

**CONTRIBUCION AL CONOCIMIENTO DE LA CORDILLERA CENTRAL
DE COLOMBIA SECCION ENTRE IBAGUE Y ARMENIA**

POR
H. WOLFGANG NELSON
PETROLOGO

INFORME No. 1000

SERVICIO GEOLOGICO NACIONAL
BOGOTA, 1962

CONTENIDO:

I. INTRODUCCIÓN	165
II. OBSERVACIONES GENERALES ACERCA DE LA REGIÓN RECORRIDA ..	167
III. LA SERIE DE CAJAMARCA	168
IV. LAS ROCAS INTRUSIVAS	183
V. FORMACIONES NEOTERCIARIAS Y CUATERNARIAS	188
VI. POSICIÓN ESTRATIGRÁFICA DE LA SERIE DE CAJAMARCA	192
VII. TECTÓNICA Y METAMORFISMO	196
VIII. ASPECTOS ECONÓMICOS	200
IX. RESUMEN	201

I — INTRODUCCION

El presente informe constituye la primera contribución a un proyectado estudio de la Cordillera Central y cuyo fin es obtener, por medio de una serie de estudios combinados, tanto en el campo como en el laboratorio, un concepto más amplio sobre la constitución petrológica y estructural de dicha Cordillera. Este trabajo se relaciona, también, con las labores de la Sección de Fotogeología, como complemento de los mapas fotogeológicos en aquellas regiones en donde las fotografías aéreas no permiten una interpretación clara. Dichas zonas son especialmente aquellas en las que asoman las rocas ígneas y metamórficas.

La Comisión en la cual se basa el presente informe, fue realizada del 10 al 29 de julio de 1952, bajo la dirección del suscrito. Se recorrió la carretera entre Ibagué y Armenia que ofrece un magnífico corte geológico a través de la Cordillera; además, se recorrieron algunos ramales que se desprenden de la carretera Ibagué-Armero hacia el W y que ofrecen datos adicionales en lo que corresponde a la parte baja del flanco oriental de la mencionada Cordillera.

El estudio microscópico detenido permitió profundizar los conceptos sobre la constitución de esta Cordillera, en especial, en cuanto a las rocas metamórficas. A propósito de este estudio, se vio la necesidad de hacer algunas observaciones adicionales en el campo, no sólo para tener un mejor conocimiento sobre la extensión de los grupos distinguidos al microscopio y sus transiciones, sino también para poder extender las observaciones tectónicas.

Quiero consignar en este sitio mis mayores agradecimientos a la Sección de Fotogeología y de manera especial al doctor Jan Keizer, quien eficazmente colaboró en el desarrollo del perfil geológico a base de los datos de campo y de laboratorio; además, confeccionó dos croquis fotogeológicos para ilustrar los datos sobre algunos sitios importantes, sin dejar de tomar parte en discusiones importantes sobre algunos problemas estratigráficos.

Finalmente, hago llegar mis agradecimientos a la señorita Blanca Gómez Martínez, quien colaboró con gran interés en el dibujo del perfil y del mapa índice de este informe. En la misma forma agradezco la colaboración del Petrólogo Aspirante, señor Alberto Restrepo Jaramillo, quien me ayudó en cuanto le fue posible en el campo y en el feliz éxito del informe.

II — OBSERVACIONES GENERALES ACERCA DE LA REGION RECORRIDA

Una de las partes más altas de la Cordillera Central es la que se halla en la ruta Ibagué-Armenia y en la ruta Mariquita-Manizales. En este sector la cumbre está dominada principalmente por los nevados del Ruiz, El Cisne, Santa Isabel, Quindío y Tolima, cuya altura sobrepasa los 5.000 metros. Al sur de los nevados del Quindío y del Tolima se extiende el páramo del Quindío cuya parte más baja es llamada la Depresión del Quindío, por donde pasa la carretera recorrida.

Adelante de Ibagué, la carretera cruza el río Coello y luego sube por la margen derecha del mismo río el cual, más arriba, se llama río Bermejón; éste conduce hasta cerca de la cumbre y desempeña el papel de desagüe del flanco oriental de este sector. El paso de la carretera por la cumbre de la Cordillera en la Depresión del Quindío, se llama La Línea, punto que se halla aproximadamente en el kilómetro 70 desde Ibagué, a una altura de 3.240 metros. De aquí la carretera baja rápidamente hacia Calarcá y Armenia (en el kilómetro 100), al pie occidental de la Cordillera. Es notorio que la pendiente oriental es mucho más ancha que la occidental. La misma observación se puede hacer en la Cordillera Occidental, al W de Cali, en donde la pendiente hacia el valle del río Cauca es más brusca que la pendiente occidental, hacia el Pacífico.

A grandes rasgos, en la carretera visitada se observan tres unidades geológicas, a saber:

a) Rocas intrusivas, que se extienden desde poco arriba de Ibagué hasta el cruce con la quebrada Perico, aproximadamente en el kilómetro 16 desde Ibagué;

b) Una formación de rocas metamórficas, que se extiende desde el contacto tectónico con la roca intrusiva, por todo el trayecto de la carretera hasta Calarcá;

c) Formaciones modernas, especialmente tobas, procedentes del neovolcanismo.

Mientras que el propio relieve de la Cordillera Central se debe al plegamiento andino y a la subsiguiente erosión de las formaciones más antiguas (en el sector visitado, principalmente esquistos), ese relieve ha obtenido una morfología más suave por los productos piroclásticos del neovolcanismo, procedentes, en gran parte, de los volcanes actualmente extinguidos y convertidos en nevados. Estos productos volcánicos cubren especialmente las partes alta y media de la Cordillera y rellenaron los valles existentes de donde las aguas se han llevado la mayor parte, dejando atrás sólo unos restos del antiguo relleno. La cubierta de tobas

es un factor adicional que dificulta la investigación fotogeológica de estas áreas metamórficas.

Durante las labores realizadas para este informe, se llegó a la evidencia de que en la Depresión del Quindío la cumbre misma está constituida por una gruesa y resistente capa de diabasas, capa que se halla intercalada en los esquistos y a la cual evidentemente hay que atribuir un significado morfológico.

Luégo fue posible hacer una subdivisión petrográfica en los esquistos, los cuales a primera vista parecen muy uniformes, con aspecto de esquistos cloríticos y —en menor cantidad— esquistos grafiticos. También nos pareció que la tectónica no ha perturbado caprichosamente tales esquistos sino que, por el contrario, es bien controlable y más bien demuestra un desarrollo poco complicado.

III — LA SERIE DE CAJAMARCA

1. CONSTITUCION GENERAL

La propia Cordillera Central, por lo que se refiere a la sección de la llamada Depresión del Quindío, está constituida por rocas metamórficas, en general esquistosas. Se extienden por toda la pendiente occidental y constituyen también el flanco oriental, desde la cumbre hasta cerca de la base, en donde están limitadas por un batolito de granodioritas. Al oeste de Ibagué este contacto es tectónico y pasa en dirección NE por las quebradas Perico, Guayabal y Animas.

En los esquistos se hallan intercaladas varias capas de rocas diabásicas, que al parecer presentan derrames volcánicos, normalmente interestratificados; tales derrames asoman en ciertos lugares de la pendiente occidental y además constituyen la propia cumbre a ambos lados de La Línea, el paso más alto de la carretera Ibagué-Armenia. Las diabasas no han sido observadas en el flanco oriental. Por el carácter similar que ofrecen todas estas rocas, las reunimos en una serie geológica, la cual indicamos en lo sucesivo con el nombre de la población de Cajamarca por hallarse en medio de la mencionada serie.

Las rocas citadas van recubiertas en grandes extensiones por tobas flojas procedentes del neovolcanismo, actualmente extinguido en esa parte de la Cordillera. Al mismo volcanismo se deben algunas rocas extrusivas que afloran arriba de Cajamarca y en la parte media del flanco occidental; allí la cubierta de tobas es tan gruesa que los afloramientos en el subsuelo resultan bastante escasos.

A primera vista, las rocas metamórficas que constituyen esta serie de Cajamarca parecen poco variadas. En parte la aparente uniformidad es causada por la meteorización bastante profunda que hace que sean más vagas las diferencias originales, convirtiéndose todo en un conjunto indefinido de esquistos verdes que alternan con esquistos grafiticos. La impresión recibida es evidentemente tan monótona que, hasta el presente estudio, tampoco se han distinguido las intercalaciones de diabasas en la misma cumbre y en la pendiente occidental a lo largo de la carretera a Armenia.

Sin embargo, un examen detenido en el terreno revela que no es tan caprichosa la variación en esta serie, sino que, en combinación con el estudio microscópico, se dejan distinguir varios grupos principales distintos y bien definidos. Parece que ni la sedimentación, ni la tectónica subsiguiente de este geosinclinal, presentan factores incontrolables; ambas se reflejan en el perfil que se anexa al presente informe.

Los principales grupos de roca distinguidos en la serie de Cajamarca son los siguientes (debe tenerse en cuenta que el orden de tales grupos no tiene relación con la posición estratigráfica):

- a) Esquistos verdes (prasinitas);
- b) Anfibolitas;
- c) Esquistos grafiticos;
- d) Filitas cuarzosas;
- e) Esquistos cuarzosos néisicos;
- f) Rocas de transición
- g) Diabasas.
- h) Calizas cristalinas.

En los párrafos siguientes se tratará más en detalle sobre la composición mineralógica y química de estos grupos principales.

En general, los estratos de la serie de Cajamarca tienen un rumbo más o menos N-S. Sin embargo, ocasionalmente el rumbo se desvía considerablemente de esta "dirección andina", especialmente en el flanco oriental, que ha sido más perturbado. El buzamiento es muy variable, pero prevalece el oriental. Del perfil adjunto se desprende que los estratos que asoman en el flanco occidental de la Cordillera buzan bastante regularmente y con ángulo moderado hacia el Este; en igual dirección buzan las diabasas, que se extienden en dirección NNE por la cumbre y constituyen en la Depresión del Quindío la cresta misma. En la parte superior de la pendiente oriental, el buzamiento es bastante suave hacia el Este; luego, la parte media del mismo flanco está bastante perturbada y presenta verdaderos pliegues; finalmente, en la parte baja, hacia el contacto con las rocas ígneas del pie oriental de la Cordillera, los estratos están fuertemente erguidos y en posición más o menos vertical.

2. LOS ESQUISTOS VERDES

Los esquistos ordenados en el presente informe bajo este grupo, no sólo se distinguen por su color verdoso de tonos claros u oscuros, sino también porque los caracteriza una determinada composición mineralógica, que varía dentro de ciertos límites.

La mayoría de estos esquistos verdes se presenta en forma bastante compacta, pero con esquistosidad muy notable; a veces la roca puede ser muy dura y hallarse en bancos macizos, en donde la esquistosidad se oculta o se confunde fácilmente con un sistema de diaclasas, como sucede arriba de Cajamarca (véase foto 3). Otros esquistos por el contrario, tie-

nen esquistosidad finamente hojosa; son más blandos y constituyen más bien filitas con un lustre mate sobre los planos de esquistosidad.

Haciendo el estudio bajo el microscopio, parece que en la mayoría de las muestras la composición mineralógica se halla dentro de límites muy estrechos; esas rocas corresponden a las llamadas *prasinitas*, que constituyen una subdivisión bien característica de los esquistos verdes. Las prasinitas más típicas las encontramos en aquellas rocas en que rige la combinación mineralógica hornblenda + clorita + epidota + albita. La transición a los demás esquistos verdes se efectúa mediante el predominio de unos (generalmente clorita), con la simultánea disminución o ausencia de otros de estos componentes característicos, o también por la asociación de mayores cantidades de otros minerales, especialmente cuarzo.

Las mutuas relaciones están expresadas muy bien en el diagrama de la página 10 de este informe, diagrama en el que los minerales verdes ocupan los vértices del triángulo y las prasinitas se encuentran en la región central por contener ellas estos minerales verdes en cantidades más o menos iguales. La albita no figura por suponerse presente siempre en alguna cantidad en las prasinitas típicas; puede faltar a veces en otros esquistos verdes.

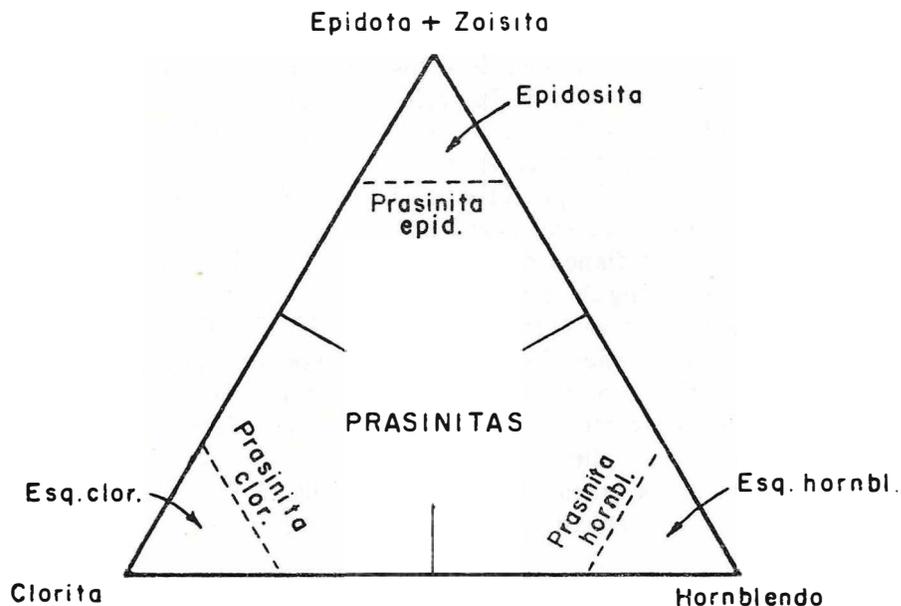


Diagrama que muestra la transición de las prasinitas típicas a otros esquistos verdes.
(Según Diehl, algo modificado).

La tabla de la página 171 reproduce los datos del examen microscópico de algunos esquistos verdes, dados en el orden de E. hacia W (Ibagué hacia Armenia).

Casi todos estos esquistos verdes corresponden a la composición típica de las prasinitas. Crece aún más la importancia de este grupo cuando se tiene en cuenta que las anfibolitas que se hallan cerca de la quebrada Perico representan los equivalentes contacto-metamórficos de los mismos esquistos verdes.

Muestra	Hornbl.	Epid.	Clorita	Albita	Accesorios importantes.
Ne-166	×	×	×	×	Biotita.
167	×	×	×	×	Calcita (15%), biotita.
169	×	×	×	×	Calcita, cuarzo.
170	×	×	×	—	
328	×	×	×	■	Cuarzo.
181	×	—	■	×	Abundant. menas metalif.
182	×	×	×	—	
183	■	×	×	—	
329	×	—	■	×	Abundant. menas metalif.
330	×	■	—	×	Abundant. menas metalif. y biotita.
195		×	×		Cuarzo.
203	—	×	×	×	
199	×	×	×	×	Cuarzo.
197	×	×	—	■	Bastante cuarzo.

× = Componente principal.

— = Cantidad subordinada.

■ = Sólo pequeña cantidad.

Al microscopio parece que la hornblenda de esas prasinitas generalmente es fibrosa y representa la variedad de actinolita; la epidota (a veces clinzoisita) se halla en granos pequeños entre la masa compuesta por los demás minerales; accesoriamente pueden asociarse cuarzo, calcita, biotita, titanita y menas de hierro.

