

45-9.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA CUENCAS

HIDROGRAFICAS TULUA-MORALES

DICIEMBRE 1975

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

CVC

DEPARTAMENTO AGROPECUARIO

RECURSOS NATURALES

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

BIBLIOTECA

GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA

CUENCAS HIDROGRAFICAS TULUA - MORALES

Informe CVC N° 75 - 9

Por: Hernando Ruiz R.
Ing. Geólogo

Cali diciembre de 1974

Copia No Controlada CVC

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION.....	1
GEOLOGIA HISTORICA	3
GEOLOGIA ESTRUCTURAL	5
ESTRATIGRAFIA	7
Grupo Cajamarca	8
Diabasas	9
Tonalitas	10
Nogales	12
Formación La Paila	13
Formación Valle	14
Coluvios	15
GEOLOGIA APLICADA	16
Depósitos Minerales	16
Ingeniería Geológica	16
Recomendaciones para vías	16
Piscifactorías	18
Estabilidad	23
Aguas Subterráneas	24
GEOLOGIA MORFOLOGIA	25
Generalidades	25
Definiciones	25
Influencia del clima	26

	Pág.
Procesos de Meteorización	28
Meteorización de esquistos	28
Meteorización de Diabasas	29
Meteorización de Tonalitas	29
Meteorización del Terciario	30
Meteorización del Cuaternario	30
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
ANEXO: Análisis Petrográficas	34
BIBLIOGRAFIA	38

RESUMEN

En las cuencas hidrográficas de los ríos Tuluá y Morales se encuentran rocas desde el Paleozoico hasta el Reciente. Se destaca la gran masa de diabasas y tonalitas que en su mayoría están bastante metcorizadas.

El rasgo más importante que se debe tener en cuenta para el manejo de las cuencas es su baja estabilidad promedio, por lo cual es aconsejable ejercer un estricto control de las obras de ingeniería que se ejecuten, para no incrementar el desequilibrio ecológico. Se dan algunas recomendaciones para detener o tratar de corregir los problemas existentes.

INTRODUCCION

El estudio geológico y geomorfológico de las cuencas hidrográficas de los ríos Tuluá y Morales, se efectuó como parte de una serie de investigaciones básicas para elaborar el plan de manejo y aprovechamiento de las mismas.

El estudio se llevó a cabo en el área comprendida por las citadas cuencas, situada en la vertiente occidental de la cordillera central.

Para dar cumplimiento a dicho estudio se realizó un contrato entre la Corporación Regional del Cauca C.V.C. y el autor del presente informe.

El método de trabajo consistió en utilizar la base topográfica tomada de restituciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi en escalas 1:50.000 y 1:25.000, además de las fotografías aéreas correspondientes, que sirvieron esencialmente para la fotointerpretación geológica y geomorfológica.

Estas últimas fueron un importante instrumento para el trabajo de campo.

Sobre la zona estudiada o con relación a ella existen algunos trabajos que aportan valiosa información. Se pueden citar, entre otros autores, los siguientes: TULLIO OSPINA VASQUEZ, que trata sobre la geología de Colombia y especialmente del Departamento de Antioquia (1911). ENRIQUE HUBACH, en el informe No.224 del Servicio Geológico Nacional,

escribe sobre la geología de los Departamentos del Valle y del Cauca (1934). H.W. NELSON, hace una valiosa contribución a la geología del Valle del Cauca en 1957. Más tarde WILLIAM L. - SCHWIDN (1969), VICTOR MUÑOZ M. (1969) y HERNAN GOMEZ (1970) dan a conocer nuevas informaciones que aumentan el conocimiento de la geología del Departamento del Valle del Cauca.

El autor expresa sus agradecimientos a todas las personas que contribuyeron con su colaboración a la feliz culminación del presente estudio, en especial al Ingeniero Emilio García Rpa, jefe Administrador del Proyecto Ríos Tuluá y Morales, a los Ingenieros Geólogos Sigifredo Tenjo Gutierrez, Jefe de la Sección de Aguas Subterráneas de la C.V.C., Victor Muñoz Lora, Taissir Kassem y Rubén Darío Llinás Petrógrafo de la Universidad Nacional por la ayuda e información suministrada.

G E O L O G I A H I S T O R I C A

Las rocas más antiguas de la zona estudiada corresponden al grupo Cajamarca. La edad de este grupo no se ha determinado directamente por métodos paleontológicos, es decir, con fósiles. Se le asigna una edad paleozoica teniendo en cuenta su posición estratigráfica debajo de las calizas fosilíferas de la formación Payandé (NEILSON 1967). Estas rocas sufrieron metamorfismo regional de bajo a mediano grado y fué plegado posiblemente en la orogénesis caledónica, antes de ocurrir el metamorfismo que tuvo lugar posteriormente durante las orogénesis herciniana y andina.

En el cretáceo ocurre una intensa actividad volcánica submarina que origina el grupo diabásico y produce un suave metamorfismo en la base del grupo Dagua en la Cordillera Occidental.

La actividad volcánica disminuyó a fines del cretáceo y el geosinclinal empieza a levantarse sobre el nivel del mar. En este tiempo se suceden las intrusiones de tipo tonalítico.

A comienzos del terciario empieza la formación de rocas en cuencas parálicas, límicas y fluviátiles que dá origen a las formaciones Nogales y La Paila. Al final de esta edad geológica comienza la orogénesis que forma la actual cordillera de los Andes. Una actividad volcánica moderada acompaña a esa orogénesis y origina tobas y cenizas volcánicas.

