

Contribución a la geología del oriente de las Comisarias del Vichada y del Guainía (Colombia)

P. BRUNETON¹

B. PALLARD²

D. DUSELIER²

E. VARNEY²

J. BOGOTA R.²

C. RODRIGUEZ²

E. MARTIN²

RESUMEN

En las comisarias del Vichada y del Guainía, a lo largo de la frontera con Venezuela afloran rocas del zócalo cristalino precambriano compuestas principalmente por migmatitas y neises las cuales se consideran correlativas con el Complejo migmatítico de Mitú. Estudios geoquímicos en estas rocas indican que al menos los neises provienen de sedimentitas arcóscicas. Los análisis petrográficos demuestran que estas metamorfitas alcanzaron el dominio de la anatexis y que muy probablemente han sufrido metamorfismo retrogrado. Este evento metamórfico fue seguido por el emplazamiento de un granito rapakiwi considerado como la extensión más occidental del granito Parguaza que aflora en el lado venezolano.

Suprayaciendo discordantemente estas dos unidades se encontró una secuencia detrítica plegada compuesta de areniscas cuarcíticas y arcillolitas con un espesor aproximado de 3.000 m. La edad de esta secuencia, aunque discutible, por el momento se considera precambriana.

Reposando sobre estas unidades precambrianas, en relación no muy clara, se encuentra una delgada secuencia Terciaria-Cuaternaria compuesta de arenas de origen eólico, terrazas lateríticas y aluviones recientes.

ABSTRACT

Precambrian migmatites and gneises believed to be correlatives with the Mitú migmatitic complex were found cropping out along the Venezuelan border, in the Comisarias of Vichada and Vaupés. Geochemical and petrographic analysis indicate that the gneises were originated from arkosic sediments, which underwent a regional metamorphic event that reached the P-T conditions of the field of anatexis. A latter retrogressive metamorphism seems to have been superimposed on these rocks. These metamorphic events were followed by the intrusion of a rapakiwi granite considered to be the western tip of the Parguaza Granite that crops out extensively in the Venezuelan side.

Overlying unconformable these rocks is a folded sedimentary sequence which consists of quartzose sandstone and claystone with an approximate thickness of 3.000 m. A tentative precambrian age is assigned to this sequence.

Covering the above mentioned units is a thin blanket of Tertiary - Quaternary eolian sandstones and recent alluvial deposits.

1. COGEMA, Service de minéralogie CEN-FAR
P.B. 99-92320 CHATILLON-BAGNEUX (FRANCE)
2. COGEMA, Sucursal Colombia, Bogotá.

INTRODUCCION

El extremo oriental de Colombia (Comisarías del Vichada y del Guainía) fue el objeto de prospección a escala de gran reconocimiento por los geólogos de COGEMA sobre una superficie de 60.000 km² durante el año de 1981.

Estas regiones poco conocidas y de difícil acceso, coinciden con el borde occidental del Escudo Guayanés que se esconde bajo las formaciones terciarias y cuaternarias de los Llanos. Las informaciones geológicas disponibles se reducen a un cierto número de dataciones de rocas del zócalo cristalino (GAUDETTE, 1978 y PRIEM, *et al.*, 1982) y a los aportes del Proyecto PRORADAM publicado en 1979 por HUGUETT, *et al.*, y GALVIS, *et al.* (1979) que se refieren a la mitad sur del área del actual estudio y donde la interpretación de documentos de radar estuvo apoyada por controles puntuales de terreno.

En mayo de 1981, S. KROONENBERG publicó, en el cuadro de los trabajos del Centro Interamericano de Fotointerpretación C.I.A.F. y con ocasión del Simposio Amazónico en Venezuela, un estudio sobre el "Borde occidental del Escudo de Guayana en Colombia", en el cual se presentó una síntesis del Precambriano cristalino de Colombia.

Estos trabajos precedentes unidos a nuestras observaciones han dado como resultado la elaboración de la carta geológica 1:500.000 en que se separan las grandes unidades geológicas presentes. Debido a las malas condiciones de afloramiento, los contactos entre las diferentes formaciones han sido frecuentemente deducidos por medio de otros criterios más que por la observación directa (fondos geoquímicos aluvionares, naturaleza de las "respuestas" en prospección aérea, fotointerpretación, geomorfológica, etc.).