Es especialmente notorio el contenido accidental de calcita. Las muestras Ne-169 y Ne-167 de la tabla anterior proceden respectivamente de la quebrada Cerrajosa y quebrada Curalito (canto rodado). Más abajo, ya cerca del contacto ígneo, se anotaron anfibolitas calcáreas, con diópsido como accesorio; es decir, los equivalentes contacto-metamórficos de las prasinitas calcáreas. Su proximidad con las calizas cristalinas llama la atención.

Se observaron, también, verdaderas filitas calcáreas en la pendiente occidental, cerca de la quebrada Plancha; el contenido en calcita sobrepasa el 30% y está principalmente concentrado en capas finas que alternan en la sección con capas ricas en sericita y albita, con menores cantidades de clorita y accesoriamente con pequeños cristales cúbicos de pirita. Las filitas calcáreas están interpuestas en filitas prasiníticas comunes. Dichas alternaciones, al menos la de escala megascópica, tenemos que atribuir las a variaciones en la sedimentación original; están bien ilustradas en el sector de la quebrada Plancha. Se nota ahí que las llamadas filitas, en parte calcáreas, pasan a esquistos cuarzosos grafíticos con lentes de cuarzo; y éstos, a poca distancia (unos pocos metros), a esquistos grafíticos comunes con cristales cúbicos de pirita bastante grandes (3 a 4 mm.); estas rocas a su vez alternan con filitas cloríticas; encima de éstas, finalmente, vienen filitas cuarzosas en una mayor extensión.

De las muestras citadas en la tabla de esta página, sólo las tres últimas proceden de la pendiente occidental de la Cordillera. Allí, la fuerte descomposición y además la cubierta extensa de tobas dificultan la investigación petrográfica. En parte los esquistos están convertidos en tierras lateríticas de tonos rojo-pardusco o carmelita. También en las muestras analizadas se aprecia la meteorización, la cual alteró la epidota en agregados de saussurita.

Probablemente las prasinitas quedan restringidas principalmente a la parte baja de este flanco. Los escasos afloramientos de más arriba indican más bien la presencia de esquistos grafiticos, esquistos grafitico-claríticos y filitas cuarzosas; rocas, pues, que representan una sedimentación original distinta y de las cuales trataremos más adelante.

En cuanto al lado oriental, las prasinitas se observan desde poco arriba de Cajamarca hasta cerca del contacto ígneo, y constituyen en este sector una parte integrante de la serie de Cajamarca. En los últimos dos kilómetros, hacia el contacto, se convirtieron en anfibolitas, evidentemente por el metamorfismo termal sufrido por la intrusión de las granodioritas. Esa zona de contacto tal vez fue más ancha pero probablemente quedó reducida por la falla que separa ahí ambas rocas.

3. LAS ANFIBOLITAS CERCA DEL CONTACTO IGNEO

Las anfibolitas constituyen una facies más elevada del metamorfismo, en comparación con los esquistos verdes (prasinitas) con los cuales se relacionan íntimamente; es decir, constituyen precisamente la transformación meso-zonar de los esquistos verdes epi-zonares. En vista de la proximidad del batolito ígneo, es evidente que las anfibolitas resultaron del metamorfismo termal producido por esa intrusión.

Sin embargo, debemos tener en cuenta que el metamorfismo dinámico, precisamente el correspondiente a la meso-zona, puede producir una transformación semejante. La sola observación de que más lejos del contacto rige en la serie de Cajamarca una transformación epi-zonar producida por las fuerzas orogénicas, no es suficiente prueba para excluir dichas fuerzas en cuanto a la explicación del metamorfismo más elevado de las anfibolitas; pues, de la misma manera que la presión orogénica logró en las granodioritas el efecto más alto cerca del contacto, donde se volvieron néisicas, la transformación máxima en la serie de Cajamarca, efectuada por esa dislocación, puede esperarse en el sector más cercano al contacto, o sea, en la heterogeneidad petrográfica. Es posible que un efecto se haya superpuesto al otro, pero que el del metamorfismo termal debe haber sido el más extenso. Las anfibolitas se observan no sólo al W de la quebrada Perico en la sección Ibagué-Armenia, sino también más al Norte. En esta relación nos referimos a las anfibolitas y neises de inyección al oeste de La Sierrita, que demuestran claramente el efecto del contacto magmático.

En el terreno, las anfibolitas en cuestión, suelen presentarse bastante macizas, a menudo atravesadas por un sistema de diaclasas. La roca se observa cinteada, es decir, que presenta finas franjas debido a la orientación paralela de los cristales de hornblenda; en las partes frescas es de color verde oscuro, pero en estado de descomposición puede tomar tonos más claros producidos por la saussuritización de las plagioclasas.

Bajo el microscopio se observan los componentes principales: hornblenda verde-pardusca y plagioclasas de composición andesina; se presentan en cantidades más o menos iguales o con un ligero predominio de la cantidad de hornblenda, mineral que casi siempre es fresco, mientras que las plagioclasas a menudo son turbias debido a productos secunda-

rios tales como saussurita, epidota, prehnita y calcita. Estos productos pueden reemplazar todo el feldespato y producir anfibolitas saussuríticas, zoisíticas, etc.; como elemento accesorio, casi nunca falta la titanita, que se presenta en granos finos, frecuentemente en asociación de ilménita con borde de leucóxeno; rara vez se observa cuarzo. La estructura varía en las distintas muestras, lo mismo el grano que va desde fino hasta bastante grueso. El desarrollo de la hornblenda es prismático, a menudo con extremos astillosos o mal definidos; la plagioclasa forma un mosaico granoblástico. La disposición de los componentes puede ser en capas alternantes, dando una notable esquistosidad, o presenta tan sólo una orientación paralela del anfíbol. En otras anfibolitas no se distingue orientación especial, hallándose los componentes en un desarrollo alotriomorfo, a veces con penetración mutua, dando estructura poiquilítica.

Es interesante una anfibolita calcárea que, en estructura granoblástica, contiene los minerales plagioclasa, hornblenda y calcita, con diópsido como elemento accesorio. Se la puede ver como equivalente contacto-metamórfico de las intercalaciones calcáreas en las prasinitas mencionadas anteriormente.

Se encuentran también anfibolitas como inclusiones de tamaños varios en la roca intrusiva. Además, se observan inclusiones de cornubianitas con desarrollo cristaloblástico de diópsido y de hiperstena. Obviamente fue incorporado en la intrusión un material semejante al material que dio origen a las prasinitas y a las anfibolitas en la zona del contacto. Ese material, en nuestro concepto, debe haber tenido más o menos la composición de una toba diabásica, contaminado en cantidad variable con material arcilloso o calcáreo. En el último párrafo de este capítulo trataremos en detalle sobre tal origen.

4. LOS ESQUISTOS GRAFÍTICOS

Los esquistos grafíticos en su forma más típica, están desarrollados como rocas de color gris oscuro y finamente esquistosas. Tales esquistos tienen un lustre mate sobre los planos de esquistosidad; otros tienen un lustre verdoso-filítico, debido a una mayor asociación de sericita o clorita.

La mayoría de estos esquistos grafíticos es bastante blanda, por lo cual, en el terreno, los afloramientos dan la impresión de estar más descompuestos y resaltan menos que los afloramientos de las prasinitas más duras. De este fenómeno puede resultar fácilmente un concepto erróneo sobre la distribución y magnitud de ambos grupos.

Según análisis microscópico, los esquistos grafíticos están constituidos principalmente por cantidades variables de cuarzo, grafito y sericita. El cuarzo se halla en estructura finamente granoblástica, al parecer en forma algo lamelar; el grafito y la sericita tienen orientación paralela u ondulosa, indicando la esquistosidad; accesoriamente se encuentran albíta y escamas de clorita.

Las transiciones de este a otros grupos se observan frecuentemente; así, por un aumento del componente de clorita y por la disminución del material de carbono, transitan a los esquistos verdes. Muy repartidos están los estratos gruesos, en los que se observan tales esquistos cloríticos

grafíticos que no representan ni verdaderos esquistos verdes, ni típicos esquistos grafíticos. Otras veces la sedimentación original fluctuaba constantemente, originando una alternación continua de varios esquistos. Tales formaciones se han unido en un grupo especial (véase el párrafo 7).

Otra transición es la que se observa hacia las filitas cuarzosas; se efectúa no sólo por la disminución de la proporción de grafito hasta la completa falta de este mineral, sino también por la aparente disposición del cuarzo muy fino y denso según cintas finas, a veces marcadas por agujas de clorita.

Los esquistos grafíticos están repartidos a ambos lados de la Cordillera Central, como lo demuestra el perfil. Generalmente la extensión de los afloramientos típicos está limitada debido a la variación de la roca hacia otros tipos, como se indicó más arriba. Es muy interesante el hecho de que parecen constituir tanto el infrayacente como el suprayacente de las diabasas que asoman en la cumbre de la Cordillera.

Merece mencionarse, también, un afloramiento en la parte media de la pendiente occidental. Asoma allí un esquisto grafítico duro, con esquistosidad hojosa y que contiene una proporción considerable de carbonato, probablemente tanto calcita como dolomita. En el mismo lugar se halla una roca arenosa negra que al microscopio revela su naturaleza triturada, debida a dislocaciones locales, por las cuales el grafito ha envuelto los granos fracturados de cuarzo con una película fina, dando a simple vista la impresión de tratarse de granos de cuarzo negro. El cemento entre estos granos está constituido en gran parte por un carbonato, frecuentemente en cristales romboédricos que representan probablemente el mineral dolomita. Es posible que esta dolomita se haya formado por sustitución metasomática de la calcita a causa de aguas meteóricas que circularon por la dislocación y deben su contenido en Mg. a los esquistos verdes vecinos.

5. LAS FILITAS CUARZOSAS

Se observan estas filitas a lo largo de una mayor extensión en la pendiente occidental de la Cordillera Central. Subrayamos nuevamente que esto no implica un cambio de facies entre esta pendiente y la oriental, pues, según la posición tectónica expresada en el perfil, el flanco oeste constituye la parte inferior y media de la "serie de Cajamarca" y sus estratos no parecen volver a presentarse en el flanco oriental.

La constitución característica es la de una roca gris-azulosa, compacta y bastante dura, con estratificación sumamente fina, filítica. Por alteración puede cubrirse con una película pardo clara o ferruginosa, color que puede llegar a teñir toda la roca, debido a la meteorización progresiva.

La misma esquistosidad finísima se observa al microscopio. El componente principal es el cuarzo que se halla en forma densa, finamente granoblástico con desarrollo más bien lamelar en una dirección, dando así la impresión de una fina esquistosidad, la cual resalta claramente por la asociación en cantidades subordinadas y variables de sericita, en agujas orientadas. También el grafito puede participar en la constitución de la roca, devolviéndole su color gris oscuro cuando aumenta la propor-

ción de este mineral o inclusive, llevándole hasta formar un esquisto grafitico.

La génesis de la roca es cosa difícil de determinar. La estructura finamente cristalina no denuncia claramente un carácter "clástico", sino que sugiere su precipitación de una substancia silicosa, ligeramente contaminada por material arcilloso y carbono, substancia silicosa que debe haber pasado posteriormente del estado amorfo al estado cristalino, para venir a sufrir finalmente un metamorfismo regional. La presentación bajo el microscopio recuerda un poco la de las lilitas, aunque la masa cuarzosa de éstas es aún más fina, o sea, criptocristalina. Hay que contar con la posibilidad de que el origen de las filitas cuarzosas se relacione íntimamente con la génesis de las lilitas pero que las circunstancias operantes durante la deposición, así como las transformaciones posteriores, fueron distintas. En el capítulo sobre la estratigrafía vemos que existen aún otros motivos, por los cuales la formación de parte de la serie de Cajamarca coincide con la formación de las lilitas de la Cordillera Occidental.

6. LOS ESQUISTOS CUARZOSOS NEISICOS

Este grupo se distingue del anterior por su carácter neisico, producido por los lentes de cuarzo y por su estructura fuertemente foliada. Sin duda se relacionan genéticamente con las mismas filitas cuarzosas pero fueron más transformados que éstas.

Los esquistos cuarzosos néisicos se observan precisamente en aquellos sectores que sufrieron en mayor grado la presión orogénica. Mientras que las filitas cuarzosas, al parecer, sólo indican los efectos de un "stress", dándoles capas planas, los esquistos néisicos sufrieron la combinación de "stress" (tensión) y "shear" (cizallamiento). Las capas, por consiguiente, se foliaron fuertemente e incluyen concentraciones (lentes) de cuarzo, de tamaño distinto.

También las substancias accesorias recrystalizaron y se concentraron en cintas plegadas en la forma de sericita y grafito, dando a la roca, en general, un color gris azulado o también, un lustre gris oscuro sobre sus planos de exfoliación, cuando la roca transita a un esquisto grafitico néisico por el aumento de estos accesorios.

Los afloramientos más característicos se hallan en la parte alta de la pendiente oriental; allí, la roca muy dura se distingue en el terreno por una mayor resistencia a la erosión; sus pendientes escarpadas producen varios saltos pequeños, como se observan especialmente en el curso alto de la quebrada Los Chorros (véase foto). Es precisamente en esta región en donde las fuerzas orogénicas que plegaron evidentemente los esquistos más al Oriente, tropezaron con la resistencia ofrecida por la capa maciza y gruesa de diabasas que actualmente forman la cumbre.

7. ROCAS DE TRANSICION

A este grupo hemos atribuído las siguientes formaciones:

a) Las que, según su composición mineralógica, constituyen un término intermedio entre los tipos más característicos, mencionados en los párrafos anteriores;

b) Tales zonas en donde la sedimentación original cambiaba rápidamente, dando lugar a una alternación continua de los esquistos actuales;

c) Tales esquistos, cuya naturaleza está mal definida por razones de la fuerte descomposición. Tal vez en el curso de un estudio más detallado, también de regiones vecinas, se puedan precisar algunas zonas.

Petrologicamente sólo necesitan aclaración los esquistos colocados bajo el grupo a). Son aquellos cuya composición mineralógica no los deja pertenecer a uno de los grupos anteriores sino que constituyen más bien grupos de transición, generalmente entre los esquistos verdes (prasinitas) y los esquistos grafiticos, pero también entre éstos y las filitas cuarzosas. Están constituidos generalmente por cantidades variables de cuarzo, albita, clorita, sericita y grafito; rara vez se encuentran epidota (zoisita) u hornblenda (actinolita); su color es gris verdoso de tonos distintos, según la proporción de los componentes.

8. LAS DIABASAS

Las diabasas forman el elemento más característico de la serie de Cajamarca, tanto morfológica como geológicamente.

Morfológicamente, en la Depresión del Quindío, dominan la pura cumbre de la Cordillera Central. Sólo están cubiertas allí por una capa de cenizas volcánicas modernas. Esta posición morfológica la deben indudablemente a su gran tenacidad y resistencia contra la erosión.

Geológicamente son interesantes por el cambio que introducen en los estratos gruesos sedimentarios que constituyen la serie de Cajamarca. Además, estas interposiciones ofrecen ciertos aspectos estratigráficos en cuanto a la posición geológica y a la edad de esa serie, por facilitar una comparación con regiones vecinas, especialmente con la del valle del río Cauca.

En el terreno se presentan como rocas verdosas, macizas y muy densas, de carácter ígneo básico, cuya naturaleza no se puede precisar fácilmente sin la ayuda del microscopio, excepto cuando a veces se observa una descomposición en forma de bolas (véase la foto 6). La sección delgada revela los componentes de una roca diabásica, o de sus productos secundarios; se hallan en estructura ofítica residual, reflejando claramente la fuerte presión dinámica sufrida durante la fase orogénica; los cristales prismáticos de plagioclasas están fracturados; la augita corrió la misma suerte, pero en general se muestra algo más resistente debido a su desarrollo intersertal.