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

Los plegamientos y las fallas de las cuencas hidrográficas de los ríos Tuluá y Morales, fueron originados por la orogénesis andina ocurrida a fines del Terciario (SCHWINN, W. 1969) y por la orogénesis de fines del paleozoico.

Los plegamientos se caracterizan por tener sus ejes una orientación general NNE-SSW (Nor-noreste-Sur-suroeste), es decir de acuerdo con la directriz andina regional. Parece que no existe zona alguna intensamente plegada. Los buzamientos de los flancos son variables.

Anticlinal del Picacho

Es el único plegamiento existente en el área estudiada. Se encuentra expuesto en una extensión de aproximadamente un kilómetro y medio, sigue una dirección Norte-Sur y está conformado por los estratos de la formación La Paila: conglomerados, arenas tobáceas y arcillas.

Hacia el norte y hacia el sur está cubierto por sedimentos del cuaternario: terrazas y depósitos aluviales. Es un anticlinal asimétrico, cuyo flanco occidental tiene una inclinación de aproximadamente 70° y el flanco oriental se inclina suavemente, entre 10° y 15°.

Falla Oriental

La falla más importante es la falla oriental o falla Cauca o

Romeral, que tiene una dirección aproximada Nor-noroeste-Sur-suroeste, y pone en contacto las rocas del grupo Cajamarca con las del grupo Diabásico. Tiene más de 150 kms. (HELSON, 1957) de longitud y un desplazamiento vertical bastante grande. Atraviesa la parte oriental de la cuenca del río Tuluá.

Existen otras fallas paralelas a la falla Cauca y algunas otras secundarias. Las que afectan al grupo Cajamarca han producido un ligero metamorfismo en los esquistos verdes.

Otras estructuras presentes son las intrusiones y diques tonalíticos que alcanzaron a producir metamorfismo epizonal de contacto en las rocas circunvecinas.

Falla del río Tuluá

Sigue una dirección Sureste-Noreste y marca el curso del río Tuluá. Corta algunas fallas del sistema regional paralelo a la falla Cauca. No se conoce la magnitud de su desplazamiento.

ESTRATIGRAFIA

La sucesión estratigráfica de las rocas presentes en las cuencas de los Ríos Tuluá y Morales es la siguiente: El grupo Cajamarca de edad paleozoica, compuesto por las rocas más antiguas tales como esquistos verdes, esquistos cloríticos, esquistos grafiticos y esquistos cuarcíticos; el grupo diabásico compuesto por diabasas que en algunas partes están afectadas por intrusiones, de edad cretácea; la formación Nogales de edad paleocena, depositada en un ambiente lacustre, formada por cherts calcáreos con material carbonoso y grauvacas intercaladas; intrusiones de Tonalita que atraviesan al grupo diabásico, de variable composición, se le asigna una edad comprendida entre el cretáceo superior y el terciario inferior; la formación La Paila, de origen continental fluvial, edad miocena, compuesta por tobas arenosas redepositadas, arcillas arenosas, areniscas de grano grueso y conglomerados; la formación Valle es la más joven, corresponde al cuaternario y está compuesta por depósitos aluviales.

En el presente capítulo se describe la sucesión estratigráfica y las particularidades de las rocas que afloran en la cuenca de los ríos Tuluá y Morales.

En el área se encuentran rocas desde el basamento paleozoico del grupo Cajamarca hasta depósitos recientes del cuaternario.

GRUPO CAJAMARCA Pés.

Es un potente grupo de rocas verdosas que afloran en la parte central y flanco occidental de la cordillera central a las que NELSON 1957, atribuye edad paleozoica por su posición estratigráfica debajo de las calizas fosilíferas de Payandé, de edad Triásico Superior. Son las más antiguas de las rocas aflorantes en la cuenca.

Litología

Se presentan comunmente como esquistos verdes con intercalaciones de esquistos grafiticos, esquistos cloríticos y cuarcitas de fractura concóidea, afectado por numerosas diaclasas casi perpendiculares al buzamiento que generalmente es mayor de 45° y rumbo general N-W.

Distribución

En general toda la parte oriental de la cuenca está compuesta de estos esquistos a excepción de algunas zonas intruidas por tonalitas en el sector Sur, Centro y Norte del área. El contacto con las diabasas está controlado por una gran falla que atraviesa la cuenca en dirección N-E- S-W. Geográficamente ésta divide la cuenca desde la Hacienda Andes al Sur, hasta el divorcio de aguas al Norte a unos cuatro kilómetros al W. de la hacienda La Cascada por la carretera a Santa Lucía.

DIABASAS Kd.

Son rocas esencialmente compuesta por derramés y flujos volcánicos dentro de las cuales se encuentran sedimentos del cretáceo superior. Su gran resistencia a la compresión 2.000 a 2.500 lbs. por pulgada cuadrada la hacen muy útil como material para afirmado de carreteras. Se meteoriza a arcillas amarilla-rojizas aptas para labores agrícolas.

Litología

El grupo de rocas diabásicas es de carácter masivo, color verde oscuro azulado, textura granular afanítica y ofítica de diabasas. En ciertas partes se encuentra con venas de feldespato, calcita y cuarzo. En la cuenca del río Morales sobre la carretera Venus La Marina se encuentran diques de Dunita, roca de origen volcánico con muy poca alteración.

