Provincia Geomorfológica de la Formación Popayán. *70000000*

Aflora ocupando una pequeña área en la zona baja de las cuencas. Presenta una litología característica que ha desarrollado una morfología típica. - Consiste de conglomerados con intercalaciones de arcillas estigmatadas. En estas rocas sueltas predomina un patrón de drenaje que es radial o paralelo que desarrolla un relieve muy bisectado por corrientes con cauces profundos.

a) Morfología. - En esta secuencia de sedimentos se nos ha desarrollado la unidad fisiográfica de márgenes de valles.

a.1 Márgenes de Valle. - Esta unidad se ha formado sobre la superficie marginal del valle, en los sedimentos terciarios, y está localizada en la salida del río Pance y Meléndez de los valles intermontanos a la zona plana del valle del río Cauca. El relieve está muy bisectado por corrientes de cauces profundos, separados por pequeños montículos de formas alargadas.

b) Intemperización. - Esta formación, por estar en un área donde el efecto del clima y la acción de los seres vivos ha sido tan intensa, ha favorecido la acción del intemperismo químico, desco-



Fotografía No. 12: Zonas de erosión producida por el laboreo en las minas de carbón.

poniendo los cantos de los aglomerados y las arcillas que constituyen la formación originándose, por la acción del agua, minerales arcillosos, sílice soluble y óxidos de hierro, los cuales, al ser transportados por el agua, dejan residuos que forman suelos de color rojo a amarillento.

- c) Régimen de lluvias.- La formación se encuentra aflorando en la zona baja de las cuencas donde la precipitación es baja; se presenta con laderas de pendiente muy suave, lo que ha permitido que el régimen de lluvias ataque a los suelos subsuperficiales.
- d) Clases de erosión.- El desmonte ha acelerado los efectos del intemperismo en los aglomerados, siendo muy común la erosión laminar por la acción de las aguas superficiales. También se observaron fenómenos de remoción de masas.

III.3.1.5 Formas Depositionales.

El paisaje de las formas deposicionales observadas en el área está conformado por los conos aluviales, las terrazas, los sedimentos aluviales y los sedimentos coluviales, siendo la forma deposicional más interesante la formada por la interdigitación de los conos aluviales de los ríos Pance, Meléndez y Cali, los cuales han desarrollado una planicie o llanura aluvial entre el quiebre de pendiente de la unidad fisiográfica "sárgen de valle" y la llanura de inundación del río Cauca.

IV. GEOLOGIA

Las rocas que afloran en el área de las cuencas, las cuales han sido afectadas por la orogénesis terciaria, se han clasificado cronológicamente en las siguientes secuencias estratigráficas, de las más antiguas a las más recientes: grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias (denominado así por I. Cuscalón (1967)), Grupo del Cauca (denominado así por E. Hubach (1954)), rocas ígneas intrusivas de composición intermedia, Formación Popayán y los sedimentos aluviales y coluviales recientes.

IV.1 Estratigrafía.

Las rocas más antiguas que afloran en el área de estudio son las del grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias de edad que va desde el cretáceo medio hasta el cretáceo superior. Este grupo ocupa las zonas alta, media y parte de la zona baja de las cuencas. Afloran los conjuntos de sedimentos de edad terciaria que constituyen el grupo del Cauca, los cuales ocupan pequeñas áreas en las cuencas. Las rocas ígneas intrusivas de edad terciaria, la formación Popayán de edad plio-plistocena y los sedimentos aluviales y coluviales de edad reciente. A continuación trataremos las características litológicas y las relaciones estratigráficas de cada uno de estos grupos de rocas.

ROCAS CRETACEASIV.1.1 Grupo Dolerítico con Intercalaciones Sedimentarias.

Para este estudio hemos seguido utilizando la nomenclatura utilizada por I. Bucalón (1969 Inf. 1544 S.C. N.). Las doleritas cubren la mayor parte del área estudiada desde el borde más oriental de las cuencas hasta los Parallones de Cali. Son rocas originadas en magmas gabroides que al salir a la superficie en forma de derrames lávicos submarinos se enfriaron rápidamente; en algunos sitios se observan las formas alchadilladas de las doleritas típicas de los derrames de lavas; la presencia de intercalaciones sedimentarias, que en el área estudiada son capas de chert, están indicando que las efusiones submarinas no eran continuas, lo que han permitido la deposición de los sedimentos en períodos muy cortos.

Las doleritas se presentan en el área en diferentes estados de meteorización y variaciones en la composición y textura.

Las doleritas frescas afloran al norte del área estudiada, en la zona baja de las cuencas de los ríos Candiá, en la zona baja de las cuencas de los ríos Candiá (cerca el bosque municipal de Cali) (ver fotografía No.13) y Aguacatal (quebrada El Checho), donde actualmente hay varias canteras en explotación.

Por la carretera al mar hasta el kilómetro 15, donde se observó que la parte superficial de las doleritas las cuales están muy fracturadas y disclasadas, ha si-



Fotografía No. 13: Las doleritas cerca a la ciudad de Cali,
al frente el cauce del río Cali, a la
izquierda el barrio Terrón Colorado.



Fotografía No. 14: Exfoliación esférica de las doleritas producida por el intemperismo mecánico.



Fotografía No. 15: Sistema de diaclasas y fracturamiento en las doleritas.

do atacada por un intemperismo de tipo mecánico; la roca tiene color café por los óxidos de hierro y las principales minerales que la constituyen han empezado a intemperizarse. En ese estado no se presenta la formación de suelos; solo se observa la exfoliación esférica (ver fotografía No. 14), el espesor de esta zona meteorizada varía entre 1 y 2 mts. Infrayaciendo a lo anterior se encuentra la dolerita fresca, color gris azulado con textura afanítica a ofítica, muy masiva, con venas de cuarzo y calcita hasta de 1 cm., muy fracturada con direcciones de las diaclasas de N 30°E 58°W, N 30°W, 45°W, N 20°E, 60°W N 25°E 45°E, (ver fotografía No. 15). Al microscopio se presenta como una roca microcristalina subofítica compuesta de plagioclasa, en forma de microlitas de composición andesina-labradorita los cuales forman al 60% de la roca; los piroxenos el 30% y el 10% de minerales como clorita como producto de alteración; olivino, magnetita, calcita rellenando fisuras y cuarzo en forma de calcedonia rellenando fisuras.

Se encontraron algunos diques de gabros anfibólicos-piroxénicos dentro de las doleritas; cerca al cañón de Panca; son de color verde oscuro con textura fanerítica, compactas, las fracturas con direcciones de N 70 W 35°W; N 75 E 38°E, la roca está cubierta por una pátina de óxido de hierro. La muestra ICH 2373A estación K 27 al microscopio: se observa un alto contenido de anfíbol tipo hornblenda; la plagioclasa (labradorita) presenta frecuente manclamiento polisintéticos; el piroxeno es de tipo augita; los minerales

espaces con magnetita y el apatito se encuentra en cristales grandes de alta temperatura (ver informe petrográfico).

También se han observado diques de gabros anfibólicos-piroxénicos al este del caserío de Panca por el río Pata donde la roca es de color verde oscuro, con textura efanítica, en la muestra ICH 2372 A estación K 17 al microscopio: se observa plagioclasas con intercrecimientos que pueden ser de faldespato alcalino, hay anfíbol y piroxenos (ver informe petrográfico).

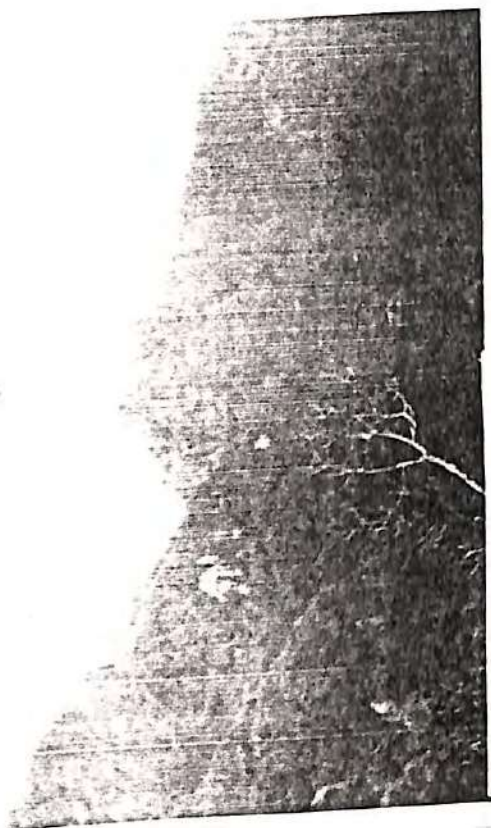
Por la carretera Cali-cascerío Panca cerca a la bifurcación al parque forestal C.V.C. (El Topacio) cerca a la falla del Cascarillal se observó una roca ígnea de color gris oscuro, melanocrática de alta compactación; la muestra ICH 2370 A estación K 2 es un estudio petrográficamente, dándonos una roca tipo meladiorita anfibólica. Al microscopio se observa que el anfíbol es el constituyente principal con fuerte pleocroísmo verde tipo hornblenda; la plagioclasea es de composición andesina; los espacios son hematita y pirita; el cuarzo es de tamaño fino observándose con textos de recristalización en triple punto lo que podría indicar efecto metamórfico posterior de tipo térmico debido a efectos de la falla (ver informe petrográfico).

En la zona media de las cuencas entre los 1.400 y 2.200 mts. las doleritas han sufrido una intensa meteorización descomponiéndose en arcillas rojas a

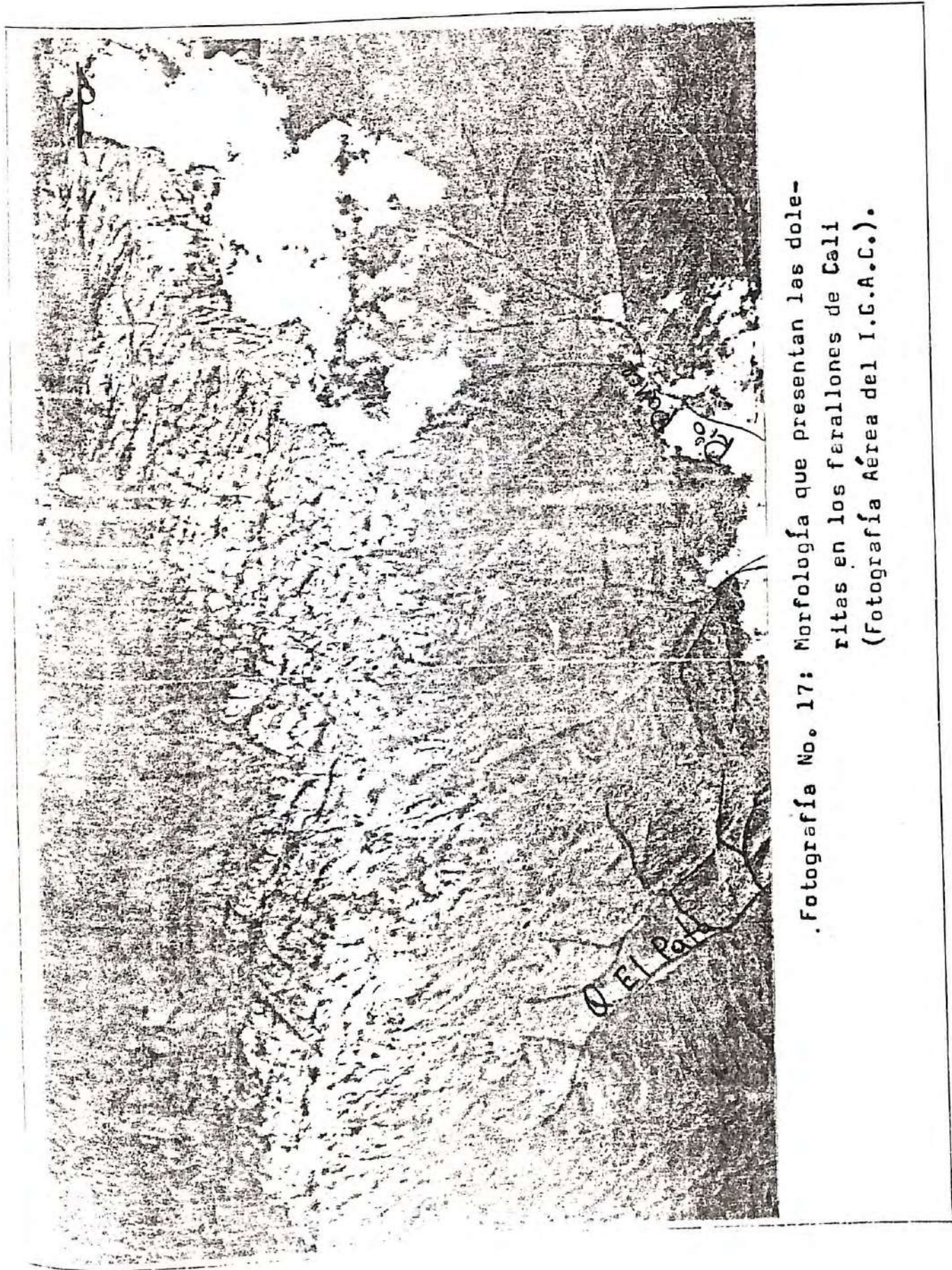
amarillentas con espesores de 2 a 3 mts.