La plagioclasa está completamente albitizada; a veces se observan también saussurita, clorita y cuarzo, como productos secundarios; la augita (diópsido) se alteró parcialmente a clorita y a uralita (actinolita fibrosa); este último mineral se desarrolló especialmente en los extremos de la augita en donde forma una franja de fibras paralelas, las cuales pueden penetrar los cristales vecinos de plagioclasas; accesorariamente se encuentran sólo ilmenita y leucoxeno.

Es interesante la posición del afloramiento en la cumbre. Por los movimientos orogénicos la capa gruesa de diabasas (más o menos 100 metros de magnitud) no sólo ha sido inclinada junto con los estratos sedimen-

tarios vecinos, sino que también se rompió, dando lugar a un desplazamiento transversal considerable (cerca de 200 metros), por lo cual la parte meridional se trasladó (relativamente) hacia el Oeste.

La carretera de Ibagué hacia Armenia pasa en su trayecto más alto exactamente por esa falla y, viniendo de Ibagué, ofrece primeramente afloramientos al lado derecho (frente al primer retén), es decir, en los extremos del sector septentrional de dichas diabasas; luego las corta al lado izquierdo (ya bajando hacia Armenia), es decir, en los extremos del sector meridional de las diabasas.

La situación se refleja también en el mapa topográfico de escala 1:25.000 del Instituto Geográfico: las cotas más altas se desplazan súbita y exactamente en el paso de la carretera. Aún mejor se observa este fenómeno en las fotografías aéreas, examinadas por el doctor Jan Keizer. Gracias a la mayor resistencia a la erosión, la capa de diabasas forma escarpes muy notables, los cuales en dicho lugar demuestran el desplazamiento transversal. La situación geológica se puede apreciar en el correspondiente croquis fotogeológico del perfil adjunto. El significado de los demás escarpes se conocerá sólo después del examen en el terreno mismo.

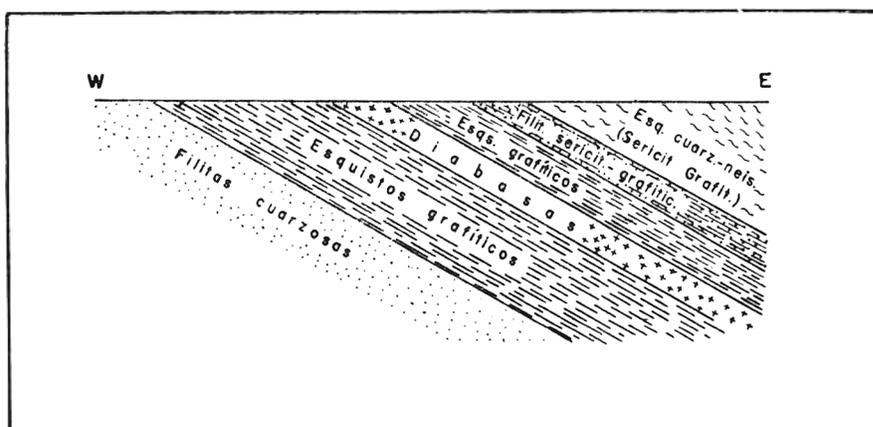
La situación tectónica en la cumbre está bien reflejada por la transformación de las rocas. En cuanto a las diabasas, en algunas se anota una deformación bastante débil (correspondiente sólo al dinamometamorfismo), en tanto que en otras se observa más bien una milonitización (producida por la dislocación ruptural).

Las diabasas están comprendidas entre esquistos grafiticos, con capas finamente hojosas y fuertemente foliadas. Tales esquistos grafiticos, más o menos cuarzosos, pasan hacia el W a filitas cuarzosas y hacia el E a filitas sericíticas, finamente onduladas, luego en los llamados esquistos cuarzosos néisicos. De estos últimos ya indicamos que se distinguen de las filitas cuarzosas sólo por haber sufrido un mayor grado de metamorfismo dinámico. Este hecho se debe a la fuerte resistencia ofrecida por la capa dura de diabasas contra las presiones orogénicas, las cuales, por consiguiente, causaron la fuerte compresión de los estratos suprayacentes contra esa capa resistente de diabasas (véase también el Capítulo VII). El croquis de la página 178 puede aclarar este orden litológico (croquis esquemático que no pasa por la falla del desplazamiento transversal).

Se observa que la sedimentación original pasa de muy cuarzosa a bastante arcilloso-carbonosa, estado este último que está interrumpido por la extrusión diabásica, para luego volver a ser cuarzosa, con una proporción variable en material arcilloso y carbono. Obviamente este derrame diabásico se intercala tranquilamente en la sedimentación existente, sin que lo acompañen derrames tobáceos. No es posible deducir conclusiones acerca del lugar del foco volcánico que produjo estos derrames.

En cuanto a las demás formaciones de diabasas indicadas en el perfil, sólo la más próxima a Calarcá se deja determinar con seguridad. En el afloramiento se anota también la tendencia a una descomposición en bolas. La roca misma tiene los componentes ordinarios, bastante alterados, de acuerdo con la meteorización profunda de esta pendiente.

Subiendo, ya pronto se encuentra otro afloramiento que probablemente constituye una diabasa; pero allí la alteración es tan fuerte que es difícil dictaminar sobre este afloramiento con seguridad,



El siguiente afloramiento, por fin, ya más arriba, se localizó en el terreno por la presencia de enormes bloques que se hallan allí y cuya posición no hace probable que procedan de la diabasa de la cumbre. En dicho lugar la cubierta gruesa de tobas modernas dificulta la exploración.

9. LAS CALIZAS CRISTALINAS Y LA ZONA DE CONTACTO

Hacia el límite de la serie de Cajamarca con el macizo ígneo, asoman en varios lugares interposiciones de caliza cristalina. Parece que no se trata de horizontes continuos, sino más bien de cuerpos aislados que se hallan en una zona limitada y que se extienden en dirección N-NNE. El tamaño de los cuerpos individuales varía mucho. Los que se encontraron al W de La Sierrita y entre Armero y Convenio son más o menos lentiformes y su diámetro alcanza unas pocas decenas de metros. Las interposiciones expuestas entre Ibagué y Cajamarca, cerca de la quebrada Perico, parecen ser más extensas.

La situación geológica en este último lugar es la siguiente: en el lecho de la misma quebrada aflora un neis granodiorítico que forma el límite del macizo ígneo y que se produjo en una zona ancha debido al metamorfismo sufrido. Subiendo desde aquí por la carretera hacia Cajamarca, se encuentra la misma roca ígnea, pero fuertemente milonitizada; luego afloran esquistos grafíticos néisicos y neises muy cuarzosos, con un contenido accesorio de grafito especialmente sobre los espejos de fricción. En tales neises se intercala, al parecer tectónicamente, una gran peña de granodiorita deformada y muy descompuesta. El fuerte efecto de la dislocación se manifiesta claramente en esta serie de rocas. Ascendiendo un poco más se observa el primer afloramiento de caliza cristalina, el cual es bastante ancho; está limitado por una cuarcita muy densa que recuerda las filitas cuarzosas. La caliza cristalina es un mármol muy denso, de color gris azulado; en la masa, finamente granoblástica, bajo el microscopio se distinguen las huellas de la dislocación, es decir, microfallas y maclas curvadas de calcita.

Continuando el ascenso por la carretera, se observa otra peña de granodiorita milonitizada; casi frente a ella, al lado del río y un poco por

debajo del nivel de la carretera, asoma nuevamente una intercalación de caliza entre los esquistos. Tiene una estratificación fina y es notoria por su color gris oscuro que se debe al contenido de grafito; después de esta intercalación de caliza que es más angosta que la anterior, ya pronto aparecen las anfibolitas; en éstas es notoria una intercalación de anfibolita calcárea.

Aunque la situación geológica es bastante complicada por la proximidad de la dislocación, nos parece que las calizas están interpuestas normalmente entre los demás esquistos. Estos están constituidos en el lugar descrito (quebrada Perico), principalmente, por esquistos grafiticos y cuarzosos.

La misma impresión se recibe de los lentes de caliza, que se observan al oeste de La Sierrita y entre Armero y Convenio. Las calizas observadas en estos lugares, sin embargo, se hallan intercaladas en anfibolitas. Es interesante la sucesión litológica al W de Armero; recuerda mucho la situación en la quebrada Perico, aunque es mucho más difícil de descifrar debido al fuerte dinamometamorfismo que evidentemente se operó en este sector y además por la fuerte meteorización que sólo permite hacer observaciones en las pocas quebradas que se encuentran.

En una de tales quebradas, más o menos a unos 3 kilómetros al W de la población de Armero, se encontró la roca ígnea del batolito, fuertemente deformada y néisica; parece tratarse de una diorita cuarzosa bastante pobre en cuarzo. A poca distancia de ésta, a unos 500 metros más hacia el SW, también afloran rocas néisicas, en una quebrada, pero que, según estudio microscópico, hay que atribuir un origen sedimentario. Se trata de neises cuarcíferos, constituidos principalmente por cuarzo y oligoclasa sericitizada luego por biotita cloritizada, a la cual a veces se asocia muscovita. Es característica la asociación de numerosos y pequeños cristales de granates (almandina) y de grafito cristalino en algunos de estos neises. Tales componentes se dejan observar también bajo el binocular como cristales rosados (granates) y como escamas con lustre mate argentífero (grafito) que más bien recuerdan un elemento metálico. En relación íntima con estos para-neises se hallan esquistos epidótico-calcáreos y anfibolitas cuyas plagioclasas se alteraron completamente a albita y prehnita. Aproximadamente a 1½ kilómetros más hacia el W, es decir, cerca del ramal que conduce a las minas de cal, se observó un lente grande de mármol grisáceo (también ha sido explotado), intercalado en anfibolitas. La caliza cristalina es impura y contiene hasta un 20% de los accesorios cuarzo, muscovita, tremolita, titanita y cubos pequeños de pirita. No fue posible visitar las minas de caliza, debido a los disturbios de orden público en esa región.

La sucesión litológica encontrada en los mencionados lugares parece indicar que, durante el período superior de la serie de Cajamarca, hubo un gran abastecimiento de material volcánico, el cual dominaba en la sedimentación y originó las prasinitas y anfibolitas. Entretanto se modificó la facies en la cuenca sedimentaria y se observan anfibolitas calcáreas y lentes más o menos aislados de caliza. Finalmente disminuyó el abastecimiento de material tobáceo y prevaleció una sedimentación arenosa, alternada por depósitos más o menos extensos de calizas. Esta facies arenoso-calcárea parece indicar un levantamiento de la cuenca geo-

sinclinal, en la cual se depositaron los gruesos estratos de la serie de Cajamarca. El levantamiento probablemente se relaciona con la intrusión de las granodioritas en los estratos de este geosinclinal. Para un mejor conocimiento de los sucesos geológicos sería necesario intensificar las observaciones de campo en esta región y en regiones vecinas, en especial en lo que se refiere a las intercalaciones de caliza.

10. FACIES DE LA SERIE DE CAJAMARCA

El estudio detenido de los grupos petrográficos que constituyen la serie de Cajamarca, demuestra las relaciones muy estrechas que existen entre ellos. Ya anotamos que los esquistos verdes pueden traspasar gradualmente a esquistos grafiticos, lo que se efectúa por la asociación de grafito, simultáneamente con la substitución de parte de la albita por cuarzo y con la disminución de la epidota hasta la ausencia completa de este mineral. En los puros esquistos grafiticos también va escaseando la clorita y la actinolita y en su lugar se observa sericita.

Otra transición frecuente se efectúa de los esquistos grafiticos a las filitas cuarzosas y luego a sus equivalentes más matemórficos, a saber, los esquistos cuarzosos néisicos. Se efectúa simplemente por el fuerte predominio del cuarzo sobre los demás elementos constituyentes, que acaso sólo se hallan accesoriamente.

Es evidente que estas alternaciones se deben a un cambio en la sedimentación original. Las diferencias en la sedimentación se manifestaron más claramente después de la fase orogénica, cuyo metamorfismo produjo rocas muy diferentes.

El origen de los esquistos grafiticos debemos buscarlo en los sedimentos arcillosos o finamente cuarzosos que se depositaron junto con material orgánico y cuyos productos de descomposición finalmente produjeron el carbono. Aunque por falta de fósiles no hay indicaciones seguras, parece muy probable que toda la serie de Cajamarca se depositó en facies marina. Tanto el espesor enorme, como el hecho de que en ninguna parte se encontraron intercalaciones de conglomerados, hablan en favor de tal suposición.

En cuanto a los esquistos verdes, ya anotamos que representan en su mayor parte prasinitas típicas. Su asociación mineralógica no puede resultar del metamorfismo de sedimentos arcillo-arenosos, pues las prasinitas son pobres en sílice y, por otra parte, más ricas en calcio y magnesio. Dentro del cuadro de los sedimentos comunes, sólo una marga dolomítica podría corresponder a la composición de las prasinitas. Es poco probable que esta clase de sedimento, bastante raro, se haya depositado en estratos tan gruesos como los encontramos actualmente en los esquistos verdes.

En nuestro concepto, tenemos que considerar como "materia prima" las tobas volcánicas básicas, cuya composición corresponde a los elementos que componen las prasinitas. La suposición de este origen está respaldada por las siguientes razones:

a) Tanto la formación de los estratos gruesos de prasinitas como la de las zonas de alternaciones continuas con otros sedimentos, se explican

fácilmente por medio de acciones volcánicas que, según su duración y violencia, produjeron un abastecimiento muy variable de tobas. Durante una fase eruptiva los productos piroclásticos dominaban fuertemente en grandes áreas sobre los productos de la sedimentación existente. Al disminuir la actividad volcánica, estos productos recuperaron el predominio. Se entiende que, según la facies existente en el momento de la actividad volcánica, se puede formar cada clase de sedimento mixto. Luégo se reflejan claramente las repetidas erupciones, especialmente en áreas próximas al volcanismo. Las alternaciones continuas y rápidas observadas en ciertos estratos de los esquistos, no dependen de alternaciones en la facies marina, sino, en primer lugar, del abastecimiento variable del material piroclástico;

b) Una prueba de las actividades volcánicas, durante la formación de la serie de Cajamarca, la encontramos también en los derrames de diabasa, que están intercalados normalmente entre los estratos de dicha serie. Ellos se hallan en varios niveles estratigráficos, indicando la acción volcánica repetida;

c) La conformidad notoria de la composición química entre las diabasas y las prasinitas está apoyando la suposición de que las prasinitas tuvieron su origen en tobas diabásicas.

Esa conformidad nos la demuestra claramente el cuadro de la página 181, en el cual figuran los “índices moleculares” de dos prasinitas, dos anfibolitas y dos diabasas. En cuanto a las anfibolitas, ya observamos que representan un mayor grado del metamorfismo, en comparación con las prasinitas, debido a su proximidad al contacto intrusivo.

La identidad en el carácter petro-químico es obvia. Los valores de los índices se hallan dentro de límites muy restringidos y son típicos para equivalentes de rocas gábricas o gábrico-dioríticas. Conforme a este tipo de magma el valor del cuarzo libre (qz) es negativo, e indica la subsaturación en sílice de estas rocas.

Las diferencias menores existen principalmente en un “si” algo elevado y un “c” más bajo en las diabasas. Es posible que haya relación con la completa albitización de las plagioclasas en las diabasas, como lo reveló el estudio de las secciones delgadas. Teniendo en cuenta que las diabasas se hallan intercaladas en formaciones de cuya facies marina apenas se puede dudar, esas extrusiones se efectuaron en forma subacuática. Por consiguiente, es posible que la albitización se deba a una soda-metasomatosis (espilitización) durante la extensión o después de ella, por lo cual fue substituída en los feldespatos parte del calcio por sodio.