Petrografía

La muestra HR 13t colectada cerca de la Q. Paraiso la presenta como una roca gris oscura afanítica débilmente porfirítica bastante dura fresca, con una costra de alteración limonítica, aspecto volcánico.

En la descripción microscópica resulta ser una roca volcánica de textura compuesta por fragmentos microscópicos de feldespato sin orientación especial que ha sufrido recristalización y que además presenta todos sus minerales ferromagnesianos alterados a Clorita rica en Hierro de color amarillo característico, de textura microcristalina en algunas partes y en otras de textura fibrosa. Se

presentan varias vesículas dejadas por gases.

Distribución

Las diabasas ocupan la parte central de la cuenca, en una faja ancha en sentido general N-S. El río San Marcos atraviesa gran parte de éstas en el sector Norte de la cuenca y al Sur se encuentran en todo el recorrido desde la inspección de Policía del Placer hasta la Hacienda Andes.

Están en contacto fallado al E con el Grupo Cajamarca por la gran falla de Romeral o Cauca y al W. otra falla en sentido general NE-SW las pone en contacto con las Tonalitas.

TONALITAS To.

Son cuerpos intrusivos de rocas ígneas semiácidas, la roca es de composición variable generalmente compuesta de cuarzo-dioritas con pequeñas cantidades de minerales oscuros, diorita y gabro. (MILSON H.W. 1957) le asigna edad Cretácea Superior Terciario inferior.

Litología

Dentro del área estudiada las tonalitas se presentan en contacto discordante con los cherts calcáreos arcillosos de la formación Nogales y principalmente intruyendo el grupo Cajamarca. También se encuentran intrusiones menores dentro del grupo diabásico como el mapeado en la Hacienda Siberia.

Petrografía

Los análisis efectuados a muestras del área de afloramiento de Tonalitas y la intrusión encontrada dentro del grupo diabásico en la Hacienda Siberia, coinciden en describirla como roca de color gris con manchas ferruginosas regularmente alterada, grano grueso, origen ígneo con componente esenciales Cuarzo, Feldespato y Biotita. Descripción microscópica: Roca de textura hipidiomórfica (granos bien desarrollados, gruesos, parejos). Compuesta por 50% de Cuarzo, 30% de Plagioclasa Tipo Oligoclasa), 12% Ortoclasa y 8% de Biotita. Los feldespatos presentan alteración a Sericita y Caolín y la Biotita se encuentra parcialmente cloritizada.

Distribución

Se encuentran ampliamente distribuidas en el área Sur-Occidental de la cuenca entre Buenos Aires y San Marcos. El río Tuluá corre a través de esta intrusión desde San Marcos hasta Mateguadua donde una gran falla las pone en contacto con los conglomerados y tobas de la formación La Paila. En el sector de Buenos Aires se hallan bastante alteradas y meteorizadas, factor que ha favorecido la inestabilidad del terreno.

NOGALES Ng.

Es una serie de arcillas y areniscas oscuras duras que se localizan cerca al río San Marcos y sus afluentes. Estas rocas forman una estructura plegada sobre los flujos de diabasa subyacentes. La estructura está limitada por el Oeste por una falla que corta el eje estructural y la pone en contacto con el cuerpo Tonalítico durante una considerable distancia. El espesor de esta formación puede

estimarse en unos 500 m. (MELSON, 1957) y su edad Paleoceno fue determinada por análisis de pólen fósil por T.v.d. HANSEN. La formación fue depositada en ambiente lacustre.

Litología

En general se presentan como arcillas oscuras calcáreas negras a pardo oscuras con material carbonoso y areniscas con contenido alto de Cuarzo y Feldespato (Grawacas).

Petrografía

La base de la formación está formada por Grawacas compactas compuestas de granos de cuarzo y feldespato, láminas de mica Biotita alteradas, ocasionalmente granos de augita (mineral ferromagnésico) y fragmentos de roca ígnea especialmente de tipo volcánico. El resto de la formación está compuesta por una sucesión de grawacas y capas delgadas de rocas silíceas.

Contienen además pirita diseminada y material carbonoso/

Distribución

Se extiende a lo largo del Río Nogales y el Río Tuluá, en el sector de la falla de Mansión y continúa como un cuerpo alargado hacia el Norte hasta cerca a La Marina.

FORMACION LA PAILA LP

La serie de sedimentos que afloran cerca a Tuluá dentro de la cuenca hidrográfica, son las mismas que KAISER J., NELSON H.W., y T.v.d. HAMLEN encontraron al oeste de Sevilla a los que denominaron formación LA PAILA. Es una serie de tobas volcánicas, con glomerados y arenas sueltas con intercalaciones de arcillas duras.

Litología y Petrografía

La base de la formación está compuesta de tobas dacíticas (material arenoso de origen volcánico) bien cementadas con fragmentos de mica y vidrio volcánico.

La parte media presenta bancos arenosos de color pardo, gran medio subredondeado, compuestas por cuarzo, sílice y feldespato en una matriz arcillosa tobácea.

La parte superior consta de conglomerados subredondeados, arenas tobáceas y arcillas. Los cantos y quijarros del conglomerado están compuestos de fragmentos de diabasas, cuarzo, dioritas, andesitas principalmente, dentro de una matriz areno-arcillosa localmente calcárea.