Cerca de 900 muestras fueron recolectadas. Cierta número fue objeto de estudios petrográficos y geoquímicos en los laboratorios de COGEMA. Los resultados obtenidos son presentados adelante.

LAS PRINCIPALES FORMACIONES GEOLOGICAS

En la región estudiada (fig. 1) pueden ser separados tres grandes conjuntos geológicos: **A)** Un zócalo cristalino de edad precambriano al sur y a lo largo de la frontera venezolana. **B)** una cobertura detrítica precambriana, poco representada, bajo la forma de pequeños parches al sureste. **E)** Sedimentos terciarios y cuaternarios que recubren vastas superficies al norte y al oeste.

EL ZOCALO CRISTALINO

El zócalo cristalino comprende dos grandes unidades (GALVIS, *et al.*, 1979, HUGUETT, *et al.*, 1979, KROONENBERG, 1981): 1) El complejo Migmatítico de Mitú que contiene principalmente granitoides y rocas metamórficas de tipo neis y migmatita. 2) El Granito rapakiwi de Parguaza, gran macizo granítico se extiende a Venezuela.



FIG. 1. Mapa Geológico Zona Guainía - Vichada.

Los datos geocronológicos indican edad transamazónica para las series del Complejo de Mitú. PRIEM, *et al.* (1979, 1982) obtuvieron tres grupos de edades: 1780 m.a. que correspondería al enfriamiento del Complejo de Mitú al final de la Orogenia Transamazónica; 1575-1450 m.a., valores que probablemente están relacionados al emplazamiento de granitos del tipo Parguaza; 1200-1100 m.a. corresponde al episodio tectonometamórfico Nickeriense.

El granito de Parguaza esencialmente ubicado en la parte norte del sector recorrido, presenta varias isócronas en territorio venezolano: 1499 ± 39 m.a. (GAUDETTE, *et al.*, 1978) con un valor inicial de Sr^{87}/Sr^{86} de $0,7004 \pm 0,0019$; 1545 ± 20 m.a. (op. cit) por el método μ/Pb en circones; 1224 m.a. valor relacionado seguramente al episodio Nickeriense.

El Complejo Migmatítico de Mitú.- Constituye la mitad sur de la zona cartografiada. Los trabajos de terreno permiten distinguir granitoides y diferentes tipos de rocas metamórficas; estos dos conjuntos se encuentran estrechamente asociados.

Rocas Metamórficas (M).- Se les encuentra en las cercanías de la Serranía de Naquen, al sur de Tonina a lo largo del río Guainía y al sur de San Felipe. Un gran bloque ha sido igualmente localizado en el curso inferior del río Guasacavi, accesible por el río Atabapo. Un pequeño afloramiento ha sido observado sobre el Caño Cajaró en el Vichada al sur de Santa Rita. En la región de El Remanso, sobre el río Inírida, existen remanentes de rocas metamórficas englobadas por los granitoides. Sus tamaños varían deca a hectométricamente. Se observan también enclaves decimétricos siempre en los granitoides.

Las relaciones entre la roca encajante granítica y las rocas metamórficas son las más difíciles de apreciar y de encontrar. Los contactos entre rocas metamórficas y granitoides observados son fallados o de carácter progresivo. En este último caso aparecen todos los términos de paso entre un polo y el otro (gneis cintado, neis ojeroso, granito-neis, nebulitas, etc.). Dos grupos principales de rocas metamórficas han sido individualizadas: los neises migmatíticos con biotita y silicatos de aluminio; los granito-neises constituidos como facies de transición con los granitoides. A estos dos grupos se asocian facies mucho más accesorias como micaesquistos, cuarcitas, leptinitas, anfibolitas, etc. de las que no se hablará. En el interior de todos estos conjuntos se individualizan numerosos cuerpos y filones aplíticos o pegmatíticos que contienen granate, turmalina, magnetita. Los filones doleríticos son raros, algunos sobre el río Guainía al W de San José.

Neises con biotita y silicatos de aluminio. Estas rocas se caracterizan por sus estructuras migmatíticas muy variadas, en que es posible apreciar un leucosoma de grano medio a fino, cuarzo-feldespático, y un melanosoma rico en biotita y silicatos de aluminio. Sus estructuras de tipo nebulita, estromática, agmática, etc. acompañadas de pliegues y "shlierens" son frecuentes.