La zona más alta de las cuencas 3.900 mts. de altura que corresponde al área de los farellones de Cali solo afloran las doleritas, las cuales presentan un paisaje muy característico por el grado de disolución y fallamiento en que se encuentran y la escasa vegetación (ver fotografía No. 16), el aspecto es un área semiárida originada por un microclima que ha desarrollado un intenso intemperismo mecánico (ver fotografía No. 17). La roca de color gris verdoso; por oxidación tiene color café a negro con textura fanerítica; muy disclasada y fallada, las disclasas con direcciones de N 80 W 70°E; N 35 W 65°E; N 20 W 30°W; N 60 W 60°E; N 60 E 70°E, con epidotización en los planos de fallas (ver fotografía No. 18). No existe ningún indicio que indique la presencia de rocas ígneas intrusivas en el área como lo manifiestan algunas publicaciones existentes.

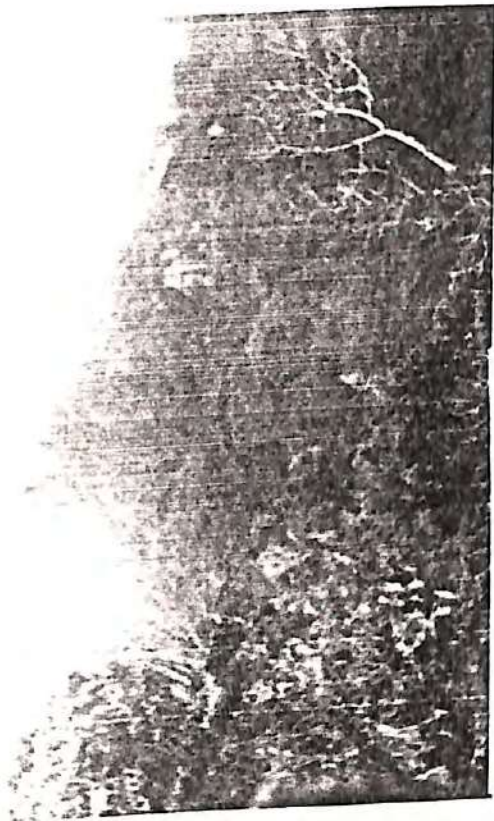
Hacia las cabeceras del río Cali encontramos un pequeño afloramiento entre las doleritas, de una epidosita, roca de origen metaeconómico de color verde oliva con aspecto algo fibroso, la cual al meteorizar da una arcilla blanca; en el estudio al microscopio de la muestra ICH 2364 de la estación I 35, se presenta como una roca constituida por epidota, con alto contenido de hierro y anfíbol incoloro, de aspecto fibroso tipo actinolita; se presentan pequeñas fracturas rellenas de cuarzo. La roca parece haber sufrido un fuerte reemplazamiento de sus minerales originales



Fotografía No. 16: Las doleritas muy fracturadas y diacle-
sadas formando escarpes en los ferallito-
nes de Cali.



Fotografía No. 17: Morfología que presentan las doleritas en los farallones de Cali (Fotografía Aérea del I.G.A.C.).



Fotografía No. 18: El sistema de diaclasas y fracturas de las doleritas en el tope de los farallones.

alcanzando una epidotización casi total, a expensas posiblemente de la plagioclasa primaria; la asociación que tenemos es típica de una roca de origen metamórfico (ver informe petrográfico).

Las intercalaciones sedimentarias se las observó en las cabezales del río Meléndez donde afloran dos lentas de chert de color gris a negro en capas de 10 cms. de espesor, con dirección de N 30 W 50° E. La muestra ICX 2365 A estación X 53, al microscopio presenta abundancia de salcedonia como constituyente principal y algo de cuarzo, las venas de tamaño micro y cripto-cristalino; los espacios son cristales pequeños de leucoceno y óxidos de hierro; el espesor total de esta intercalación es de ± 50 mts. (ver informe petrográfico).

El otro nivel que está situado al occidente del anterior, tiene un espesor total de ± 70 mts.; por su origen sedimentario químico, tienen mucha relación con los niveles encontrados por la carretera a la población de Timba-El Recreo-Río El Silencio, donde fueron encontrados fósiles de edad santoniana a coniaciana (H. Bürgl 1.954). Estas dataciones de los fósiles encontrados en las intercalaciones sedimentarias han permitido datar las efusiones submarinas que forman el grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias.

ROCAS TERCIARIAS.

La secuencia de sedimentos terciarios con intercalaciones de mantos de carbón, que afloran en el flanco oriental de la cordillera Occidental, desde la población de Yumbo (Valle) hasta el sur del departamento del Cauca, son las que constituyen el grupo del Cauca; una parte de este grupo es estudiada en este trabajo.

IV.1.2 Grupo del Cauca.

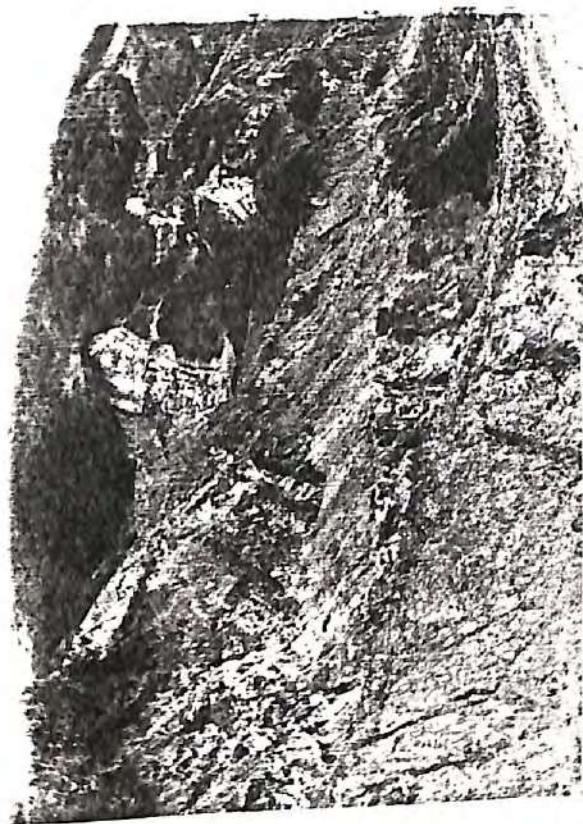
En el área de las cuencas hidrográficas de los ríos Panca-Meléndez-Cali-Aguacatal, el grupo del Cauca se presenta dividido en cuatro conjuntos litológicos independientes, con formas alargadas de norte a sur y espesores que empiezan a disminuir en los conjuntos localizados al oeste. Estos conjuntos litológicos son testigos del fuerte tectonismo y erosión sufridos por las rocas durante la orogénesis andina.

Aunque los cuatro conjuntos de sedimentos terciarios forman parte de la misma secuencia sedimentaria del grupo del Cauca, haremos una descripción de cada conjunto espesando de oriente a occidente en importancia a la extensión, espesor y área cubierta.

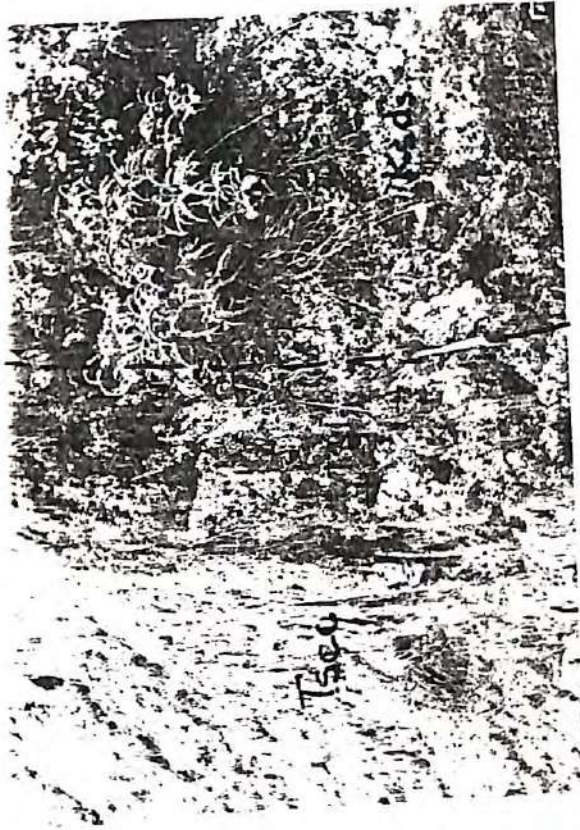
- a) Conjunto de Cali e de Lili (Taca). - Es el conjunto más extenso y el de mayor espesor; atraviesa el área de norte a sur, continuando hacia las cuencas vecinas; se lo encuentra mejor expuesto en el área del río Lili donde se lo observa muy plegado. Consta estratigráficamente de arriba hacia abajo de: areniscas blancas de grano fino a

medio a conglomeráticas, friables, en bancos hasta de 1 metro de espesor, con pequeñas intercalaciones de arcillas grises a lilas; en general tienen una dirección de N 25 W y buzamiento de 30° E; esta secuencia arenosa que tiene a 500 mts. de espesor, forma los cerros más prominentes de los conjuntos sedimentarios que afloran en el área estudiada. (Fig. 5)

Infrayaciendo a lo anterior tenemos la secuencia de arcillas grises a lilas y limolitas lilas, con intercalaciones de vetas de carbón hasta de 1 metro de espesor, de areniscos grises de grano fino a medio en bancos hasta de 50 cms. de espesor y areniscos grises a blancos de grano fino a conglomerático, compactos, en bancos de 1 a 2 cms. de espesor; debajo tenemos otro nivel de arcillas lilas y limolitas lilas a verdes con intercalaciones de vetas de carbón hasta de 1,50 mts. de espesor; las capas en general tienen una dirección de N 20 E y buzamiento de 50° E, el espesor de esta secuencia arcillosa es de \pm 250 mts., la secuencia está muy plegada habiéndose formado una serie de pequeños anticlinales y sinclinales muy estrechos de 50 a 70 mts. entre flancos; con direcciones de ejes N 20 a 40 E; (Ver fotografía No. 19); a medida que nos acercamos a la falla de Cali las capas se inclinan hasta llegar a verticales poniéndose en contacto fallado con el grupo dolerítico (ver fotografía No. 20).



Fotografía No. 19: Las areniscas y arcillas del conjunto de Cali o Lili formando pequeños pliegues.



Fotografía No. 20: Las capas verticales son areniscas del Conjunto de Cali (Tsc), las cuales están en contacto discordante sobre las arcillas rojas del grupo dolerítico (Ksds), de la derecha.

Toda la secuencia anterior se encuentra descansando sobre un conglomerado basal que consiste de cantos subredondeados a redondeados de doleritas y chert hasta de 10 cm. de diámetro, éste conglomerado solo se lo observó cerca al río Cali en el barrio Sta. Rita donde descansa discordantemente sobre las doleritas; en general al conjunto de Cali descansa discordantemente sobre el grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias. (Fig. 6)

Por correlación con los sedimentos encontrados en los alrededores de Jamundí a los cuales Touss Van der Hammen (1.958) les asigna una edad de eoceno inferior-oligoceno, le hemos atribuido la misma edad a este conjunto.