Distribución

Dentro de la cuenca hidrográfica del río Tuluá estos sedimentos se observan principalmente al Este de Tuluá, donde se encuentran afloramientos de conglomerados con intercalaciones de arenas y arcillas de la parte media y superior, sobre la vía a La Marina y Barragán, y se prolongan hasta el anticlinal del picacho al Oeste.

Formación Valle Qa - Qt

La formación Valle o piso del Valle está formada por sedimentos de deposición fluvial y terrazas. Los depósitos fluviales identificados en el mapa como (Qa) son el producto del trabajo de los ríos y sus detritos generalmente bien redondeados por el transporte pueden depositarse en llanuras, deltas, lagos etc.

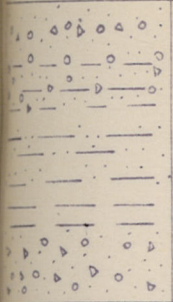
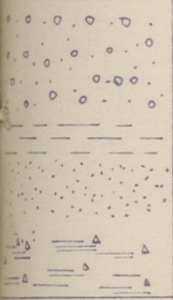

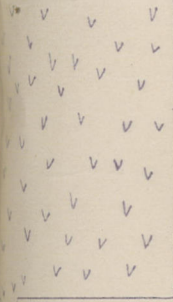

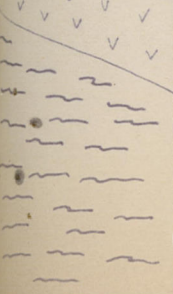
Las terrazas se identifican como (Qt) e indican un nivel anterior del río, generalmente compuestas de grava, aluvión y arena. Las principales terrazas han sido formadas por el río Tuluá y se encuentran al Este de la ciudad . Un kilómetro al Este de Tuluá la carretera a La Marina atraviesa unos tres kilómetros de estos sedimentos, lo mismo que la carretera a Mateguadua.

COLUVIOS Qc

Son depósitos provenientes de fragmentos de talud generalmente causados por avalanchas, con cantos y bloques angulosos, son terrenos inestables por ser poco cohesivos.

Se destaca el área de Monteloro donde ya se notan principios de soliflucción. En la Playa del Buey una buena parte del carretable en construcción, va sobre coluvios y algunos conos y depósitos de ladera de menor importancia como el de Los Bancos.

SUCESION ESTRATIGRAFICA EN LA CUENCA HIDROGRAFICA DE LOS RIOS TULUA Y MORALES

	EDAD GEOLOGICA	NOMBRE LOCAL	LITOLOGIA	FACIES
	CUATERNARIO RECIENTE	FORMACION VALLE	Depositos aluviales, conos aluviales, depositos coluviales, terrazas.	Fluvial
	TERCIARIO MIOCENO	FORMACION LA PAILA	Conglomerados con guifarras subredondeados de diabasas, cherts, feldspatos en matriz arcillosa. Bancos y lentes arenoso arcillosos Tobas dosificas grises micaceas.	Fluvial
	TERCIARIO INFERIOR	FORMACION NOGALES	Cherts calcareos oscuros con material carbonoso y grawocas intercaladas.	Fluvial Limnico
	CRETACEO SUPERIOR	TONALITAS	Roca alterada y fracturada compuesta de cuarzo feldspato y minerales maficos.	Intrusiones de cuarzodiorita y tonalita
	CRETACEO MEDIO	GRUPO DIABASICO	Diabasas grises con algunas capas intercaladas de cherts siliceos.	Marina Volcanica
	PALEOZOICO	GRUPO CAJAMARCA	Esquistos verdes con intercalaciones de esquistos grafíticos, cuacitos con esquistos grafíticos. Esquistos gnéisicos.	Rocas Metamórficas

GEOLOGIA APLICADA

Depósitos Minerales

Se destacan dos yacimientos así :

- a) Cerca de San Lorenzo existen mineralizaciones de oro y plata en filones de cuarzo. Está en período de exploración, aunque en forma muy precaria por la Compañía Minera La Marina. Las vetas de cuarzo con oro diseminado se encuentran atravesando tonalitas. Parece un prospecto minero aceptable, aunque no de gran magnitud.

- b) En el sitio denominado El Diamante aparecen afloramientos de sulfuros, especialmente pirita y calcopirita. Se encuentran en explotación incipiente a escala muy reducida, a tajo abierto. No se han hecho trabajos explotatorios a nivel técnico. El indicio de cobre es favorable y prometededor.

Por otra parte, se anota que existen varios sitios aptos para la explotación de materiales de construcción.

Ingeniería Geológica

Recomendaciones para vías

Las condiciones generales para la construcción de vías no son muy favorables. La mayor parte del área montañosa es rela-

tivamente inestable y la construcción de obras de ingeniería, caminos especialmente, aumenta el grado de inestabilidad y causa enormes perjuicios con la mayor degradación de las cuencas.

Como ejemplo de situación crítica se puede mencionar el de los alrededores de la población de Buenos Aires, donde la construcción de una carretera hecha a la ligera, sin planeación alguna, sin prospectar obras de drenaje adecuada, ha causado un serio perjuicio y ha aumentado notoriamente la inestabilidad de la zona.

Por consiguiente, es necesario fiscalizar cuidadosamente la construcción de cualquier camino carretable teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Análisis de estabilidad relativa de la zona por donde pasa la vía.
- b) Estado de meteorización de las rocas e influencia del clima.
- c) Diseño correcto de taludes, teniendo en cuenta la capacidad portante y otras propiedades físicas de las rocas.
- d) Planeación de la construcción, asegurando que las obras de drenaje se harán simultáneamente o en concordancia con el avance en el corte de la vía.
- e) Interventoría estricta a cargo de un Ingeniero Civil debidamente asesorado por un Geólogo.