Las capas leucocráticas contienen cuarzo policristalino, microclina perfitica en abundancia, plagioclasa (oligoclasa) subautomorfa, biotitas marrón en capas discontinuas que señalan la foliación.

Los niveles mesocratos se caracterizan por la abundancia de la biotita pero sobre todo por la presencia de silicatos de aluminio como la cordierita fresca o pinitizada, silimanita prismática y acicular, andalusita. Estas tres fases minerales pueden coexistir en una misma sección delgada. Algunos granates fueron igualmente observados.

Todas estas rocas se singularizan por la abundancia y la variedad de minerales accesorios dipuestos en nidos. Se encuentran así:

| Minerales sistemáticamente presentes | Minerales episódicos |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| - Magnetita | - Xenotima |
| - Ilmenita | - Alanita |
| - Circón | - Fluorina asociada con la biotitas |
| - Apatitos | - Turmalina |
| - Monacita torñera | - Uraninita |
| | - Branerita |
| | - Uranotorita |
| | - Pirta-calcopirta-molibdenita |

En el melanosoma bajo la forma de residuos micáceos en los granitoides pueden diferenciarse asociaciones de biotita, magnetita, ilmenita, circón, apatito, monacita, uraninita, en las que se sobreconcentran minerales accesorios (hasta un 60% del volumen).

Para F. RUHLMANN (1981, COGEMA, Servicio de Mineralogía, comunicación oral) que ha efectuado el estudio metalogenético de estas muestras, la asociación monacita - branerita - molibdenita - uraninita, es característica de fenómenos metalogenéticos de alta temperatura, lo cual está de acuerdo con el ambiente anatéctico de estas rocas.

Granito-Neis.- Se trata de facies íntimamente asociadas a los neises descritos anteriormente. Sin embargo, se individualizan por su aspecto más "granítico" y su carácter más homogéneo. La foliación se manifiesta más o menos reconocible. Se encuentran localmente texturas ojasas "oeilles", porfiríticas, "shlieren" biotíticas y niveles plegados.

Su composición mineralógica es relativamente homogénea: cuarzo, plagioclasas (oligoclasa - albita) frecuentemente mirmequíticas, microclina, biotita marrón-verdosa, silimanita episódica; minerales accesorios: ilmenita, magnetita, circón, monacita, xenotima apatito, raramente esfena, fluorina y uraninita. Los feldespatos se caracterizan por sus contornos subredondeados y distribución bastante irregular. Las biotitas y los minerales accesorios se agrupan en forma de "nidos".

Geoquímica de las rocas metamórficas.- Cuatro análisis químicos sobre roca total fueron realizados en las facies

neísicas (tab. 1). Se trata, en término medio, de rocas aluminó - potásicas pobres en MgO y Na₂O. El índice de CHAPPELL y WHITE (1974) es superior a 1.1. Se han graficado los puntos representativos de las rocas analizadas en el diagrama de alúmina de H. de LA ROCHE (1968) (figs. 2 y 3).

TABLA 1
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ALGUNAS ROCAS DE LAS PROVINCIAS DEL GUANAJUATO Y DEL VICERRE
ELEMENTOS MAYORES Y ELEMENTOS VESTIGIO
Unidades expresadas en el Sistema Internacional de Unidades

