

43-14.V.1

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

CUENCA SUPERIOR DEL RIO NIMA

INVENTARIO GEOLOGICO

**CUENCA SUPERIOR DEL
RIO NIMA**

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
BIBLIOTECA

INVENTARIO GEOLOGICO



INFORME CVC No. 71-14 **Vol. 1**



**CORPORACION AUTONOMA
REGIONAL DEL CAUCA**

F E D E ERRATAS

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
BIBLIOTECA

| <u>PAGINA</u> | <u>DUNDE DICE</u> | <u>LEASE</u> |
|---------------|--|--|
| Indice | Esquistos Grafíticos | Esquistos Graffticos |
| Indice | Esquistos Cuarçiticos | Esquistos Cuarçiticos |
| Indice | Porfidos | Pórfidos |
| Indice | Micrograbos o Diabasas Cuarçiferas | Microgabros o Diabasas Cuarçíferas |
| Indice | Aluviones Coluvios y Taludes | Aluviones, Coluvios y Taludes |
| Indice | Depositos Aluvial- Coluviales | Depósitos Aluvial- Coluviales |
| Indice | Depositos Coluviales | Depósitos Coluviales |
| Indice | Depositos de Talud | Depósitos de Talud |
| Indice | Meteorización de Tonalitas y Porfidos | Meteorización de Tonalitas y Pórfidos |
| Indice | Muestra M-44- Neis Anfibolico | Muestra M-44 Neis Anfibólico |
| Indice | Muestra M-41- Neis Hornblendico | Muestra M-41 Neis Hornbléndico |
| Indice | Muestra M- 9- Augitica | Muestra M- 9 Augítica |
| Indice | Muestra M-63- Espilitica | Muestra M-63 Espilítica |
| Indice | Muestra M-40- Tonalita Biotitica | Muestra M-40 Tonalita Biotítica |
| Indice | Muestra M-23- Andesita Porfiritica | Muestra M-23 Andesita Porfirítica |
| 1 | Trabajo general del campo | Trabajo general de campo |
| 6 | Habria sido simultaneo | Habrfa sido casi simultaneo |
| 14 | Macroscópicamente de observar | Macroscópicamente se observan |
| 18 | Tonalita cuarzodiorita | Tonalita cuarzodiorítica |
| 18 | Fuente de dicho elemento pa ra el suelo | Fuente de fósforo para el suelo |
| 18 | W Nelson | W. Nelson |
| 23 | Losanálisis | Los análisis |
| 24 | (Vease primera parte) | (Vease segunda parte) |
| 31 | Cartografía geologica | Cartografía, geología |
| 32 | Sua lización | suavización |
| 32 | Causes | Cauces |

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA C.V.C.
DEPTO. AGROPECUARIO - SECCION RECURSOS NATURALES
ADMINISTRACION CUENCA RIO NIMA

INVENTARIO GEOLOGICO
EN LA
CUENCA SUPERIOR DEL RIO NIMA

por:

VICTOR MUÑOZ MORA
Ingeniero Geólogo

Palmira - Colombia

1.969

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
BIBLIOTECA

I N D I C E

| | |
|--|----|
| PREFACIO (Por Jefe Admon. C.R.N.) | |
| OBJETIVOS, MATERIALES, AGRADECIMIENTOS ----- | 1 |
| INTRODUCCION ----- | 2 |
| | |
| PRIMERA PARTE - GEOLOGIA HISTORICA Y ESTRUCTURAL | 4 |
| 1.1 <u>GEOLOGIA HISTORICA</u> ----- | 4 |
| 1.2 <u>GEOLOGIA ESTRUCTURAL</u> ----- | 5 |
| | |
| SEGUNDA PARTE - GEOLOGIA ESTRATIGRAFICA | |
| 2.1 <u>EL GRUPO CAJAMARCA</u> ----- | 7 |
| Esquistos verdes ----- | 7 |
| Esquistos grafiticos ----- | 9 |
| Esquistos cuarciticos ----- | 9 |
| Anfibolitas ----- | 10 |
| Neises ----- | 10 |
| Hornfelsas ----- | 11 |
| 2.2 <u>EL GRUPO DIABASICO</u> ----- | 13 |
| Diabasas ----- | 13 |
| Suelos rojos ----- | 15 |
| 2.3 <u>ROCAS INTRUSIVAS</u> ----- | 17 |
| Tonalitas y Cuarzodioritas ----- | 17 |
| Porfidos ----- | 18 |
| Micrograbos o Diabasas Cuarciferas ----- | 19 |
| | |
| 2.4 <u>CUATERNARIO</u> | |
| Pleistoceno ----- | 20 |
| Holoceno ----- | 20 |
| Aluviones Coluvios y Taludes ----- | 21 |
| Aluviones ----- | 21 |
| Depositos Aluvial-Coluviales ----- | |

| | | |
|----------------------|-------|----|
| Depositos Coluviales | ----- | 21 |
| Depositos de Talud | ----- | 22 |

TERCERA PARTE- GEOLOGIA APLICADA

| | | | |
|-----|---------------------------------------|-------|----|
| 3.1 | <u>YACIMIENTOS MINERALES</u> | ----- | 23 |
| 3.2 | <u>METEORIZACION</u> | ----- | 24 |
| | Generalidades | ----- | 24 |
| | Meteorización de Esquistos | ----- | 24 |
| | Meteorización de Neises y Anfibolitas | --- | 25 |
| | Meteorización de Diabasas | ----- | 26 |
| | Meteorización de Tonelitas y Porfidos | --- | 26 |
| | Suelos del Cuaternario | ----- | 27 |
| 3.3 | <u>DESPLAZAMIENTOS TERRESTRES</u> | | |
| | Generalidades | ----- | 28 |
| | Zonas afectadas: | ----- | 28 |
| | Factores | ----- | 29 |
| | Recomendaciones | ----- | 30 |

CUARTA PARTE - ANEXOS

| | | | |
|-----|-------------------------|--------------------------------|----------|
| 4.1 | <u>A N E X O N o 1-</u> | <u>ANALISIS PETROGRAFICOS</u> | |
| | Muestra M- 7 | Esquisto verde | ----- 34 |
| | Muestra M-29 | Esquisto verde-prasinita (Epi) | 35 |
| | Muestra M-51 | " " (Cataclas) | 36 |
| | Muestra M-45 | " "Espilita catac. | 37 |
| | Muestra M-36 | " "Hornfelda | 39 |
| | Muestra M-64 | " (Anfibol Epidota) | 40 |
| | Muestra M-35 | Anfibolita | 41 |
| | Muestra M-44 | Neis Anfibolítico | 42 |
| | Muestra M-41 | Neis Hornblendico Uralítico | 44 |
| | Muestra M-71 | Diabasa | 45 |
| | Muestra M-59 | Diabasa | 46 |
| | Muestra M-11 | Diabasa parcialm. alterada | 47 |
| | Muestra M-61 | " alterada | 48 |

| | | | |
|---------|-------|--------------------------|----|
| Muestra | M-61A | Diabasa Alterada | 49 |
| Muestra | M-66 | " " | 50 |
| Muestra | M- 9 | " Augitica | 51 |
| Muestra | M-63 | " Espilitica | 52 |
| Muestra | M-33 | Cuarzodiorita | 53 |
| Muestra | M-62 | " | 54 |
| Muestra | M-40 | Tonalita Biotitica | 56 |
| Muestra | M-60 | Granodiorita | 57 |
| Muestra | M-18 | Diorita Hornblendica | 58 |
| Muestra | M-21 | " " | 59 |
| Muestra | M-32 | Piroxenita (Harzburgita) | 60 |
| Muestra | M-23 | Andesita porfiritica | 61 |
| Muestra | M-24 | " " | 62 |
| Muestra | M-27 | " " | 63 |
| Muestra | M-31 | " " | 64 |
| Muestra | M-68 | Microgabro | 65 |
| Muestra | M-70 | Basalto | 67 |

4.2 A N E X O № 2 - ANALISIS QUIMICOS

BIBLIOGRAFIA

RESUMENES

P R E F A C I O

Con la delegación de los Recursos Naturales a la CVC, en las Hoyas del Alto Cauca, Alto Anchicayá, Alto Dagua y Alto Calima (Decreto Ley N° 3120 de 1.968) se creó el instrumento legal para que la CVC, iniciara el manejo técnico de las cuencas tributarias del Río Cauca y de las demás hoyas. En la programación realizada por el Departamento Agropecuario de la CVC, se establecieron prioridades para el manejo de las cuencas y se fijó un plan cuatrienal para iniciar el manejo en etapas y según las prioridades.

Dentro de las cuencas de primera prioridad figura la cuenca hidrográfica del río Nima que abastece de agua a la ciudad de Palmira y a varios Ingenios azucareros y que contribuye en parte a la generación de energía eléctrica en el Valle.

Para iniciar el manejo de la cuenca superior del río Nima se nombró en Enero de 1.969 al suscrito Ingeniero. Se acordó que se debía comenzar con un reconocimiento detallado de la situación actual de la cuenca y se contrataron 3 ingenieros para realizar los 5 estudios básicos a saber:

Inventario Geológico, Inventario de Suelos, Inventario de la Vegetación Nativa, Inventario de Uso Actual de la Tierra e Inventario de la Tenencia de la Tierra. Además se realizó una encuesta detallada para obtener datos concretos sobre la situación socioeconómica de la cuenca y se hizo un análisis estructural de los bosques.

El presente estudio geológico se realizó con el fin de conocer las formaciones litológicas existentes en la cuenca, su meteorización e influencia hacia los suelos, su erosibilidad y posibilidades para contrarrestar la erosión actual y potencial.

Se publica este estudio en pequeña edición para hacer llegar la información a aquellos que piensan aprovechar en una u otra forma lo investigado geológicamente y con enfoque hacia el manejo de la misma.

Ernesto Schrimppf
Jefe Admon. Cuenca Río Nima

OBJETIVOS, MATERIALES, Y AGRADECIMIENTOS

De acuerdo con el programa del Departamento Agropecuario de la Corporación Autónoma Regional del Cauca C.V.C., Sección Administración de Cuencas Hidrográficas, se celebró un contrato para el estudio geológico de la Cuenca Superior del Rio Nima entre la citada Corporación y el autor del presente informe.

Este estudio hace parte de una serie de investigaciones básicas para el manejo racional de la cuenca hidrográfica del Rio Nima. En particular, el estudio geológico sirve de base sustancial para el estudio del potencial de suelos y para aspectos importantes relacionados con el control de la erosión.

El trabajo de campo se inició el 7 de Marzo y se terminó el 21 de Mayo del año 1.969, no obstante las dificultades causadas por la inclemencia del tiempo y la abrupta topografía del sector de Los Cuervos y de la parte alta de los sectores Amberes y El Diamante.

Se utilizó la base topográfica tomada de las planchas Nos. 280 IV-C, 280-IV-D, 300-II-A, 300-II-B, del Instituto Geográfico Militar Agustín Codazzi; también se utilizaron fotografías aéreas que fueron especialmente útiles en la determinación de los depósitos cuaternarios y en la localización de las fallas, así como en el trabajo general del campo.

El autor agradece a todas aquellas personas y entidades, que de una u otra forma, contribuyeron a la feliz culminación del trabajo.

I N T R O D U C C I O N

No existen estudios geológicos anteriores que se refie - ran a la Cuenca del Rio Nima; pero existe alguna literatura sobre la Cordillera Central.

O. STUTZER, en el año 1.925, atravesó la Cordillera Cen - tral desde Ibagué hasta Armenia, tomando aproximadamente la - ruta por la cual está construída la actual carretera, y poste - riormente recorrió la vía Manizales-Mariquita. De acuerdo con sus estudios solamente se encuentren en esa zona, esquistos - metamórficos intruídos por granodioritas 1/.

En el periodo transcurrido entre los años 1952- 1956, H. W. NELSON hizo un meritorio estudio, en el que describe la es - tratigrafía general de la cordillera Central en el sector en - tre Ibagué y Cali, ampliando los estudios anteriores 2/.

Son valiosos igualmente, los estudios de E. GROSSE en An - tioquia, donde estudió detalladamente una región al Oeste de Medellín, donde aparece el grupo diabásico 3/.

E. HUBACH, hizo interesantes estudios a lo largo del rio Cucuana y el rio Bugalagrande, para aclarar las diferen - tes fa - cies del geosinclinal andino mesozoico en esa parte de la cor - dillera Central 4/.

Recientemente, los geólogos S. TENJO e I. CUCALON han - realizado estudios en los municipios de Pradera, Florida y Co - rinto, que infortunadamente no han sido todavía publicados.

Hay algunos aspectos geológicos, relativos a la forma - ción de suelos, que no han sido suficientemente tratados por los investigadores que han tenido la ocasión de estudiar zo - nas diversas de la cordillera Central, a excepción, tal vez de lo relacionado con los suelos rojos formados a partir de diabasas.

La cuenca hidrográfica del río Nima es una región montañosa y abrupta en su mayor parte. Sus valles presentan un estado morfológico juvenil y tan solo en la parte inferior se abren. Debido a la actividad de los glaciares durante el cuaternario, algunos valles tienen una conformación típica, con vertientes casi verticales y cuchillas con los bordes rocosos dentados.