Piscifactorías

En razón a la baja estabilidad promedio del área comprendida por las cuencas, es desaconsejable establecer piscifactorías en la mayor parte de las zonas que topográficamente presenten condiciones favorables.

No obstante hay dos sitios que podrían utilizarse para tal fin: la depresión que se halla frente a la Inspección de Policía de El Placer y en predios de la Hacienda Andes al Sur de la cuenca del río Tluá, donde podrían construirse estanques piscícolas.

En general, es aconsejable para el desarrollo de la piscicultura el aprovechamiento de las lagunas naturales de la parte oriental de la cuenca, en vez de construir costosos estanques en terrenos no recomendables por su baja estabilidad.

Desplazamientos terrestres

Son numerosos los sitios afectados por desplazamientos terrestres, en mayor o menor grado. Se manifiestan en forma de deslizamientos, fluencia de tierras, asentamientos y desprendimientos.

Las zonas más afectadas por deslizamientos son :

- a) En las cercanías del Poblado Santa Lucía, en dirección N70W desde éste, hay derrumbes incipientes con escarpes en cota 2950 . Es una zona potencialmente inestable, en aquellos sitios donde no hay bosque.
- b) En la carretera El Placer - La Palmera se presentan deslizamientos en diabasas meteorizadas. El talud de la vía es casi vertical lo cual favorece la acción de los derrumbes. Estos ocurren después de caer fuertes lluvias. Según observaciones hechas en diferentes ocasiones, con más de 30 mm. de precipitación es segura la ocurrencia de derrumbes.
- c) Sobre la vertiente oriental de la quebrada Nogalito a unos 700 mts. al norte de El Placer, existe un deslizamiento con numerosos asentamientos con más de un metro de desplazamiento vertical en la banca del camino en construcción. Las causas de este deslizamiento son: el socavamiento lateral de la Quebrada Nogalito y la coincidencia de un plano de diaclasas con la dirección de la pendiente topográfica. El plano principal de las diaclasas tiene un rumbo N60°E y una inclinación de 65°. Entre otras cosas, cabe anotar que en esta zona no se debe construir carretera alguna.
- d) En las cercanías de Buenos Aires se presentan deslizamientos con graves implicaciones. Esta es una de las zonas de mayor peligro geo-

lógico. Los deslizamientos están acompañados de algunas cárcavas con indicación de erosión acelerada. Al NW de la población existe una enorme cárcava. La roca subyacente es tonalita meteorizada en alto grado. Las cabeceras de los torrentes muestran en alto grado. Las cabeceras de los torrentes muestran fuertes pendientes y un al to contenido de humedad. El problema se localiza a lo largo de la subcuenca por erosión regresiva acelerada y malas prácticas agropecuarias. Los deslizamientos son del tipo " golpe de cuchara " El origen principal de estos deslizamientos se encuentran en la parte media de la cuenca de la quebrada La China, desde donde se ha incrementado la erosión regresiva por acción humana. Esta zona merece primordial atención, teniendo en cuenta el peligro de una catástrofe que afecte a la población de San Pedro, pues los constantes deslizamientos pueden represar la quebrada y producir avalanchas de lodo. El peligro es aún mayor en caso de ocurrir sismos de alguna intensidad en épocas de lluvias.

- v) A tres kilómetros al norte de la población de Buenos Aires en las inmediaciones de la escuela de pocitos, existe una zona muy inestable caracterizada por la acción de erosión laminar acelerada en todos los sitios donde se ha quitado el bosque y por una preciable erosión de orillas en la quebrada Mesones. Allí, la alta meteorización de las rocas tonalíticas, el mal manejo del suelo, además del desequilibrio producido por el corte de la carretera, hecho con

torpeza, sin tener en cuenta que las obras de drenaje deben hacerse en concordancia y relación con los cortes de talud, han contribuido a agravar la situación. Cabe anotar, que esta zona por estar altamente meteorizada no es muy conveniente para el trazado de una carretera con cortes altos y su construcción debe estar dirigida por ingenieros competentes y contar con su correspondiente asesoría geológica.

f) Al occidente de la Quebrada Nogales, frente a la Hacienda Argentina, en predios de las Haciendas " Las Damas " y " Siberia " hay fuertes desprendimientos y deslizamientos. Se deben a desintegración física y erosión de orillas intensa. Allí, la diabasa presenta bajo grado de meteorización, pero está muy fracturada.

g) En la región de El Paraíso al Sureste de San Lorenzo (a tres kilómetros de distancia, aproximadamente), en los alrededores de la escuela, las rocas muestran mucha inestabilidad con desprendimientos, algunos de estos generados en antiguos asentamientos. Al costado norte de la escuela es grande la acción de la erosión regresiva. La meteorización es avanzada, debido a la precipitación pluvial relativamente alta.