| | COMPLEJO DE MITU Rocas Neisicas | | | | COMPLEJO DE MITU Granitos | | | | GRANITO DE PARAGUÁ | | | |
|---|------------------------------------|-------|-------|-------|------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| SiO ₂ | 67.72 | 67.24 | 71.37 | 72.80 | 65.71 | 67.37 | 67.94 | 73.89 | 66.81 | 65.79 | 70.71 | 72.77 |
| Al ₂ O ₃ | 16.67 | 16.80 | 14.81 | 14.20 | 16.22 | 14.92 | 14.80 | 13.77 | 12.42 | 14.19 | 14.82 | 12.82 |
| FeO | 1.71 | 1.94 | 2.38 | 4.40 | 3.81 | 2.89 | 1.71 | 2.88 | 4.20 | 1.80 | 2.72 | 2.68 |
| MgO | 2.24 | 2.38 | 2.68 | 2.80 | 2.09 | 1.14 | 2.09 | 2.88 | 3.02 | 2.15 | 2.54 | 2.14 |
| CaO | 0.27 | 0.32 | 0.38 | 0.22 | 0.57 | 0.39 | 0.39 | 0.38 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.28 |
| Na ₂ O | 2.28 | 2.49 | 2.52 | 2.50 | 2.47 | 2.71 | 2.71 | 2.71 | 2.71 | 2.71 | 2.71 | 2.71 |
| K ₂ O | 4.52 | 4.59 | 4.47 | 4.73 | 4.14 | 4.30 | 4.30 | 4.27 | 4.30 | 4.30 | 4.30 | 4.30 |
| SiO ₂ + Al ₂ O ₃ | 84.39 | 84.04 | 86.15 | 87.00 | 81.93 | 82.29 | 82.64 | 87.66 | 79.21 | 80.00 | 85.53 | 85.59 |
| Na ₂ O + K ₂ O | 6.80 | 7.08 | 7.00 | 7.23 | 6.55 | 7.01 | 7.01 | 7.01 | 7.01 | 7.01 | 7.01 | 7.01 |
| Al ₂ O ₃ | 16.67 | 16.80 | 14.81 | 14.20 | 16.22 | 14.92 | 14.80 | 13.77 | 12.42 | 14.19 | 14.82 | 12.82 |
| Na ₂ O + K ₂ O + Al ₂ O ₃ | 23.47 | 23.88 | 21.81 | 21.40 | 22.77 | 21.93 | 21.81 | 20.78 | 19.43 | 21.20 | 21.83 | 20.83 |
| SiO ₂ | 67.72 | 67.24 | 71.37 | 72.80 | 65.71 | 67.37 | 67.94 | 73.89 | 66.81 | 65.79 | 70.71 | 72.77 |
| Al ₂ O ₃ | 16.67 | 16.80 | 14.81 | 14.20 | 16.22 | 14.92 | 14.80 | 13.77 | 12.42 | 14.19 | 14.82 | 12.82 |
| FeO | 1.71 | 1.94 | 2.38 | 4.40 | 3.81 | 2.89 | 1.71 | 2.88 | 4.20 | 1.80 | 2.72 | 2.68 |
| MgO | 2.24 | 2.38 | 2.68 | 2.80 | 2.09 | 1.14 | 2.09 | 2.88 | 3.02 | 2.15 | 2.54 | 2.14 |
| CaO | 0.27 | 0.32 | 0.38 | 0.22 | 0.57 | 0.39 | 0.39 | 0.38 | 0.22 | 0.22 | 0.22 | 0.28 |
| Na ₂ O | 2.28 | 2.49 | 2.52 | 2.50 | 2.47 | 2.71 | 2.71 | 2.71 | 2.71 | 2.71 | 2.71 | 2.71 |
| K ₂ O | 4.52 | 4.59 | 4.47 | 4.73 | 4.14 | 4.30 | 4.30 | 4.27 | 4.30 | 4.30 | 4.30 | 4.30 |
| SiO ₂ + Al ₂ O ₃ | 84.39 | 84.04 | 86.15 | 87.00 | 81.93 | 82.29 | 82.64 | 87.66 | 79.21 | 80.00 | 85.53 | 85.59 |
| Na ₂ O + K ₂ O | 6.80 | 7.08 | 7.00 | 7.23 | 6.55 | 7.01 | 7.01 | 7.01 | 7.01 | 7.01 | 7.01 | 7.01 |
| Al ₂ O ₃ | 16.67 | 16.80 | 14.81 | 14.20 | 16.22 | 14.92 | 14.80 | 13.77 | 12.42 | 14.19 | 14.82 | 12.82 |
| Na ₂ O + K ₂ O + Al ₂ O ₃ | 23.47 | 23.88 | 21.81 | 21.40 | 22.77 | 21.93 | 21.81 | 20.78 | 19.43 | 21.20 | 21.83 | 20.83 |