	<i>Prasinitas</i>		<i>Anfibolitas</i>		<i>Diabasas</i>	
	Ne-328	Ne-182	Ne-297	Ne-314	Ne-339	Ne-216
si	111,7	102,3	118,4	112,2	122,0	127,4
al	19,4	21,4	21,7	23,4	23,0	23,0
fm	50,4	43,0	40,7	43,2	49,1	50,8
c	22,0	29,5	30,4	28,2	18,3	16,4
alk	8,2	6,1	7,2	5,2	9,6	9,8
k	0,07	0,02	0,04	0,05	0,03	0,07
mg	0,58	0,54	0,50	0,60	0,48	0,54
qz	— 21,1	— 22,1	— 10,4	— 8,6	— 16,4	— 11,8

La procedencia de las seis muestras que figuran en el cuadro anterior, es la siguiente:

- Ne-328: Un poco abajo de Cajamarca.
- Ne-182: Un poco arriba de Cajamarca.
- Ne-297: A media vía entre La Sierrita y Junín.
- Ne-314: Al NW de Armero (Estación Agropecuaria).
- Ne-339: La Línea. Carretera Ibagué-Armenia.
- Ne-216: La Línea. Carretera Ibagué-Armenia.

El concepto del origen tobáceo de los esquistos verdes, en especial de las prasinitas típicas, apoya también la explicación de ciertos problemas estratigráficos. Como se verá en un capítulo siguiente, hay motivos para conceder una edad Jurásica y Cretácico Inferior a la mayor parte de la serie de Cajamarca. La magnitud considerable de esta serie, en relación con dicho intervalo de tiempo, se comprende más fácilmente, aceptando una fuente extraordinaria en el abastecimiento del material depositado. Esa fuente la constituye el volcanismo, que, en un tiempo relativamente corto, puede producir enormes masas de material, hasta tal punto que la sedimentación existente va escondida por los productos volcánicos.

Más difícil que determinar el origen de las rocas verdes, es investigar la facies de las filitas cuarzosas. Ya anotamos en el párrafo correspondiente que es muy notoria su constitución por una masa cuarzosa y finamente granoblástica. En esa masa, finamente esquistosa, no observamos ningún residuo de granos más gruesos que pudiera indicar una formación antiguamente "clástica", análoga a los depósitos de arenas finas. La estructura sugiere más bien un origen por precipitación de una sustancia silicosa, comparable con un "gel". Es decir, nos parece probable un origen muy análogo al de las liditas. Si acaso ciertos organismos desempeñaron papel en la precipitación de la sílice, esto es un problema aparte que no se deja resolver en filitas metamórficas. Otro problema es el de la fuente de la sílice; a este respecto se puede pensar en dos posibilidades: primeramente en una relación estrecha con el volcanismo. En segundo lugar, suponer una meteorización profunda en el "Hinterland", que causó la disolución de gran parte de la sílice de las rocas y su transporte hacia el mar. Aunque no hay indicaciones concretas en favor de la primera suposición y tampoco en favor de la segunda, nos parece más aceptable la última. Pues, es poco probable que el volcanismo diabásico, que era tan constante en sus productos extrusivos durante toda la formación de la serie de Cajamarca, haya dado lugar a soluciones hidrotermales silicosas en escala grande. Además, se conocen liditas de otra parte, que no parecen tener relación con la actividad volcánica.

Lo dicho arriba sobre la facies de las filitas cuarzosas, probablemente vale también para gran parte de los esquistos cuarzosos néisicos, los cuales, en nuestro concepto, obtuvieron la estructura néisica sólo por sufrir mayor grado de dinamometamorfismo (véase el párrafo correspondiente).

Parece que la facies en la cuenca geosinclinal, que produjo los estratos de la serie de Cajamarca, fue determinada esencialmente por la alteración o combinación de los siguientes factores:

- a) Sedimentación arcillosa o finamente cuarzosa; a veces con abundancia del material de carbono;
- b) Precipitación de material silicoso, con contaminaciones arcilloso-carbonosas;
- c) Derrames tobáceos;
- d) Extrusiones de diabasas.

Hacia el final de la serie de Cajamarca se distingue un cambio de facies que viene a ser calcáreo-arenosa. Su modo de presentarse ya lo explicamos con motivo de la discusión de las calizas, en párrafo anterior. Parece que el hundimiento de la cuenca geosinclinal se convirtió en un levantamiento. En nuestro concepto, esta conversión se relaciona con la intrusión del batolito por dioritas cuarzosas. Es difícil decidir si este levantamiento sólo afectó una zona estrecha del geosinclinal (a saber, la parte baja del flanco oriental de la actual Cordillera Central) o si se realizó en una zona más ancha. En este punto llamamos la atención sobre el hecho de que —por lo que se refiere al corte Ibagué-Armenia— es imposible comparar la facies del flanco occidental de la Cordillera Central con la facies del flanco oriental. Si se hace tal comparación, resulta que, debido a la constitución tectónica, estamos comparando la facies de los estratos inferiores y medios (que afloran al W) con la facies de los estratos superiores (que afloran al E), dentro de la serie de Cajamarca.

IV — LAS ROCAS INTRUSIVAS

a) EXTENSION DENTRO DEL AREA VISITADA

Saliendo de Ibagué hacia la Cordillera Central la carretera de Armenia atraviesa, sobre una distancia considerable hasta la quebrada Perico, al W del río Coello, un batolito granítico, el cual parece extenderse más o menos en dirección norte-sur, a lo largo de la parte baja del flanco oriental de esta Cordillera; fue estudiado también al NE de la población de El Salado, en donde se halla muy bien expuesto en la quebrada La Chumba; se le encontró luego en la carretera entre Venadillo y Lérída, en el cruce con el río Recio y desde allí por el río, hacia arriba, hasta La Sierrita. Finalmente se observan las rocas ígneas un poco al oeste de Armero, pero allí son néisicas debido al dinamometamorfismo sufrido.

Hacia el Occidente está limitado por los esquistos, que en esta sección constituyen la mayor parte de dicha Cordillera y en los cuales se intruyeron las granodioritas. Por el lado oriental las rocas intrusivas se hallan cubiertas por formaciones sedimentarias más modernas, especialmente por el abanico de Ibagué. Al sur de Alvarado y al oeste de Piedras, la roca ígnea emerge por entre este abanico y forma cerros pequeños y aislados en el terreno.

b) CONSTITUCION GENERAL DE LA ROCA INTRUSIVA

A grandes rasgos, este batolito tiene un carácter petrográfico bastante uniforme y está constituido en forma preponderante por cuarzo-

dioritas. Por hallarse cierta proporción subordinada de feldespato potásico, la roca puede traspasar regionalmente a una granodiorita, lo que evidentemente ocurre en la región al oeste de Ibagué, mientras que más al Norte se observaron sólo las cuarzdioritas.

Como elementos melanocratos se encuentran biotita y hornblenda, generalmente en cantidades más o menos iguales. Las rocas tienen estructura granitoide, variando el tamaño de su grano de bastante fino hasta medio y ocasionalmente grueso. En tanto que a primera vista el macizo parece bastante homogéneo, en menor escala ofrece numerosas variaciones, cuyo estudio es de importancia desde el punto de vista genético. En el último párrafo serán tratadas algunas de sus características, tanto mineralógicas como petroquímicas.

En varios afloramientos al oeste de Ibagué, la roca ígnea se presenta bastante esquistoseada; evidentemente a causa de una gran falla que pasa por el lecho del río Cocora en dirección ENE, hacia Ibagué, y la cual se deja seguir hasta cerca de Piedras (véase el mapa fotogeológico del Tolima). En esta parte esquistosa también se presentan varias vetas de aplita y micropegmatita; en estas últimas se encuentran vestigios de una ligera mineralización en la forma de mineral de molibdenita.

Rocas hipoabisales se encuentran también en otra parte. Especialmente se las anotó en una sección interesante al W de La Sierrita. Un poco al oeste de la población se encuentra un dique de porfirita cuarzdiorítica, el cual llega a tener unos 3 metros de espesor y se halla en la roca vecina la cual se transformó en anfibolita por el metamorfismo de contacto sufrido por el batolito cercano. Algo más arriba, hacia Junín, aflora una intercalación de mármol en estas anfibolitas, que se presenta en bancos más o menos grandes y de forma lenticular. A poca distancia de este afloramiento se encuentra otra intercalación. Su límite occidental está en contacto con un dique de aplita diorítica de color gris blanco que está constituido casi exclusivamente por feldespato sódico-cálcico. Otro dique semejante se encuentra a poca distancia, pero inyectado en la anfibolita. Luego se anotan vetas de aplita diorítica sobre una distancia considerable a lo largo de dicha carretera hacia Junín. El contenido abundante o exclusivo de plagioclasas (oligoclasa andesina) les concede un color muy claro, en general gris blanco; al feldespato pueden asociarse cantidades menores (hasta 15%) de una hornblenda verde y alotriomorfa, luego cuarzo intersticial o también poiquilítico en las plagioclasas. La estructura cataclástica de estas aplitas dioríticas demuestra claramente las huellas de la presión orogénica sufrida.

En algunos lugares, la anfibolita está tan fuertemente inyectada por tales aplitas, que vienen a representar más bien un neis de inyección. Estos fenómenos, producidos por el metamorfismo de contacto, y además la gran extensión de las anfibolitas, hacen sospechar que en este sector la roca intrusiva se halla a poca profundidad debajo de estas rocas metamórficas.

Es posible que esta suposición se pueda hacer también respecto de otros sectores de la región recorrida. Un poco al oeste de San Felipe, subiendo por el carretable a Falan, en el cruce con el río Guamo, afloran anfibolitas que buzanan regularmente con unos 20° hacia el Oeste y se dejan seguir (generalmente en estado más descompuesto) a lo largo de cierta

distancia. Parecen estar interrumpidas por una roca néisica de color verde claro que aflora por lo menos en unos 30 metros y que se distingue por su gran dureza. Al microscopio parece tratarse de una roca ígnea cuyos elementos (plagioclasas, cuarzo y probablemente algunos melancratos) fueron fuertemente milonitizados. Puede ser que se relacione con la misma roca intrusiva cuarzodiorítica y fuese intercalada tectónicamente. Sin embargo, es más probable que se trate de un cuerpo hipoabisal producido por el batolito e inyectado en los esquistos donde participó del dinamometamorfismo. Probablemente no tiene más conexión directa con el batolito mismo.

En esta relación nos referimos también a la peña de granito, encontrada por O. STUTZER en el trayecto entre Cajamarca y La Línea (véase Comp. Est. Geológicos Oficiales en Col., tomo II, pág. 19). En la comisión a la cual se refiere el presente informe también fue colectada una roca granítica más o menos esquistoseada, de color rosado, que procede precisamente del punto La Paloma, unos 4 o 5 kilómetros abajo del cruce de la carretera con el río Bermellón; aparentemente se trata del mismo lugar.

Examinada al microscopio, está constituida principalmente por cuarzo y oligoclasa, en proporciones más o menos iguales y en estructura alotriomórfica. Esta constitución indica más bien un origen hipoabisal que plutónico; la roca sufrió cierta esquistosidad durante la fase orogénica. Debemos recordar que E. A. SCHEIBE descubrió dos lugares, antes del cruce del río Bermellón, en los que se presenta la roca. Finalmente, el suscrito encontró en días pasados varios cantos de una roca ígnea, algo esquistoseada, en el lado oriental de la cumbre misma de La Línea, casi frente al retén. Contiene, fuera de cuarzo y plagioclasa sericitizada, bastantes escamas pequeñas de biotita cloritizada; es muy probable su procedencia de un cuerpo hipoabisal.

Estas formaciones hipoabisales probablemente se relacionan con las mineralizaciones cuarzo-auríferas que se conocen cerca de Cajamarca; fueron estudiadas por R. SCHEIBE (Comp. Est. Geológicos Oficiales en Colombia, tomo I, pág. 371). En su informe, él observa: "...cuerpos filonianos de carácter granítico, sienítico y diorito-porfirítico, que ascienden en el valle del Bermellón, al oeste de San Miguel (Cajamarca)", lo que apoya nuestra suposición sobre la naturaleza hipoabisal de las rocas en cuestión.

e) INCLUSIONES

Conviene agregar una palabra sobre las inclusiones que están incorporadas en la roca ígnea. Varían en su tamaño desde unos pocos centímetros hasta algunos metros; las pequeñas tienen, a menudo, una forma alargada o casi lentiforme, pudiéndose observar en muchos lugares cerca del contacto. Son compactas o también con fina esquistosidad; su color es verde oscuro o negro. Bajo el microscopio se clasifican en su mayoría como anfibolitas, compuestas por hornblenda verde pardusca y plagioclasas, minerales a los cuales se asocia rara vez diópsido; la estructura consta de un mosaico granoblástico o, en otras, demuestra orientación paralela de sus componentes.

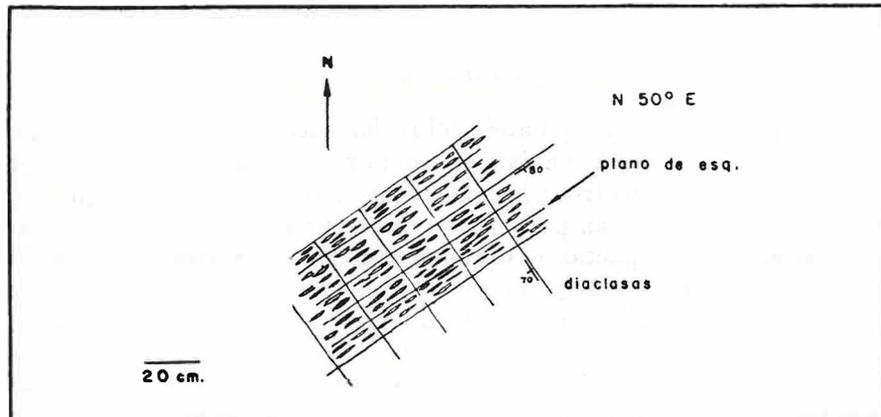
En cuanto a las inclusiones mayores, son verdaderas cornubianitas densas o de grano fino, de color oscuro. Estudiadas microscópicamente, tienen una asociación mineralógica muy típica, a saber, un mosaico en el que entran plagioclasas básicas, diópsido, hiperstena (con su pleocroísmo típico), hornblenda verde pardusca y en menor cantidad biotita. Representan la transición más alta que puede producir el metamorfismo termal en la roca original, que hemos tomado por una toba básica, tal vez más o menos contaminada por un sedimento arcilloso (véase la serie de Cajamarca).

d) CONTACTO

Al W de Ibagué, el batolito está en contacto tectónico con los esquistos metamórficos situados más al Occidente. La falla corta la carretera a Armenia a una distancia aproximada de 16 kilómetros de Ibagué y pasa allí por el lecho de la quebrada Perico; se la puede seguir en dirección NE por las quebradas Guayacal y Animas; hacia el SW se reúne con la falla mencionada que pasa por el río Cocora.

Aproximándose a la falla, la roca ígnea se pone gradualmente más esquistosa y finalmente pasa a ser un verdadero neis. Esta zona néisica es bastante ancha y cerca de la quebrada Perico llega a tener por lo menos unas cuantas decenas de metros; está muy bien expuesta en la quebrada misma, un poco arriba de la carretera. Los minerales se hallan orientados más o menos paralelamente; en especial la hornblenda indica muy bien los planos de esquistosidad, los cuales tienen posición casi vertical o más bien inclinados fuertemente hacia el SE, siendo la dirección N 50° E. Muy notorio es el desarrollo de un sistema de diaclasas paralelas que reparten el neis en fajas de unos 2 decímetros de espesor, más o menos perpendiculares a los planos de esquistosidad (véase la figura de esta página).