- h) En el Diamante, se halla una zona de peligro geológico deslizamientos y asentamientos considerables. La erosión regresiva es intensa y con presencia de cárcavas. La explotación minera, aunque muy reducida, influye en la aceleración de los deslizamientos. En este lugar es posible planear una explotación a cielo abierto, que esté dirigida también a controlar los deslizamientos. Por ser esta zona la de más alta lluviosidad en la cuenca, la meteorización es intensa.
- i) La quebrada El Ahorcado está bastante afectada por socavamiento lateral intenso debido a crecientes originadas por derrumbes y represamientos en sus tributarios como la Quebrada Cachona.
- j) En la Quebrada Las Azules, situada hacia el extremo Noreste de la cuenca del río Tuluá se manifiesta una erosión excesiva con notorio arrastre de materiales. La zona de influencia de la quebrada es inestable. El cauce corre por esquistos grafiticos, lo que permite una erosión acelerada, pues es bien sabido que el grafito facilita los deslizamientos por sus propiedades lubricantes, especialmente cuando los planos de esquistosidad tienen la misma dirección de la pendiente topográfica.

Estabilidad

No se puede hablar de estabilidad en términos absolutos, por cuanto no existe una roca completamente estable. Pero para lo relacionado con la ingeniería, donde la estabilidad de las pendientes se establece como algo relativo, se refiere a la mayor o menor posibilidad de desplazamientos terrestres.

Para establecer la estabilidad relativa de las rocas en la cuenca del río Tuluá y en la cuenca del río Morales se tuvieron en cuenta los siguientes factores: litología, grado de meteorización, estructura geológica, tipo de erosión, pendiente topográfica y clima.

Así, se estableció para las cuencas hidrográficas de los ríos Tuluá y Morales la siguiente clasificación:

- I) Zonas relativamente estables
- IIa) Zonas potencialmente inestables con pendientes fuertes, alta precipitación pluvial y/o alta meteorización,
- IIb) Zonas potencialmente inestables con intensa erosión laminar o con desprendimientos y
- III) Zonas inestables con peligros geológicos.

Aguas Subterráneas

En las rocas metamórficas del grupo Cajamarca se descarta la posibilidad de hallar acuíferos debido a sus características litológicas. Igual consideración puede hacerse respecto al grupo diabásico. Respecto a las intrusiones tonalíticas se sabe que actúan como capas confinantes impermeables, cuando no están alteradas (ALVAREZ A y TENJO S., 1971).

La formación Nogales, aunque es sedimentaria no es muy favorable conformar acuíferos dadas sus características litológicas. Las rocas de esta formación no han sido estudiadas como posibles acuíferos.

Los sedimentos terciarios de la formación la Paila, presentan buenas cualidades hidrogeológicas, debido a la porosidad de algunas de sus unidades litológicas.

El relleno aluvial de la formación Valle, presenta óptimas condiciones como fuente de agua subterránea. Contiene acuíferos libres y confinados y un sistema múltiple de goteo. (ALVAREZ A. y TENJO S., 1971). Esta formación ha sido suficientemente estudiada por la Sección de Aguas Subterráneas de la Corporación Regional del Cauca C.V.C.

GEOMORFOLOGIA

Generalidades

Se diferencian las formas constructivas y las formas erosionales.

Las formas constructivas que se pueden apreciar son: depósitos aluviales, coluvios, abanicos aluviales y terrazas.

Las formas erosionales se destacan por sus drenajes angulares odentríticos debidamente controlados por el sistema de fallas y fracturas.

Definiciones

Para la mejor comprensión del presenta informe, se dan a continuación algunas definiciones correspondientes a términos geomorfológicos, usados por los siguientes autores: THORNBURY, W.D y VON ENGELN O.D.

Aluvión

Se entiende por aluvión todos aquellos depósitos detriticos formados a causa del trabajo de los ríos, en las llanuras aluviales, en lagunas y lagos o en los deltas y estuarios.

Llanura Aluvial.

Es el producto fundamental de la acumulación fluvial.

Coluvios.

Son fragmentos y escombros de talud, depositados cerca de su origen, es decir no han sufrido mucho transporte.

Terraza fluvial

Es una superficie topográfica que indica un nivel anterior del río.

Valle

Es el resultado de la erosión fluvial.

Valle glacial

Es el producto de la erosión glacial. Generalmente tiene forma de U.

Influencia del clima

Los factores climáticos: Lluvia, temperatura, humedad, influyen en la configuración del relieve y en el grado de meteorización de las rocas.

El clima de las cuencas hidrográficas de los ríos Tuluá y Morales está determinado por: situación geográfica cercana al Ecuador, es decir en la zona tórrida; altura sobre el nivel del mar, entre 990 mts y algo más de 4.000 mts. en las partes más altas de la cordillera; régimen de lluvias, con dos períodos secos y dos de precipitaciones pluviales en el año.

Para el análisis morfogenético se tomaron los datos de las siguientes estaciones pluviométricas: El Placer, los Bancos Montaloro, La Gitana, Barragán, Alegrías y Tuluá acueducto. También se consultó el mapa de curvas isoyetas elaborado por el departamento de hidrología de la C.V.C.

A manera de ejemplo, que muestra algunos contrastes relacionados con el grado de meteorización se da el siguiente cuadro, donde la temperatura media se infiere de la altura sobre el nivel del mar:

<u>ESTACION</u>	<u>ALTURA</u>	<u>PRECIPITACION</u> <u>AÑO 1.972</u>	<u>INDICE DE METEO-</u> <u>RIZACION</u>
EL PLACER	2.144 m.	1.205 mm.	Alto
LOS BANCOS	1.956 m.	971 mm.	Medio
MONTELORO	1.861 m.	1.284 mm.	Alto
LA GIPANA	2.783 m.	1.417 mm.	Medio
BARRAGAN	3.100 m.	765 mm.	Medio
TULUA ACUE- DUCTO	1.014 m.	1.401 mm.	Medio
ALBERGIAS	2.291 m.	2.529 mm.	Alto

Es evidente que los datos meteorológicos y pluviométricos son muy precarios aún, ya que la mayor parte de las estaciones están operando a partir de 1.971. Lo deseable sería tener datos promedios de un período de veinte años por lo menos.