Al₂O₃ + Na₂O + K₂O
 1) 100 2) 100 3) 100 4) 100 5) 100 6) 100 7) 100 8) 100 9) 100 10) 100 11) 100 12) 100
 13) 100 14) 100 15) 100 16) 100 17) 100 18) 100 19) 100 20) 100 21) 100 22) 100
 23) 100 24) 100 25) 100 26) 100 27) 100 28) 100 29) 100 30) 100 31) 100 32) 100
 33) 100 34) 100 35) 100 36) 100 37) 100 38) 100 39) 100 40) 100 41) 100 42) 100
 43) 100 44) 100 45) 100 46) 100 47) 100 48) 100 49) 100 50) 100 51) 100 52) 100
 53) 100 54) 100 55) 100 56) 100 57) 100 58) 100 59) 100 60) 100 61) 100 62) 100
 63) 100 64) 100 65) 100 66) 100 67) 100 68) 100 69) 100 70) 100 71) 100 72) 100
 73) 100 74) 100 75) 100 76) 100 77) 100 78) 100 79) 100 80) 100 81) 100 82) 100
 83) 100 84) 100 85) 100 86) 100 87) 100 88) 100 89) 100 90) 100 91) 100 92) 100
 93) 100 94) 100 95) 100 96) 100 97) 100 98) 100 99) 100 100) 100

En la figura 3, los cuatro puntos (1, 2, 3, 4) se localizan sin ambigüedad en el dominio "para" (dominio de las rocas sedimentarias). En consecuencia los neises aparecen como surgidos de la transformación de antiguas arcosas.

El cortejo de elementos vestigio (tab. 1) se singulariza por los tenores elevados o superiores al CLARKE en Pb, Mo, Zn, La, Y, Yb, Zr, Ce, etc., elementos que podemos relacionarlos con los minerales accesorios abundantes. La distribución de los elementos es sin embargo muy irregular.

El Metamorfismo.- Los neises con biotita y silicatos de aluminio poseen la siguiente paragénesis: biotita, cordierita, silimanita, ± andalusita, ± granates; en los granitos neises es la siguiente: biotita, silimanita ± granates. KROONENBERG (1980) señala en rocas análogas la paragénesis silimanita,

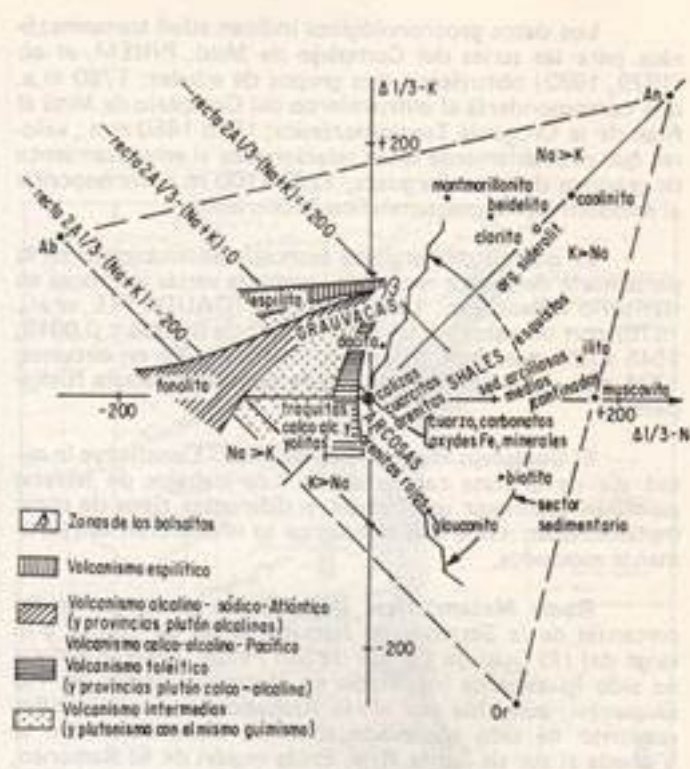


FIG. 2. Dominio de las rocas volcánicas y sedimentarias en los diagramas de H. de LA ROCHE (Si, Al, Ca, Na, K expresados en nanogramos por 100 g de roca).

Rápidamente recordamos el funcionamiento de este diagrama. Las variaciones en coordenadas rectangulares de (Al₂O₃-K) en función de (Al₂O₃-Na) dispersan los silico-aluminatos y concentran muy cerca del origen las otras fracciones principales de los sedimentos, como el cuarzo, los carbonatos y los óxidos de hierro. Los feldespatos se localizan en los vértices de un triángulo equilátero que contiene casi todos los otros minerales importantes.