PRIMERA PARTE-- GEOLOGIA HISTORICA Y ESTRUCTURAL

1.1

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

Las rocas más antiguas son las del grupo Cajamarca, a las cuales se atribuye una edad paleozoica, por estar debajo estratigráficamente, de las calizas fosilíferas de la formación Payandé de edad Triásico superior. Esas rocas sufrieron un metamorfismo de bajo a medio grado 2/.

El grupo Cajamarca fué posiblemente plegado en la orogénesis caledónica, pero el metamorfismo tuvo lugar posteriormente durante las orogénesis herciniana y andina.

El cretáceo se destaca por la intensa actividad volcánica submarina en una cuenca eugeosinclinal, que produce un ligero metamorfismo en la parte inferior del grupo Dagua (cordillera Occidental) 2/.

A fines del cretáceo, disminuye la actividad volcánica y simultáneamente las intrusiones tonalíticas afectan el geosinclinal, que entonces empieza a levantarse sobre el nivel del mar.

A principios del terciario ocurre la formación de los depósitos carboníferos en cuencas parálidas. Al final del terciario se inicia la principal fase orogénica que forma la actual cordillera andina. Una actividad volcánica acompaña esa fase orogénica, manifestada por la formación de tufas y cenizas.

El grupo Cajamarca formado por esquistos verdes, neises, cuarcitas y esquistos grafíticos representa las rocas más antiguas de la cordillera Central. Estas rocas han sido afectadas por dos períodos orogénicos. El más antiguo ocurrió al final del paleozoico y probablemente continuó en el mesozoico. Esta orogénesis causó un metamorfismo de bajo grado. La orogénesis andina ocurrida a fines del mioceno y en el plioceno - produjo el sistema de las fallas que predomina en la cuenca - del río Nima 9/.

El rasgo estructural más notorio que se observa en los afloramientos de los esquistos, es que los buzamientos están siempre dirigidos hacia el Este, con valores de 40° hasta 90°. No hay indicaciones de plegamientos intensos, toda la estructura parece ser un isoclinal.

La falla Oriental o falla Cauca, es la más importante, - tiene una dirección aproximada Norte-Sur. Esta falla pone en contacto el grupo diabásico con el grupo Cajamarca. Se extiende por más de 150 kilómetros y tiene un considerable desplazamiento vertical 2/. A ella están asociadas algunas fallas secundarias entre las que se destaca la falla de la quebrada El Bosque. Una prueba petrográfica muy fehaciente sobre los efectos de esta falla, es la extinción ondulante de la biotita - que se observa en la sección delgada de la muestra M-62, que demuestra el dinamismo que ha sufrido ese mineral como consecuencia de esfuerzos comprensionales principalmente. (Véase anexo 1).

La falla de Los Cuervos, es otra de gran magnitud y tiene una dirección paralela a la de la falla Cauca. Ha producido

un ligero metamorfismo dinámico en los esquistos verdes. La -
falla de las Guaguas es una falla secundaria asociada a la an
terior.

Todas las estructuras de la cuenca del río Nima, se pre-
sentan de acuerdo con la directriz andina regional, o sea, -
salvo pequeñas variaciones, con rumbo Nor-noroste, Sur-suroes-
te (Véase en el mapa las fallas Cauca y Los Cuervos).

La falla de Los Cuervos debió ocurrir algo antes del me-
tamorfismo que originó los neises a partir de los esquistos;
posteriormente las intrusiones tonalíticas produjeron un meta-
morfismo epizonal de contacto, probablemente ayudado por al -
gún metamorfismo dinámico (Las mismas causas del fallamiento);
en éste último caso el metamorfismo habría sido simultáneo al
fallamiento o simultáneo.

SEGUNDA PARTE - GEOLOGIA ESTRATIGRAFICA

2.1

EL GRUPO CAJAMARCA

La edad de este grupo, todavía no se ha determinado con exactitud. Sin embargo H.W.NELSON, considera, basado en poderosas razones, que corresponde al paleozoico. La correlación - que el citado autor hace con las calizas del Triásico y el hallazgo de graptolites en una zona de bajo metamorfismo, al Norte de la región por él estudiada, sustenta su aseveración 2/.

Las rocas del grupo Cajamarca que se presentan en la Cuenca del río Nima, son las siguientes: Esquistos verdes (prasinitas), esquistos grafiticos, esquistos cuarcíticos, neises y anfibolitas.

ESQUISTOS VERDES.

Son esquistos cloríticos, pero debido a su composición petrográfica, en la cual abundan la albita, los anfíboles (actinolita, principalmente) y la epidota (silicato de aluminio y hierro y calcio hidratado), se trata realmente de esquistos clorítico-epidótico-anfibólicos, llamados por los petrógrafos ingleses esquistos verdes, y por otros autores prasinitas 5/.

Son rocas más o menos compactas, que muestran la mayoría de las veces una fina esquistosidad, lustre sedoso visible sobre los planos de esquistosidad y su característico color verde. Su composición mineralógica, aunque varía, se caracteriza por la presencia de cuatro minerales principales: actinolita ($\text{Si}_8 \text{O}_{22} \text{Ca}_2 (\text{Mg}, \text{Fe})_5 (\text{OH})_2$), clorita ($\text{Si}_3 \text{O}_{10} (\text{Mg}, \text{Fe})_5 (\text{Al}, \text{Fe}^{III})_2 (\text{OH})_8$), albita ($\text{Si}_3 \text{O}_8 \text{NaAl}$) y epidota, este último

muy característico en las rocas metamórficas cristalinas, donde aparece como producto de la alteración de feldespatos, piroxenos, anfíboles y biotita 6/. Como minerales accesorios se destacan el cuarzo, calcita, biotita y moscovita, también puede presentarse talco, sericita, y pirita. La actinolita - tiene forma de agregados columnares radiales, algunas veces, pero comunmente aparece en forma fibrosa.

Los esquistos verdes varían gradualmente, pasando a esquistos grafiticos, cuando la composición mineralógica muestra grafito, un incremento en los porcentajes de cuarzo, sericita y moscovita, y la paulatina desaparición de la epidota. Esta variación, obviamente hace que aparezcan rocas de transición tales como esquistos grafitico-cuarcíticos, esquistos sericítico-cuarcíticos, etc, según la predominancia de determinado mineral.

Las variaciones en la composición de los esquistos, se deben posiblemente, a la alternancia de capas de diferente composición en las formaciones sedimentarias originales. Así por ejemplo, es lógico presumir, que las rocas con abundancia de grafito poseían una buena cantidad de materia orgánica; probablemente se trataba de shales o arcillas de origen orgánico.

Por su composición, se deduce que los esquistos se originaron por un metamorfismo regional de bajo a mediano grado de tipo epizonal.

En algunas prasinitas del sector Los Cuervos y del sector Santa Teresa, hay alguna cantidad de Talco (Esteatita, $\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2\text{Mg}_3$, silicato hidratado de magnesio). Este mineral se produce por transformación de la actinolita a causa de la presión reinante durante el metamorfismo regional. El talco por su untuosidad hace que los planos de esquistosidad se conviertan en superficies resbalantes que favorecen deslizamientos por gravedad.

ESQUISTOS GRAFITICOS.

Siguen en importancia a las prasinitas. De color gris a gris oscuro, lustre porceloso, son rocas relativamente blandas y forman un contraste geomorfológico con los esquistos verdes y con los esquistos cuarcíticos. Por su carácter suave y blando representan zonas deleznable, fácilmente erodables, que pueden ser consideradas en la mayoría de los casos, especialmente en donde hay fuertes pendientes o abundancia de escorrentía, como zonas de peligros geológicos.

Los constituyentes principales de los esquistos grafiticos son: grafito, cuarzo, albita, clorita y moscovita. Como accesorio importante aparece piritita (S_2Fe), cuyos cristales adquieren, a veces, un buen tamaño, hasta 0.5 cms.

Según aumente la cantidad de clorita y disminuya la cantidad de grafito, así como varíen las cantidades de otros minerales, como se dijo anteriormente, se presentan transiciones hacia esquistos cuarcítico-cloríticos, etc, hasta esquistos verdes propiamente dichos.

ESQUISTOS CUARCITICOS.

Son muy escasos. En verdad, se ha agrupado con esta denominación, para efectos del presente trabajo, los esquistos que presentan una cantidad apreciable de cuarzo, con una variación desde verdaderas cuarcitas hasta esquistos cuarzo-sericiticos, o hasta esquistos grafitico-cuarcíticos. Son de color oscuro, generalmente grises, relativamente duros, cuando están alterados se ven de color castaño debido al producto ferruginoso de alteración. El principal constituyente es el cuarzo que en la sección delgada se presenta en forma laminar. También contiene grafito, clorita y sericita en cantidades variables. Se originaron por metamorfismo regional de tipo dinámico.

mico a partir de areniscas probablemente intercaladas con arcillas arenosas.

ANFIBOLITAS.

En cuanto al tipo de metamorfismo que las originó están relacionadas con las rocas néisicas. Son un producto de metamorfismo regional de medio a alto grado, debido a efectos térmicos de la intrusión tonalítica. Sin embargo, la acción dinámica de esfuerzos relacionados con la orogénesis, ha contribuido notoriamente a la formación de estas anfibolitas.

Están compuestas de hornblenda, actinolita y plagioclasas principalmente. Los cristales de hornblenda están bien orientados, por lo general, y muestran un alineamiento paralelo de sus prismas; a pesar de eso, su esquistosidad es poco notoria. En algunas anfibolitas, de apariencia más esquistosa, predomina la actinolita que agrupa sus prismas en forma radial pero conservando una orientación general paralela; esto es, las agrupaciones radiales están orientadas paralelamente entre sí.

En el campo se encuentran como rocas bastante duras, de color oscuro, a veces casi negras; otras son de color verdoso debido al alto contenido de actinolita. Son relativamente escasas y por su asociación con los neises, forman con estos una sola unidad litológica para efectos cartográficos.

NEISES.

Son rocas de grano grueso, irregularmente bandeadas. Sus cristales muestran una orientación paralela entre sí. Los principales minerales que la componen son: cuarzo, feldspatos y anfíboles (especialmente hornblenda). Los minerales micáceos tienen mucho menos frecuencia que en los esquistos.

Son bastante duras. Aparecen al Oeste de la falla de Los Cuervos y al Este de Bellavista, de la quebrada El Derrumbe y de la quebrada El Rincón; están localizadas pues, en la parte alta de los sectores de Amberes y El Diamante. Debido a su dureza la topografía donde yacen estas rocas es abrupta, con fuertes pendientes; en general los neises son resistentes a la erosión.

En su formación pueden haber contribuido, tanto fenómenos de metamorfismo regional como de metamorfismo de contacto, o sea se formaron por metamorfismo regional dinamo-térmico. Esto quiere decir que el metamorfismo afecta una vasta zona y que fué producido por la acción combinada de presión dirigida y calor, que operaron a una cierta profundidad 7/.

Los esfuerzos tectónicos probablemente han predominado sobre la acción térmica, pero ésta última es también importante, si se tiene en cuenta el vecino emplazamiento de un cuerpo ígneo de cuarzodiorita.

Estas rocas las podemos considerar como paraneises, debido a que se originaron a partir de rocas sedimentarias depositadas en una cuenca marina geosinclinal. El contenido de grafito de algunos esquistos es un vestigio orgánico que prueba el origen sedimentario de las rocas del grupo Cajamarca.

Obviamente, el metamorfismo que formó los neises es de más alto grado que el que sufrieron los esquistos. Inclusive es factible que aquellos hubiesen sido esquistos anteriormente, pues por lo menos se han presentado dos épocas de metamorfismo íntimamente relacionadas con las orogénesis andina (Mioceno-plioceno) y premesozoica.

HORNFELSAS.

Forman parte de la aureola de contacto de la intrusión de

tonalita. Son bastante duras, su principal mineral constituyente es el cuarzo, de color verdoso claro y a veces grisáceo. - Los mejores afloramientos aparecen al Noreste de la escuela de La María, en la vertiente Norte de la Quebrada del mismo nombre, a unos 400 mts. de su cauce (punto M36 del mapa).

Las hornfelsas se han formado por metamorfismo de contacto, de carácter térmico, de grado medio a alto, a causa del - calor proveniente de la intrusión de cuarzodiorita-tonalita.

2.2.

GRUPO DIABÁSICO

En la parte baja de la cuenca hidrográfica del río Nima, aparecen diabasas, que se correlacionan con las rocas del grupo diabásico que afloran en la cordillera Occidental. A este grupo se le asigna una edad cretáceo medio-cretáceo superior, de acuerdo con los fósiles hallados en los cherts que están intercalados con las diabasas y que aparecen en la ya citada cordillera Occidental.

Las diabasas están en contacto inconforme con las rocas paleozoicas del grupo Cajamarca, debido a una fuerte dislocación que se extiende por más de 150 kms, desde los abanicos aluviales de Armenia en el Norte, hasta las inmediaciones del río Jambaló en el Sur 2/.

En la cuenca del río Nima las diabasas ocupan dos zonas morfológicamente distintas: una, que se caracteriza por suaves colinas y ondulaciones que corresponden a un estado de meteorización avanzada, cuyos resultados son unos suelos rojos, que alcanzan espesores considerables; otra, donde se presentan montañas con fuertes pendientes y formas algo abruptas que alcanzan elevaciones hasta de 2.700 mts. sobre el nivel del mar.