- b) Conjunto de la Sultreza (Tsch). - Se lo encuentra localizado al oeste del conjunto de Cali, ocupa una pequeña área donde está muy plagado, tiene forma de cuña por la falla de Panca que lo afecta; continúa hacia el límite norte del área estudiada, donde vuelve a aflorar en una franja alargada formando el sinclinal de Golondrinas. En general el conjunto consta de areniscas blancas de grano fino, friables, en bancos hasta de 50 cms. de espesor; infrayaciendo a lo anterior hay arcillas lilas amarillentas y arcillas negras carbonosas en capas hasta de 10 cms. de espesor intercaladas con capas hasta de 5 cms. de espesor de areniscas grises blancas de grano fino y vetas de carbón de 1 a 2 cms.; debajo arcillas amarillentas y li-

molitas abigarradas intercaladas por una gravaca arcillosa, roca muy dura, de textura elástica, color negro, grano fino que ha sufrido esta compactación por efectos de la falla de Cell. La muestra ICH 2375 A estación K 35 A, que corresponde a la gravaca fue estudiada al microscopio, observándose una matriz constituida por arcilla, materia orgánica carbonosa y óxido de hierro; la roca es laminares pues los constituyentes minerales están muy angulares; el faldespato se presenta de dos tipos, unos alterados y otros frescos; la clorita es parcialmente de tipo autógena y en otros casos reemplazamiento de minerales primarios; los opacos son pirita y hematita. (Ver informe petrográfico)

En general la secuencia sedimentaria tiene dirección de N 30 a 40 W buzando al este y oeste; existen en contacto discordante con el grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias. En el área de golondrinas al norte del área estudiada se observa el conglomerado basal del terciario, que consta de cantos hasta de 10 cms. de diámetro de dolerita y chert, el cual está descansando discordantemente sobre las doleritas meteorizadas (ver fotografía No. 21), encima del conglomerado tenemos la secuencia de arenizas, arcillas y mantos de carbón con direcciones de N 20 a 40 E buzando al este y oeste, esta secuencia constituye también el conjunto de la Suitrera y están formando el sinclinal de golondrinas. (Fig. 2, 3 y 4)



Fotografía No. 21: Conglomerado basal del terciario (conjunto de la Buitrera Tscb), descansando discordantemente sobre el grupo dolerítico (Keds).

Por las características y condiciones de sedimentación iguales al conjunto de Cali, le atribuímos una edad de Eoceno inferior-Oligoceno.

e) Conjunto del alto del Rosario (Tacr). - Es el conjunto de sedimentos terciarios, localizados al oeste del conjunto de la Suiterera, en el alto del Rosario. Consta de areniscas grises a blancas de grano fino a conglomerático, en bancas hasta de 10 cms. de espesor, intercaladas por liolitas negras y vetas de carbón hasta de \pm 1,50 mts. de espesor. La secuencia ha sido muy plagada; se la encuentra afectada por la falla del Caacarillal que pone en contacto al conjunto de sedimentos terciarios con el grupo dolerítico. Las capas en general tienen una dirección de N 50 a 10 W buzando al este y oeste; el conjunto descansa discordantemente sobre las doleritas. Por tratarse de una secuencia de sedimentos igual a la de los otros conjuntos que afloran en el área se le ha atribuido una edad de Eoceno inferior a Oligoceno.

d) Conjunto de Dos Quebradas (Tscq). - Es una secuencia de sedimentos terciarios, la cual aflora en una pequeña zona en medio de fallas, localizado al oeste del caserío de Villa Carmelo, cerca al sitio de Dos Quebradas. Consta de arcillas lilas a amarillentas intercaladas con capas hasta de 30 cms. de arcillas negras carbonáceas y liolitas verdosas; las capas en general tienen dirección N 10 W con buzamiento de 50°W; el conjunto está

en contacto fallado con las doleritas y los chert del cretáceo. Por correlación con los otros conjuntos se le ha dado una edad de Eoceno inferior-Oligoceno.

IV.1.3 Rocas Ígneas Intrusivas (Tto-Tar).

Son rocas ígneas intrusivas de tipo tonalítico de composición intermedia; se las observó por la carretera que de Cali conduce al caserío de Panca y al oeste de dicho caserío donde están intruyendo al grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias; por las características especiales y por estar relacionadas con el mismo evento magmático regional, las rocas correlacionado con las rocas ígneas intrusivas tipo tonalítico que afloran cerca a los caseríos de Tiaba, Buenos Aires, Suárez y a la tonalita del caserío El Danubio localizado al este de Buenaventura, que según Göbel y otros (1.979) le han atribuido una edad mioceno que corresponde a la misma edad de las tonalitas de Suárez y otros (1.978).

Los cuerpos ígneos intrusivos observados son:

- a) Tonalita de Panca (Tto). - Aflora al oeste del caserío Panca sobre la margen derecha del río del mismo nombre; se presenta como un cuerpo de 500 mts. de largo por 200 mts. de ancho. Macroscópicamente la roca es de color gris a blanca con mucha hornblenda; tiene textura fanerítica; constituida principalmente por feldspatos, máficas y algo de

cuarzo, se le observa exfoliación esferoidal (ver fotografía No. 22). La muestra ICH 2353 estación I 11 al microscopio presenta: que la plagioclasa es de tipo andesina, en cristales euhedrales maclados polisintéticamente y algunos zonados con una incipiente alteración a sericita; el cuarzo es presenta anhedral; el anfíbol de tipo hornblenda con mucho hierro y la biotita también alta en hierro y magnesio. (ver informe petrográfico).

Aunque en el área la tonalita esté intruyendo a las doleritas, creemos que puede pertenecer al evento magmático de edad mioceno al cual pertenecen las tonalitas de Buenos Aires y Suárez (Cauca) datadas por J. Alvarez y otros (1,972), por el método potasio-argón.

- b) Granodiorita de Panca (Tar). - Se trata de un epófisis que está intruyendo a las doleritas; aflora en la carretera que de Cali conduce al caserío de Panca. La granodiorita es de color gris claro con textura fegnerítica, constituida por feldespato y cuarzo.

Se estudió al microscopio la muestra ICH 2374 A estación K 31, observándose: que la plagioclasa presente es del tipo andesina muy maclada; el cuarzo es de tipo anhedral; la ortoclasa presenta una ligera alteración a caolín; la biotita ligeramente alterada a clorita; el anfíbol es de tipo hornblenda con alto contenido de hierro; se observó algunas trazas de titanita.



Fotografía No. 22: La tonalita de Pance afectada por el
intemperismo mecánico, iniciándose
la foliación esferoidal.

Por estar asociada a la tonalita de Pance, lo que hace pensar en una relación, con el magnetismo terciario, se le ha asignado edad mioceno superior de acuerdo a J. Alvarez y otros (1.979) que data las tonalitas de Suárez (Cauca) y Cöbei y otros, las del Danubio al este de Buenaventura.

Sedimentos Terciarios- Cuaternarios.

Se los encuentra formando una morfología especial, hacia el límite oriental de las cuencas, en la zona comprendida entre el quiebre de pendiente de los cerros formados por el grupo del Cauca y los sedimentos de la zona plana.

IV.1.4 Formación Popayán. (TQ pop).-

Se la encontró aflorando entre los ríos Meléndez y Pance; presenta litología y morfología muy similares a la de la formación Popayán en el departamento del Cauca de E. Hubach (1.957), motivo por la cual la hemos correlacionado con ella. Consta de arcillas rojas amarillentas, intercaladas por un aglomerado con cantos subredondeados a redondeados hasta de 50 cms. de diámetro, de doleritas y chert; se la encuentra descensando discordantemente sobre el grupo dolerítico y el conjunto de Cali. No tiene gran extensión ni espesor en el área, pero a medida que se avanza hacia el sur del departamento aumenta de espesor y las arcillas se enriquecen en gipsitas.

La edad para esta formación es Plio-pleistoceno de acuerdo a E. Hubach (1.957).

Sedimentos Cuaternarios.

Forman la planicie del valle del río Cauca y los lanchos de los principales ríos que biseptan el área estudiada (cuenca de los ríos Pance-Meléndez-Cali-Aguacatal); estos ríos que han labrado sus cauces en un trayecto muy corto, de pendiente muy fuerte, la cual es proporcional a la intensidad de erosión; al disminuir la velocidad de sus corrientes empiezan a depositar los aluviones y a formar los conos aluviales.

IV.1.5 Cono de Pance (Qcp).

Ocupa la mayor área dentro de la zona plana del área estudiada, está limitado al sur por el cono de Jamundí y al norte por el cono de Meléndez. Está constituido por sedimentos transportados y depositados por el río Pance, consta de cantos de doleritas y chert; gravas, limos y arenas más sorteadas; este cono está interdigitado con el cono de Meléndez.

IV.1.6 Cono de Meléndez (Qcm).-

Formado por los sedimentos transportados y depositados por los ríos Lili y Meléndez; tiene como límite norte al cono de Cali y sur al cono de Pance; es el cono de menos extensión en el área estudiada. Consta de arenas, limos y conglomerados con cantos de chert y doleritas, las cuales les ha depositado sobre la for-

mación Popayán que ha sido erodada por las corrientes de los ríos Lili y Meléndez, el cono está interdigitado con el cono de Cali.

IV.1.7 Cono de Cali (Qcc).

Está ocupando el piedemonte y la zona plana del valle del río Cauca al norte del área estudiada, donde está construida la ciudad de Cali. Está formado por los sedimentos transportados y depositados por los ríos Cañaveralejo, Cali y Aguacatal. Consta de aglomerados con cantos de chert y dolerita; arenas, gravas, arcillas y limos.

IV.1.8 Sedimentos aluviales (Qal).

Han sido depositados y transportados por los ríos en sus cauces; constan de arenas y gravas.

IV.1.9 Sedimentos coluviales (Qc).

Se los encuentra formando principalmente los piedemonte y los bordes de los cauces de los ríos; están formados por material producto de la erosión de las doleritas y los sedimentos terciarios en forma de bloques y cantos angulares que han sido transportados por gravedad.

IV.1.10 Terrazas (Qt).

Son superficies relativamente planas. Son remanentes de un cauce primitivo de una corriente que ha abierto

camino hacia un nivel inferior. Consta de limos, arenas y cantos subredondeados de doleritas principalmente.

IV.2 Geología Estructural.

Las estructuras de compresión que se forman en las cadenas de montañas, tienen condiciones muy diferentes desde la superficie hasta la profundidad; por lo tanto no hay ninguna relación entre una estructura formada en superficie y la que se produce a gran profundidad. Para estudiar las diferentes deformaciones que se forman en una cadena de montañas o cordillera, se considera que los mecanismos dominantes en estas deformaciones permanecen constantes; se ha dividido en dominios la corteza; estos diferentes dominios es lo que Mattauer, M. 1.973, ha llamado "Niveles Estructurales".

Al estudiar el comportamiento de las rocas sabemos que primeramente son frágiles, después si las condiciones de presión y temperatura aumentan el comportamiento es dúctil y finalmente, cuando alcanzan el punto de fusión, se comportan como líquidos viscosos.

Se conoce que los mecanismos de la deformación dependen directamente del comportamiento de las rocas el cual es diferente para cada tipo de roca; si estos comportamientos son frágiles se presenta la formación de planos de rotura o fallas, entonces tenemos un dominio con fracturas sin pliegues, en el cual el mecanismo que las produ-

es el cizallamiento. Si las rocas adquirieran cierta ductibilidad, se deforman sin fallas, formando los pliegues, en el cual el mecanismo que los produce es la flexión.

En el área estudiada que es una pequeña zona de la cordillera occidental, al correlacionarla regionalmente, se distingue un nivel estructural, que según Mattheuer, W. corresponde al "Nivel Estructural Superior", en el cual el mecanismo dominante es el cizallamiento; es decir sistemas esencialmente de dominio de fallas, las cuales están asociadas a pliegues.

Tanto las rocas del grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias, como los conjuntos litológicos del grupo del Cauca, han sufrido un intenso fallamiento, asociado al mecanismo de flexión que ha formado los pliegues.

IV.2.1 Fallas.

De acuerdo a las teorías sobre tectónica de placas, se supone que cuando se produce una subducción se forma necesariamente una cadena de montañas en el borde de la zona de subducción.

Así tenemos que es muy posible que después de las fases de compresión en el terciario superior que dio origen a las fallas y pliegues; tuviéramos finalmente en el cuaternario la fase de distensión acompañada de volcanismo que activa la deformación discontinua, con el resultado de nuevas fallas. En el área estudiada

las fallas se encuentran afectando tanto a las rocas del grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias, como a las rocas del grupo del Cauca. Los principales rasgos tectónicos los estudiamos a continuación.

IV.2.1.1 Falla de Cali.

Es el sistema al cual están asociadas varias fallas de diferente magnitud, estudiadas por I. Cucalón (1969). El sistema de fallas de Cali, se extiende con dirección NE-SW atravesando el área de estudio de norte a sur; en algunas zonas afecta a los sedimentos terciarios del conjunto de Cali. Pone en contacto con las rocas del grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias, con las rocas del conjunto de Cali o de Lili.

A lo largo del borde oriental de la cordillera Occidental se observan muchas deformaciones las cuales están asociadas a fallas y fracturas de dirección E-W.

IV.2.1.2 Falla de Panca.

Forma parte del sistema de la falla de Cali; tiene dirección NE-SE, uniéndose a la falla de Cali al sur del área cerca al río Panca.

Atraviesa al área de estudio de norte a sur afectando a los sedimentos terciarios del conjunto de la

Buitrera, que se conservan como pequeños cuerpos alargados discontinuos a lo largo de la falla. Esta cortada por varias fallas pequeñas de direcciones E-W.

IV.2.1.3 Falla del Cascarillal.