La zona néisica sugiere una fuerte presión dinámica lateral contra las formaciones sedimentarias más al Occidente, a causa de la cual los sedimentos fueron plegados. También se anotan los vestigios de la dislocación más o menos vertical, a lo largo de las fallas. Allí hay una zona bastante ancha de rocas perturbadas y trituradas, zona en donde se encuentran tanto fragmentos grandes arrastrados desde el batolito como



esquistos deformados de la formación sedimentaria. En tanto que los componentes de la roca ígnea demuestran al microscopio una completa milonización, los componentes de los esquistos se distribuyeron más bien en estructura lenticular, hallándose entre los ojos de cuarzo (con albita como accesorio) una substancia verde oscura y laminada de clorita, sericita y una cantidad variable de grafito. Es muy notorio que frecuentemente se observan afloramientos de caliza cristalina cerca del contacto; estos afloramientos están discutidos en el capítulo sobre la serie de Cajamarca.

e) ASPECTO MINERALOGICO Y COMPOSICION QUIMICA
DE LAS INTRUSIVAS

Ya concluimos en párrafos anteriores que, a grandes rasgos, la intrusión diorítica cuarzosa tiene un carácter bastante bien definido. Sin embargo, haciendo un estudio en detalle, algunas diferencias menores llaman la atención desde el punto de vista petrológico. Los magníficos afloramientos en la quebrada La Chumba, cerca del caserío La Flor, en jurisdicción de El Salado, son muy adecuados para un estudio de tal índole.

En el lecho de dicha quebrada, la roca ígnea se presenta en dos tipos distintos que se hallan en íntima y mutua relación. El primer tipo es de aspecto "granítico", de color claro y de grano medio a grueso, compuesto por plagioclasa blanca y cristales prismáticos (hasta de 8 mm.) de hornblenda y hojas de biotita. El segundo tipo es de aspecto más bien "diorítico", de color bastante oscuro y de grano más fino; sin embargo, consta de los mismos componentes.

En cuanto a su extensión y posición mutua, es difícil decidir sobre este particular con base en las observaciones hechas en la parte recorrida de la quebrada; ambos tipos se presentan uno al lado del otro y se incluyen mutuamente, en masas irregulares que miden desde pocos decímetros hasta varios metros; dan la impresión de formar a distancias mayores un sistema coherente en sentido tridimensional. El límite es, en general, bien definido, sin zona clara de transición ni aun haciendo la observación en menor escala.

Los datos del examen microscópico y del análisis petro-químico (en índices moleculares) de ambos tipos de roca se dan en los cuadros siguientes:

	<i>Tipo grueso</i> Ne-262	<i>Tipos finos</i> Ne-263 Ne-264	
Cuarzo	25	15	10
Plagioclasas	55	60	66
Hornblenda	8	15	12
Biotita.	12	10	10

Cuadro 1. — Cantidad proporcional de los minerales constituyentes de dos tipos de cuarzodioritas, procedentes de la quebrada La Chumba. (Según examen microscópico).

Ne - 262				Ne - 263							
si	=	229,3	k	=	0,30	si	=	207,6	k	=	0,14
al	=	33,0	mg	=	0,40	al	=	33,1	mg	=	0,44
fm	=	30,4				fm	=	28,8			
c	=	21,9	qz	=	70,5	c	=	26,0	qz	=	59,2
alk	=	14,7				alk	=	12,1			

Cuadro 2. — Indices moleculares (índices de Niggli) de ambos tipos de cuarzdioritas. (Según análisis químico).

Las diferencias entre ambos tipos están restringidas principalmente a un mayor contenido en cuarzo del tipo grueso y a un porcentaje ligeramente elevado en elementos melanocratos del tipo "diorítico". Ambos tipos se clasifican como dioritas cuarzosas. En otras palabras, las diferencias mineralógicas y petroquímicas son menores que las que se sospechan por el aspecto diferente de ambas rocas. Evidentemente el color oscuro en la roca "diorítica" se debe en gran parte a la mayor difusión de sus melanocratos, gracias a un grano más fino.

Sin embargo, fuera del tamaño del grano, parece existir otra diferencia estructural entre ambos tipos. Al microscopio se observa en la roca "diorítica" de grano fino, en general, un desarrollo xenomórfico de los melanocratos, tanto de la hornblenda como de la biotita; se presentan en cristales y escamas muy irregulares, a menudo en crecimiento mutuo. Por otra parte, estos melanocratos pueden encerrar pequeños cristales bien desarrollados de plagioclasas, dando así una estructura poiquilítica notoria; a menudo se tiene la impresión de que los feldespatos substituyen parte de los melanocratos. Luégo, las plagioclasas son en general zonares; el centro de estos cristales frecuentemente ha sido sericitizado y puede estar corroído. La comparación con las secciones del tipo "granítico", de grano grueso, demuestra que en éstas la estructura es más bien la "granítica" común con un desarrollo hipidiomórfico de los melanocratos y de las plagioclasas, también zonares, pero en general sin núcleo sericitizado. Estructura poiquilítica sólo se observa rara vez.

Aunque no es posible, a base de los pocos datos, hacer especulaciones sobre la génesis de la roca diorítica cuarzosa, se tiene la impresión de que las partes oscuras representen partes de origen sedimentario (esquistos), en las cuales la granitización ha sido incompleta; fueron impregnadas por un líquido magmático que causó transformaciones incompletas.

V — FORMACIONES NEOTerciarias y Cuaternarias

Las rocas pre-andinas que constituyen la actual Cordillera Central están cubiertas en su mayor extensión por formaciones modernas; en la discusión de éstas prescindimos de las tierras lateríticas u otros productos de descomposición "in situ", producidos por la fuerte meteorización y los cuales se encuentran especialmente en la pendiente occidental de la Cordillera.

Las formaciones modernas, a las cuales nos referimos en seguida, se deben en parte al neovolcanismo que probablemente fue activo desde

el Terciario Superior hasta los tiempos de que data la historia humana. Por otra parte, se deben a la erosión mecánica que indudablemente actuaba más intensamente durante el Pleistoceno. Tales formaciones son las siguientes:

1. ROCAS EXTRUSIVAS

Afloran en varios lugares a ambos lados de la Cordillera Central. Son de tipo muy diferente y también varían considerablemente en cuanto a la extensión; la mayoría de ellas se presenta sólo en forma muy local.

a) *Dacitas hornbléndicas.*

Están expuestas a lo largo de la carretera entre Cajamarca y La Línea sobre una distancia de unos 2 kilómetros, más o menos, en el sitio en donde esta carretera corta el río Bermellón. Se hallan en capas de poco espesor que a veces están ligeramente inclinadas y también fracturadas por fallas de menor importancia pero que indican claramente los movimientos tectónicos post-genéticos. (Véase foto 8).

La dacita es de color gris azulado; tiene estructura porfirítica bien marcada, especialmente por el desarrollo de los cristales de plagioclasa (andesina) que alcanzan un tamaño aproximado de 1 centímetro; luego se distinguen fenocristales pequeños y prismáticos de hornblenda. La masa es finamente granular y está constituida por los mismos elementos, a los cuales se asocian un poco de cuarzo y cristales de pirlita.

La acción termal sobre los esquistos verdes y grafiticos de la serie de Cajamarca apenas se distingue. Es decir, en el contacto mismo tales esquistos se transformaron en rocas córneas densas y oscuras, en las cuales se observa al microscopio una fina infiltración de lava vítrea que contiene en suspensión numerosas partículas finas de magnetita.

b) *Andesita hornbléndica.*

Aflora en la vertiente occidental de la Cordillera, más o menos, a medio camino en la bajada de La Línea hacia Calarcá. La roca gris azulada es áspera y porosa al tacto; se emplea como balasto por ser fácilmente triturable pero ofrece el inconveniente de descomponerse pronto en la banca de las carreteras. Macroscópicamente sólo se distinguen en ella agujas muy finas y negras de hornblenda, las cuales bajo el microscopio se identifican como oxi-hornblendas con borde metalífero; la masa es vítrea y contiene numerosos y pequeños cristales (microlitos) de plagioclasas (andesina); luego se distinguen en la sección, fuera de los cristales de oxi-hornblenda, unos pocos de augita (diopsítica).

La extensión de esta andesita es muy limitada; tiene una forma más o menos circular, con un diámetro de unos 300 metros. No hay indicaciones que permitan afirmar que se trate de restos de erosión de una capa mayor; parece más probable que se haya originado por una explosión volcánica corta y poco intensa, tal vez semejante a las que origina-

ron las "maares" en el Eifel (Alemania), al final de la explosión la chimenea se relleno con lava andesítica. Podría datar del final del Cuaternario.

c) *Andesitas hipersteno-augíticas.*

Aunque en la región visitada sólo fueron encontradas en un solo sitio, las andesitas hipersténicas tal vez representan los productos más característicos del neovolcanismo. Se las observó a mitad de camino entre Armero y Convenio, en donde forman pequeños cerros aislados, los cuales están constituidos completamente por bloques más o menos redondos de esa roca. No fue posible determinar aquí si se trata de bombas o de restos de una desintegración boliforme; lo primero nos parece lo más probable.

Al microscopio la roca demuestra fenocristales de plagioclasas (andesina básica), hiperstena y augita, a los cuales puede asociarse oxi-hornblenda. La pasta es vítrea y contiene numerosos microlitos.

Las andesitas hipersténicas son consideradas como un elemento típico del neovolcanismo circumpacífico y son conocidas en las cordilleras de ambas Américas. También en el sur de Colombia, precisamente en el Departamento de Nariño, parece que se hallan tales rocas y fueron observadas por el suscrito en una colección petrográfica procedente de la ruta El Tambo-Policarpa (Véase el informe correspondiente a noviembre de 1953). GROSSE menciona rocas semejantes en su estudio del "Terciario Carbonífero de Antioquia" (año de 1926).

Es interesante el hecho de que obviamente estas rocas extrusivas se presenten también en la hoya del Magdalena. Aunque en la pendiente oriental de la Cordillera Central se las encontró sólo en un sitio, deben haber tenido una distribución considerable en este flanco. Esto lo demuestra claramente el estudio de unos cantos rodados del abanico de Ibagué, en el cual se hallan, al parecer, en proporción considerable.

Es difícil extraer conclusiones sobre la edad geológica relativa de las extrusiones mencionadas. Sin embargo, nos parece probable que las andesitas hipersteno-augíticas estén clasificadas entre los productos neovolcánicos más antiguos, pues se hallan en gran número en el abanico de Ibagué. Los demás tipos mencionados (dacita y andesita hornbléndica) podrían tener una edad más moderna; indicaciones precisas sobre su posición geológica relativa faltan en este sector.

d) *Porfirita basáltico-olivínica.*

Finalmente, merece mencionarse una roca procedente de cerca de Cajamarca, colectada por el Servicio Geológico Minero de Ibagué y que me fue mostrada por el señor Rincón, Conservador de Petrografía del Museo.

Se trata de una roca de estructura porfirítica, de color gris pardusco, en la cual se distinguieron numerosos y pequeños fenocristales de olivina. En la sección delgada se la clasifica como una roca basáltico-olivínica. Está constituida por fenocristales bien desarrollados de olivina, generalmente con borde alterado de iddingsita, luego por fenocristales más pe-

queños y menos frecuentes de augita; este mineral se halla principalmente en la masa en forma de granos pequeños, junto con microlitos de plagioclasas y cristales de magnetita.

Desgraciadamente, faltan datos precisos sobre la posición en el campo. Se trata indudablemente de una roca post-andina. Lo más probable es que provenga de una formación hipoabisal, es decir, representa un dique de porfirita basáltico-olivínica.

e) *El carácter petro-químico de las extrusivas encontradas.*

De los tres primeros tipos de rocas extrusivas se elaboró un análisis químico, con el objeto de establecer las relaciones magmáticas; los datos, expresados en "índices moleculares", están contenidos en la tabla o cuadro de esta página.

Conforme a su composición mineralógica, la dacita corresponde a un tipo de magma diorítico cuarzoso. El índice de cuarzo libre ($qz = 43,2$) es bastante alto; es decir, la proporción de este mineral en la pasta granuda debe ser considerable.

En los demás tipos el índice qz también es positivo, pero más bajo; el mineral no fue encontrado bajo el microscopio. Sin embargo, merece mencionarse aquí una andesita con fenocristales de hornblenda basáltica que se encontró como canto en el abanico de Ibagué; esta andesita contiene varios fenocristales grandes de cuarzo, los cuales demuestran una notable corrosión magmática.

	Dacita	Andesita oxi-hornbl.	Andesita hip. - aug.
si	196,0	177,1	179,4
al	28,9	20,8	31,0
fm	39,3	41,2	32,0
c	18,6	22,3	21,9
alk	13,2	15,7	15,1
k	0,15	0,22	0,14
mg	0,34	0,46	0,45
qz	43,2	14,3	19,0

El tercer tipo, el que constituye los cerros al oeste de Armero, se confunde en el terreno fácilmente con un basalto debido a su color azulado oscuro. Tanto la sección como el análisis químico lo clasifican entre las andesitas o más bien al tipo "peleítico" de los magmas diorítico-cuarzosos; su importancia en el volcanismo neoterciario en Los Andes ya se subrayó en el párrafo anterior.

2. LAS TOBAS

Una capa extensa de tobas cubre gran parte de la sección visitada en la Cordillera Central, en especial sus flancos medios y altos. El espesor de esta capa varía bastante, pero en general debe ser muy considerable; tanto, que superpone un relieve suave al relieve principal de las

rocas del fundamento andino. Esta cubierta gruesa impide, o al menos dificulta, la investigación fotogeológica, aparte de que las rocas metamórficas de este subsuelo tampoco son objeto apropiado para el análisis estructural a base de fotografías aéreas.

Las tobas están constituidas por cenizas, lapilis y piedra pómez, hasta del tamaño de un puño; su composición corresponde a la de andesitas, al parecer bastante ácidas. Los ríos han arrastrado mucho del material piroclástico que antes parece haber rellenado sus valles hasta un nivel bastante alto. Todavía se observan en varias partes restos de erosión de un relleno antiguo, especialmente un poco abajo de Cajamarca, en el valle del río Bermellón y río Toche (véase foto 11 en la página siguiente). La misma población de Cajamarca se halla sobre una terraza que probablemente está constituida por material piroclástico redepositado. Es de suponer que las tobas transportadas se acumularon en gran parte en los abanicos que se extienden radialmente desde el pie de la Cordillera, tanto hacia el Oriente como hacia el Occidente. Aún falta un estudio detenido no sólo de las formaciones piroclásticas sino también de los abanicos.

3. LOS ABANICOS AL PIE DE LA CORDILLERA

El abanico de Ibagué se corta en el trayecto de la carretera entre esta ciudad y Gualanday. Especialmente saliendo de Gualanday a Ibagué, la subida ofrece un corte claro de esta formación. Se compone de cantos de diferentes tamaños, luego de cascajos y de arena gruesa; materiales que, en general, son poco coherentes. El estudio microscópico de algunos cantos probó la variación petrográfica en cuanto a los componentes. Se encuentran tanto esquistos verdes y grafiticos, derivados evidentemente de la serie de Cajamarca, como rocas volcánicas procedentes del neovolcanismo andino. Entre estas últimas resalta la alta proporción de las andesitas hipersteno-augíticas, a veces con oxi-hornblenda; tales extrusivas deben haber estado bastante repartidas en la Cordillera Central.