Procesos de Meteorización

De acuerdo con lo anterior y con los procesos de meteorización observados, la región tiene una morfogénesis moderada a mediana.

El procesos más efectivo observado, de remoción de los productos de la meteorización es el lavaje en mantos o erosión laminar. La intensidad de esta última depende en gran parte de la actividad humana (prácticas agrícolas y ganaderas. Tala de bosques).

La remoción en masa se acentúa igualmente por acción del hombre (construcción de obras civiles).

La meteorización química es más efectiva en las áreas de mayor lluviosidad. En las diabasas el proceso químico fundamental es la hidrólisis .

Meteorización de esquistos

Los esquistos del Paleozoico o sea del grupo Cajamarca se meteorizan principalmente por la acción del agua sobre el feldespatos cuando aquella tiene anhídrido carbónico disuelto. Da como resultado final minerales arcillosos. El sodio es lavado por el agua; cuando los esquistos tienen bastante cuarzo quedan residuos arenosos.

La frecuencia de minerales arcillosos en suelos derivados de esquistos depende principalmente de la precipitación pluvial, es decir que en aquellos lugares donde la acción de las aguas lluvias es mayor la proporción de minerales arcillosos aumenta.

El contenido en hierro de los suelos derivados de esquistos depende de la cantidad de anfíbol presente en estos.

Meteorización de Diabasas

Por acción continuada del agua se transforma en suelos rojos con gran cantidad de óxido férrico hidratado y alúmina. Esta transformación ocurre necesariamente en un clima tropical húmedo (MU. OZ 1969). Por la pérdida de las sustancias solubles estos suelos se empobrecen en magnesio, sodio, potasio y calcio con respecto al contenido de estos elementos en la roca fresca o inalterada.

Meteorización de Tonalitas

Las tonalitas se meteorizan y dan como resultado suelos ricos en óxidos de hierro, sílice y minerales arcillosos. El contenido de potasio puede ser aceptable en los suelos de la intrusión tonalítica de la Hacienda Siberia, al sur de la cuenca, debido al porcentaje de ortoclasa presente en dicha intrusión.

Meteorización del Terciario

En la formación Nogales compuesta por cherts calcáreos y grauvacas, es factible una mayor concentración de calcio en el suelo producido, pero su textura es, a veces, arenosa debido a los detritus silíceos.

Meteorización del Cuaternario

Los suelos derivados de la meteorización de los sedimentos del cuaternario tienen mayor variedad en sus componentes y en el tamaño de las partículas. Por esta razón son los mejores y más fértiles.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El área de las cuencas de los ríos Tuluá y Morales está seriamente afectada con degradaciones que llegan a convertirse en peligros geológicos. La cubierta vegetal en gran parte se ha deteriorado y la erosión laminar acelerada arrastra gran cantidad de suelos.

Tentativamente se hacen las siguientes recomendaciones :

- a) Reforestar las zonas cercanas a Santa Lucía, donde existe baja estabilidad.
- b) Construir zanjas de coronamiento para captar la escorrentía en las laderas que afectan los taludes inestables de la carretera El Placer - La Palmera.
- c) Prohibir la construcción del carretable que se está construyendo por la vertiente oriental de la Quebrada Nogalito cerca a El Placer.
- d) Hacer el estudio geológico de la cuenca del río San Pedro, con miras a recomendar obras para corregir el torrente Q. La China.
- e) Reforestar adecuadamente las zonas inestables cercanas a Pocitos y controlar el drenaje con zanjas. Es necesario suspender el corte de la carretera en construcción, hasta tanto no se planifique

que correctamente esta obra, teniendo en cuenta que no es posible hacer cortes en las zonas III del mapa de estabilidad, para construir caminos vecinales.

En la quebrada Mesones deben construirse empalizadas laterales en los sitios afectados por erosión de orillas.

- f) Reforestar con vegetación liviana las zonas inestables de la Hacienda " Las Damas " y " Siberia " y colocar empalizadas laterales paralelas al curso del río Nogales.
- g) En la región de El Paraíso urge emprender un plan de reforestación. Es necesario eliminar los cultivos limpios y las platane-ras.
- h) Estudiar detalladamente el yacimiento de sulfuros de El Diaman-te, para dirigir técnicamente la explotación a tajo abierto y a la vez controlar los derrumbes.
- i) Reforestar la parte alta de la subcuenca de la Quebrada El Ahor-cado, y construir empalizadas y obras de defensa laterales en sus tributarios, especialmente en la Quebrada El Diamante, en la Quebrada La Estrella y en la Quebrada La Cachona.
- j) A lo largo de la Quebrada Las Azules deben construirse diques transversales escalonados para modificar la pendiente del torren-te. Así mismo debe eliminarse la vegetación pesada en las orillas,

Al tiempo que se inicie una reforestación con vegetación liviana de raíces profundas.

- k) Controlar estrictamente la construcción de vías, ojalá con interventoría de la C.V.C., la cual debe contar con la suficiente asesoría de un geólogo. Se sabe de la enorme influencia nociva de la construcción de obras de ingeniería civil en la conservación de los recursos naturales, de ahí la gran importancia de esta recomendación .