Esta falla atraviesa al área de norte a sur pasando al oeste de la falla de Panca; toma su nombre en las cuencas de los ríos Claro-Jamundí. (I. Cucalón 1.969). Tiene una dirección NE-SW y afecta principalmente a las rocas del grupo dolerítico poniéndolas en contacto con los sedimentos terciarios del conjunto del Rosario.

IV.2.1.4 Falla de Dos Quebradas.

Tiene poca longitud en el área, con una dirección NW-SE; está localizada al este de la falla del Cascarillal. Afecta a los sedimentos del conjunto de Dos Quebradas formando una cuña de poca extensión, que está en contacto con las rocas del grupo dolerítico y las intercalaciones sedimentarias de chert.

IV.2.1.5 Falla de Pichindecito.

Localizada al noroeste de la falla de Dos Quebradas; está controlando al río Pichindecito. Atraviesa el área de estudio desde el norte con dirección NE hasta terminar al sur contra la falla de dos quebradas.

afectando a las rocas del grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias.

IV.2.1.6 Falla de Pichindé.

Se la encuentra controlando las cabeceras del río Pichindé, tiene dirección NE-SW, de poca longitud, extendiéndose hacia los farallones de Cali; afecta las rocas del grupo dolerítico.

IV.2.1.7 Falla de Lilií.

Localizada entre los ríos Meléndez y Pance, está controlando al río Lilií; tiene poca longitud y se extiende con dirección NW-SE, cortando las fallas de Cali y Pance; termina hacia el oeste contra la falla de Cascarillal. Afecta a los sedimentos terciarios de los conjuntos de Cali, la Guitrera, el Resorio y a las rocas del grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias.

IV.2.1.8 Falla de la Castellana.

Está controlando a la quebrada del mismo nombre, tiene poca longitud y se extiende con dirección NW-SE, corta perpendicularmente a la falla de Cali, afecta a las rocas del grupo dolerítico. Parece que las rocas ígneas intrusivas que afloran en el área, están asociadas a la falla.

IV.2.2 Plieques.

Como los mecanismos de la deformación varían con la profundidad, por eso al definir el nivel estructural superior con dominio de fallas se tienen relacionadas con ellas muchos plieques originados por flexión.

El fuerte tectonismo donde el mecanismo que ha actuado ha sido la flexión, afectó las rocas que nos afloran en el área estudiada, siendo las rocas sedimentarias las que más sufrieron los efectos; formándose diferentes tipos de plieques, asociados a las fallas.

En este estudio haremos la descripción de los plieques independientemente para cada conjunto litológico.

IV.2.2.1 Conjunto de Cali o de Lili.

En el área entre los ríos Lili y Panca, se presenta la mayor extensión de los sedimentos terciarios que han sufrido fuertes plegamientos asociados a la falla de Cali. Los principales plieques en este conjunto son:

- a) Anticlinal de Lili: - Es un plieque con dirección del eje de N-60 W, cabeciendo hacia el SE; los flancos tienen buzamientos entre 40° y 50°; está formado por la secuencia de arcillas, limolitas y vetas de carbón; está limitado al este por el sinclinal de Lili, formándose varios plieques muy estrechos y locales.

b) Sinclinal de Lili. - Es un pequeño pliegue formado por flexión de la secuencia de arcillas, limolitas y vetas de carbón; su eje cabecea hacia el SE; su flanco occidental ha sufrido subplegamiento formándose un pequeño anticlinal y sinclinal muy locales por su poca extensión; estos pliegues están asociados a la falla de Cali.

c) Anticlinal de Riverita. - Este pliegue está formado al lado oeste de la falla de Cali; de dirección N-S, con cabeceo hacia el sur y hacia el norte el eje choca contra la falla de Lili; está formada por la secuencia de arcillas y limolitas y vetas de carbón con intercalaciones de areniscas.

En el flanco oriental las capas, por efectos de la falla están verticales con pequeñas flexiones hacia el Este formadas por la gravedad produciéndose inversión en las capas en la zona oeste de la falla de Cali.

Entre los ríos Maléndez y Caffaveralejo se alinean junto de Cali se observan que por efectos de la falla de Cali las capas se ponen verticales y por efecto de la gravedad superficialmente, caen hacia el Este invirtiéndose y formando pequeñas estructuras de colapso (Fig. No. 7).

- d) Sinclinal de Siloe.- Pliegue con dirección NW-SE, está formado por una secuencia de areniscas, y arcillas con pequeñas intercalaciones de carbón. En el núcleo se observan pequeños micropliegues; el pliegue tiene poca extensión y hacia el sur termina contra la falla de Cali.
- e) Sinclinal de las Tres Cruces.- Esta formado por capas de areniscas, arcillas y limolitas con vetas de carbón; localizado entre los ríos Cali y Manga.

Tiene una dirección de NE-SW terminando hacia el sur contra la falla de Cali; el flanco occidental tiene buzamientos verticales que se suavizan en el flanco oriental formándose un pliegue asimétrico.

IV.2.2.2 Conjunto de la Buitrera.-

Este conjunto tiene poca extensión en el área, donde ha sufrido los efectos de la tectónica superficial formándose los sinclinales de la Buitrera y Colondrinas ambos afectados por la falla de Pance.

- a) Sinclinal de la Buitrera.- Situado al oriente de la falla de Pance, que afecta su flanco occidental el cual, tiene buzamientos verticales. El pliegue tiene dirección NE-SW, siendo enmascarado hacia el sur por los sedimentos cuaternarios. Está

formado por arcillas, areniscas y limolitas con intercalaciones de vetas de carbón.

- b) Sinclinal de Golondrinas.- Localizado hacia el límite norte del área estudiada, está asociado a la falla de Panco que lo afecta en su flanco occidental, es un pliegue estrecho asimétrico, que afecta a las areniscas, arcillas y limolitas con vetas de carbón; tiene una dirección NE-SW, cabeceando hacia el sur.

V: GEOLOGIA DE INGENIERIA

Generalidades.

La zona correspondiente a las cuencas de los ríos Paros, Meléndez y Aguacatal, desde el punto de vista ingeniero-geológico, puede considerarse como naturalmente estable. La razón principal es quizás la escasa intervención del hombre en la gran mayoría del área, debido a su topografía abrupta, la variación del clima es limitada respecto a la horizontal y la pobreza de los suelos derivada de las situaciones antes enumeradas.

No obstante, si se la considera en forma más particularizada, existen sectores de inestabilidad en grado que se puede considerar crítico, atendiendo a la inestabilidad misma y las consecuencias sobre zonas aledañas en lo referente a erosión, acarreo de sedimentos, progresión retrograda de movimientos gravitacionales y aprovechamiento racional de los recursos naturales no renovables.

Existe una íntima relación entre los aspectos litológicos y geomorfológicos con las condiciones de estabilidad presentes. Así mismo, estos factores son interdependientes ya que la geomorfología depende, básicamente, de la resistencia de las rocas a los agentes intemperizantes.

En esta forma, las zonas homogéneas consideradas son, en gran parte, coincidentes con las provincias geomorfológicas descritas en otro capítulo del presente informe.

Dentro de este orden de ideas, se han separado cuatro zonas de características similares que obedecen a los aspectos litológicos, topográficos, climatológicos y de influencia de las labores desarrolladas por el hombre, así:

- A- Zona alta o de los farallones
- B- Zona media
- C- Zona baja
- D- Valle.

V. 1. Descripción de las zonas homogéneas.

V.1.1 A-Zona alta o de los farallones.

Esta zona se limita a lo que podría denominarse las cumbres de la cordillera, entre las cotas 2.000 y 2.400 metros sobre el nivel del mar.

Se caracteriza por morfología abrupta casi inaccesible, ausencia casi total de suelos de tipo residual y vegetación pobre de tipo arbustivo típica del piso térmico correspondiente al páramo.

La ausencia de suelos derivados de la descomposición de la roca es una consecuencia directa de las condiciones del clima. La intemperización mecánica actúa directamente sobre la roca incrementando su grado de fracturamiento por efecto de los cambios bruscos de temperatura. La carencia de suelos y la falta de relleno de las fracturas primarias de la roca, contribuyen decididamente a la continuidad del proceso.

El relieve desigual, no obstante la homogeneidad de la roca presente, es causa directa del grado de fracturamiento. El relieve dentado, observable en las líneas de crestas, evidencia el fenómeno. La concentración de fracturas menores en algunos sectores hacen la roca más susceptible al ataque de los agentes meteorizantes y por consiguiente se desarrolla un relieve deprimido, contrariamente a lo que sucede donde la frecuencia de diaclasas es menor. (Fotografía No. 29).

Así mismo sucede con los fenómenos de erosión diferencial. Las fracturas mayores van siendo ensanchadas progresivamente por acción de los agentes erosivos, entre los cuales el agua de escorrentía, abundante por la baja permeabilidad primaria de la roca, ejerce una labor de labrado de gran significación. Se forman profundas hendiduras que progresan primordialmente en el sentido vertical, una vez que las aguas se encauzan a lo largo de ellas. (Fotografía No. 30.)

V .1.1.1 Fenómenos de inestabilidad.

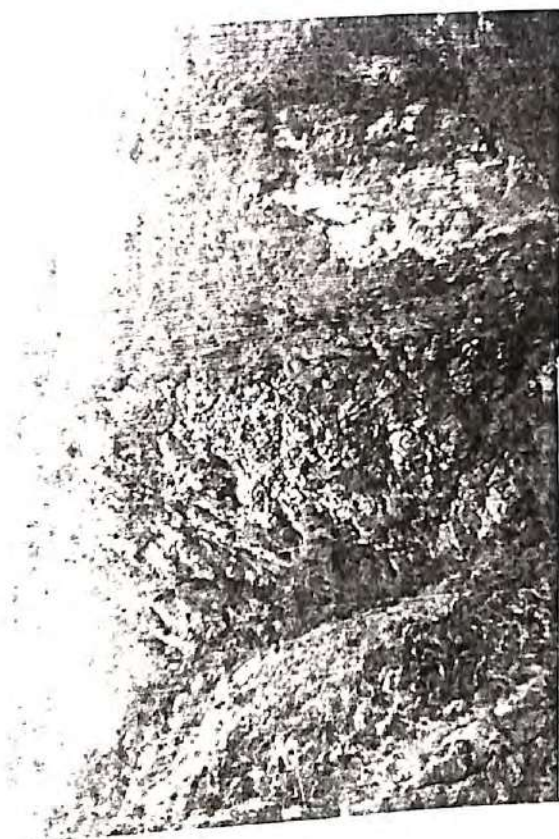
Independientemente de los fenómenos descritos anteriormente, son pocos los procesos que ocasionan condiciones de inestabilidad de magnitud tal que valga la pena de ser considerados en el presente trabajo.

El caso típico de la zona consiste en pequeñas desprendimientos de suelos esqueléticos de mínimo espesor a lo largo de pendientes abruptas. Estos procesos requieren algún tratamiento en otros sectores en los cuales el volumen de suelo deslizado es con-

GEMCO Ltda.

GEMCO Ltda.





Fotografía No. 30: Desgarre de suelos y fracturas profundizadas por el agua típicas de la zona alta.

siderable y la vegetación es abundante por cuanto pueden causar represamientos en los cauces de corrientes que corren a lo largo del valles estrechos y profundos. En el caso particular, donde las circunstancias son contrarias, no ofrece los riesgos enumerados. Por consiguiente, no es el caso de considerarlos con el fin de darles tratamiento correctivo o preventivo.

Además, se observa en las fotografías aéreas recuperación natural, posterior a su ocurrencia.

Por la pobreza de la vegetación en especies aprovechables moderadamente o como combustible, sumada a la ausencia casi total de conglomerados humanos, no existe acción de tala en la zona. Las condiciones climáticas, la ausencia de suelos agrícolas y la inaccesibilidad, son factores naturales que colaboran en la conservación ecológica.

La concepción de un programa de reforestación con especies vegetales corpulentas no es aconsejable por cuanto la capacidad de soporte del suelo es demasiado baja. Esta medida, por el contrario, podría llegar a ser contraproducente en el sentido de ocasionar desgarres de suelo con la consecuente remoción del mismo y la posterior exposición de la roca a los elementos degradacionales.

V.1.2 B- Zona media.

Es una zona de transición entre la parte más alta y la que se ha denominado zona baja.

Su delimitación obedece más a factores de tipo topográfico y geomorfológico que litológicos. Es clara la semejanza con la zona más alta, al contrario de la diferencia marcada que existe con la inmediatamente inferior.

Condiciones de micro-clima tienen una influencia marcada en la conformación de las formas erosionales. Evidentemente, como se enunciará más adelante, estando la densidad de la vegetación condicionada en forma estrecha a factores de temperatura, luz solar y acción de los vientos, es lógico que el espesor de los suelos y su conservación, que a la vez depende de la cubierta vegetal, también depende de los parámetros primeramente enunciados. Así mismo, la intemperización de la roca, bajo la dominancia de los agentes físicos o químicos, dará, según el caso, formas características de cada uno de ellos.