Es difícil figurarse la acumulación de estos enormes estratos de guijos sin aceptar circunstancias especiales durante su formación, especialmente en cuanto a un drenaje extraordinario. Tales circunstancias reinaron durante el Pleistoceno. Sus cambios climatológicos sin duda aumentaron considerablemente el drenaje durante ciertos intervalos y además el "Hinterland" produjo material volcánico y sufrió una erosión intensa. Es posible que las tobas llevadas por las aguas facilitaron el transporte por suspensión en ellas de los guijos que actualmente constituyen los abanicos.

VI — POSICION ESTRATIGRAFICA DE LA SERIE DE CAJAMARCA

Aparte de la constitución estructural, el perfil adjunto proporciona a grandes rasgos una idea de la sucesión litológica en la serie de Cajamarca; además, permite hacer un cálculo aproximado en cuanto a la magnitud de esta serie. No trataremos aquí de establecer una tabla detallada del orden estratigráfico, pues, como se observa, en ciertos sectores los

datos litológicos son muy escasos, principalmente debido a la cubierta extensa de las tobas neovolcánicas.

El espesor total de los estratos que asoman en la pendiente occidental, se establece aproximadamente en 6.000 metros¹; el de los estratos que afloran en la pendiente opuesta, se calcula en unos 7.000 metros aproximadamente. De modo que toda la serie, en cuanto está representada en este corte, alcanza la magnitud muy considerable de 13.000 metros, aproximadamente.

En cuanto a la distribución de los estratos, parece que los que asoman en el flanco occidental no vuelven a aflorar en el flanco oriental. Este hecho dificulta controlar el desarrollo de la facies en sentido lateral de W a E, y no permite derivar conclusiones a este respecto a base de diferencias en la litología de ambas pendientes. Por el mismo motivo, la magnitud calculada en 13.000 metros, hay que considerarla con reserva, pues ella podría variar también notablemente en sentido lateral, en vista de la gran distancia, mayor de 50 kilómetros.

En general, parecen predominar en la base de la serie rocas prasiniticas en las que se intercalan por lo menos dos derrames de diabasas. Luégo está expuesto un mayor afloramiento de filitas cuarzosas; el cambio a esta facies ya se anota por intercalaciones muy delgadas (cerca de 10 cm.) de esas filitas cuarzosas en las partes superiores de las prasinitas infrayacentes. Encima del mayor afloramiento de esas filitas cuarzosas vuelven las prasinitas, pero a veces notablemente calcáreas, de modo que pueden pasar a filitas calcáreas, o también, alternan con esquistos grafiticos.

De los estratos que siguen, gran parte está oculta bajo tobas neovolcánicas, pero es probable que en estos estratos los esquistos grafiticos y "rocas de transición" hayan desempeñado un papel importante.

Aproximándose a La Línea, es decir, subiendo en nivel estratigráfico, vienen afloramientos bien expuestos de filitas cuarzosas, luégo de esquistos grafiticos, en los cuales se ha intercalado el derrame de diabasa que actualmente constituye la cumbre misma. La línea divisoria entre ambas pendientes obviamente no tiene significación estratigráfica especial; es decir, bajando al lado oriental afloran rocas semejantes a las de la pendiente occidental pero pertenecientes a niveles estratigráficos superiores. Se observan primeramente esquistos grafiticos y luégo esquistos cuarzosos néisicos, que deben representar filitas cuarzosas más deformadas (véase el párrafo correspondiente). Los niveles de filitas cuarzosas y de esquistos grafiticos cerca de La Línea, son muy característicos y alcanzan un espesor notable (aproximadamente 1.500 metros).

Ascendiendo más en sentido estratigráfico se tiene la impresión de que prevalecen principalmente esquistos grafiticos (expuestos por ejemplo en el río Bermellón, debajo de las dacitas neovolcánicas), los cuales pueden traspasar a esquistos verdes.

¹ En unos pocos trayectos el espesor expresado en el perfil está exagerado, a causa del pequeño ángulo entre la línea del perfil y el rumbo de los estratos. (Véanse especialmente los trayectos X y XI).

Verdaderas prasinitas se distinguen luego en niveles más altos y, finalmente, constituyen casi todos los estratos superiores; el espesor total de estas prasinitas parece ser de varios miles de metros.

La serie de Cajamarca termina con esquistos grafiticos néisicos, cuarcitas e interposiciones de calizas cristalinas. Los precursores de esta facies calcáreo-arenosa ya se anotan en los estratos infrayacentes de prasinitas. Su espesor tiene alrededor de 300 o 400 metros.

La edad de las rocas metamórficas que constituyen la Cordillera Central ha sido considerada muy distintamente. Tanto la ausencia de fósiles, como el estado metamórfico dificultan establecer su posición estratigráfica. Al revisar la literatura se observa que las opiniones varían desde Arcaico hasta Mesozoico.

Sin embargo, las rocas metamórficas en la zona estudiada, tienen varios elementos característicos que podrían llevar a una correlación con regiones vecinas; tales elementos son los siguientes:

- a) El volcanismo diabásico, especialmente de productos piroclásticos, que originó los estratos potentes de prasinitas, etc.;
- b) La facies silícea, en la que se originaron probablemente las filitas cuarzosas;
- c) La importancia de los esquistos grafiticos, cuya facies a veces está oculta por la cubierta de material tobáceo.

Estos elementos característicos son muy semejantes a los que desempeñan un papel importante en la constitución de la Cordillera Occidental. Luego, recuerdan inmediatamente la "Formación Porfirítica" distinguida por E. GROSSE en el SW de Antioquia, sobre la banda derecha del río Cauca.

En la obra "El Terciario Carbonífero de Antioquia" (1926), GROSSE llama la atención sobre el hecho de que el Mesozoico del geosinclinal andino se caracteriza por derrames submarinos enormes de extrusivas y de tobas, productos que se hallan intercalados en los sedimentos marinos desde el Triásico Superior hasta el Cretáceo Superior. Mientras que el volcanismo del Triásico Superior produjo derrames de carácter ácido, los del volcanismo Jura-Cretáceo son básicos. Estas formaciones básicas se conocen desde la Patagonia meridional hasta el territorio colombiano en donde han sido reconocidas por TULLIO OSPINA y por R. SCHEIBE.

GROSSE subdivide la "Formación Porfirítica", según el aspecto de las rocas constituyentes, en tres niveles, a saber:

- La Formación Porfirítica Moderna.
- La Formación Porfirítica Antigua.
- La Formación Porfirítica Más Antigua, metamórfica.

A base de fósiles encontrados en las intercalaciones sedimentarias, GROSSE establece la edad de la Formación Porfirítica Moderna como Cretáceo Inferior. Según lo observa, el "Cretáceo Superior no existe en esta región. Luego, supone una edad precretácea para la "Formación Porfirítica Antigua", tal vez Jurásica. Sin embargo, hay que advertir que GROSSE interpreta la edad según grados de metamorfismo.

Nos parece muy probable que también haya que atribuir a la "Formación Porfirítica" de edad Jura-Cretácea, los esquistos verdes, esquis-

tos arcilloso-filíticos, etc., indicados por GROSSE como Precámbrico. La necesidad de separar de la "Formación Porfirítica Antigua" una "Formación Porfirítica Más Antigua, metamórfica" que contiene rocas iguales pero notablemente apizarradas, ya es una indicación en este sentido, aunque GROSSE observa que no alcanzan el grado de metamorfismo de los llamados esquistos verdes, etc., del Precámbrico. Sin embargo, la facies de estas rocas tiene tanta semejanza con la de la "formación Porfirítica", que induce a suponer que se trata de equivalentes en estado metamórfico elevado, lo cual se debe tal vez a condiciones un poco distintas durante el hundimiento geosinclinal o durante los movimientos orogénicos en relación con la constitución estructural.

Una observación semejante se puede hacer acerca de los estratos de Chita, distinguidos por GROSSE en la cuenca del Patía. Las rocas porfiríticas del conjunto III son tan idénticas a las del "Cretácico Porfirítico", que no hay motivos (por lo menos petrográficos) para suponer una edad paleozoica para ellos. (Véase el correspondiente informe del suscrito).

Derrames diabásicos muy potentes se observan al W de Cali. HUBACH y ALVARADO (véase Comp. de Est. Geológicos Oficiales en Col., Tomo VI, pág. 47), mencionan hallazgos de fósiles mal conservados, procedentes de intercalaciones sedimentarias en estas diabasas, fósiles que tal vez indican una edad del Jurásico Superior o Cretáceo Inferior. Por debajo de la formación diabásica se hallan esquistos grafiticos, en parte silíceos, y lilitas negras, como se observan, por ejemplo, al W del Dagua. Parece que en otra parte tienen interposiciones de derrames volcánicos. La edad de esta formación —llamada por HUBACH Formación del Espinal— es probablemente Jurásico. Hay que considerar con alguna reserva la correlación de esta formación con la "Formación Porfirítica Antigua" de GROSSE (Antioquia), pues, como ya observamos arriba, este autor ha basado su concepto de la edad principalmente sobre el aspecto metamórfico de la roca, el cual —según nuestra observación— en gran parte es función de las circunstancias tectónicas especiales; de modo que la "Formación Porfirítica Antigua" tal vez no siempre represente determinado horizonte estratigráfico, inferior a la "Formación Porfirítica Moderna".

Luégo, tenemos que mencionar la llamada formación de Dagua, distinguida por HUBACH en la angostura del río Dagua, al norte de la misma población. Parece que yace concordantemente por debajo de la formación anterior. Posiblemente tiene equivalentes entre Queremal y el Pacífico, en la forma de esquistos cloríticos (en parte calcáreos), esquistos pizarrosos y esquistos grafiticos. Esta formación se caracteriza por su enorme espesor.

La correlación de nuestra región con las regiones vecinas mencionadas, tal vez debe verse así:

a) Los equivalentes de la Formación Diabásica al W de Cali y de la Formación Porfirítica "Moderna" (eventualmente con parte de la Formación Porfirítica "Antigua" y de los esquistos verdes precámbricos) debemos buscarlos en los niveles superiores de nuestro perfil y parecen reflejarse muy bien en los estratos potentes de prasinitas, que actualmente afloran desde cerca de Cajamarca hasta cerca de la quebrada Perico. Tal vez debemos correlacionar con estas formaciones (¿principalmente

las del Cretáceo Inferior?), también el conjunto III de los estratos de Chita. Mientras que en la parte occidental del geosinclinal andino se encuentran principalmente derrames de rocas extrusivas (diabasas) o productos piroclásticos aglomeráceos (Nariño), más hacia el Este se encuentran tobas diabásicas más finas.

b) Las filitas cuarzosas y los esquistos grafiticos, con la intercalación de diabasas, que actualmente afloran en la Depresión del Quindío, representan niveles inferiores. Pueden ser en parte los equivalentes de las liditas y de los esquistos grafiticos (en parte silíceos), de la "Formación del Espinal". También el conjunto IV de los estratos de Chita, compuesto casi exclusivamente por liditas y pizarras negras silíceas, podría corresponder a esta edad geológica que probablemente es el Jurásico. Del mismo tiempo (tal vez Jurásico Inferior, en vista del desarrollo volcánico en el geosinclinal andino al sur del territorio colombiano) debieron ser las prasinitas y derrames diabásicos de los niveles inferiores y que están expuestos actualmente en el pie occidental de la Cordillera Central, por lo que se refiere a nuestra sección.

La facies calcáreo-arenosa, con la que termina la serie de Cajamarca, se puede comprobar sólo para el oriente de la Cordillera Central. Seguramente indica un levantamiento del geosinclinal andino, al menos en la parte que corresponde al flanco oriental de la actual Cordillera Central. Tal vez ese levantamiento se relaciona con la intrusión de las granodioritas y cuarzodioritas. Sobre la edad geológica no hay indicaciones en la sección estudiada, pero en vista de lo dicho arriba, los paroxismos mencionados debieron haber accionado, más o menos, al final del Cretáceo Inferior.

Interesante en esta relación es un hallazgo de Cycadáceas, hecho por el suscrito al este de San Félix, en los páramos al norte de Manizales, en la cima de la Cordillera Central. Se encuentran en capas delgadas de esquistos arcillosos intercalados en capas más gruesas de conglomerados cuarcíferos. El examen de las impresiones de hojas, hecho por el doctor VAN DER HAMMEN, las atribuyó al género Otozamites, bien conocido de las Wealden-facies del Cretáceo.

La investigación en otros sectores tal vez pueda aclarar mejor la posición stratigráfica de la serie de Cajamarca y las formaciones cretáceas más al Oriente. La sección estudiada no ofrece datos a este respecto.

VII — TECTONICA Y METAMORFISMO

Haciendo el recorrido por la ruta entre Ibagué y Armenia, se impone la idea de que la tectónica del basamento es poco controlable. Tanto la distribución de los "esquistos cloríticos" y de los "esquistos grafiticos" como los buzamientos de ellos parecen a primera vista caprichosos. Sin embargo, se anotará que predomina el buzamiento hacia el Este y que el rumbo generalmente coincide con la "dirección andina", es decir, tiene dirección general N - S.

La observación más detenida de las posiciones tectónicas, en combinación con la subdivisión de las rocas en varios grupos genéticamente

distintos, revela pronto los grandes rasgos de la constitución tectónica de este sector. El perfil adjunto es el resultado de un gran número de observaciones combinadas. Examinando ese perfil, sorprende en primer término, el desarrollo tectónico poco complicado. Apenas se justifica hablar aquí de un "basamento", en el sentido de los núcleos antiguos fuertemente plegados y altamente metamórficos, conocidos de otras serranías. Luego parece que la constitución estructural se relacione íntimamente con las propiedades físicas de las rocas, especialmente en cuanto a su resistencia contra deformaciones.

La más sencilla parece ser la constitución tectónica de la parte occidental de la Cordillera Central. Los estratos que asoman en este flanco tienen buzamientos invariables hacia el Este, con ángulos bastante fuertes. Esta posición poco variable y, además, la sucesión petrográfica aparentemente normal y sin repetición, no hacen lógico suponer en este flanco un sistema de anticlinales y sinclinales invertidos. El concepto de una sucesión normal implica un espesor muy considerable de estos estratos, que alcanza uno 6.000 metros, medido desde los afloramientos en el pie de esa pendiente hasta las diabasas en la cumbre.

El buzamiento bastante fuerte hacia el Este parece disminuir gradualmente, pasando del flanco occidental al flanco oriental de la Cordillera y es de unos 35° para las diabasas en la cumbre y aún menor para los esquistos cuarzosos néisicos, los cuales en el salto de la quebrada Los Chorros sólo tienen un leve buzamiento oriental.

Una configuración tectónica más variada es la que ofrece la parte media del flanco oriental, a partir de La Paloma en dirección hacia la quebrada Tigre. Los estratos se han plegado aquí en anticlinales y sinclinales bien desarrollados. Lo que no expresa el perfil es que los ejes de los pliegues no sean completamente paralelos entre sí, sino que tienen rumbos variados y se caracterizan, al parecer, por su considerable buzamiento, razón por la cual la extensión de cada estructura es limitada. En otras palabras, las medidas efectuadas en esa parte sugieren más bien un cierto arrugamiento de los estratos, dando lugar a culminaciones y depresiones en escala media de las líneas tectónicas.

La parte baja de este flanco, finalmente, está caracterizada por estratos muy erguidos, especialmente cerca del contacto tectónico con las granodioritas. Esta zona del contacto ya la hemos descrito en el párrafo correspondiente a la serie de Cajamarca. La dislocación que separa ambas formaciones constituye aquí cierta zona angosta, pero se observa también fuera de la propia zona, como lo demuestran varios ejemplares con microfallas o zonas trituradas de anfibolitas.