DIABASAS.

Fueron depositadas como derrames de lava submarinos, que brotaron a lo largo de fracturas, grietas o hendiduras de gran magnitud. Estas grietas se formaron por esfuerzos tensionales de la corteza terrestre. Este fenómeno ocurrió con la mayor -

parte de los derrames diabásicos en el mundo, durante el cretáceo 8/.

Es difícil encontrar en el campo la roca fresca, pues se altera con facilidad, dando como producto final suelos rojos con alto contenido de sílice, que se pueden considerar como semilateritas. La diabasa fresca, es una roca dura y compacta, de color verde oscuro, grano muy fino por lo general, aunque a veces el grano se hace relativamente más grueso en las partes centrales de los derrames.

La composición mineralógica de las diabasas varía dentro de ciertos límites. Algunas rocas consideradas como tales, llegan a ser por su composición y su textura, verdaderos basaltos. Están compuestos por plagioclasas sódico-cálcicas y por minerales ferromagnesianos, piroxenos principalmente. Los minerales accesorios más destacados son la magnetita (Fe_3O_4), la ilmenita ($TiO_2 \cdot FeO$) y la esfena. La mayoría de las diabasas presentan al microscopio petrográfico una estructura ofítica, característica de las verdaderas diabasas, en la cual los cristales de plagioclasa más o menos orientados, están incluidos dentro de cristales de piroxeno más grandes. Las secciones delgadas pueden indicarnos la posición de la muestra en el derrame, es decir, si corresponde al centro o al margen. Las zonas exteriores de un derrame, o zonas de contacto, tienen una estructura amigdaloides y presentan granos finos; por el contrario, la estructura ofítica y granos medios a gruesos, corresponde a la porción central del derrame.

Macroscópicamente se observan en estas rocas, varios tipos especiales de estructuras, algunas de las cuales podrían denominarse estructuras de alteración. La más típica, es de apariencia esferoidal, que es realmente un estado estructural de descomposición de la roca. La estructura conglomerática,

es en realidad una variación de la forma esferoidal; STUTZER, dice que la apariencia conglomerática es debida a la presencia de abundantes núcleos de roca fresca, que contienen bastante pirita y magnetita 1/. Otras formas, laminar y columnar, corresponden a aspectos estructurales de los derrames lávicos. El aspecto laminar o en forma de planchas, se debe a la sucesión en capas o mantos de las efusiones diabásicas, acompañado probablemente por una moderada presión estática producida por capas y sedimentos suprayacentes. Las formas columnares, parecen corresponder a derrames lávicos de composición basáltica; sin embargo, excepcionalmente se han hallado estructuras columnares en genuinas diabasas, cuya presencia no es fácilmente explicable.

En síntesis, puede decirse, que las estructuras laminar y columnar son inherentes a las propiedades físicas de la roca fresca, en tanto que la estructura esferoidal es fundamentalmente una forma de alteración. STUTZER, señala que algunas columnas y planchas al descomponerse se transforman en masas esféricas 1/.

También, se puede apreciar un fracturamiento en las diabasas, en forma de diaclasas, más o menos orientadas en determinadas direcciones. Estas juntas han permitido que el agua a celere el proceso de alteración. En las grietas, suelen depositarse películas negras de óxidos de manganeso, de formas arborescentes y dendríticas.

SUELOS ROJOS.

Es el producto final de la alteración de las diabasas. - La meteorización química de rocas ígneas básicas, que produce suelos rojos, puede considerarse como una lateritización. El ambiente favorable es un clima tropical más o menos húmedo.

El paso de diabasas a suelos rojos se produce por una li

xiviación intensa, casi completa del calcio y magnesio y una remoción de parte de sílice, mientras que el hierro y la alúmina permanecen y se concentran formando semilateritas.. Estos suelos no se pueden llamar lateritas en razón de su alto contenido de sílice.

La lateritización principal ocurrió en el plioceno-pleistoceno inferior, en relación con los fenómenos de erosión de la fase orogénica andina, pero hay vestigios en la cordillera Occidental de que ocurrieron también en épocas anteriores 8/. Es probable que hoy en día se esté produciendo lateritización, aunque en menor grado, teniendo en cuenta la precipitación y clima actuales.

Los suelos rojos pueden ser considerados como una formación o unidad litológica diferente a las diabasas. No obstante, para los fines del presente estudio se involucran en una sola unidad.

CAPITULO III

ROCAS INTRUSIVAS

TONALITAS Y CUARZODIORITAS.

En la región de Aguazul aparecen rocas tonalíticas, que corresponden a la parte más septentrional del cuerpo ígneo - que se presenta en su mayor extensión en la Cuenca del río Bolo y aún más al sur.

La composición de estas rocas varía de tonalitas biotíticas a cuarzodioritas biotíticas, esto es, que hay una predominancia de feldespatos sódico-cálcicos. (varía desde $\text{Si}_3\text{AlO}_8\text{Na}$ albita, a la anortita pura $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_8\text{Ca}$). El cuarzo varía entre un 10 % y un 30 % y se nota una abundancia de biotita ($\text{Si}_3\text{O}_{10}\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3$ al $(\text{OH})_2$), con un contenido en la roca de 20 % o más. El feldespato potásico ($\text{Si}_3\text{O}_{10}\text{AlK}$) aunque presente es muy escaso, pero suficiente para suministrar algo de potasio a los suelos resultantes de la descomposición de las citadas tonalitas.

El cuerpo intrusivo de Tonalita y Cuarzodiorita es la - continuación del que aparece en las Cuencas de los ríos Fraile y Bolo, que precisamente termina en la del río Nima. Allí aparece en el sector de Aguazul y se extiende hasta muy cerca de la Quebrada La María.

Los principales minerales que componen la Tonalita son - los siguientes: cuarzo aproximadamente 20 % a 25 %; plagioclasa (feldespatos sódico-cálcicos) más o menos 40 %; biotita 15 % a 20 %; anfíboles (Silicatos Ferromagnesianos con buena exfoliación); piroxenos (Silicatos Ferromagnesianos) y ortoclasa (feldespato potásico) 10 %.

Cuando esta roca presenta una disminución de ortoclasa, de tal manera que su porcentaje llega a ser menos del 5 % en-

tonces se convierte en una típica cuarzodiorita.

En la intrusión presente en Aguazul se distingue esa variación: tonalita cuarzodiorita (Véase anexo 1).

Los minerales accesorios más importantes de las tonalitas de Aguazul son el circón y el apatito. El circón (SiO_4Zr , silicato de circonio), muestra en la sección delgada una aureola de irradiación producida por desintegración radioactiva y que nos da a entender que la roca tiene cierta antigüedad. - (Véase anexo 1, muestra M-40). El apatito $(\text{PO}_4)_3 \text{Ca}_5 (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$, es un fluorofosfato cálcico que rara vez presenta cloro en su molécula 6/. En la sección delgada aparece el fluorapatito $(\text{PO}_4)_3 \text{Ca}_5 \text{F}$, su porcentaje llega a ser del 2 % o más; como se puede deducir tiene gran importancia por ser una fuente de dicho elemento para el suelo.

La edad de las intrusiones puede estar comprendida entre el cretáceo superior y el terciario inferior, según lo anota W NELSON, por estar relacionado con la intrusión tonalítica - de Buga estudiada por el citado autor 2/.

PORFIDOS.

Numerosas apófisis de la intrusión se presentan en forma de cuarzodioritas y tonalitas porfiríticas. Estos pórfidos intruyeron los esquistos del grupo Cajamarca penetrando por las zonas más débiles o sea aquellas en las que predominan los esquistos grafiticos, como lo evidencia la presencia de estos últimos en contacto con los pórfidos. El grafito se ha formado también por metamorfismo de contacto, aunque preferentemente se formó por metamorfismo dinámico.

Las apófisis porfiríticas en forma de diques, o mejor de silos puesto que se han metido por entre los planos de esquistosidad, son obviamente las últimas inyecciones del magma tonalítico ya segregado que llevó consigo fenocristales del fel

despato formado a gran profundidad y en condiciones de alta - presión. Los pórfidos son pues, una de las últimas fases de la diferenciación magmática de la intrusión de tonalita. Por la textura puede verse que el enfriamiento de los citados pórfidos o tonalitas porfiríticas fué relativamente rápido. Los fe nocristales de feldespató sódico-cálcico, como queda dicho, - venían en el líquido magmático, esto es, se habían crystalizado en una fase anterior cuyo enfriamiento fué lento.

MICROGABROS O DIABASAS CUARCIFERAS.

Al norte de la Quebrada "El Derrumbe" ya en las proximidades de su confluencia con la Quebrada Aguazul se observa un cerro muy pintoresco por cierto, de escasa magnitud, pero cuya morfología se destaca y contrasta con la de los cerros ale daños. Está compuesto por microgabro, que está asociado con - la intrusión tonalítica ya descrita, no obstante su naturaleza básica.

Por un fenómeno de diferenciación del magma tonalítico - se fueron a las partes más profundas de la cámara magmática - las soluciones más viscosas, o sea, las de carácter básico. - Por efecto de altas presiones, la parte básica o gabroide fué reinyectada cuando posiblemente ya había cristalizado la mayor parte del magma tonalítico. Así, quedó formado un cuello volcánico.

El microgabro presenta una abundancia de piroxenos y de plagioclasas sódico-cálcicas. Como mineral accesorio importante aparece la esfena (SiO_5CaTi). El cuarzo se halla presente en cantidades tales, que estas rocas pueden ser clasificadas como diabasas cuarcíferas. (Véase anexo 1, Muestra M-68).

CUATERNARIO

Durante el Pleistoceno y el Holoceno, se han acumulado - depósitos aluviales, coluviales y lacustres, formados por los despojos y detritus producidos por la erosión en la cordillera. Esos depósitos, en su mayoría, son fluvioglaciares por su relación con las deglaciaciones del cuaternario.

PLEISTOCENO.

La nieve se acumulaba, durante el pleistoceno, desde más o menos 2500 metros sobre el nivel del mar, y se formaron glaciares en las regiones altas de la cordillera Central. Los - deshielos transportaron bloques y cantos en una masa arenosa mezclada con algo de arcilla formando los depósitos fluvioglaciares. Estos sedimentos fueron transportados, a veces, hasta la planicie de la cuenca geológica del Cauca, contribuyendo a la formación del cono de deyección del río Nima. La acción de la descongelación ensanchó y ahondó el cauce del río Nima, sobre todo en la parte alta de la cordillera, como se aprecia por los rasgos morfológicos, tales como el valle en U y las - formas dentadas de los peñascos y de los riscos, muy características de las huellas de erosión glacial.

HOLOCENO.

En el Holoceno, o Reciente, la acción glacial disminuyó considerablemente e incluso ha llegado a desaparecer. En esta época, los depósitos han sido preferentemente fluviales, aunque también ha sido importante la formación de algunos depósi

tos coluviales por avalanchas de lodo; también se han formado depósitos de talud.

ALUVIONES, COLUVIOS Y TALUDES.

Brevemente se describirán a continuación algunos depósitos cuaternarios, tal vez los más importantes de la cuenca del río Nima:

ALUVIONES.

De la parte inferior de la cuenca, considerados a partir de la bocatoma Nº 2 hacia el Oeste. Compuestos por cantos redondeados y subredondeados de diabasa, neis, tonalita, pórfidos y esquistos, de diferentes tamaños, y una buena cantidad de arenas y arcillas (Véase en el mapa con la convención Qa).

DEPOSITOS ALUVIAL-COLUVIALES.

Como los que aparecen al Noreste de la bocatoma Nº 2, o en la desembocadura de la quebrada Las Mirlas, con detritus - tipo coluvium de cantos angulares, subangulares y subredondeados desprendidos y movilizados por gravedad principalmente, - mezclados con cantos redondeados y subredondeados, arenas y arcillas aluviales. (véase en el mapa con la convención Qac). El depósito de Las Mirlas es una mezcla de aluvión con material de talud. Un poco al Oriente de la citada quebrada se encuentra un remanente de terraza fluvioglacial antigua (pleistoceno inferior?) con cantos subredondeados y subangulares y algunos francamente redondeados de neis, diabasa y pórfidos - principalmente.

DEPOSITOS COLUVIALES.

Formados en su mayoría por avalanchas de lodo. Se destacan los que aparecen al Oriente de la quebrada Aguazul cerca a

su confluencia con el río Nima, formados por cantos angulares, subangulares y subredondeados de neises, cuarzodioritas, esquistos y pórfidos, y el de la quebrada Amberes que se presenta paralelamente a su cauce, allí aparecen bloques y detritus de neis en su gran mayoría. (En el mapa con la convención Qc).

DEPOSITOS DE TALUD.

Formados por fragmentos y bloques desprendidos por la acción combinada de la gravedad y el agua (hielo principalmente). La pendiente de los taludes, por lo general es muy alta, llegando a veces a ser casi vertical. Ejemplo de un depósito de talud, es el que aparece en la margen Oriental de la quebrada Los Cuervos, a pocos metros de la casa de Abraham Franco. En la citada quebrada, aparecen otros depósitos similares, tanto al Oriente como al Occidente de su cauce.