Es así como las laderas localizadas al occidente presentan formas más agudas, suelos más pobres y pendientes mayores que aquellas localizadas orientalmente. La razón incuestionable reside en el hecho de que aquellas expuestas a la acción solar durante un lapso mayor de tiempo durante el día, tendrán condiciones de temperatura más altas las cuales favorecen la alteración química.

Esta situación, a la cual se puede añadir el hecho de que la acción del hombre es más marcada que en la zona inmediatamente superior, es determinante de la diferencia morfológica, no obstante la similitud li-

tológicas. Conservándose las formas agudas, características del tipo de roca, lo son en menor grado. Los valles de las corrientes aparecen más amplios como una consecuencia de la disminución del gradiente, predominado, aún así, la erosión normal.

Factores de orden climático, principalmente, determinan la ocurrencia de suelos un poco más espesos, sin llegar a ser estos suficientemente para propiciar un desarrollo agrícola o ganadero de posibilidades que justifiquen la implantación de una infraestructura adecuada.

Ocasionalmente, y en forma particular en las zonas de afloramiento de rocas sedimentarias, más susceptibles de alteración y por consiguiente con mayores posibilidades de generar suelos residuales aprovechables, se observa alguna actividad a pequeña escala. La causa principal, determinante de esta situación, es, probablemente, la topografía bastante abrupta, factor al cual se suman el difícil acceso y la preferencia por las labores mineras, más que agropecuarias, de las gentes que habitan la región.

V.1.2.i Fenómenos de inestabilidad.

Al igual que en la zona anteriormente descrita, la ocurrencia de pequeños desgarres de suelos, particularmente a lo largo de valles de quebradas y corrientes de mayor orden, es el fenómeno más frecuente.

Caso particular de la influencia del microclima es la presencia de una densidad y desarrollo mayores de la vegetación en las facetas topográficas dirigidas hacia el oriente.

Se observa claramente como en estas áreas se desarrollan árboles de cierta altura, al contrario de las orientadas en el sentido contrario, en las cuales, predominantemente, la vegetación es baja y de tipo arbustivo.

Posiblemente la influencia de este fenómeno no se la puede considerar de carácter absolutamente definitivo en la formación de los suelos derivados de la intemperización de la roca precante. Si su espesor, en ciertos casos, pueda ser algo mayor, no lo es en la misma proporción existente en la vegetación.

La consecuencia negativa, también claramente observable, es la presencia de un mayor número de zonas inestables en las facetas con vegetación densa. La explicación es lógica si se tiene en cuenta que los suelos, de tipo esquelético, no pueden soportar una carga tan alta en pendientes pronunciadas. Además, la penetración de las raíces dentro de la roca se dificulta, no obstante la existencia de fracturas, por la poca intemperización química, derivada también de las condiciones climáticas.

Es recomendable, en consecuencia, y para no llegar a exigencias tan definitivamente prohibitivas de difícil aplicación, permitir el aprovechamiento moderado y sistemático en áreas que posean las características descritas.

En esta forma se evitará el efecto erosivo secundario causado por los deslizamientos naturales. Simultáneamente, se evitará la formación de depósitos en zonas estrechas de los valles, los cuales ocurren por afluencia de material vegetal y roca alterada sobre los lachos de las quebradas. Este fenómeno, posteriormente, causa las avenidas torrenciales de consecuencias altamente perjudiciales.

V.1.3 C- Zona baja.

Corresponde en su casi totalidad a los afloramientos de rocas sedimentarias y limita inferiormente por la ruptura fuerte de pendiente entre el piedemonte y el valle propiamente dicho.

La morfología es marcadamente diferente a las zonas anteriores por razón de la naturaleza de las rocas sobre las cuales se desarrolla.

Sobre una topografía ondulada, las formas son suaves, redondeadas, con ocasionales pendientes fuertes derivadas de la presencia de los sistemas principales de fallas y fracturas.

La vegetación es pobre, en su mayoría pastos y arbustos. No es la propia de la zona sino el remanente de una acción de tala inclemente y sin control que se viene llevando a cabo de tiempo atrás.

Los valles de las corrientes son relativamente amplios, aunque conservan la forma en V, propia de estado de juventud.

Por razón de su accesibilidad, la acción del hombre es muy marcada, llegando inclusive a imprimir una modificación sustancial al relieve inicial.

V.1.3.1 Fenómenos de inestabilidad.

Puede decirse que la casi totalidad de los fenómenos actuales de inestabilidad son inducidos por la acción del hombre a través de la explotación anti-técnica y descontrolada de minas y canchales.

Se debe considerar toda el área como zona crítica, siendo en grado mayor el sector norte por la proximidad a la ciudad, la fuerte pendiente topográfica y la incidencia de los fenómenos sobre las edificaciones.

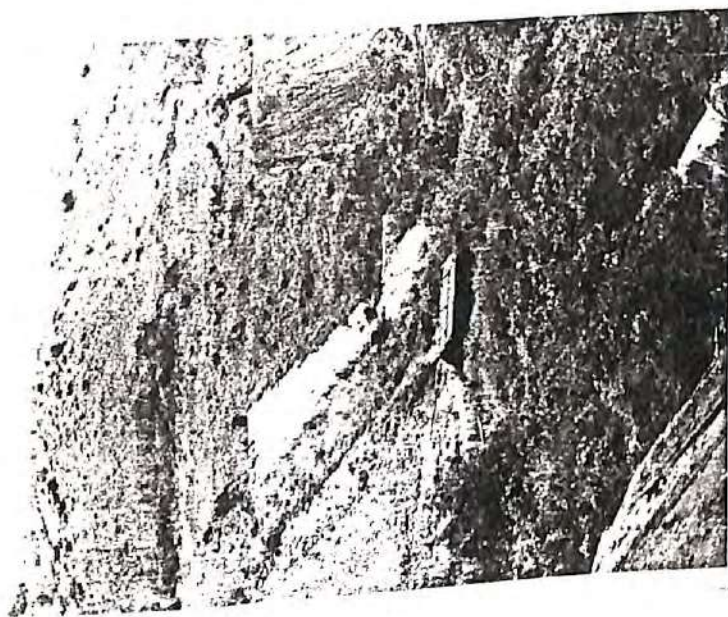
No es posible, a nivel del presente trabajo, hacer una evaluación detallada de todos y cada uno de los problemas presentes debido a la cantidad y complejidad de los mismos. Además, la obtención de la información en lo referente a tenencia de la tierra, explotación de las minas, comercialización del material, etcétera, es imposible ante la desconfianza

de los habitantes del área. Sin estos datos, básicos para realizar el inventario físico de las explotaciones y las características propias de cada una, al cual sería el punto de partida de una investigación exhaustiva, solamente es posible hacer una enumeración general de los fenómenos presentes más comunes y los factores que los ocasionan.

Básicamente los mismos problemas se encuentran, tanto en las explotaciones de carbón como en las canteras para material de construcción. Con mayor intensidad en las primeras debido a su mayor número y la superposición de las mismas por razón de las características de los yacimientos.

El más intenso, y que en la actualidad abarca la casi totalidad de las elevaciones más próximas a la ciudad es la erosión.

Dos hechos contribuyen en la iniciación y progreso alarmante. En primer lugar, la forma como se bota el material estéril proveniente de la mina. Aprovechando la pendiente natural, el material, una vez extraído de los socavones, es botado por las laderas, en ocasiones desplazándose a distancias considerables hacia abajo. (Fotografía No. 33). El efecto inmediato es la destrucción de la vegetación existente y el desprendimiento del material más superficial, por impacto de los bloques al rodar. Posteriormente es removido por acción de las aguas lluvias, quedando al descubierto entonces una superficie desprovista de vegetación y por consiguiente



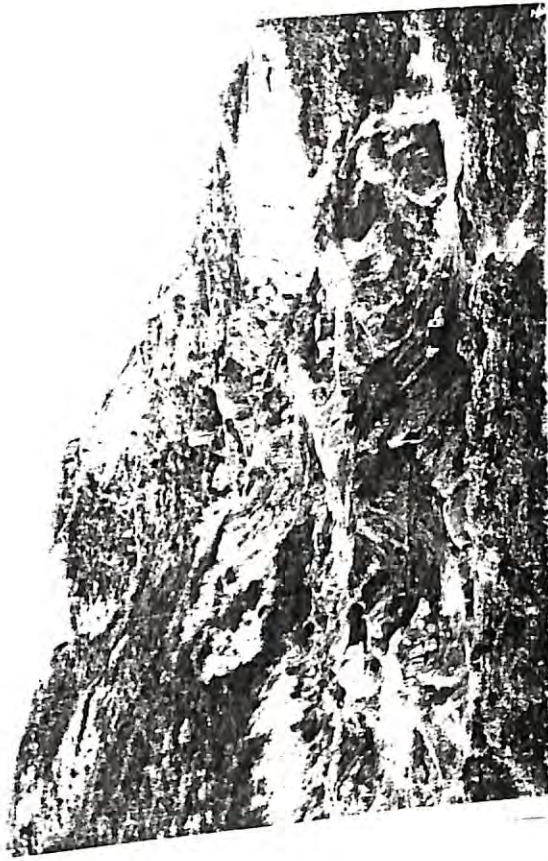
Fotografía No. 33: Erosión a lo largo del botadero
Zona de Colondrinas.

materialmente erodable. Por acción de las mareas se inicia la formación de surcos o zanjas, a las cuales, a medida que se van profundizando, se unen por derrumbamiento de los bordes, ocupando un área cada vez mayor. Este último proceso, si se forma continuada, llegará a ocupar un área no terminable por unión de varios surcos.

Segundo lugar, la necesaria construcción de vías de acceso para los vehículos en los cuales se transporta el mineral a partir de la boca de mina. Existen en la actualidad tantas carreteras como explotaciones.

Estas vías, por razón de la forma como se construyen y su carácter no permanente, son absolutamente ineficaces ante cualquier conservación, obras suplementarias de drenajes y sustentación. En consecuencia, al momento de su construcción se inicia un fenómeno triple de erosión: en el talud, de material parcialmente desnudo y desprovisto de vegetación; a lo largo de la banda desprovista de cunetas y alcantarillas; y en el talud inferior, el cual va a presentar el mismo fenómeno descrito en los botaderos de las minas. (Ver fotografía No. 12 y 37)

La proliferación de estos caminos y su abandono da como resultado un fenómeno de erosión progresiva que ocasionará condiciones tales como las que se observa en la fotografía No. 31, en la cual se puede ver claramente la iniciación cárcavas a partir de las obras mencionadas.



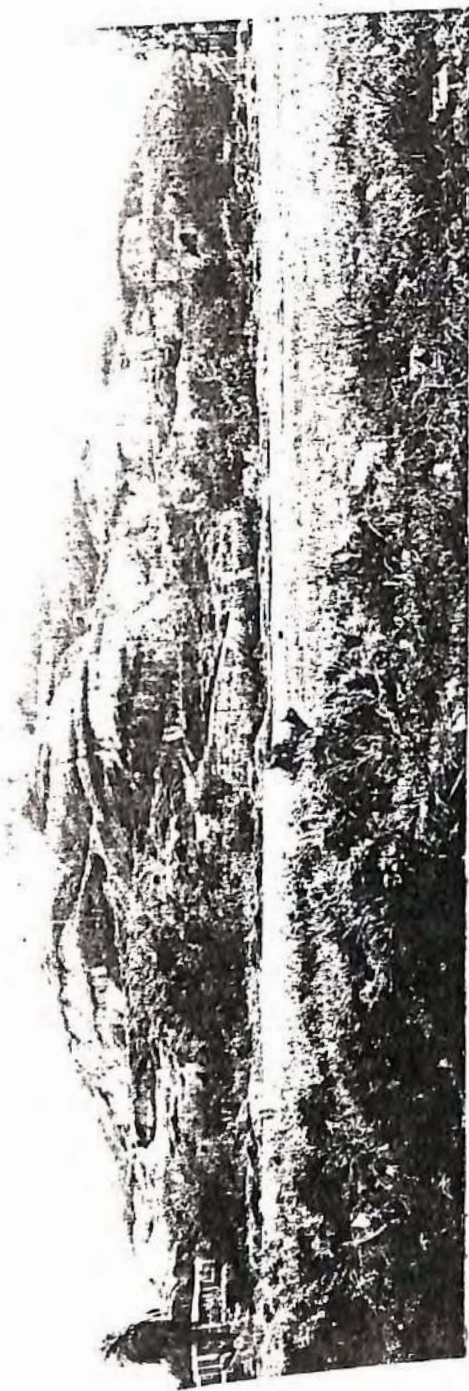
Fotografía No. 31: Trabajos y vías de acceso abandonadas.

Zona de El Chocho.