Aunque la extensión de los esquistos en el flanco oriental es más o menos el doble de la extensión que tienen en el flanco occidental, el espesor de los estratos expuestos aquí es aproximadamente igual, más o menos 7.000 metros. De modo que la magnitud total de la serie de Cajamarca, por lo que concierne a este corte, se puede establecer en unos 13.000 metros.

La constitución estructural expresada en el perfil, sugiere una estrecha relación entre ésta y la litología de los estratos dislocados. Parece muy probable que durante la fase orogénica presiones laterales, al parecer desde el Oriente, desempeñaron un papel importante. A causa de estas

presiones el macizo ígneo se desplazó durante determinado intervalo del movimiento orogénico contra los estratos de Cajamarca.

La presión ejercida encontró principalmente la resistencia de la capa gruesa y dura de las diabasas, las cuales actualmente afloran en la cumbre y cuyo espesor sobrepasa los 100 metros. Probablemente los estratos ya se hallaban en posición más o menos erguida al desplegarse dicha presión lateral. A consecuencia de ésta se fracturó la capa de diabasas y se produjo el desplazamiento transversal de ella. La fuerte resistencia ofrecida por la capa de diabasas fue causa de un mayor efecto del metamorfismo dinámico en los estratos suprayacentes que fueron comprimidos contra ella. Así, los esquistos grafiticos que encierran las diabasas, están finamente ondulados. El efecto elevado se distingue aún más en los esquistos cuarzosos néisicos suprayacentes, los cuales deben su estructura néisica a dicho metamorfismo elevado.

Mientras que los estratos más próximos sufrieron una fuerte compresión, los más retirados de la capa de diabasas pudieron rehuir la presión plegadora dinámica. Los pliegues tal vez se entienden mejor como un arrugamiento de esos estratos sobre la capa resistente de diabasas, dando lugar a anticlinales y sinclinales de extensión moderada y con buzamientos notorios de sus ejes.

De acuerdo con el desarrollo tectónico bastante sencillo, está el bajo grado de metamorfismo encontrado en las rocas de la serie de Cajamarca. En primer lugar se anota que la estratificación sedimentaria y original se ha conservado muy bien y precisamente constituye la llamada "esquistosidad" de estas rocas. El fenómeno es especialmente notorio en las zonas de frecuente alternación litológica, la cual debemos atribuir a alternaciones en la facies del material depositado. Obviamente el dinamometamorfismo durante la fase orogénica, en general, no logró desarrollar una propia esquistosidad ("cleavage" o "schistosité"), sino principalmente efectuó una dislocación de los estratos que tal vez ya sufrieron una mayor transformación durante el hundimiento profundo.

La asociación mineralógica encontrada en las rocas de la serie de Cajamarca, indica generalmente un metamorfismo epi-zonar. A esta zona corresponden las prasinitas, los esquistos grafiticos, las filitas cuarzosas y también los esquistos cuarzo-néisicos, aunque en los esquistos néisicos el dinamometamorfismo produjo alteraciones mayores en la estructura de la roca. También tenemos que atribuir a esta zona las diabasas, cuya transformación se restringe, principalmente, a la fractura de los componentes mineralógicos por el dinamometamorfismo.

El metamorfismo meso-zonar sólo rigió obviamente en ciertas zonas. A esta transformación elevada corresponden las anfibolitas, que se hallan cerca del contacto ígneo. Probablemente también las calizas cristalinas de cerca del contacto. Luego tenemos que atribuir a la meso-zona los orto-neises y los para-neises (neis granatífero-grafítico), que asoman al W de Armero, región que aparentemente sufrió un dinamometamorfismo elevado.

Finalmente, tenemos los representantes de la cata-zona en la forma de las cornubianitas diópsido-hipersténicas, y que se hallan como inclusiones en la granodiorita. También las inclusiones de anfibolitas debieron representar aquí la cata-zona.

En general, las circunstancias especiales del metamorfismo efectúan parcial o completamente una recrystalización y transcristalización en toda clase de roca. Se origina una asociación mineralógica que es estable para determinada zona del metamorfismo y cuyos minerales dependen de la composición química de la roca. De todas las rocas metamorfoseadas en la serie de Cajamarca, las tobos diabásicas indudablemente constituyen las más sencillas, en cuanto a las transformaciones metamórficas. Así, las mismas tobos diabásicas se convirtieron en la epizona en prasinitas, con la asociación característica: actinolita + epidota + clorita + albita. Luégo, en algunos lugares se transformaron en la meso-zona a anfibolitas, con la asociación característica: hornblenda + plagioclasas sódico-cálcicas. Finalmente, se las encuentra en transformación cata-zonar, en las cornubianitas con los minerales típicos diópsido e hiperstena.

En el trayecto entre Cajamarca y La Luisa, se observan alteraciones ligeras en las prasinitas, producidas por soluciones minerales que penetraron principalmente por las grietas y diaclasas, causando una ligera mineralización en éstas y sobre los planos de esquistosidad. Se trata probablemente de los minerales pirita, arsenopirita y tal vez pirrotina. Las prasinitas mismas están finamente estratificadas y se volvieron muy duras y macizas, con peso específico notablemente elevado. Al microscopio, están constituídas principalmente por actinolita y soda-plagioclasa, minerales a los cuales se asocian accesoriamente clinozoisita, titanita y una mayor cantidad de menas de hierro. Indudablemente estas mineralizaciones se relacionan con los filones auríferos, conocidos al sur de Cajamarca, en la margen derecha del río Anaime y los cuales fueron estudiados por R. SCHEIBE.

Se entiende que, a partir de cierto grado del metamorfismo, rocas de origen diferente pero de igual composición química pueden desarrollar una asociación mineralógica muy semejante; en otras palabras, el metamorfismo puede efectuar una convergencia entre rocas originalmente muy distintas en cuanto a su origen, de modo que los productos metamórficos no se distinguen más entre sí. Tal convergencia puede ocurrir entre las tobos diabásicas y las diabasas u otras rocas gábricas de origen ígneo. Ambas clases de rocas, por su composición química, igual, pueden transformarse en "esquistos verdes" o "prasinitas", luégo a anfibolitas, etc., cuyo origen a veces sólo puede deducirse en combinación con causas geológicas.

Así, W. RINTISCH atribuyó un origen ígneo a la serie de esquistos cloríticos y anfibolitas que colectó R. SCHEIBE en esta parte de la Cordillera Central, en relación con su estudio de la mina de oro "El Recreo", situada en la región mineralizada al sur de Cajamarca (véase Comp. Est. Geológicos Oficiales en Col., Tomo I, págs. 369 y 407). El autor basa esta conclusión en la investigación microscópica de las muestras y encuentra en los resultados del análisis petro-químico, que indican claramente la composición de una roca gábrica, una confirmación de tal suposición. Le parece que las anfibolitas constituyen el primer término en la transformación de la roca gábrica y que las zonas de esquistos cloríticos se deben a efectos de movimientos tectónicos, es decir, que constituyen un producto aún más transformado. Es ésta, pues, una interpretación totalmente contraria a nuestro concepto bajo el cual las anfibolitas sólo se ori-

ginan en aquellas zonas que sufrieron un mayor grado de metamorfismo y se originan por vía de transición de prasinitas en rocas piroclásticas. Tenemos un ejemplo palpable de las conclusiones erróneas a que se puede llegar por la sola investigación microscópica, sin conocimiento del terreno en estudio, método que en tiempos pasados se practicaba frecuentemente.

VIII — ASPECTOS ECONOMICOS

Los siguientes objetos merecen una atención especial porque son susceptibles de interés económico:

a) *Mineralizaciones en los esquistos verdes.*

Cerca de Cajamarca se halla una área mineralizada. A lo largo de la carretera, arriba de tal población, las soluciones minerales han penetrado los esquistos verdes transformándolos en rocas muy duras y macizas. La mineralización se halla principalmente en pequeñas grietas y en diaclasas; al parecer, consta de pirita, arsenopirita y pirrotina. No tiene importancia desde el punto de vista económico. Sin embargo, un poco al sur de Cajamarca se hallan filones auríferos (Mina El Recreo) que han producido cantidades considerables del metal precioso y que fueron estudiados por R. SCHEIBE (1923). Es recomendable extender el estudio por toda la región mineralizada.

b) *Mineralizaciones en el macizo ígneo.*

Al W de Ibagué, más o menos en el kilómetro 13 por la carretera hacia Armenia, se observaron vestigios de molibdenita, que se hallan en diques de micropegmatita que atraviesan ahí el batolito ígneo. Hay que investigar más detenidamente los numerosos diques aplíticos y pegmatíticos de este lugar para poder determinar su posible valor económico.

c) *Rocas para construcción.*

La roca diorítica cuarzosa del batolito ígneo ofrece, para fines de construcción, un elemento de aspecto excepcionalmente bueno. Los sitios apropiados para hacer canteras tal vez no se los encuentra a lo largo de la carretera Ibagué-Armenia por motivos de la falla tectónica que sigue en un gran trayecto casi paralelamente a esta carretera (falla del río Cocora) y ha efectuado un mayor número de grietas, o cierta esquistosidad, o acaso trituración de los componentes. Rocas frescas, muy macizas y apropiadas para buen pulimento se observaron fuera de las zonas disturbadas, especialmente en el lecho de la quebrada La Chumba. Esta región, sin duda, ofrece sitios favorables para la explotación de la roca; desde este sitio (caserío La Flor) existe un buen ramal hasta la carretera Ibagué-Armero.

d) *Rocas para balasto.*

Una roca no muy adecuada para este objeto es la andesita neovolcánica que se halla a media vía entre La Línea y Calarcá. La roca ya se halla en explotación.

e) *Calizas (mármol).*

Calizas cristalinas (mármol) se encuentran en varios sitios favorables para realizar la explotación; en parte ya están en explotación, como sucede al W de La Sierrita. En general, debido a su proximidad al contacto, la roca está atravesada por numerosas grietas finas que reducen su valor como piedra para tallarla o pulirla. Se explotan especialmente para cal industrial o cal agrícola.

IX — RESUMEN

En los capítulos anteriores se trata sobre las formaciones que constituyen la Cordillera Central en la sección entre Ibagué y Armenia. En la formación de rocas metamórficas que se denominó preliminarmente “serie de Cajamarca” se distinguen los siguientes grupos: Esquistos verdes (prasinitas), anfibolitas, filitas cuarzosas, esquistos cuarzosos néisicos, esquistos grafiticos, rocas de transición, diabasas y calizas cristalinas. De las prasinitas se comprobó su origen de tobas diabásicas por metamorfismo epi-zonar; las anfibolitas representan una transformación mesozonar, probablemente debido a la proximidad de las rocas intrusivas; los demás esquistos se deben a la facies marina corriente, que a veces fue notablemente silíceo y a veces va oculta por el abastecimiento de tobas básicas. Las rocas mencionadas están normalmente interpuestas por derrames de diabasas, las cuales demuestran las huellas del movimiento orogénico posterior. Un fenómeno morfológico consiste en que una capa gruesa de diabasas constituye actualmente la cumbre de la Depresión del Quindío.

En el capítulo sobre las rocas ígneas se discutieron las variaciones menores en el tipo de las intrusivas. Luégo se trató sobre las inclusiones de rocas esquistosas que, en parte, se transformaron en verdaderas cornubianitas.

En el capítulo sobre la estratigrafía se expuso la probabilidad de la edad Jura-Cretácea de la serie de Cajamarca, así como la correlación con las rocas de la misma edad en la Cordillera Occidental y sobre la formación Porfirítica distinguida por E. GROSSE en Antioquia.

En el capítulo sobre la tectónica y el metamorfismo se demostró la íntima relación que existe entre el grado del metamorfismo, la resistencia de los estratos contra deformaciones y la constitución estructural. Esta última implica que en la pendiente occidental afloran los niveles inferiores de la serie mientras que en la pendiente oriental asoman los niveles superiores.

Finalmente, se hace mención de algunos aspectos económicos que se reducen a ligeras mineralizaciones y al uso de rocas para piedras talladas, balasto y obtención de cal.



Foto 3.—Aspecto de prasinitas macizas, arriba de Cajamarca. Las diaclasas que, en el lugar de la foto, se entrecruzan, en otra parte se confunden fácilmente con la esquistosidad; esta última está más oculta pero se aprecia en la gráfica en el plano más o menos vertical, marcado por el martillo.



Foto 4.—El mismo afloramiento que se ve en la foto 3. Muestra el contacto de las prasinitas (a la izquierda, con una navaja) con los esquistos grafiticos. Las capas de prasinitas duras están fracturadas por el plegamiento. Obsérvese que la “esquistosidad” coincide con la estratificación sedimentaria original.

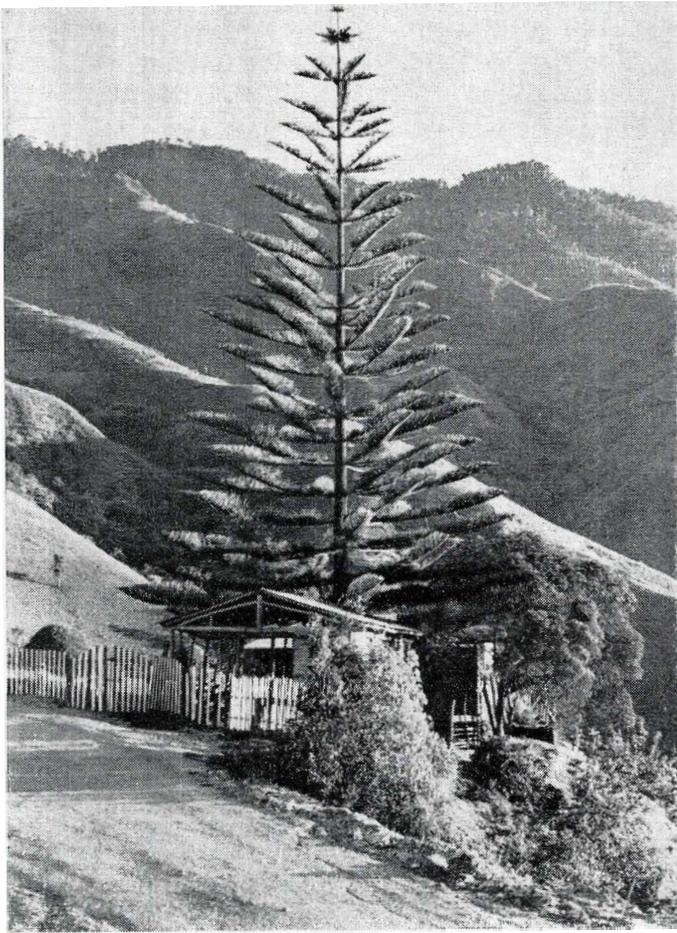


Foto 1.—Aspecto de la Cordillera Central cerca de La Luisa (arriba de Cajamarca). Carretera entre Ibagué y Armenia.