TERCERA PARTE - GEOLOGIA APLICADA

3.1 YACIMIENTOS MINERALES

La zona más favorable para la localización de yacimientos metálicos es indudablemente aquella donde se presentan rocas ígneas de composición intermedia. Infortunadamente no se hallaron minerales primarios de importancia económica en la intrusión tonalítica; apenas algunas trazas de cobre y cromo fueron encontradas en los análisis químicos.

El único mineral con posibilidades para una explotación económica es el grafito o plumbagina. Sin embargo hay que tener en cuenta que actualmente en el mundo se fabrica grafito artificial en gran escala a costos relativamente bajos; por consiguiente, sería necesario hacer un muestreo sistemático y numerosos análisis químicos, además de estudios del mercado, para saber si los yacimientos de grafito ofrecen buenas perspectivas económicas.

El grafito se utiliza principalmente en la fabricación de crisoles refractarios en la industria metalúrgica, mezclado con aceites en la fabricación de lubricantes, en la industria de lápices y para fabricar pinturas anticorrosivas.

Los neises, tonalitas, hornfelsas y cuarcitas pueden servir como eventuales yacimientos de materiales de construcción, pero su explotación estaría supeditada a la construcción de obras civiles relativamente cercanas a estas rocas.

GENERALIDADES.

Por ser el suelo, el producto final de una serie de cambios por los que pasa la roca, es interesante que se conozcan las transformaciones y procesos que se han efectuado en las rocas ya descritas en este trabajo (Véase primera parte).

Los principales minerales que componen las rocas metamórficas e ígneas que se encuentran en la cuenca del río Nima se reducen a los siguientes: cuarzo, feldespatos, micas y minerales ferromagnesianos. Por consiguiente conociendo los procesos que se efectúan en ellos, se tendrá una mejor idea de lo que acontece con la roca que los contiene.

Cualquier mineral de una roca puede sufrir alguno o varios de los siguientes fenómenos de alteración química: disolución, oxidación, hidratación o hidrólisis 10/.

El agua pura, en sí, no es un buen disolvente pero cuando contiene anhídrido carbónico (CO_2) en disolución, posee un poder disolvente bastante alto. La acción de erosión química más importante es la disolución del carbonato cálcico por las aguas. El carbonato cálcico es muy soluble, y las rocas que lo contienen se meteorizan con rapidez, dejando como material residual las sustancias no carbonatadas 10/.

METEORIZACION DE ESQUISTOS.

Por contener feldespato sódico y anfíbol (actinolita), además de micas (sericita) y en ocasiones talco, se meteoriza

así: El feldespato es fácilmente atacado por el agua que contiene anhídrido carbónico y origina al alternarse minerales arcillosos y sílice soluble, el sodio queda libre como consecuencia de su reacción con el agua (Albita + agua → mineral arcilloso (Silicato de aluminio hidratado + compuestos de Na y sílice en solución); La actinolita se descompone por la acción del agua y da como resultado arcillas ferruginosas y óxidos férricos, el calcio y el magnesio que contiene, se disuelven en forma de carbonatos o sulfatos y queda libre una parte de sílice soluble; las micas, que esencialmente son silicatos dobles de aluminio y potasio con algo de hierro ferroso, se dividen en finas laminillas que resisten los cambios químicos y pasan a formar parte de las arcillas.

El suelo procedente de los esquistos, posee principalmente minerales arcillosos con limonita y hematites. Aquellos esquistos con alto contenido de cuarzo, dejan fracciones arenosas. El carbonato cálcico (calcita) que se halla en algunos esquistos relleno de fracturas o espacios abiertos paralelos a los planos de esquistosidad, es un mineral secundario proveniente de la alteración de la actinolita y del feldespato sódico-cálcico, que se precipita a partir de las aguas carbonatadas. Es muy soluble y puede ser arrastrado nuevamente por el agua.

METEORIZACION DE NEISES Y ANFIBOLITAS.

En parte se alteran de una manera similar a los esquistos, pero debido a su mayor porcentaje de hornblenda, el suelo resultante probablemente debe contener una proporción mayor de arcillas ferruginosas.

Las anfibolitas, al descomponerse deben producir una cantidad aún mayor a la de los esquistos y neises, de minerales arcillosos ricos en hierro.

METEORIZACION DE DIABASAS.

El proceso más importante que ocurre en las diabasas, es un proceso típico de hidrólisis.

La presencia de suelos rojos (Semilateritas o latosoles), con abundante cantidad de óxido férrico hidratado, en forma de limonita principalmente, y alúmina, nos da a entender que se trata de suelos residuales que se han formado en un clima tropical húmedo. Ha habido por consiguiente una pérdida de sílice, en forma de ácido silícico. También ha habido pérdida de bases alcalinas y alcalinotérreas. En condiciones de humedad son arrastradas en forma de sulfatos y bicarbonatos. Por eso en los suelos de diabasas hay un empobrecimiento de magnesio, calcio, potasio y sodio.

Es evidente, pues, que la meteorización de las diabasas, en cuanto afecta a minerales fácilmente alterables, tales como feldespatos y piroxenos, da como resultado final una mezcla de alúmina y óxido férrico hidratados. Esto sólo se alcanza bajo condiciones tropicales.

METEORIZACION DE TONALITAS Y PORFIDOS.

Se caracteriza por la transformación del feldespato potásico en minerales arcillosos, sílice soluble y potasio; el feldespato sódico-cálcico da además compuestos de sodio y calcio; el cuarzo, por ser casi insoluble en las condiciones ordinarias, el único cambio que sufre es un desmenuzamiento y una reducción en el tamaño de los cristales hasta llegar a partículas muy pequeñas; La moscovita, por ser muy estable, también puede ser constituyente importante de los suelos resultantes; la biotita, es por el contrario, muy alterable, dando óxidos de hierro, minerales arcillosos y sílice.

Los suelos de las tonalitas y pórfidos deben ser ricos en óxidos de hierro, sílice y minerales arcillosos. Por conte

ner bastante apatito, se espera, que sean igualmente ricos en fósforo.

SUELOS DEL CUATERNARIO.

Por la heterogeneidad de sus componentes y por la diversidad en el tamaño de las partículas, los suelos del cuaternario, especialmente los de tipo aluvial, son los mejores desde el punto de vista edafológico.

Las sustancias solubles producidas por la meteorización de otras rocas, al sufrir los efectos de la erosión y del transporte pueden acumularse finalmente en los planos aluviales. Como consecuencia, estos suelos del cuaternario aluvial, y de los coluvios en menor grado, contienen mayores porcentajes de calcio, magnesio, potasio y sodio, que los suelos de otras rocas.

El contenido de minerales arcillosos también es aceptable, si se tiene en cuenta que la acción de la erosión mecánica del agua transporta estos minerales hasta los planos aluviales o hasta las zonas de deposición coluvial.

DESPLAZAMIENTOS TERRESTRES

GENERALIDADES:

Existen tres grupos de desplazamientos terrestres: desprendimiento de tierras o simplemente deslizamientos, escurrimiento y fluencia de tierras y hundimientos. Los asentamientos pueden considerarse incluidos dentro del último grupo, ya que ese término se refiere a desplazamientos verticales de una estructura bajo la acción de su peso 11/.

En la cuenca del río Nima se presentan desplazamientos terrestres de los tres grupos ya citados o por sus combinaciones.

ZONAS AFECTADAS:

Las cuencas de las Quebradas Albania y La Esmeralda presentan deslizamientos y hundimientos; estos últimos son más notorios en la parte media de la cuenca de la Quebrada Albania. En la región de Aguazul, en los predios del Dr. Lizarazo, también se presentan numerosos hundimientos retrogradacionales por pérdida del soporte de talud, y una gran zona de deslizamientos.

Otras zonas afectadas son: la Quebrada Las Guaguas (allí ocurren deslizamientos por caída, donde influye en primer término la gravedad, y en segundo término la acción del agua); - la Quebrada Los Cuervos, la Quebrada Los Cusumbos y el río Nima (sector Los Cuervos), con características semejantes a las de la Quebrada Las Guaguas.

✗ Al noroeste del sector Los Negros (La Quisquina), se presentan algunos deslizamientos por socavamiento de la base del talud producidos por los cauces de los torrentes que forman la Quebrada La Quisquina.

En general en las regiones ocupadas por rocas del grupo diabásico pueden presentarse deslizamientos donde la pendiente es alta o donde el hombre o los torrentes han socavado la base de los taludes. Las arcillas rojas producidas por la meteorización de las diabasas son de baja estabilidad, y por sus propiedades tales como su plasticidad, expandibilidad, etc contribuyen a la formación de zonas de peligros geológicos, dependiendo naturalmente de las pendientes topográficas, su mayor o menor grado de inestabilidad.

En las regiones ocupadas por esquistos, los planos de clivaje y la presencia de minerales tales como grafito, talco, mica, moscovita, contribuyen a la formación de deslizamientos. Los desplazamientos terrestres se aceleran por la acción del agua que se infiltra a lo largo de los planos de esquistosidad y cuando estos tienen la misma dirección de la pendiente topográfica.

Las zonas de fallas activas, por ejemplo la falla de los Cuervos y la falla de Las Guaguas favorecen la acción de los derrumbes, por tratarse de zonas con intensa cataclasis, esto es, intensamente fracturadas en su estructura cristalina (Véase análisis petrográfico de la espilita cataclástica, facie esquistó verde, muestra M- 45, anexo 1).

Todas aquellas zonas que presentan pendientes fuertes, casi verticales, aunque la naturaleza de la roca sea compacta y poco propensa a favorecer desplazamientos terrestres, como es el caso de las tonalitas, hornfelsas, esquistos cuarcíticos y neises, son zonas que deben tenerse en cuenta para la prevención de desplazamientos. En este caso el factor pendiente del terreno es primordial.

FACTORES.

Todo deslizamiento se caracteriza por la ruptura de materiales terrestres bajo esfuerzo cortante. Existen dos facto

res que ocasionan la ruptura de esos materiales: a) Factores internos, inherentes a las propiedades físicas internas de las rocas que les dan una resistencia cortante relativamente baja; b) Factores externos, que son los procesos geológicos que producen altos esfuerzos cortantes.

El grupo diabásico que está compuesto por diabasas y por suelos rojos tiene baja estabilidad cuando la pendiente del terreno es media a alta, y disminuye dicha estabilidad a medida que la meteorización de las diabasas aumenta. En estas rocas, el hombre ha sido el principal factor externo de deslizamientos. (carretera a Ataco, talas).

En los esquistos, los planos de esquistosidad se convierten en un factor interno pues son verdaderas superficies de resbalamiento y esto se hace ostensible cuando la pendiente del terreno tiene la misma dirección del buzamiento o inclinación de los esquistos. El problema es mayor en los esquistos grafiticos, ya que el grafito actúa como lubricante aumentando las posibilidades de resbalamiento a lo largo de dichos esquistos.

Los principales factores externos además del hombre, son el agua y la fuerza de gravedad. El hombre ha surgido como un factor geomorfológico muy efectivo, y en muchas ocasiones aumenta sensiblemente la velocidad de los procesos erosivos con resultados a veces catastróficos; como ejemplo claro tenemos la carretera a Ataco. El aumento en el contenido de humedad acelera considerablemente la rata de flujo de ciertos suelos arcillosos. En las zonas de fuertes pendientes la fuerza de gravedad gana terreno como factor externo, ayudada en la mayoría de los casos por la acción del agua.

RECOMENDACIONES:

El conocimiento exacto de la naturaleza de los derrumbes, tras una investigación detallada de los mismos, nos dará elementos de juicio que serán de gran valor en la selección y di

seño de las medidas más económicas y efectivas para prevenir o corregir los derrumbes.

Es difícil establecer una diferenciación clara entre la prevención y la corrección de derrumbes. Los principios básicos que los gobiernan son los mismos y los métodos de tratamiento son similares. El tratamiento de derrumbes en potencia, en donde no haya evidencia de deslizamientos previos, sería de naturaleza preventiva.

Ante todo, pues es necesario clasificar los derrumbes, - solo así se podrán emplear métodos de tratamiento para la pre - ven - ción, que en la mayor parte de los casos son también usados para la corrección y control. Fundamentalmente, todos los tratamientos que mejoran la estabilidad de un derrumbe activo o en potencia, lo hacen ya sea reduciendo las fuerzas activas que tienden a inducir el movimiento o aumentando la resistencia al esfuerzo secante o a otras fuerzas que se opongan al movimiento.

Antes de acometer cualquier obra tendiente al tratamiento preventivo o correctivo de los derrumbes, es imprescindible llevar a cabo investigaciones detalladas del terreno y preparar mapas de peligros geológicos (geologic hazards maps) 12/. Para ello se propone la siguiente investigación geotécnica. En primer lugar, se estudia detenidamente la geología y geomorfología del lugar afectado y se prepara un mapa grande (escala, por lo menos 1: 5000) de las unidades litológicas. Posteriormente, se interpretan las observaciones de campo y se delinear las zonas en donde probablemente serán más efectivos los procesos geomorfológicos propios del lugar, clasificando el terreno en diferentes grados de estabilidad. Como resultado final se tendrá el mapa de peligros geológicos. Se debe emplear el siguiente método de investigación: a) Compilación: topografía, geología, geomorfología, meteorología; b) - Cartografía geologica 1: 5000; c) Estudio del régimen de lluvias, d) Análisis de la estabilidad relativa del terreno y preparación de un mapa de estabilidad.