Fotografía No. 31: Trabajos y vías de acceso abandonadas.
Zona de El Chocho.

A series of rectangular boxes arranged vertically, likely for recording data or observations. The boxes are empty.



Fotografía No. 37: Panorámica de las explotaciones
en la zona de Siloé.

Es de anotar que, inclusive las carreteras construídas por entidades departamentales, se encuentran desprovistas de las más elementales obras suplementarias de protección. Tal es el caso de la vía que conduce a la zona de Colondrinas, donde la erosión se inicia de manera rápida sin que se haya tomado, hasta el momento, ninguna medida correctiva (Fotografía No. 32).

El otro fenómeno, de menor magnitud en el presente, pero con una tendencia definitiva e incrementarse es el hundimiento por efecto del escalonamiento de los trabajos. Este, además del efecto directo sobre la degradación de los taludes naturales, es un grave riesgo para la vida de las personas que laboran las minas. (Fotografía No. 34 y 35).

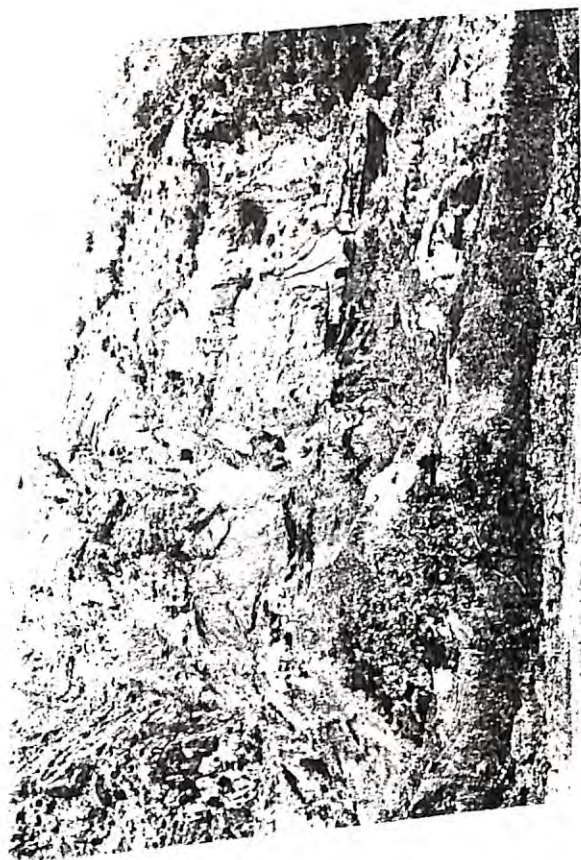
Frente a la escuela de Nuestra Señora de las Lajas, carretera la Vorágine, La Buitrera, se observa un proceso de reptación de suelos. Se trata también de un fenómeno inducido por efecto de un aterrazamiento artificial para construcción de vivienda. Se encuentra en estado tan avanzado que el proyecto inicial debe ser descartado (Fotografía No. 36)

V.1.4 D- Valle propiamente dicho.

Corresponde a la zona plana, la mayor parte de ella urbanizada en la actualidad.



Fotografía No. 32: Carretera hacia Colonizinas.
Erección en los taludes inferiores
de la banca.



Fotografía No. 34: Explotaciones escalonadas en la zona de La Ermita,



Fotografía No. 35: Detalle de las explotaciones
de la Ermita.



Fotografía No. 36: Reptación de suelos carretera La
Veraguana-La Buitrera.

No se observan problemas de inestabilidad para considerar en el presente trabajo.

Por influencia de la erosión intensa ocurrente en el área superior, es de presumir la presencia de inconvenientes en el sistema de alcantarillado por efecto de la carga de sedimentos excesivamente alta.

VI. YACIMIENTOS MINERALES

El área estudiada es de interés minero por las explotaciones actuales tales como: carbón, materiales para obras civiles y arcillas para uso industrial y por los trabajos antiguos para oro en la mina del Socorro y cerca al caserío de Panca. No se conoció ninguna manifestación de otros minerales que fueran económicamente explotables.

VI.1 Depósitos de Carbón.

La mayor actividad minera que actualmente se desarrolla en el área es la explotación de los depósitos de carbón. Estos depósitos se los encuentra en los conjuntos de Cali, La Buitrera y Alto del Rosario.

Las mayores reservas se encuentran en el conjunto litológico de Cali, el cual ha sido explotado intensamente especialmente en el área comprendida entre los ríos Maléndez y Panca, donde hay explotaciones técnicas como los trabajos llevados a cabo por la fábrica de cementos del Valle en la mina Lili donde han hecho un túnel de 2.000 mts. para explotar tres zonas. Otra mina explotada es la de los Chorros, en la cual Anchicayá tiene trabajos avanzados, el resto de los trabajos son hechos por mineros de escasos recursos económicos y sin ninguna técnica, tan necesaria en un área tan compleja tectónicamente como la estudiada.

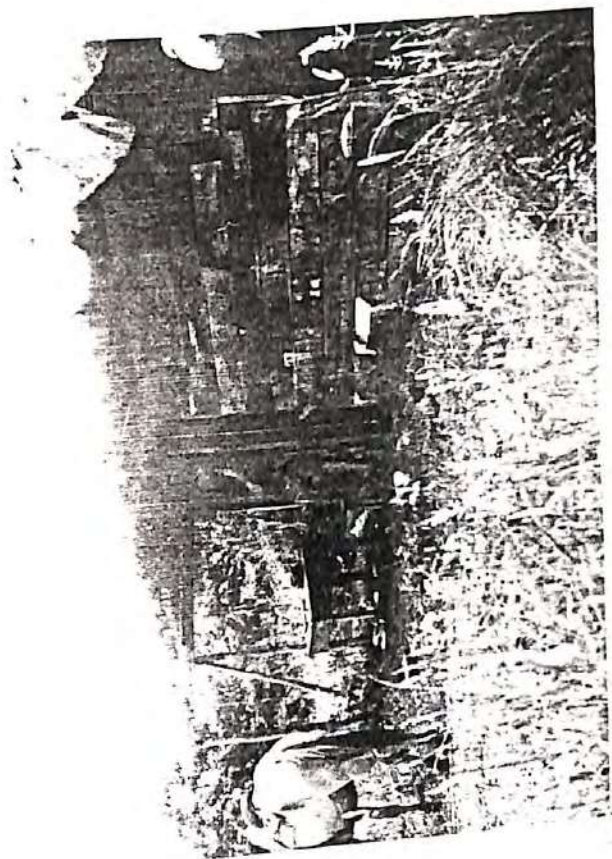
Los depósitos que se encuentran hacia el límite norte de las cuencas en el cerro de las Tres Cruces y Calderinas sólo se están explotando técnicamente dos minas.

En el conjunto litológico del alto del Rosario hay varias explotaciones muy rudimentarias hechas por pequeños mineros, que requieren de asistencia técnica.

VI.2 Minerales de Oro.

Existen mineralizaciones de oro, al noroeste del sitio de Peñas Blancas, en los nacimientos del río Cali donde hubo explotación hasta hace poco tiempo; actualmente quedan los restos de un molino californiano y una casa de madera donde también los campamentos (fotografía No. 23). La mineralización se encuentra asociada a filones de cuarzo rellenando fisuras, con direcciones N 30-60 W; existen varios socavones, que son trabajados esporádicamente por pequeños mineros (fotografía No. 24).

Otro sitio de mineralizaciones de oro aunque pobres, es la zona localizada al norte del caserío de Pance, donde existe un antiguo socavón, donde se explotó un filón de cuarzo de 60 cms. de espesor; las mineralizaciones están rellenando fisuras dentro de las doleritas; están asociadas a las rocas ígneas intrusivas tipo tonalita.



Fotografía No. 23: Restos de los campamentos de la mina
El Socorro, en las cabeceras del río
Cali.



Fotografía No. 24: Sacayones de las antiguas explotaciones de oro, en la mina El Socorro.

VI.3 Materiales de Construcción.

Estos materiales se los encuentra en las rocas del grupo dolerítico. Actualmente se los explota hacia el NE del área de estudio, en las cuencas de los ríos Cali (Fotografía No. 25 y 26) y Aguacatal (Fotografía No. 27).

En las diferentes canteras se explota la dolerita fresca de color gris, muy masiva llamada por los mineros "Roca Azul" como agregados pétreos (Fotografía No. 28). También se explota la dolerita cuando ha empezado a intemperizarse llamada "Roca Muerta". El potencial es muy grande.

VI.4 Arcillas Industriales.

Los minerales arcillosos del grupo del Cauca son empleados como materia prima para la fabricación de ladrillos y tejas.

Actualmente la fábrica de tubos Normandía, está explotando al SW del caserío della Sutrera, las arcillas liles del conjunto de Cali, como materia para fabricar tubos gres y ladrillos. Existieron otras explotaciones las cuales han sido suspendidas por quedar en zonas residenciales.



Fotografía No. 25: Explotación de las doleritas, como materiales de construcción en las canteras en la cuenca del río Cali.

GEMCO Ltda.

RESUMEN INFORMACION

DE

CAMPO

RESUMEN DE LA INFORMACION DE CAMPO

<u>No. Estación</u>	<u>Descripción</u>
I-1	Doleritas (Camino a los Farallones).
I-2	Doleritas (Camino a los Farallones).
I-3	Doleritas (Camino a los Farallones).
I-4	Doleritas (Camino a los Farallones).
I-5	Doleritas (Camino a los Farallones).
I-6	Doleritas (Farallones)
I-7	Dolerita intemperizada (Farallones).
I-8	Doleritas intemperizadas (Divisoria
I-9	de aguas farallones).
I-10	Doleritas (Camino a los farallones.)
I-11	Tonalita (Pance).
I-12 y 12 A	Tonalita (Pance).
I-13	Socavón antigua explotación de oro (filón de cuarzo).
I-14	Dolerita.
I-15	Zona inestabilidad, arcillas rojas del grupo dolerítico.
I-16 - 21	Arcillas rojas a amarillentas del grupo dolerítico.
I-22	Doleritas (Farallones Pafias Blancas).
I-23-24	Doleritas muy diaclassesadas.
I-25	Mina El Socorro, filones de cerzo surfi- fero.

<u>No. Estación</u>	<u>Descripción</u>
I-26	Arcillas amarillentas del grupo dolerítico.
I-27	Arcillas rojas.
I-28	Dolerita intemperizada.
I-29	Dolerita intemperizada (disyunción esferoidal).
I-30	Dolerita.
I-31	Arcillas rojas a amarillentas.
I-32	Arcillas rojas a amarillentas.
I-33	Zona inestable (arcillas rojas).
I-34	Arcillas rosadas a rojas.
I-35	Epidoquita.
I-36	Doleritas
I-37	Doleritas.
I-38 a 40	Terrazas y doleritas (terron colorado)
I-41	Doleritas (carretera al mar).
I-42	Doleritas (carretera al mar).
I-43	Doleritas (carretera al mar).
I-44	Arcillas rojas (Folidia).
I-45	Arcillas amarillentas (Folidia)
I-46	Arcillas amarillentas.
I-47	Zona inestable (Saladito).
I-48	Arcillas rojas.
I-49	Doleritas intemperizadas.
I-50	Arcillas rojas a amarillentas.
I-51	Doleritas (Cantera Trinidad).
I-52	Terraza.

<u>No. Estación</u>	<u>Descripción.</u>
I-53 y 53 A	Doleritas.
I-54	Arcillas rojas a amarillentas.
I-55	Doleritas.
I-56	Arcillas rojas a amarillentas.
I-57	Doleritas (El Chocho).
I-58	Contacto doleritas-conjunto la Buitrera (conglomerado basal terciario) (Aguacatal).
I-59	Doleritas (Aguacatal)
I-60	Arcillas rojas a amarillentas (Villa Carmelo).
I-61	Arcillas abigarradas terciarias (conjunto Dos Quebradas).
I-62	Limolitas conjunto dos quebradas.
I-63	Chert Dos Quebradas.
I-64	Doleritas (Villa Carmelo).
I-65	Arcillas rojas a amarillentas.
I-65	Sedimentos terciarios (conjunto de Cali o Lili).
I-67 - 68	Aglomerado formación Popayán.
I-69	Arcillas amarillentas del grupo dolerítico.
I-70 - 71	Sedimentos terciarios en contacto con doleritas.
I-72	Arcillas amarillentas del grupo dolerítico.
I-73	Secuencia sedimentaria terciaria (Alto del Rosario).
I-74	Formación Popayán.