A N E X O

Análisis Petrográficos de muestras traídas de la región de Tulud, realizados por el Departamento de Geología de la Universidad Nacional de Colombia.

HR03t.

Descripción macroscópica.- Roca color gris verdoso, de aspecto verdoso, textura brechoide, con planos de fricción en una de sus superficies como resultado probable de fallamiento. Los fragmentos se presentan en diferentes formas y tamaños pero compuestos en general del mismo material.

Descripción microscópica.- Roca de textura cataclásica en que fragmentos de tamaños mayores a los dos milímetros de formas angulosas y algunos pocos subredondeados flotan en una matriz microcristalina. Los fragmentos están constituidos en su totalidad de clastos de roca sedimentaria de grano fino posiblemente arcillolitas a limolitas bastante oscuras.

CLASIFICACION.- Cataclasita.

HR07t.

Descripción macroscópica.- Roca de color verde oscuro bastante compacta grano fino a medio, origen ígneo, notable pe-

so específico. Las partes externas presentan débil alteración y costras ferruginosas.

Descripción microscópica.- La sección delgada consta de un mosaico de granos uniformes de tamaño medio de OLIVINO relativamente fresco pues la serpentización está limitada a sus bordes y fracturas. Este mineral conforma el 95% de la roca. El 5% restante lo constituyen Magnetita en cristales euhedrales y un escaso porcentaje de mica blanca.

CLASIFICACION.- Dunita.

HR04t.

Descripción macroscópica.- Roca de color gris con manchas ferruginosas regularmente alterada, grano grueso, origen ígneo con componentes esenciales Cuarzo, Feldespato y Biotita.

Descripción microscópica.- Roca de textura hipidionórfica granular gruesa. Compuesta por 50% de Cuarzo, 30% de Plagioclasa (tipo Oligoclasa), 12% de Ortoclasa, y 8% de Biotita. Los feldespatos presentan alteración a Sericita y Caolín y la Biotita se encuentra parcialmente cloritizada.

CLASIFICACION.- Granodiorita Biotítica.

HR11t.

Descripción macroscópica.- Roca de color verde grisáceo y violácea de aspecto astilloso levemente esquistoso. En corte se aprecian fragmentos en formas elongadas de color violáceo y gris claro en una matriz de grano fino verdosa.

Descripción microscópica.- Roca fuertemente cigallada con abundancia de micropliegue y pequeñas fracturas. La matriz es microgranular de composición cálcico-sílico-arcillosa envolviendo fragmentos en forma de ojos de Calcita cuyas maclas se encuentran bastante dobladas por el efecto dinámico.

CLASIFICACION.- Semiesquisto derivado de caliza impura (Filonita).

HR12t.

Descripción macroscópica.- Roca afanítica de color gris atravezada por venas de Calcita, fractura subconcoidea, bastante dura. Sobre la superficie se aprecian dentritas de Pirolusita (En O₂).

Descripción microscópica.- Roca de grano muy fino compuesta en un 90% de Calcita parcialmente dolomitizada, atravezada por venas delgadas de Calcita completamente recristalizada en forma de mosaico. El 10% restante lo constituye la arcilla.

CLASIFICACION.- Caliza arcillosa microcristalina dolomitizada.

HR13t.

Descripción macroscópica.- Roca gris oscura afanítica débilmente porfirítica bastante dura, fresca, con una costra de alteración limonítica, aspecto volcánico.

Descripción microscópica.- Roca volcánica de textura compuesta por microlitos de feldespato sin orientación especial en una matriz que ha sufrido devitrificación y que además presenta todos sus minerales ferromagnesianos alterados a Clorita rica en hierro de color amarillo característico de textura microcristalina en algunas partes y en otras de textura fibrosa. Se presentan varias vesículas dejadas por gases.

CLASIFICACION.- Basalto vesicular (Espilita ?).

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

- 1.- NELSON, H. Wolfgang. Contribution to the Geology of the Central and Western cordillera of Colombia in the sector between Ibagué and Cali.
- 2.- HUBACH, Enrique, Geología de los Departamentos del Valle y Cauca, en especial del carbón, informe No. 87, Instituto Geológico Nacional. Bogotá, 1934 .
- 3.- SCIMMINI, William L. Guidebook to the Geology of the Cali area, Valle del Cauca, Colombia. Colombian Society of petroleum Geologists and Geophysicists. Bogotá, Mayo 1969.
- 4.- KRYWINE, Dinitri y JUDD, William. Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros, Ediciones Omega, Barcelona, 1961, P.P. 727 y siguientes .
- 5.- OSPINA BASQUEZ, Tulio. Reseña sobre la Geología de Colombia y especialmente del antiguo Departamento de Antioquia, Imp. de la organización, Medellín 1911, Reeditado por Tip Sonsón, Medellín 1939.

- 6.- GOMEZ, Hernán. Geología del Valle alto del Río Cauca, zonas I y II C.V.C. informe 1956, Servicio Geológico Nacional, 1970

- 7.- LUIÑOZ LORA, Victor. Inventario Geológico de la Cuenca superior del río Mira. Corporación Autónoma Regional del Cauca C.V.C. Palmira, 1969.

- 8.- ALVAREZ, Alberto y TENJO, Sigifredo. Hidrogeología del Valle del Río Sonso, Informe C.V.C. No 71-4 e informe Ingeominas No.1968. Cali 1971.