En general tratándose la cuenca del río Nima, de un área rural, no se pueden utilizar métodos muy costosos. Las obras más aconsejables se reducen a métodos de drenaje por medio de zanjas superficiales, tratamiento del talud y renivelación de la superficie; estos métodos podrían aplicarse particularmente en Aguazul, Valcillas (predios del Dr. Lizarazo), en la parte media de la Quebrada Albania y en la zona de la Quisquina. Algunos métodos de subdrenaje podrían emplearse tales como trincheras de drenaje y drenes horizontales, dependiendo de los resultados de la investigación recomendada. Los métodos de excavación en algunos lugares podrían utilizarse combinándolos con métodos de drenaje y comprenden: a) Remoción de la cabeza del derrumbe b) Disminución o suavización de taludes y c) Bloqueo de los taludes en masas relativamente pequeñas de material en movimiento.

Los métodos de excavación tienen por finalidad reducir el esfuerzo cortante, en tanto que los métodos de drenaje y subdrenaje reducen el esfuerzo cortante y aumentan la resistencia 13/.

Para remediar en parte el tremendo problema ocasionado por la construcción de la carretera Palmira-Ataco, urge revestir e impermeabilizar las cunetas con concreto y construir obras de arte tendientes a conducir las aguas hacia los causes naturales. Las actuales alcantarillas desaguan directamente sobre las diabasas metecrizadas, y lógicamente con una sorprendente rapidez se forman enormes cárcavas bastante profundas que aceleran considerablemente los procesos de erosión, debido a la remoción de los soportes de talud.

Vale la pena solicitar al Ministerio de Obras Públicas el envío de una comisión geológica a la mayor brevedad posible con el fin de que ratifique los conceptos emitidos en el presente estudio. En esa forma se aceleraría la construcción de las obras requeridas para la protección de la cuenca en lo que

concierno a la carretera Palmira- Ataco.

Es conveniente aclarar que las recomendaciones dadas anteriormente están basadas únicamente en principios de geotecnia que deben combinarse según la naturaleza de los desplazamientos con reforestaciones adecuadas.

CUARTA PARTE - ANEXOS

4.1

ANEXO Nº 1 ANALISIS PETROGRAFICOS

Resultados de los análisis petrográficos efectuados por el Instituto de Investigaciones Geológico Mineras y por la Facultad Nacional de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, en muestras colectadas por Víctor Muñoz Mora.

MUESTRA: M- 7

CLASIFICACION: ESQUISTO VERDE

Cristalinidad: Cristaloblástica

Textura: Nomatoblástica, grano fino.

%

MINERALES

- 20.0 Anfíbol: Incoloro a verde pálido en bandas bien orientadas. ACTINOLITA
- 50.0 Epidota: Granoblástica fina amarillo pardo con colores de interferencia anómalos.
- 25.0 Albita: Granoblástica fina entre anfíbol y epidota por lo general no maclada.
- 3.0 Moscovita: Láminas alargadas incoloras en parte cortando la foliación.
- 1.0 Limonita: Parda amarilla en fracturas.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: ESQUISTO DE EPIDOTA

FACIE: ESQUISTO VERDE

MUESTRA: M-29

CLASIFICACION: PRASINITA

Cristalinidad: Cristaloblástica

Textura: Nematoblástica

%

MINERALES:

- 20.0 Anfíbol: Nematoblástica verde pálido actinolita, tremolita.
- 40.0 Epidota: Abundante, granoblástica de tamaño variable, con colores de interferencia anómalos. Zoisita biaxial (+) con 2 V moderado
- 25.0 Cuarzo: Granoblástica limpio con extinción algo ondulatoria.
- 2.0 Esfena: Subhedral con hábito rómbico color pardo débil
- 10.0 Plagioclasa: Anhedral por lo general no maclada albita oligoclasa sódica.
- 1.0 Opaco: Anhedral disperso escaso.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS.

NOMBRE: ESQUISTO DE EPIDOTA-ANFIBOL

FACIE: ESQUISTO VERDE

MUESTRA: M- 51

CLASIFICACION: PRASINITA

Cristalinidad: Cristaloblastica

Textura: Cataclástica

MINERALES:

Cuarzo: Cristales fuertemente deformados aplanados y con extinción ondulatoria.

Plagioclasa: Muy deformado con planos de macla deformados extinción ondulatoria.

Micas: Deformadas, orientadas marcando bandas o líneas de flujo a manera de pliegues.

Productos arcillosos: Agregados finos de color claro pardo.

Anfibol: Verde pálido en cristales flexionados y deformados Roca con evidencias de haber sufrido grandes esfuerzos.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: CATACLASITA

OBSERVACION: ROCA DE ZONA DE FALLA

FACIE: ESQUISTO VERDE.

MUESTRA: M- 45

CLASIFICACION: ESPILITA CATACLASTICA

FACIE: ESQUISTO VERDE

DESCRIPCION: Macroscópica: Roca masiva fenogranular de color gris verdoso con patina superficial de alteración de color pardo oscuro.

Microscópica:

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Cataclástica

Roca muy alterada y mostrando fuerte cataclasis con cristales muy triturados y alterados.

Plagioclasa: Anhedral cristalitas pequeños de relieve bajo no maclados aparecen dentro de una masa de saussurita producto de alteración de la plagioclasa original más cálcica. Es un producto de espilitización. Su composición corresponde a albita. Oligoclasa.

Saussurita: Agregados finos de color parduzco producto de alteración de la plagioclasa.

Epidota: Cristales pequeños en agregados con colores de interferencia brillantes.

Clorita: Agregados finos dentro de la pasta con color de interferencia azul anómalo, producto de alteración.

Anfibol: Anhedral en parte con aspecto fibroso producto de uralitización verde pálido no pleocroico. - Extinción inclinada 10° 14° biaxial (-) actinólita.

Prenhita: Anhedral incolora con color de interferencia amarillo de segundo orden. Se presenta en agregados.

MUESTRA: M- 45 Continuación

Opacos: Magnetita ilmenita parcialmente alterados a leu-
coxeno.

Limonita: Manchas de color parduzco.

Productos arcillosos Agregados finos producidos por alteración
de la plagioclasa.

ANALISIS PETROGRAFICOS: INGEOMINAS

OBSERVACIONES: Plagioclasa en proceso de espilitización. Roca
asociada a zona de falla.

MUESTRA: M- 36

CLASIFICACION: HORNFELSA

Cristalinidad: Cristaloblastica

Textura: Granoblástica, grano fino

%

MINERALES:

98.0 Cuarzo: Granoblástico de tamaño uniforme, con bordes regulares y con extinción débilmente ondulatoria.

2.0 Moscovita: Pequeñas láminas incoloras con carácter détrítico.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: HORNFELSA

FACIE: ESQUISTO VERDE.

MUESTRA: M- 64

CLASIFICACION: ESQUISTO DE ANFIBOL EPIDOTA ALBITA

FACIE: ESQUISTO VERDE

DESCRIPCION:

Macroscópica: Roca esquistosa con laminación fina, color gris verdoso con lustre sedoso.

Microscópica: Cristalinidad: Cristaloblástica
Textura: Grano-nematoblástico

- 50.0% Anfibol: Anhedral forma fibrosa por lo general bien orientado aunque algunas fibras cortan la esquistosidad verde pálido no pleocroico con ángulo de extinción pequeño-biaxial negativo con 2 V moderado. Tremolita Actinolita.
- 3.0% Cuarzo: Anhedral ligeramente empolvado y con inclusiones del anfibol. Extinción ondulatoria.
- 18.0% Albita: Anhedral algo empolvada no maclada, por lo general con n cuarzo-biaxial (-) con 2 V grande.
- 25.0% Epidota: Anhedral en granos finos de epidota con color de interferencia alto y cristales tabulares - con color de interferencia azul pálido de clinzoisita que cortan la esquistosidad.
- Trazas: 5 Esfena anhedral - parda- con colores de interferencia brillantes.
- Limonita: Manchas de color amarillo parduzco manchando los otros minerales.
- 5.0% Clorita: Verde pálido no pleocroica con color de interferencia amarillo oro anómalo.

ANALISIS PETROGRAFICO : INGEOMINAS.

MUESTRA: M-35

CLASIFICACION: ANFIBOLITA

Cristalinidad: Cristaloblástica

Textura: Hipidioblástica

%

MINERALES

37.0 Plagioclasa: Anhedral o subhedral limpia, bien maclada, algo zonada An 50

60.0 Hornblenda: Anhedral o subhedral pleocroica X= amarillo verdoso Y = Z verde parduzco.

1.0 Apatito: Cristales tabulares grandes.

Saussurita: Polvo fino sobre plagioclasa producto de su alteración.

2.0 Opaco: Magnetita anhedral dispersa.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: ANFIBOLITA

FACIE: ANFIBOLITA.

MUESTRA: M-44

CLASIFICACION: NEIS ANFIBOLICO

FACIE: ESQUISTO VERDE

DESCRIPCION:

Macroscópica: Roca neisica de grano fino. Muestra bandeamiento en capas blancas y negras hacia uno de los bordes. El resto tiene color verdoso.

Microscópica:

Cristalinidad: Cristaloblástica

Textura: Nematoblástica.

72.0 Hornblenda: Anhedral nemotoblástica verde pálida ligeramente pleocroica. En su mayor parte tiene un color más pálido hacia el centro del cristal. Extinción inclinada con ángulo de 14° - 16° presenta pequeñas inclusiones de plagioclasa y esfena- biaxial negativo con 2 V moderado. En parte parece estar en proceso de uralitización. Su composición es hornblenda actinolítica.

20.0 Plagioclasa: En parte alterada completamente a polvo fino de saussurita de color pardo. Sin embargo se encuentran cristales más o menos limpios de relieve moderado n b con maclas según albita o carlsbad biaxial (+) con 2 V grande - (80°) Oligoclasa, algunos cristales zonados y fracturados.

5.0 Epidota: Anhedral amarillo pálido en cristales tabulares alargados con colores de interferencia altos. Se encuentran metidos entre cristales de anfíbol; extinción aproximadamente paralela biaxial (-) en parte producto de alteración; algo de clinozoisita con color de interferencia azul pálido.

- 0.5 Esfena: Anhedral parduzco en parte como inclusiones en anfíbol.
- Trazas Apatito: Cristales pequeños subhedrales de forma tubulares, relieve alto; birrefringencia baja.
- 1.0 Sericita: Agregados finos asociados a plagioclasa producto de su alteración.
- 1.0 Cuarzo: Anhedral, limpio, con extinción ondulatoria suave. Se encuentra hacia uno de los bordes con plagioclasa y muy poco anfíbol o rellenando pequeñas venas.

ANALISIS PETROGRAFICO: INGEOMINAS.

MUESTRA: M-41

CLASIFICACION: NEIS HORNBLENDICO
URALITICO.

Cristalinidad: holocristalina

Textura: Hipidiomorfica, grano medio

%

MINERALES:

- 54.0 Plagioclasa: Limpia anhedral subhedral bien maclado.
40.0 Anfíbol: Hornblenda al parecer uralítica presenta corazones incoloros que pueden ser de piroxeno verde pálido pleocroica.
3.0 Clorita: En venas y producto de alteración de anfíbol
1.0 Preenhita: Rellenando venas
1.0 Magnetita: Anhedral dispersa
0.5 Pirita: Anhedral dispersa
0.5 Esfena: Parda, muy poca
Saussurita: Sobre plagioclasa

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: NEIS HORNBLENDICO URALITICO.

MUESTRA: M- 71

CLASIFICACION: DIABASA

DESCRIPCION:

Macroscópica: Roca ígnea masiva, de grano fino con manganeso en forma dendrítica. Color verdoso. Roca máfica.

Microscópica:

Feldespato:

Aprox. 50%

Totalmente alterado a polvo fino de color pardo de saussurita. No se observa ningún resto de macla ni indicios de feldespato fresco.

25.0 Clinopiroxeno: Muy fresco en comparación del feldespato, incoloro, limpio con relieve alto $n > b$, color de interferencia amarillo de segundo orden. - Extinción inclinada con ángulo de 40° . Algunos con extinción ligeramente ondulatoria biaxial (-) con 2 V pequeño (30°). Su composición corresponde a Pigeonita.

20.0 Clorita:

Verde pálido no pleocroica con color de interferencia azul anómalo. Se presenta en láminas anhedrales irregulares dispersas y en agregados finos dentro de los agregados de saussurita. Producto de alteración.

1.0 Albita:

Mineral secundario se encuentra rellenando pequeñas fracturas o venas. Incolora anhedral - con extinción ondulatoria. Biaxial (-) con 2 V $80-90^\circ$.

0.5 Calcita:

Trazas en pequeñas láminas incoloras.

ANALISIS PETROGRAFICO: INGEOMINAS

FACIE: DIABASICA.

MUESTRA: M- 59

CLASIFICACION: DIABASA

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Diabásica, grano fino a medio.

%

MINERALES:

- 90. Saussurita: Forma la mayor parte de la roca como agregados finos pardo claro.
- 5. Clorita: Escasa, alteración ferromagnesiada.
- 5. Epidota: Anedral dispersa

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE DIABASA.