<u>No. Estación</u>	<u>Descripción</u>
I-75	Secuencia conjunto de Cali (Mina Lilí)
I-76	Sedimentos terciarios (arcillas y areniscas).
I-77	Ladrillera Normandía, (arcillas terciarias).
I-78	Sedimentos terciarios, (conjunto de Cali o Lilí).
I-78 A - 79	Formación Popayán.
I-80 - 81	Secuencia sedimentos terciarios.
I-82- 83	Arcillas rojas a amarillentas del grupo dolerítico.
I-84	Secuencia sedimentos terciarios.
I-85	Secuencia de arcillas con intercalaciones de vetas de carbón.
I-86 - 93	Secuencia sedimentos terciarios.
I-94	Contacto terciario-cretáceo.
I-95 - 97	Secuencia sedimentos terciarios.
I-99	Sedimentos cuaternarios.
I-99	Arcillas rojas a amarillentas meteorización de las doleritas.
I-100	Contacto terciario-cretáceo.
I-101-102	Secuencia de sedimentos terciarios.
I-103-105	Secuencia de sedimentos terciarios.
I-106-112	Secuencia de sedimentos terciarios.
I-113-114	Arcillas rojas a amarillentas producto de la meteorización de las doleritas.

<u>No. Estación</u>	<u>Descripción</u>
I-115	Secuencia de sedimentos arcillosos.
I-117-119	Secuencia de sedimentos terciarios
I-120	Doleritas muy diaclasadas.
I-121-122	Secuencia de sedimentos terciarios.
I-123	Contacto terciario-cratáceo.
I-124	Conglomerado basal del terciario.
I-125	Doleritas meteorizadas.
I-126-127	Secuencia de sedimentos terciarios.
I-128	Contacto terciario-cratáceo.
K-1	Doleritas (El Topscio).
K-2	Meladiorita anfibólica.
K-3	Tonalita.
K-4	Doleritas
K-5	Tonalita
K-6-10	Doleritas.
K-11-16	Doleritas.
K-17	Gabro anfibólica-piroxénica.
K-18-19	Doleritas.
K-20-26	Doleritas (cabeceras río Pichindó).
K-27-28	Gabro (carretera Cali-Panca).
K-29-30	Doleritas (carretera Cali-Panca).
K-31	Granodiorita biotítica.
K-32	Secuencia de sedimentos terciarios.
K-33	Doleritas.
K-34-36	Secuencia de sedimentos terciarios.
K-35 A	Waca arcóica de grano fino.

<u>No. Estación</u>	<u>Descripción</u>
K-37-38	Secuencia de sedimentos terciarios.
K-39-40	Formación Papayán.
K-41-43	Secuencia de sedimentos terciarios.
K-44-47	Arcillas rojo-amarillentas producto meteorización de las doleritas.
K-48	Secuencia de sedimentos terciarios.
K-49-50	Arcillas rojas-amarillentas producto meteorización de las doleritas.
K-51	Secuencia de sedimentos terciarios.

GLOSARIO

G L O S A R I O

- AFLORAMIENTO** : Efecto de aflorar.
- ANTICLINAL** : Configuración de las rocas astringidas que se pliegan, en las rocas que se inclinan en dos direcciones diferentes a partir de una cresta, formando un arco con la convexidad hacia arriba.
- BANCO** : Es una roca simple que en el afloramiento presenta un relieve particular.
- CAPA** : Unidad litológica compuesta de uno o varios estratos.
- CADENA DE MONTAÑAS**: Serie o grupo de montañas consecutivas que tienen una dirección bien definida.
- CHARNELA** : Cabera de un pliegue ó lugar donde se dobla.
- DEFORMACION** : Cambio de dimensiones de la materia como reacción a un esfuerzo.
- DESCOMPOSICION**: Sinónimo de intemperismo químico.
- DEPOSITACION** : Acción y efecto de depositarse los

materiales pétreos que han de formar luego las rocas.

DENDRITICO : De forma arborescente.

DISCORDANCIA : Falta de correspondencia o conformidad entre las capas de rocas.

ESTRATOS : Depósito sedimentario continuo, homogéneo, separado de los depósitos superiores e inferiores por un cambio marcado en la composición o por una superficie de erosión.

EJE DEL PLIEGUE: Línea que en proyección vertical representa el plano axial de un pliegue.

ESTRATIFICACION: Estructura producida por el depósito de sedimentos en estratos

ESTRUCTURA MONTAÑOSA: Estructura producida por la deformación de las rocas.

FACIES : : El ensamblaje de los caracteres de una roca o de una unidad sedimentaria, resultado de las condiciones geográficas, climáticas, topográficas, físico-químicas y biológicas.

FALLA : Superficie de ruptura de una roca a lo largo de la cual ha habido movimiento diferencial.

- FARALLON** : Masa de roca de paredes abruptas que a manera de isla pequeña aislada, permanece enfrente del extremo de un promontorio. Ha quedado separado por la erosión y por intemperismo.
- FLANCO** : Una de las dos partes de un anticlinal o sinclinal que quedan a cada lado del eje.
- INDICE DE PLASTICIDAD**: Variación del contenido de agua entre los límites líquido y plástico.
- LIMITE PLASTICO**: Menor contenido de agua en el cual el suelo es plástico.
- LEY DE LAS RELACIONES DE INTRUSION**: Una roca es más joven que cualquiera otra a la que corta o intruye.
- NIVEL ESTRUCTURAL**: Se lo define como un estado caracterizado por un mismo mecanismo de deformación.
- OROGENESIS** : Proceso de formación de las cordilleras en las zonas débiles y móviles de la corteza terrestre.
- PENDIENTE DE UNA CAPA O BUZAMIENTO**: Es el valor del ángulo que forma la línea de mayor pendiente de la capa con relación a la horizontal.

PLIEGUES ISOPACOS: Aquellos en que el espesor de los estratos se conserva constante, no importando cual sea su posición en el pliegue.

- PLIEGUE** : Doblez, surco o desigualdad en la corteza terrestre.
- RUMBO** : Dirección de la horizontal de la capa con relación al norte.
- ROCA** : Agregado de minerales de diferentes clases en proporciones variables.
- ROCA IGNEA** : Formada por altas temperaturas que permitieron la fusión de los minerales. Se llama ígneas intrusivas las rocas consolidadas a gran profundidad.
- REMOLDEO** : Aplicación repetida de esfuerzo constante a una arcilla.
- SINCLINAL** : Pliague cóncavo.
- TECTONICA** : Estudio de la estructura de la corteza terrestre y de los movimientos que ha sufrido.
- TIXOTROPIA** : Recuperación con el tiempo, de la resistencia estructural perdida por el remoldeo.

GEMCO Ltda.

B I B L I O G R A F I A

B I B L I O G R A F I A

ALLUM, J.A.E., 1.966. Photogeology and Regional Mapping. Pergamon Press Ltd. London.

ALVAREZ, J.: A. ORREGO; BOTERO, G. LINARES, E. 1.978.- Determinación de edad K/Ar del Stock de Suárez (Cauca). Departamento de Ciencias de la Tierra Geología No. 11, Medellín.

BURGL, H., 1.954. Mencionado por Keizer (1.954), Informe No. 1046 Serv. Geol. Nal. p.25.

CUCALON, H.I., 1.969. Geología del Valle Alto del Río Cauca en los departamentos del Valle y Cauca. Informe No. 1544, Serv. Geol. Nal. Bogotá (Publicado por la C.V.C.).

CUCALON, H.I. y RESTREPO HERNAN, 1.969. Lateritas Gibsíticas en la costa de la formación Popayán como recursos potenciales de Bau-xita en Colombia. Informe No. 1545 Serv. Geol. Nal. Bogotá.

C.V.C. BOLETIN PLUVIOMETRICO, 1.973-1.974. Informe C.V.C. 75-20. Cali. 1.975.

COATES, D.F., 1.964. Clasificación of rocks for "Rock Mechanics", Intern. J. Rock Mech. Mining Sci., 1.421-429.

DEERE, D.U. y MILLER, R.A., 1.966. "Engineering Classification and Index properties for intact rock", Tech. Rept. No. AFULTR 65-116, Air Force Base, Nuevo México.

DIEZEMANN, W. 1.951. Agua subterránea en el Valle del Cauca y posibilidades de su explotación. Informe No. 766. Serv. Geol. Nal.

FERNANDEZ, VICTOR, 1.966. Deslizamientos, investigación y corrección", inédito. Bogotá.

FAUCHER, DET, SAVOYAT, E., 1.973. Esquiss Geologique des Andes de L'equateur. Revue de Geographie physique et de geologie dynamique vol. XV Fasc. 1-2 pp.115-142 París.

GEMCO LTDA. 1.975 Estudio Geológico-Geomorfológico de las cuencas hidrográficas del río Claro-Jamundí y Timba. Estudio para la C.V.C.

GEMCO LTDA. 1.976. Estudio de explotación de Bauxita en la Cumbre y San Antonio. Estudio para el departamento del Valla del Cauca.

GANSSEER, A., 1.950, Geological and Petrographical on Gorgona Island in relation to North Western S. América. Reprinted from Bull Suisse de Min et Petr. Vol. 30, pp.218-237.

GOHMANN, A. y OTROS, 1.963. Cauca Valley Coal Survey L'auxiliare Technique et comptable. Auteco-Broussels.

GUILLEMOT, J. 1.968. Elements de Geologie. Institut Francais du Petrole, Societé des Editions Technip.

GÖBEL, V., W. STIBANE, F.R., 1.979. Edad K/Ar en hornblendas de Plutones tonalíticos cordillera occidental, Colombia S.A. Departamento de Ciencias de la Tierra Geología No. 19 Medellín.

HUBACH, E. 1.932. Informe sobre una exploración rápida de Cali a Yumbo, Vijes, Yotoco, Bolívar, Toro, Ansermanueva, Cartago, La Vieja, Tebaida, Zarzal, Sevilla. Inf. No. 204, Serv. Geol. Nal. Bogotá.

HUBACH, E. y ALVARADO, B. 1.934. Geología de los departamentos del Valle y Cauca, en especial del carbón. Informe No. 224, Serv. Geol. Nal. Bogotá.



MUBACH, E. 1.957. Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. Inst. Geol. Nal. Informe No. 1212, Bogotá.

JULIVERT, M. 1.968. Lexique Stratigraphique internationale Amerique Latine. Unión Internationale des sciences geologiques. Vol. V 650 pp. Colombia.

KEIZER, J., 1.954 (a), La geología del flanco oriental de la cordillera Occidental, en la región de San Antonio (Municipio de Jamundí), Valle del Cauca; Informe No. 1046 Serv. Geol. Nal.

KEIZER, J. 1.954 (b) Estudios geológicos en la región de Jamundí entre los ríos Guachintá y Jordán. Depto. del Valle; Informe No. 1064. Serv. Geol. Nal.

KRININE, D.P. y JUDO, U.R. 1.961. "Principios de Geología y Geotecnia", Omega S.A.

KOEPPE, C.E., and DE LONG, G.C., 1.958, Weather and Climate: Mc Graw Hill Book Company Inc.

LE CARPENTIER, C. La Geomorfología al Servicio de la Conservación de Suelos. Informe 45 Inderena, Bogotá, 1.972.

LEET y JUDSON, 1.974. Fundamentos de Geología Física.
Editorial Limusa, México.

LOPEZ, VERGARA, M.L., 1.971. Manual de Fotogeología.
Servicio de Publicaciones de la J.E.M.
Madrid.

MAPA ECOLOGICO DE COLOMBIA, 1.962. Instituto Geográfico-
co "Agustín Codazzi".

MATTAUER, M., 1.973. Les deformations des matériaux
de l'ácorce Terrestre. Hermann Editeurs,
París.

NELSON, H.W., 1.962. Contribución al conocimiento de
la cordillera Central de Colombia, sec-
ción entre Ibagué y Armenia. Serv.
Geol. Nat. Boletín, Vol. X, Nos. 1 a 3
Bogotá.

ORREGO, A., 1.975. Geología y ocurrencias minerales de
la parte Oeste del cuadrángulo N-6, Po-
payán. Informe 1.690 Instit. Nat. de
Inv. Geol. Min. Bogotá.

ORREGO, A. et al. 1.976. Geología del Cuadrángulo N-6
Popayán. Informe 1711 Instit. Nat. de
Inv. Geol. Min. Bogotá

PETTIJOHN, F.J., 1.963. Rocas Sedimentarias. Eudeba.
Buenos Aites.

RAASVELD, H.C., y KEIZER, J. 1.953. Estudio Geológico
preliminar de los carbones en la región
del río Timba. Informe No. 1052, Serv.
Geol. Nal.

ROSAS, H. 1.973. Estudio sobre depósitos de Bauxitas
en Cauca y Valle, especialmente en el
área de Morales-Eajibío. Informe No.
1642. Instit. Nal. de Inv. Geol. Min.
Bogotá.

SCIENTÍFIC AMERICAN, 1.974. Deriva Continental y Tec-
tónica de Placas. Editorial Blume.
Madrid.

STAGG, K.G. y ZIENKIEWICZ, O.C. 1.968. "Rock Mechanics
in Engineering Practice", John Wiley
and Sons. London.