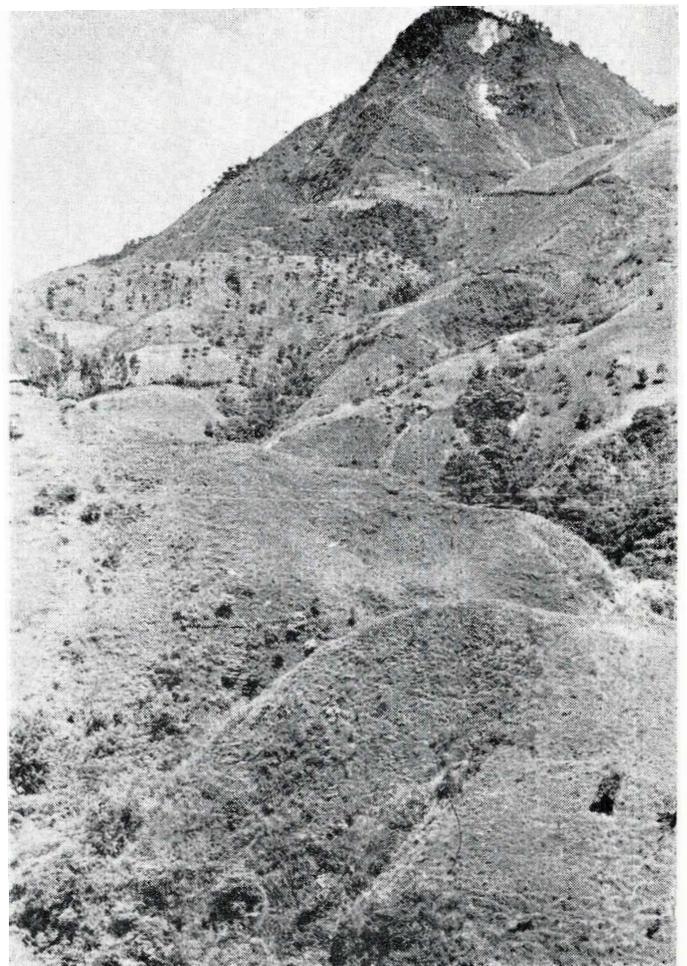


Foto 2.—Paisaje tomado un poco arriba de Cajamarca, hacia el Alto de la Guala. Nótese cómo la cubierta de tobas suaviza el relieve montañoso.

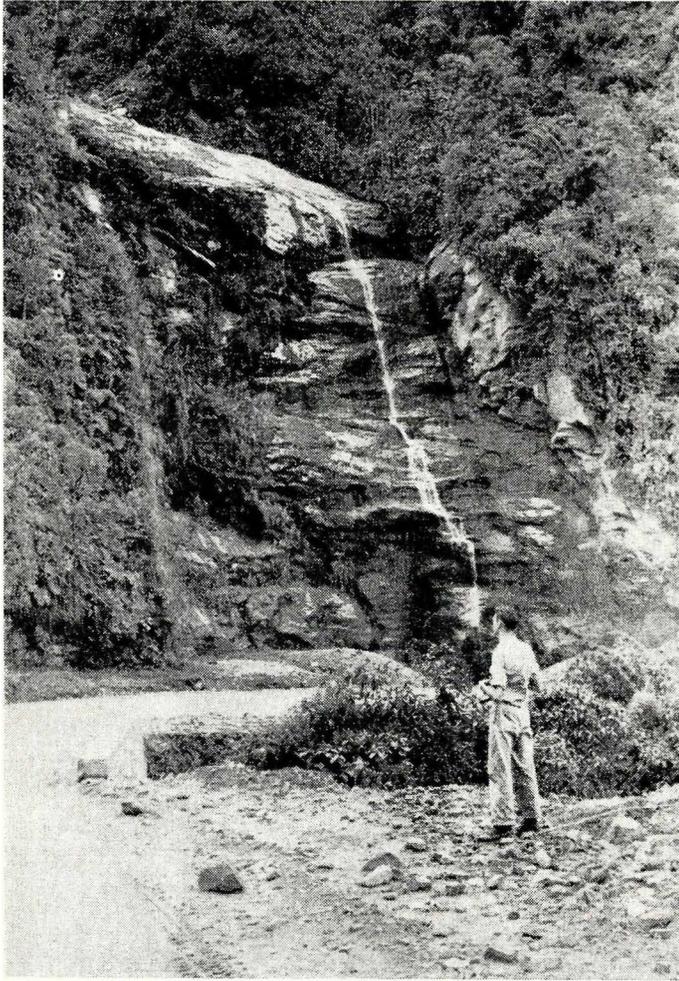


Foto 5.—Salto en el curso superior de la quebrada Los Chorros, formado por los esquistos cuarzosos néisicos muy duros.

Foto 6. — Descomposición en bolas de las diabasas que constituyen la cumbre de la Cordillera Central en la Depresión del Quindío.



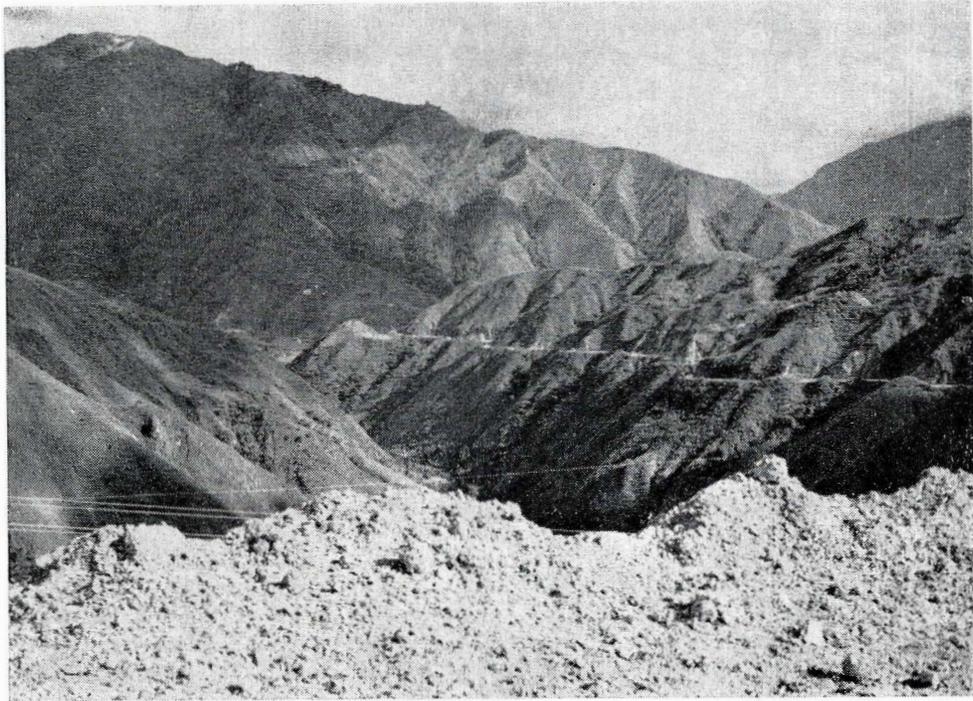


Foto 7.—El macizo ígneo, visto desde poco arriba de la quebrada Perico, hacia Ibagué.

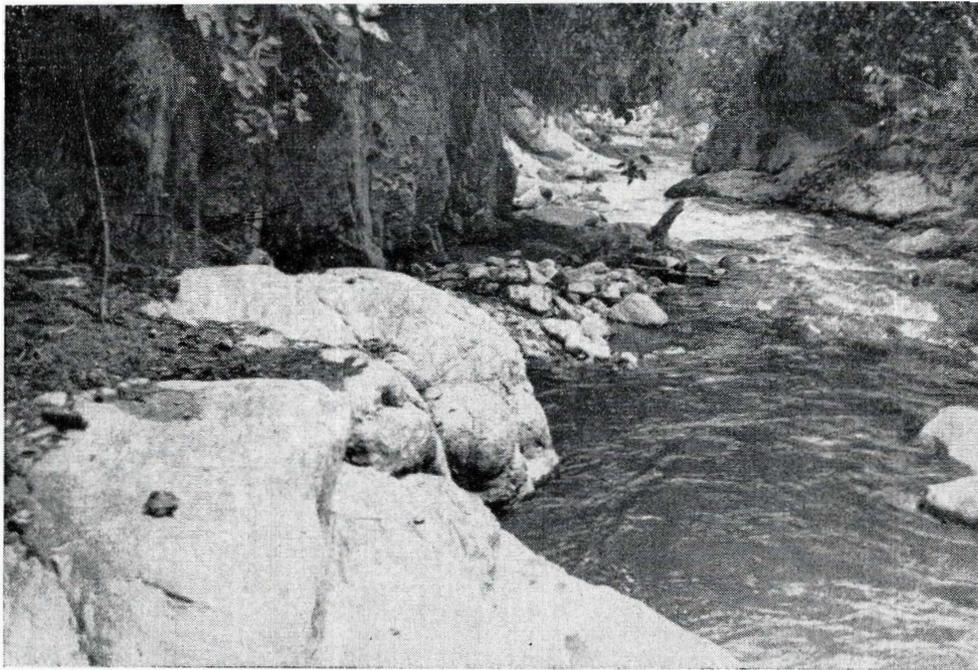


Foto 8.—Río Bermellón, cerca del cruce con la carretera, arriba de Cajamarca. La gráfica demuestra capas de dacita neovolcánica (color oscuro), reposando sobre los esquistos de la serie de Cajamarca (color claro).

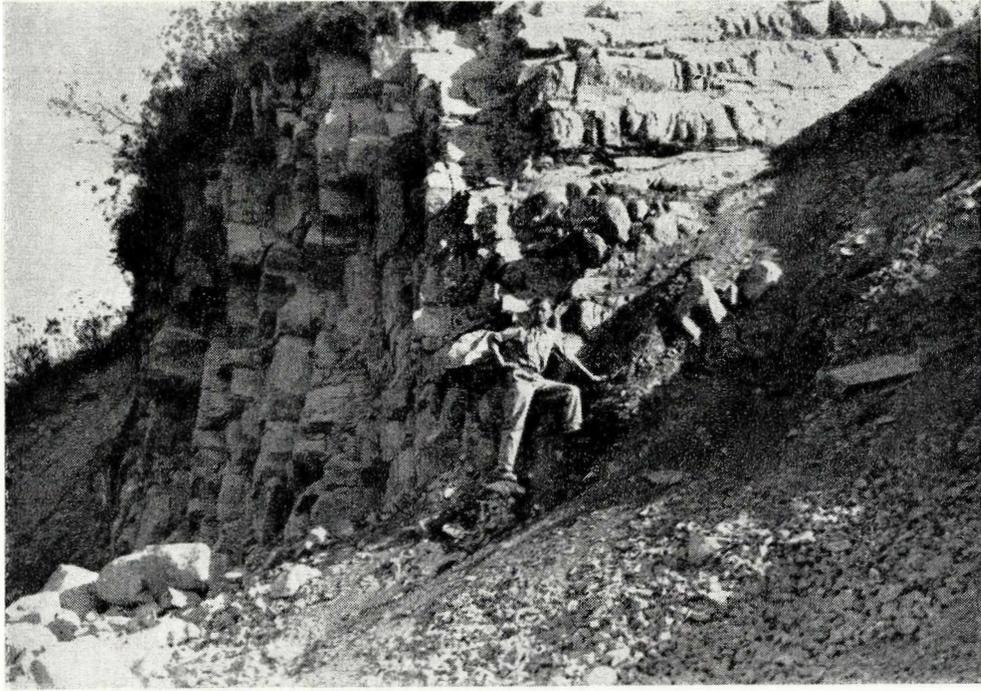


Foto 9.—Cantera en la andesita hornbléndica a media vía entre La Línea y Calarcá.

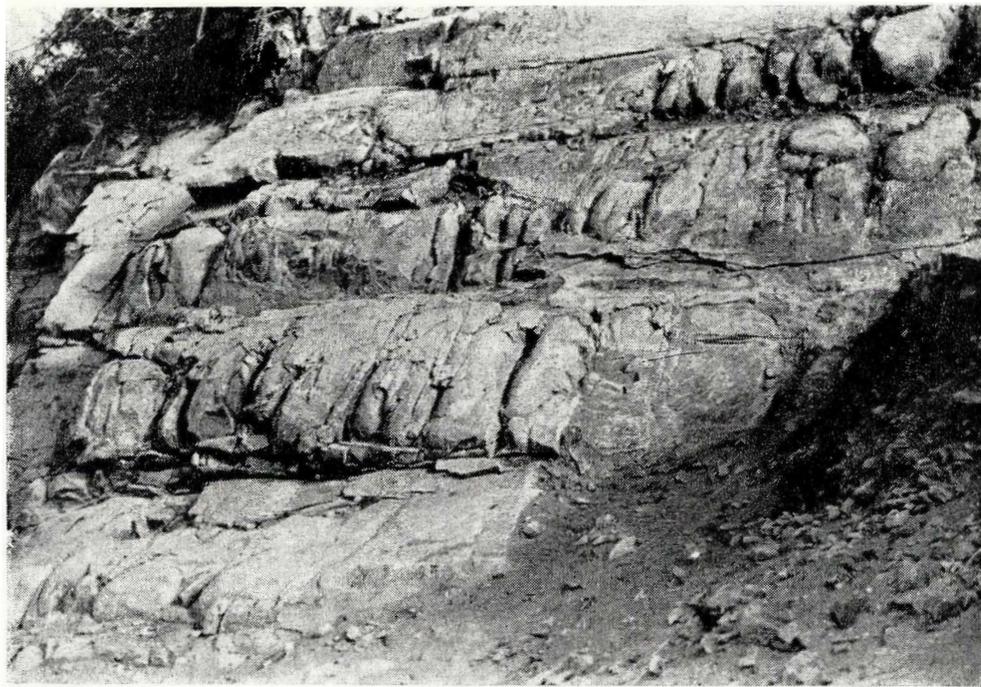


Foto 10.—Detalle del afloramiento de la foto anterior. Nótese la descomposición en forma de bolas, ordenadas en capas.

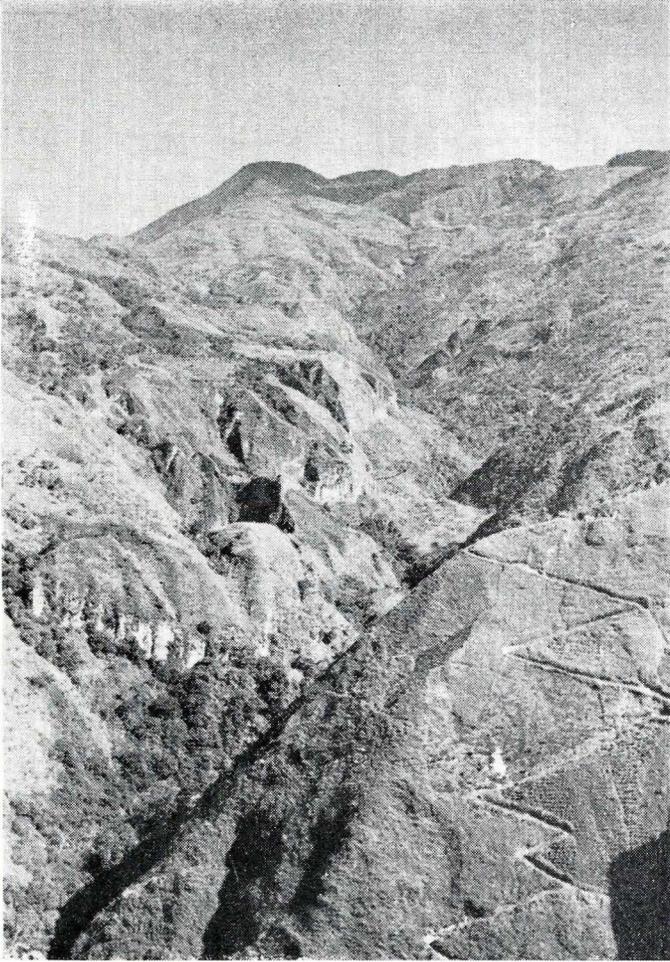


Foto 11.—El valle del río Toche y el volcán Machín, al fondo. Obsérvense los restos del relleno con tobas volcánicas en el valle del río.

Foto 12.— Aspecto del abanico de Ibagué, arriba de Gualanday.