MUESTRA: M-11

CLASIFICACION: DIABASA

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Subofítica, grano fino a medio

%

MINERALES:

- 68.0 Plagioclasa: En listones con restos de macla según albita alterados a saussurita.
- 25.0 Clinopiroxeno: Anhedral manchado presenta alteración parcial biaxial (-) 2 V moderado augita.
- Saussurita: Polvo fino pardo sobre plagioclasa.
- 4.0 Clorita: Manchas unde no plaocroica con color de interferencia azul anómalo.
- 3.0 Opaco: Magnetita anhedral dispersa con bordes alterados.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: DIABASA PARCIALMENTE ALTERADA

MUESTRA: M-61

CLASIFICACION: DIABASA

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Subofítica, grano fino.

% MINERALES:

- 60.0 Plagioclasa: Alterada a saussurita con restos de maclas según carlsbad.
- 10.0 Clinopiroxeno: Anhedral cristales pequeños amarillo pardo muy manchados por óxidos de hierro augita.
- 2.0 Opaco: Alterado a leucoxeno
- 2.0 Albita: Cristales limpios no manchados de relieve - bajo producto de espilitización de la roca.
- 20.0 Clorita: Agregados y pequeñas láminas verde pálido - producto de alteración.
- 5.0 Epidota: Anhedral dispersa
- Saussurita: Producto alteración de plagioclasa.
- Limonita: Manchando de amarillo los minerales.

ANALISIS PETROGRAFICOS: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: DIABASA ALTERADA.

MUESTRA: M- 61A

CLASIFICACION: DIABASA

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Subofítica

% MINERALES:

- 60.0 Plagioclasa: Sucia completamente alterada a saussurita restos de listones maclados y con textura ofítica.
- 8.0 Anfíbol: Verde pálido producto de uralitización.
- 15.0 Clinopiroxeno: Anhedral incoloro relieve alto disperso biaxial (+) 2 V moderado- augita.
- 10.0 Clorita: Manchas verde pálido con color de interferencia azul anómalo.
- 2.0 Leucoxeno: Polvo fino opaco producto de alteración de ilmenita.
- Saussurita: Producto alteración de plagioclasa original
- 2.0 Epidota: Anhedral dispersa
- Limonita: Manchas de color amarillo
- Prenhita: En agregados.
- 2.0 Cuarzo: Anhedral empolvado disperso.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: DIABASA ALTERADA.

MUESTRA: M- 66

CLASIFICACION: DIABASA ALTERADA

DESCRIPCION:

Macroscópica: Roca ígnea masiva, de grano fino color verde oscuro debido a la presencia de abundantes máficos.

Microscópica:

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: En parte conglomerofídica.

Feldespatos: Cristales totalmente alterados o agregados finos de color pardo de epidota. En unos pocos se alcanzan a observar restos de maclas según carlsbad. Originalmente fué una plagioclasa - cálcica.

35.0 Clinopiroxeno: Anhedral a subhedral fresco en comparación del feldespato, presenta ligera alteración a un polvo fino hacia los bordes y algunos con núcleos de clorita. Extinción inclinada con ángulo variable de 38 - 42°- algunos - cristales con restos de maclas biaxial (+) con 2 V pequeño. Corresponde a pigeonita- augita.

8.5 Clorita: Anhedral producto de alteración en parte del clinopiroxeno con color verde pálido y en agregados finos dentro de la pasta saussurítica. Color de interferencia azul anómalo.

55.0 Saussurita: Producto de alteración de la plagioclasa original

0.5 Opaco: Polvo fino de leucoxeno producto de alteración de magnetita - ilmenita.

0.5 Esfena: Agregados finos.

ANALISIS PETROGRAFICOS: INGEOMINAS.

MUESTRA: M- 9

CLASIFICACION: DIABASA AUGITICA

DESCRIPCION:

Macroscópica: Roca ígnea de color gris verdoso con venillas de cuarzo, presenta óxidos de hierro diseminados (pirita).

Microscópica:

35% Feldespatos: n → bálamo, relieve moderado → feldespato cálcico fijo. Andesina - se presenta en listones formando celdas que alojan granos de piroxenos, textura pilotáxica en parte, en parte ofítica.

Ángulos de extinción de 20°- 21° alterados caolinizados.

35% Piroxenos: Con ángulos de extinción de 43° incoloros no - pleocroicos; alto relieve, signo óptico positivo 2 V grande, se trata de augita, presenta color peculiar extinción concéntrica conocida. "Hourglass Extructure" es ondulante, birrefriencia máxima amarillo pálido de primer orden.

25% Venas de chert: Venas de chert de origen secundario, a - traviesan toda la placa así como también forman un alto porcentaje dentro de ésta.

5% Clorita: Muy abundante en matriz.

NOTA: Una parte de la placa presenta granitización - de los cristales, probablemente debido a es - fuerzo dinámico, tipo cizallamiento en esta zona se presenta mucha clorita y venas de chert (secundario).

ANALISIS PETROGRAFICO: INGEOMINAS.

MUESTRA: M- 63

CLASIFICACION: DIABASA ESPILITICA

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Subofítica, grano fino

%

MINERALES:

Plagioclasa: Listones pequeños parcialmente alterados, re
lieve bajo $n < b$ albita

Clinopiroxeno: Anhedral manchado de pardo con bordes de al-
teración a clorita.

Clorita: Verde, no pleocroica con color de interferen
cia verdoso anómalo; en bordes de piroxeno -
como alteración.

Cuarzo: En venas

Opaco: Alterado a leucoxeno

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: DIABASA ESPILITICA

MUESTRA: M-33

CLASIFICACION: CUARZODIORITA

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Hipidiomórfica, grano medio

% MINERALES:

20.0 Cuarzo: Anhedral limpio con extinción ondulatoria y algo fracturado.

63.0 Plagioclasa: Anhedral a subhedral maclada según albita - composición (An44) andesina calcica-

15.0 Hornblenda: anhedral pleocroica X= verde amarillo Y=Z - verde intenso; algunas macladas.

Saussurita: Agregados de epidota sobre plagioclasa.

0.5 Esfena: Anhedral pardo amarillo con color de interferencia brillante.

0.5 Apatito: Anhedral dispersa de alto relieve

1.0 Opaco: Magnetita anhedral dispersa.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: CUARZODIORITA.

MUESTRA: M- 62

CLASIFICACION: CUARZODIORITA

DESCRIPCION:

Macroscópica: Roca ígnea holocristalina, de grano medio, angular a anhedrales de textura hipidiomórfica o granítica, de color gris con presencia de ferromagnesina (mica), cuarzo y feldespatos.

Microscópica:

- 30% Cuarzo: Anhedral e intersticial, extinción ondulada, - limpios.
- 4% Feldespatos: Albita Oligoclasa n cuarzo; n bálsamo extinción albita 11° . Alteración intensa- sericitita- caolinita con biotita poikilíticamente incluida así como mineral del grupo de la epidota, granitos y hojuelas de moscovita en estado de - intensa alteración- sericitización- caolinización.
- 18% Biotita: Fuerte pleocroismo, ligeramente cizalladas por esfuerzo dinámico posee extinción ondulante con zircones radioactivos y a los pleocroicos característicos.
- 3% Moscovita: Siguiendo la orientación de la biotita, en hojuelas con birrefringencia normal.
- 3% Clorita: Como producto de alteraciones de algunas biotitas, se presenta en los planos de clivaje, pseudomorfa según biotita.
- 1% Apatito: En prismas subhedrales incluidos en biotita- en las secciones basales de éstas aparecen cristallitos euhedrales. (6 lados), en las secciones paralelas al eje C aparecen intercrecidos dentro de las hojas asociadas a planos cloritizados.
- Trazas: Oxidos de Fe- hematita, limenita.

MUESTRA: M-62

Continuación

Trazas- Epidota del tipo no férrico, birrefringencia baja-azul claro, gris azulado tipo zoicita- extinción inclinada.

Trazas- Esfena - granular, asociada con óxidos de Fe (limenita?)

Sericita: Abundante alteración de plagioclasa

Arcillas: Abundante alteración de feldespatos.

ANALISIS PETROGRAFICO: INGEOMINAS.

MUESTRA: M-40 TONALITA (Granodiorita)
CLASIFICACION : BIOTITICA (Cuarzo Diorita)

DESCRIPCION: Macroscópica: Roca ígnea holocristalina, fanerítica de grano grueso, anhedral a subhedrales, de textura hipidiomórfica o granítica, de color gris claro.

Microscópica:

30% Cuarzo: Anhedral e intersticial, limpio, fracturado, sin extinción ondulante.

45% Feldespato: Plagioclasa con macla de albita; ángulo = 120° a 130° $n_{\alpha} > n_{\beta}$ cuarzo. Posible oligoclasa sódica $n_{\alpha} \approx n_{\beta}$ bálamo albita y oligoclasa sódica.

Alterados en 90% por sericita (mica blanca) y por arcillas (caolín).

5% Feldespato: Potásico - $n_{\alpha} > n_{\beta}$ bálamo 2 V negativo
Ortoclasa - perthita - "braid perthite" intersticial. Limpia no alterada.

20% Biotita: Fuertemente pleocroica - rojo-café intenso, en parte cloritizada y con moscovita en los planos de clivaje.

Trazas Zoicita

Trazas- 1% Apatito: Accesorio abundante en granos euhedrales y poikilíticamente incluidos en biotita.

Trazas- Moscovita- Flashes.

Trazas- Zircón- Granos pequeños incluidos en biotita produciendo halos pleocroicos por irradiación.

Trazas- Oxidos de Fe.

ANALISIS PETROGRAFICO: INGEOMINAS.

MUESTRA: M- 60

CLASIFICACION: GRANODIORITA

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Hipidiomórfica

%

MINERALES:

- 67.0 Plagioclasa: Anhedral a subhedral y alterada a saussurita restos de maclas.
- 12.0 Cuarzo: Anhedral incoloro muy fracturado y con ex tinción ondulatoria fuerte.
- Biotita: Pardo amarilloso, en su mayor parte alterada a clorita y algo flexionada.
- 4.0 Clorita: Verde pálido manchada por limonita con co lor de interferencia azul anómalo.
- 5.0 Moscovita: Anhedral láminas incoloras.
- 12.0 Ortosa: Anhedral algo empolvada no maclada ligera mente pertitica.
- Saussurita: Alteración de plagioclasa.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: GRANODIORITA

MUESTRA: M- 18

CLASIFICACION: DIORITA HORNBLENDICA

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Subofítica, grano medio.

%

MINERALES:

- 65.0 Plagioclasa: Anhedral o subhedral, ligeramente empolvada $n > b$ maclada según albita, carlsbad-andesina cálcica.
- 20.0 Hornblenda: Anhedral a subhedral parda pleocroica en parte en proceso de cloritización.
- 10.0 Epidota: Reemplaza cristales tabulares de alto relieve, posiblemente ortopiroxeno, con color de interferencia azul anómalo corresponde a zoisita, además en borde de anfíbol epidota-
- 2.0 Clorita: Verde manzano producto de alteración de anfíbol
- Trazas Apatito: Anhedral cristales pequeños dispersos.
- 1.0 Opaco: Leucoxeno producto de alteración de limenita magnetita.
- 2.0 Ortosa: Anhedral no maclada intersticial con formación de mirreguita en el contacto con plagioclasa.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: DIORITA HORNBLENDICA.

MUESTRA: M- 21

CLASIFICACION: DIORITA HORNBLENDICA

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Hipidiomorfica granular, grano medio

%

MINERALES:

- 47.0 Plagioclasa: Sucia con inclusiones alterada a saussurita, calcita, andesina An₃₆₋₄₀
- 45.0 Hornblenda: Subhedral anhedral verde fuerte pleocroica manchada con opaco asociado
- 3.0 Epidota: En venas
- 1.0 Calcita: Agregados sobre plagioclasa
- 1.0 Opacos: Magnetita, piritita dispersa
- 2.0 Cuarzos: Anhedral, limpio, no abundante
- Trazas apatito: tabular relieve alto disperso
- 1.0 Clorita: Producto de alteración de anfíbol.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: DIORITA HORNBLENDICA

MUESTRA: M-32

CLASIFICACION: PIROXENITA

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Mosaico, grano fino

%

MINERALES:

- 35.0 Olivino: Cristales fracturados aparecen como núcleos rodeados por material amarillo de alteración posiblemente iddingsita.
- 54.0 Piroxeno: Material separante entre cristales de olivino en parte parecen tener extinción paralela; - orto-piroxeno.
- 4.0 Iddingsita: Amarilla o amarilla pardo producto de alteración del olivino.
- 2.0 Serpentina: En fracturas a lo largo de olivino
- 3.0 Magnetita; Anhedral dispersa, abundante.
- 2.0 Anfíbol: Tabular anhedral producto uralítico.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS.

NOMBRE: HARZBURGITA..

MUESTRA: M- 23

CLASIFICACION: ANDESITA PORFIRITICA

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Porfirítica

%

MINERALES:

Fenocristales:

25.0 Plagioclasa: Anhedral a subhedral algo fracturados por lo general mal maclados. Su composición es andesina.

Anfibol: Muy escaso y en su mayor parte alterado a clorita de color verde amarilloso.