STUTZER, O. 1.925. Acerca de la geología de la Cordi-
llera Occidental entre Cali y Buenaven-
tura. Comp. Est. Geol. of. Colombia
(1.934) Tomo II, pp. 39-52.

SCHWINN, W. 1.969. Guide book to the geology of the
Cali área Valle del Cauca, Colombia.
Colombian Society of Petroleum geologis-
ta and geophysicists. Bogotá

TAYLOR, D.W., 1.969. "Fundamentals of. Soil Mechanics"
John Wiley and Sons. Inc. New York.

TUERNER, F.J. y VERHOOGEN, J. 1.963. Petrología ígnea
y metamórfica. Ediciones Omega, S.A.

THORNBURY, W.D. 1.964. Principles of. Geomorphology
John & Sons. Inc. London.

URBINA, J. E, 1.974. Manejo de Cuencas Hidrográficas
centro Interamericano de Fotointerpre-
tación. Bogotá.

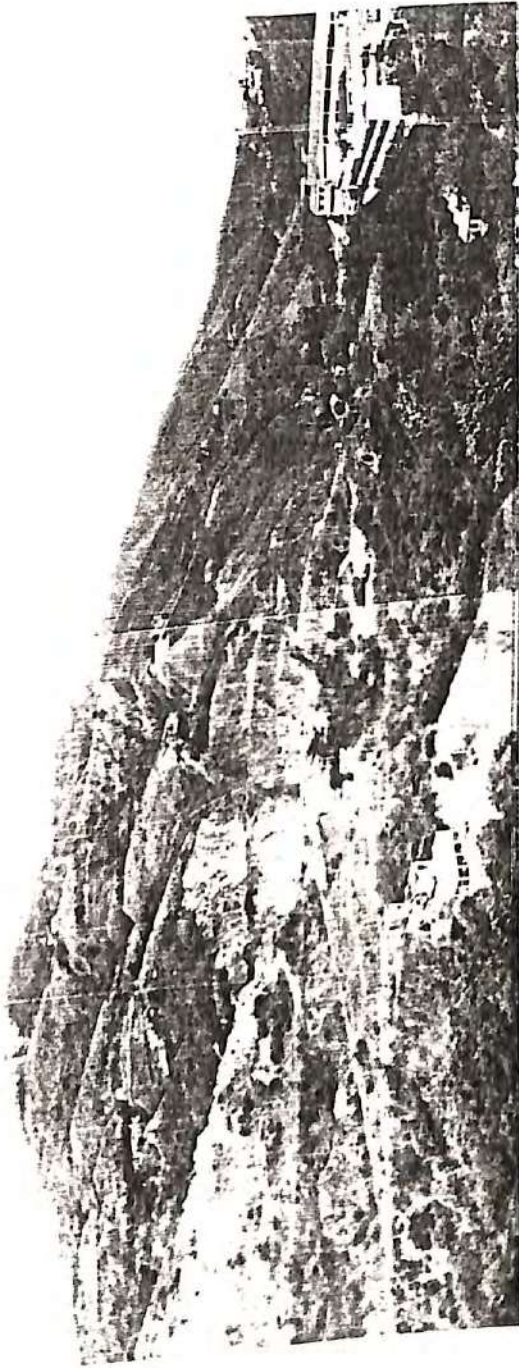
VAN DER HAMMEN. Th. 1.958. Estratigrafía del terciario
y Maestrichtiano continentales y Tecto-
génesis de los Andes Colombianos:
Bol. Geol. Vol. VI, Nos. 1-3, pp.67-128
(Informe No. 1279).



Fotografía No. 26: Explotación de las dolerites cerca al bosque municipal de Cali, la parte superficial de la cantera, la dolerita intemperizada.



Fotografía No. 27: Cabeceras del río Aguacatal hacia
el lecho del río existen varias
canteras de dolerita.



Fotografía No. 28: Explotación de las doleritas en la quebrada el Chocho afluente del río Agua-catal, al fondo la ciudad de Cali.

VII. GEOLOGIA HISTORICA.

Las rocas que forman el grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias, fueron depositadas durante la actividad volcánica submarina que se inició en el cretáceo superior; como las efusiones no eran continuas, durante los períodos de inactividad volcánica, se depositaron sedimentos glásticos tipo arenas, arcillas y chert.

Reiniciada la actividad volcánica, las efusiones submarinas cubrieron la incipiente sedimentación que se había iniciado; esto se repitió varias veces formando los diferentes niveles sedimentarios que se han encontrado intercalando a las doleritas. Coincidiendo con la actividad volcánica se produce un leve metamorfismo en las rocas que forman el grupo del Cagua o Faldoquera.

A finales del cretáceo y coincidiendo con la disminución de la actividad volcánica ocurren las intrusiones tonalíticas y de tipo gabroide que atraviesan las rocas que forman la cordillera occidental.

Posteriormente empieza la sedimentación del terciario en un ambiente paludal, propicio para la acumulación de turba que posteriormente forman las cuencas carboníferas.

A mediados del terciario (Mioceno), con el movimiento de las placas se forma la zona de subducción hacia el océano pacífico, completándose la orogénesis andina con la formación de las cordilleras oriental, central y occidental; al mismo tiempo hay una actividad ígnea intrusiva con las tonalitas que afectan principalmente a la cordillera occidental ya que en la cordillera Central la actividad ígnea predominante es el volcanismo. Con la orogénesis, las rocas fueron sometidas a una fuerte compresión que dió origen a fallas y pliegues. Posteriormente a finales del terciario y durante el cuaternario tenemos la fase de distensión que nos produce en la cordillera Occidental y Central, una deformación discontinua que se caracteriza por los sistemas de fallas que se formaron; al mismo tiempo se inicia una actividad volcánica exclusiva en la cordillera central, que dió origen a los volcanes que actualmente están extinguidos. A consecuencia de las deglaciaciones y la erosión, vino la deposición de todos estos materiales en la artesa formada por las cordilleras central y occidental que son los que vinieron a formar la planicie del río Cauca.

VIII. CONCLUSIONES.

Con el objeto que el presente estudio sea de la utilidad, básica para el manejo de las cuencas, hemos estudiado los aspectos geológicos, tectónicos, geomorfológicos y la estrecha relación con los suelos y zonas de desequilibrios que se forman en el área estudiada concluyéndose:

1. Geológicas.

- a) El grupo dolerítico con intercalaciones sedimentarias que con de chert ocupan el 70% del área de las cuencas de los ríos Pance-Meléndez-Cali Aguacatal.
- b) La secuencia de arcillas, areniscas y limolitas con intercalaciones de vetas de carbón; que constituyen el conjunto de Cali o Lili, el conjunto de la Buitrera, el conjunto del alto del Rosario y el conjunto de Dos Quebradas, ocupan el 20% del área de las cuencas.
- c) Las rocas intrusivas de tipo tonalítico y gabroídico que afecta a las doleritas principalmente, solo afloran al sur del área en la cuenca del río Pance.
- d) Los sedimentos cuaternarios y recientes, dentro de los cuales incluimos la formación Popayán, ocupan el 10% del área de las cuencas.

2. Tectónicas.

Las estructuras de compresión se formaron principalmente en:

- a) Conjunto de Cali ó Lili donde se han formado varios pliegues de tipo sinclinal y anticlinal.
- b) Conjunto de la Buitrera donde solo se ha formado un pliegue de tipo sinclinal.
- c) Conjunto del Alto del Rosario, que como el anterior solo se ha formado un pliegue de tipo sinclinal.

Por efectos del cizallamiento las rocas han sufrido un intenso fracturamiento siendo las principales fallas en:

- a) Grupo Dolerítico con Intercalaciones Sedimentarias.- Las principales fallas tienen dirección NE-SW paralelas al tren general de las cordilleras; estas fallas son: las de Panca, Cascarilla, Pichindé, Pichindécito y algunas de dirección perpendicular a las anteriores; siendo las principales: la de Lili y la de la Castellana; se observan muchos lineamientos y diaclasas paralelas a las direcciones predominantes.
- b) Grupo del Cauca.- Está afectado principalmente por el sistema de fallas de Cali y las fallas de Panca y Cascarilla.



3. Geomorfológicas.

Dentro de los procesos de evolución de las geofor-
mas, que tienen una estrecha relación con la recons-
trucción de los paisajes y relieves que existían en
los diferentes períodos, ha sido posible diferenciar
tres provincias geomorfológicas y una subprovincia
de gran importancia para los objetivos del estudio
en el desarrollo del plan de manejo de estas cuen-
cas. Las provincias son:

- a) Provincia geomorfológica del grupo dolerítico
con intercalaciones sedimentarias.
- b) Provincia geomorfológica del grupo del Cauca.
- c) Provincia geomorfológica de la formación Popa -
yán.
- d) Subprovincia de las doleritas de los farallones
de Cali.

4. Yacimientos Minerales.

El área ofrece unas magníficas perspectivas econó-
micas explotándose técnicamente los depósitos de
carbón; referente a la explotación de oro la acti-
vidad es casi nula, con algunos cateos en los anti-
guos trabajos de la mina El Socorro y en las cerca-
nías a la población de Panca. En cuanto a las arcil-
las industriales hay un buen potencial en los ni -

veles arcillosos de los sedimentos terciarios y en la que se refiere a los materiales de construcción, las reservas son inmensas por ser la dolerita la roca que se explota.

5. Ingeniería Geológica.

De lo expuesto en los capítulos anteriores se puede concluir que el área estudiada presenta condiciones normales de estabilidad natural.

Los problemas existentes en la actualidad son derivados de la intervención del hombre mediante la explotación de minas de carbón y canteras.

Existe una zona de estabilidad crítica que amenaza seriamente las edificaciones urbanas próximas a los cerros, particularmente al norte de la ciudad.

Hasta la fecha no ha existido ningún control sobre los trabajos de minería por lo cual los problemas se han incrementado en tal forma que su corrección, mediante la construcción de obras y aplicación de medidas restrictivas y reglamentarias, será muy difícil por la incidencia social que conlleva. Es necesario realizar un estudio detallado integral que permita tener un concepto claro de las condiciones en que se están llevando a cabo los trabajos de explotación.

IX. RECOMENDACIONES

Las cuencas de los ríos Panca-Meléndez-Cali-Aguacatal presentan zonas con problemas que necesitan especial atención, para lo cual se recomienda:

- a) Darle especial control con interventoría de C.V.C. contando con asesoría de geólogos con los trabajos que desarrollan los mineros en la explotación de los depósitos de carbón que no solo son rudimentarios, sino faltos de dirección técnica que asegure un completo aprovechamiento de las reservas. Salvo algunas minas que están trabajando técnicamente, la mayoría de los trabajos de explotación son hechos sin ningún control geológico minero.
- b) Controlar con la interventoría de C.V.C. y asesoría de geólogos, las explotaciones de las canteras de materiales de construcción.
- c) Se debe controlar la explotación de las arcillas en la fábrica de tubos Normandía, con interventoría de C.V.C. y asesoría de geólogos.
- d) Controlar la construcción de vías de acceso, con interventoría de C.V.C. y asesoría de un geólogo especialista en geotecnia.
- e) Geotécnicas.

El origen y magnitud de los fenómenos de inestabilidad presentes en las zonas altas no justifican la adopción de medidas de carácter preventivo o correctivo. No obstante, se hace necesaria una observación permanente de los fenómenos existentes para poder cuantificar su progreso y/o estabilización natural.

Los cauces de las quebradas deberán ser también objeto de observación permanentes. Algunos pequeños estrechamientos anómalos podrán ser corregidos manualmente con el fin de evitar posibles represamientos que posteriormente puedan dar origen a avenidas torrenciales.

No es recomendable la reforestación con especies de gran talla por cuanto los suelos, de tipo esquelético, no poseen la capacidad suficiente para sustentarias en pendientes tan pronunciadas como son las que se presentan en el área.

Dentro de la zona baja, considerada como crítica desde el punto de vista estabilidad, no se ha llegado a una cuantificación que permita dar con precisión las medidas correctivas más apropiadas.

Se considera imperiosa la realización de un estudio integral del problema en el cual se considere no sólo el aspecto geotécnico sino también la incidencia socio-económica de las medidas de carácter técnico que deben ser adoptadas y la secuencia de su aplicación.

No es posible predecir, en el tiempo, la ocurrencia de fenómenos de gran magnitud que afectarán peligrosamente la zona urbana más próximas a los cerros. Si es posible asegurar, en cambio, que han de presentarse necesariamente en magnitud que será incrementada proporcionalmente al tiempo que se dilata su solución.

Además, los costos de obras necesarias, la solución de los problemas sociales paralelos y la recuperación de las zonas, irán igualmente en aumento con el tiempo. De no ser posible la implementación de medidas de corrección en forma inmediata, si es posible, mediante una reglamentación, impedir la proliferación de trabajos y daños consecuentes en un futuro próximo.