5.0 Clorita: Producto de alteración de anfíbol

Pasta:

70.0 Finogranular color casi negro y en conjunto aparece casi isotrópica formada por cristalitos de plagioclasa mineral opaco y al parecer algo de vidrio volcánico.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE ANDESITA PORFIRITICA.

MUESTRA: M-24

CLASIFICACION: ANDESITA PORFIRITICA

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Porfirítica clástica, grano medio a fino.

% MINERALES:

Fenocristales

5.0 Plagioclasa: Fuertemente zonados de relieve moderado andesina sódica.

2.0 Roca clástica: En fragmentos con pasta vítrea y clastos de cuarzo pudo haber sido absorbido.

Anfibol: Restos de cristales ya alterados a polvo fino y reemplazados por calcita y clorita.

85.0 Pasta: Fina granular parece mostrar efectos de flujo felsítico con agregados finos abundantes de calcita y algo de mineral opaco disperso.

Calcita: Agregados en la pasta

3.0 Clorita: Reemplazando anfibol

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: ROCA PORFIRITICA PARCIALMENTE CARBONATADA Y CON UN CANTO DE ROCA CLASTICA.

MUESTRA: M-27

Cristalinidad: Holocristalina

Textura: Restos de porfiritica, pasta felsitica

%

MINERALES:

Fenocristales

Anfibol: Subhedral parcialmente alterado con borde de -
polvo fino opaco y parcialmente reemplazado -
por calcita.

Plagioclasa: Restos, reemplazada por calcita

Pasta: Felsitica sucia compuesta por plagioclasa, pe-
queñas láminas de anfíbol y agregados de calci
ta abundante.

ANALISIS PETROGRAFICO: FACULTAD DE MINAS

NOMBRE: ANDESITA PORFIRITICA.

MUESTRA: M- 68

CLASIFICACION: MICROGABRO O DIABASA
CUARCIFERA.

DESCRIPCION:

Macroscópica: Roca ígnea verdosa, de grano fino a medio, máfica.

Microscópica:

Feldespato: En granos o cristales subhedrales, euhedrales, maclados. Angulo de extinción de macla albita; 13° , 11° , 14° , 12° $n >$ bálamo \Rightarrow Andesina, presentan inclusiones de epidota y piroxeno ? poikiliticamente incluidos- la mayoría son del grupo epidota a saber zoicita y clinozoicita en gránulos- $n <$ cuarzo (oligoclasa).

Cuarzo: En cristales anhedrales esparcidos- (no intersticial) limpios- sin extinción ondulada $n >$ plagioclasa; se presenta también en estructuras vermiculares en la plagioclasa (Mirmekita).

Piroxeno: Angulos de extinción 28° , no pleocroicos, verde pálido, birrefringencia amarillo pálido de primer orden, subhedrales, extinción ondulada uniaxial ? positivo o 2 V muy pequeño - pigeonita.

Biotita: Verde pálida en fase inestable (Fibroso).

Epidota: Variedad ferrígera, del alta birrefringencia - (Muy abundante).

Oxidos de hierro: (Magnetita e ilmenita).

Clorita:

Sericita: Alteración parcial de feldespatos.

Anfibol: Verdoso- birrefringencia amarillo pardo, ángulo pequeño (inestable) en parte biotitizándose ?

NOTA: El feldespato aparece en listones y en fase de desequilibrio con bordes de reacción con el cuarzo.

MUESTRA: M- 68 continuación.

Posiblemente se trata de un dique chimenea mi
crográbrico o diabásico que se abrió paso den-
tro de una roca silícica y asimiló parcialmente
te, quedando en una fase de desequilibrio con
el magma básico.

Segun Barth el piroxeno pigeonita es el caracter
terístico de rocas volcánicas (piroxeno vol-
cánico) común en basaltos y doleritas. Aparece
ce anfíbol pasando a piroxeno- ya en este caso
se trata refusión magmática.

ANALISIS PETROGRAFICO: INGEOMINAS

FACIE: IGNEA HIPOABISAL, GABROICE.

MUESTRA: M- 70

CLASIFICACION: BASALTO

Descripción: Macroscópica: Roca ígnea de color verde oscuro, afanítica, cripto-cristalina. Asociada con un proceso de alteración limonítico de alto grado.

Microscópico:

Roca de grano muy fino, compuesta exclusivamente de piroxenos de grano muy fino no identificable y de feldespato en pequeñas agujas radiales, con índice de refracción mayor al bálamo. deduciéndose el carácter cálcico de estos feldespatos.

Toda la sección presenta una especie de fieltro conteniendo estos dos minerales más o menos en igual proporción, en una matriz criptocristalina cloritizada y parcialmente vidrio devitrificándose.

En general es una textura diabásica de grano muy fino.

ANALISIS PETROGRAFICO: INGEOMINAS

FACIE: DIABASICA.

A N E X O N o 2

ANALISIS QUIMICOS EFECTUADOS POR EL INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIONES GEOLOGICO MINERAS (INGEOMINAS)

| | Diabasa | Tonolita | Neis | Esquistos Verde | Esquistos Verde | Basalto |
|--|---------|----------|--------|-----------------|-----------------|---------|
| Muestra No | M-9 % | M-40 % | M-44 % | M-45 % | M-64 % | M-70 % |
| Humedad a 110°C | 0.11 | 0.10 | 0.05 | 0.03 | 0.13 | 0.08 |
| Perdida por Calcinación 110°C-1000°C | 2.06 | 1.15 | 0.25 | 1.50 | 2.35 | 0.01 |
| Silicio en SiO ₂ | 42.45 | 64.85 | 47.90 | 47.31 | 44.62 | 48.15 |
| Hierro en Fe ₂ O ₃ | 14.47 | 6.59 | 11.28 | 10.64 | 12.77 | 14.04 |
| Aluminio en Al ₂ O ₃ | 21.36 | 15.98 | 19.94 | 20.60 | 17.82 | 15.47 |
| Titanio en TiO ₂ | 0.76 | 0.75 | 0.48 | 0.80 | 1.77 | 0.75 |
| Fósforo en P ₂ O ₅ | 0.20 | 0.26 | 0.28 | 0.34 | 0.32 | 0.15 |
| Calcio en CaO | 11.17 | 2.41 | 10.29 | 7.67 | 9.63 | 12.49 |
| Magnesio en MgO | 4.85 | 2.37 | 4.91 | 4.54 | 8.08 | 7.16 |
| Manganeso en MnO ₂ | 0.13 | 0.12 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.08 |
| Sodio en Na ₂ O | 2.36 | 2.79 | 3.10 | 4.22 | 2.36 | 1.55 |
| Potasio en K ₂ O | 0.00 | 2.54 | 1.33 | 2.17 | 0.00 | 0.00 |

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

- 1.- STUTZER, Otto. Observaciones geológicas durante una doble -
travesía por la cordillera Central de Colombia, compila
ción de Estudios Geológicos de Colombia.
- 2.- NELSON, H. Wolfgang. Contribution to the Geology of the Cen
tral and Western Cordillera of Colombia in the sector
between Ibagué and Cali. Leidse Geologische Mededelingen,
deel 22, 1957
- 3.- GROSSE, Emil. El terciario carbonífero de Antioquia, Dietrich
Reimer, Berlin, 1926
- 4.- Hubach, Enrique. Geología de los Departamentos del Valle y
Cauca, en especial del carbón, informe N° 87, Instituto
Geológico Nacional. Bogotá, 1934
- 5.- JUNG, Jean. Précis de Pétrographie, Masson et cie, Paris, -
1958
- 6.- DANA-HURLBUT. Manual de Mineralogía, Editorial Reverté, 2ª
edición, Barcelona, 1960 pág 376.
- 7.- TYRRELL, G.W. Principios de Petrología, Compañía Editorial
Continental S.A, México, 1960
- 8.- KEIZER, Jan. Ministerio de Minas y Petróleos, Instituto Geo
lógico Nacional, informe N° 1046, Bogotá, Mayo 1954
- 9.- SCHWINN, William L. Guidebook to the Geology of the Cali -
area, Valle del Cauca, Colombia. Colombian Society of
petroleum Geologists and geophysicists Bogotá, Mayo 1969
- 10.- HALL, A.D. Estudio científico del suelo, edición revisada-
por G.W. Robinson. Aguilar, Madrid, 1961

- 11.- KRYNINE, Dimitri y JUDD, William. Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros, Ediciones Omega, Barcelona, 1961, P.P. 727 y siguientes.
- 12.- LOBO GUERRERO, Alberto. La Estabilidad de pendientes en California, EE.UU. Tesis de grado, Stanford University.- California, Mayo 1968
- 13.- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, Rama Técnica. Normas de diseños y especificaciones de materiales para carreteras, tomo IV, Bogotá, 1965

RESUMEN

En la Cuenca Hidrográfica del Rio Nima, se presenta la siguiente sucesión estratigráfica: El grupo Cajamarca, compuesto por esquistos verdes, esquistos grafiticos, esquistos cuarcíticos, neises y anfibolitas, de edad paleozoica. El grupo diabásico, compuesto por diabasas y suelos rojos de edad cretácea. Intrusiones de tonalitas y cuarzdioritas probablemente ocurridas a fines del cretáceo. Cuaternario formado por aluviones, coluvios y depósitos lacustres.

Se destacan las fallas Cauca y Los Cuervos que tienen una dirección aproximada norte-sur.

El único mineral con posibilidades para una explotación económica es el grafito.

Los suelos procedentes de los esquistos están compuestos principalmente por minerales arcillosos con limonita y hematites, algunos pueden ser algo arenosos dependiendo del contenido de cuarzo; la cantidad de calcio en estos suelos es aceptable. Los neises y anfibolitas producen suelos con arcillas ferruginosas principalmente. Las diabasas se alteran produciendo semilateritas ricas en alúmina y óxido férrico hidratados. Los suelos de las tonalitas y pórfidos pueden ser ricos en fósforo, óxidos de hierro, sílice y minerales arcillosos. El cuaternario aluvial debe producir los mejores suelos.

Los desplazamientos terrestres son frecuentes en todas sus formas, y es necesario tomar medidas para prevenirlos o corregirlos.

A B S T R A C T

In the Nima River Basin the following stratigraphic positions are shown: The Cajamarca Group, composed by green schists, graphitic schists, quartzites, gneisses and anfibolites, all of paleozoic age. The diabasic group, composed by diabases and red soils, all of cretaceous age. Intrusions of tonalites and Quartz diorites probably occurred at the end of cretaceous. Quaternary formed by alluvial, colluvial and lacustrine deposits.

It outstands the Cauca and Los Cuervos faults which have an approximate bearing North-south.

The only mineral with possibilities of economical exploitation is the graphite.

The soils coming from the schists are composed mainly by clayish minerals with limonite and hematite, some of them somewhat sandy, depending on the quartz contents. The amount of calcium of these soils is acceptable. The gneisses and anfibolites produce mainly ferruginous clays. The diabases are altered and produce semilaterites rich in alumina and hydrated ferric oxide. The soils which develop from the tonalite and porphyries soils may be rich in phosphorus, iron oxide, silica and clay minerals. The alluvial quaternary may produce the best soils.

The land displacements are frequent in all forms and it is necessary to take precautions in order to avoid and correct them.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Im Einzugsgebiet des Nima-Flusses, Departamento del Valle, Republik Kolumbien, findet sich folgende stratigraphische - Folge: Die Cajamarca-Gruppe, welche aus Grünschiefern, graphitischen und quarzitischen Schiefern, Gneisen und Amphybolithen von paläozoischem Alter besteht. Die Diabas-Gruppe bestehend - aus Diabasen und Roterden von kreidezeitlichem Alter. Die Intrusionen von Tonaliten, Quarzdioriten und Porphyren, die sich wahrscheinlich Ende des Kreidezeitalters ereigneten. Die Quartär-Bildungen, die aus Aluvionen, Coluvial- und See-Ablagerungen bestehen.

Zwei grosse Bruchlinien, die in nord-südlicher Richtung - verlaufen, bestimmen die geologische Gliederung des Nima-Einzugsgebietes: die "Cauca" und die "Los Cuervos"-Bruchlinie.

Das einzige Gestein, das gewisse wirtschaftliche Abbaumöglichkeiten bietet, ist der graphitische Schiefer.

Die Böden, die auf den Schiefer-Gesteinen entstanden sind, bestehen vorwiegend aus tonreichen Mineralen mit Limoniten und Hematiten; einige können sandige Textur aufweisen, was von dem Quarzgehalt der Ausgangsgesteine abhängig ist. Der Gehalt an Kalk in diesen Böden ist annehmbar. Auf Gneisen und amphybolithen bilden sich vorwiegend Böden mit eisenhaltigem Ton.

Die Diabas-Gesteine verwittern in Semilaterit-Böden, welche einen hohen Gehalt an Aluminium- und hydratisierten Eisenoxyden aufweisen. Die Böden auf Tonalit und Porphyrgesteinen können viel Phosphor, Eisen- und Silizium-Oxyde und tonige Minerale enthalten.

Das aluvial-Quartär dürfte die besten Böden ergeben.

Die Erdmassenbewegungen (Erosión) sind im Nima-Einzugsgebiet häufig und in allen Formen wiederzufinden. Es wird - notwendig sein, Massnahmen zu ergreifen, um ihnen vorzubeugen und sie in Zukunft weitgehend zu vermeiden.

LOCALIZACION DE LA CUENCA HIDROGRAFICA DEL RIO NIMA EN EL DPTO. DEL VALLE

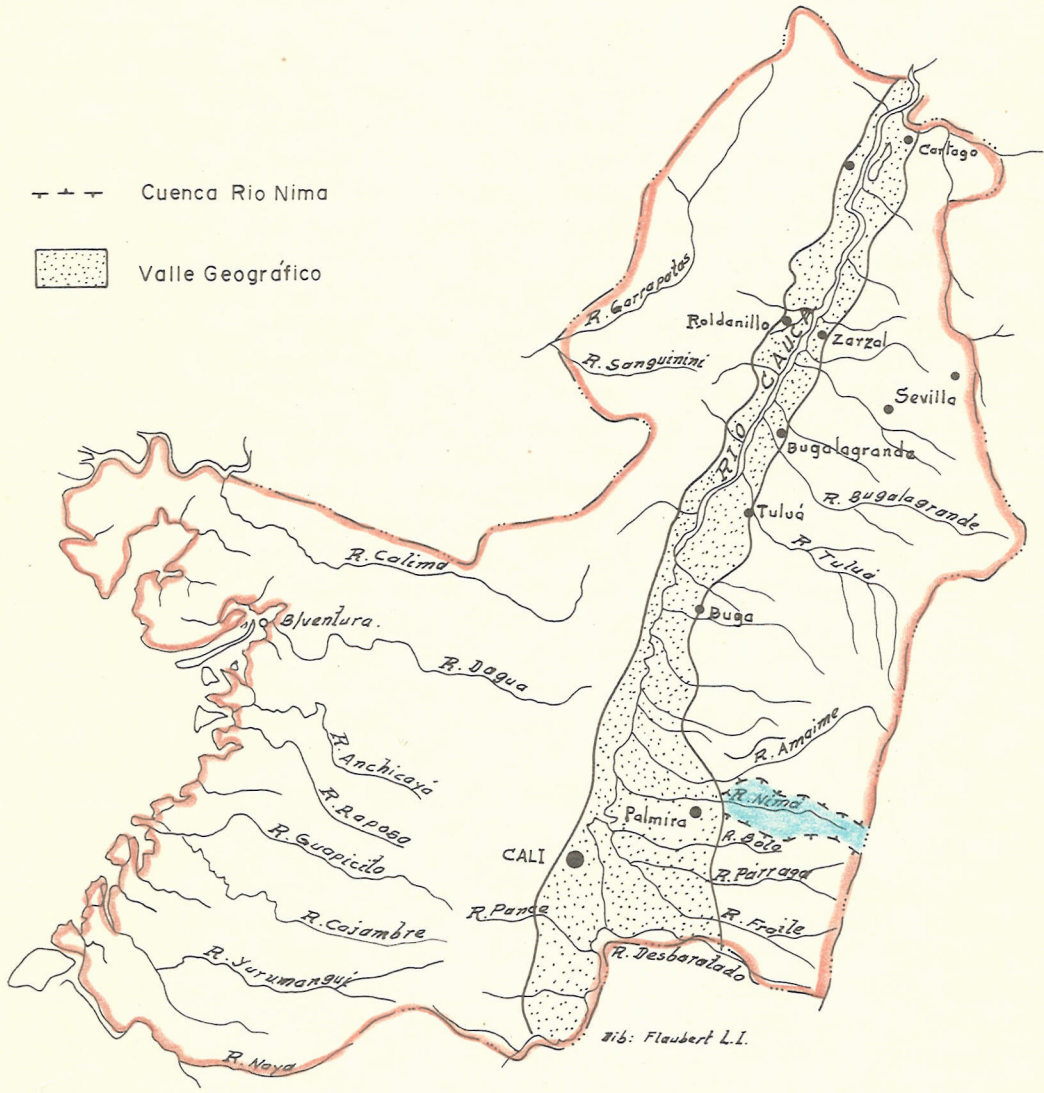


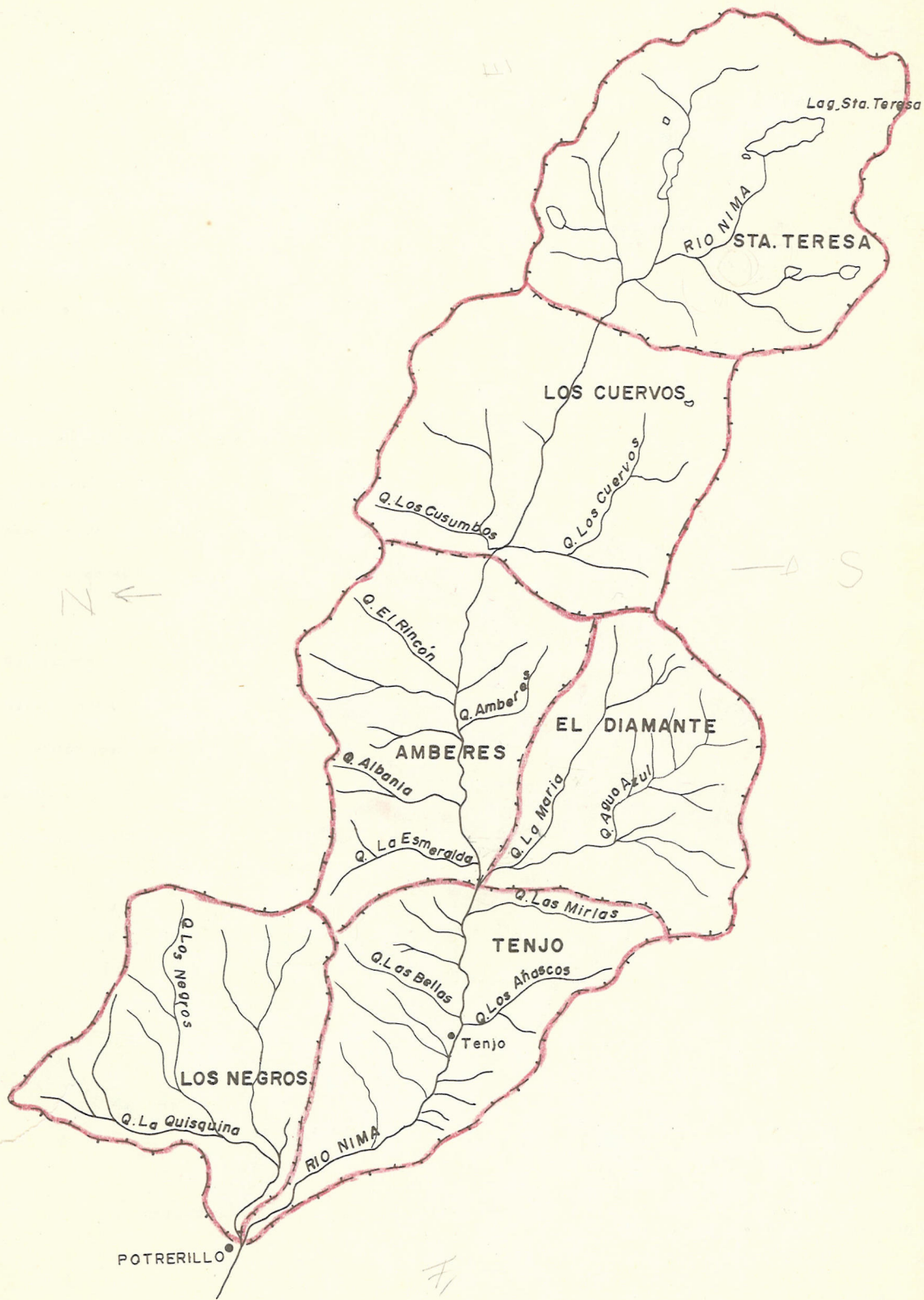
Fig: Flaubert L.I.

Escala 1:500.000

CUENCA SUPERIOR DEL RIO NIMA

SECTORIZACION

ESCALA: 1:100.000



CORDILLERA CENTRAL
CUENCA SUPERIOR DEL RIO NIMA

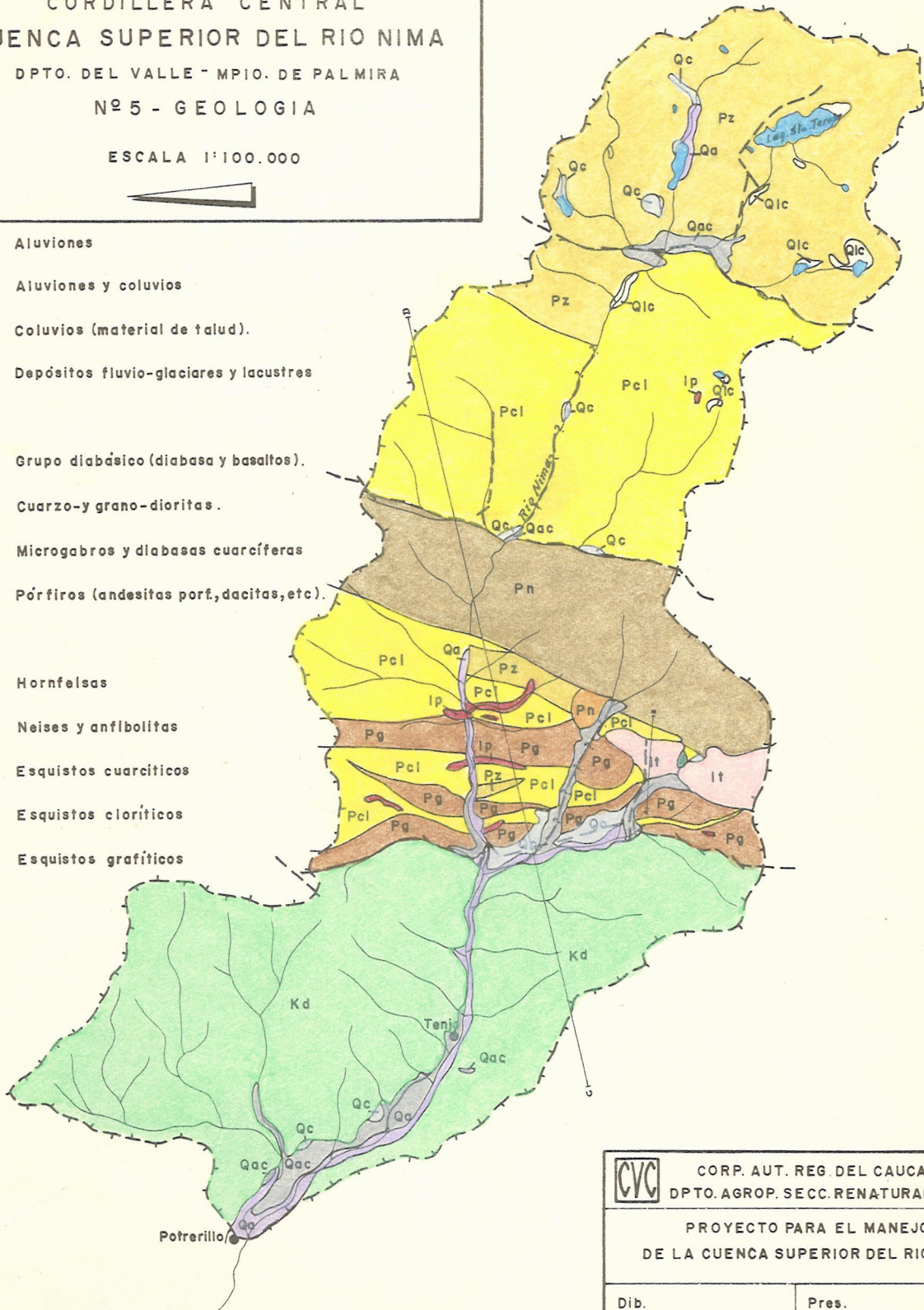
DPTO. DEL VALLE - MPIO. DE PALMIRA

Nº 5 - GEOLOGIA

ESCALA 1:100.000



- Qa Aluviones
- Qac Aluviones y coluvios
- Qc Coluvios (material de talud).
- Qlc Depósitos fluvio-glaciares y lacustres
- Kd Grupo diabásico (diabasa y basaltos).
- It Cuarzo-y grano-dioritas.
- Ig Microgabros y diabasas cuarcíferas
- Ip Pórfiros (andesitas porf., dacitas, etc).
- Ph Hornfelsas
- Pn Neises y anfibolitas
- Pz Esquistos cuarcíticos
- Pcl Esquistos cloríticos
- Pg Esquistos gráficas



CORP. AUT. REG. DEL CAUCA
DPTO. AGROP. SECC. RENATURALES

PROYECTO PARA EL MANEJO
DE LA CUENCA SUPERIOR DEL RIO NIMA

Dib.
Flaubert Lemos

Pres.
Victor Muñoz



CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
CENTRO DE INFORMACION Y DOCUMENTACION - CEID

El préstamo vence en la fecha del último sello

Con la entrega oportuna de este libro,
Usted nos ayuda a prestar un mejor servicio

L-6 AGO. 1992

L-4 MAR. 1994

29 MAR. 1996