Las rocas ígneas están fuertemente atraídas por los polos cuarzo ± feldespato potásico (rocas ácidas) o por lo polos plagioclasa intermedia, peridotita, piroxenos ± hornblenda (rocas básicas); en su mayor parte en consecuencia las rocas ígneas permanecen confinadas en el dominio donde Al₂O₃-Na es negativo.

Las tendencias de diferenciación de las series calco-alcalinas están determinadas por la importancia relativa del cuarzo y del feldespato potásico por una parte y de la plagioclasa y del piroxeno por la otra; ellas se ubicarán entonces próximas al eje de las ordenadas. Para las series alcalinas-sódicas y las series esplífticas, la influencia del feldespato potásico es limitada o nula, lo que explica las pendientes más débiles de las líneas correspondientes.

A la inversa, las rocas detríticas cuyos silico-aluminatos son esencialmente filitas y el feldespato potásico (en las arcosas) se ubican en un dominio caracterizado por valores positivos de Al₂O₃-Na y de K - Na. Sólo las grauwacas y ciertas arcosas con débil madurez composicional caen en el dominio ígneo. Las asociaciones sedimentarias y las variaciones en las proporciones relativas de los componentes principales de las rocas sedimentarias determinan algunas tendencias mayores de direcciones suficientemente próximas al eje de las abscisas (pendientes entre - 1 y + 1). Sin embargo en una misma categoría litológica (por ejemplo las cuarzopelitas) y cuando las variaciones cuantitativas de las fracciones principales son limitadas, pendientes más inclinadas pueden ser individualizadas en el sector sedimentario.

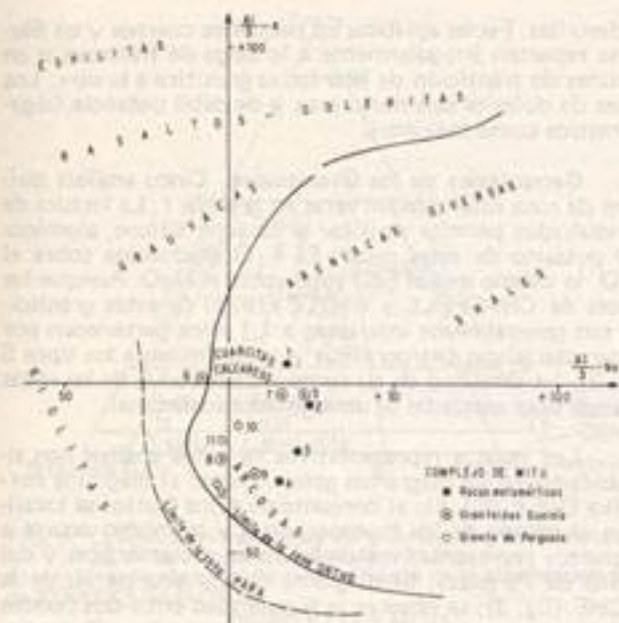


FIG. 3. Diagrama de la alúmina (H. de LA ROCHE).

muscovita y sillimanita, granate, cordierita. En nuestro caso la única muscovita presente en los análisis de las muestras corresponde a paragénesis secundaria (retromorfosis de silicatos de aluminio). La andalusita poco abundante podría, como lo indicó KROONENBERG (op. cit), provenir igualmente de la retromorfosis de la cordierita.

Las condiciones P-T que han originado tales paragénesis pueden ser deducidas de la figura 4, que representa un diagrama simplificado de los metamorfismos excedentes en agua. En esta figura la zona de sillimanita de la facies anfibolita traslapa grandemente el dominio de la anatexia: T de 600 a 750°, P de 2 a 5 Kb (área punteada).

Los granitoides. Las rocas graníticas constituyen lo esencial del Complejo Mitú en esta parte del Guanía (poco más o menos el 80% de la superficie). En el terreno fueron diferenciadas seis facies (fig. 1): Granito porfiroblástico tipo "El Remanso" o "San Felipe", el mejor representado (Gp); Granito de grano medio encontrado a lo largo de los ríos Tomo y Aque, lo mismo que al norte de San Felipe (Gm); Granito de grano fino desarrollado sobre el río Guanía aguas arriba de Tonina y al norte de San Felipe (Gf); Granitos de textura microgranuda bien representados a lo largo del río Atabapo al sur de la localidad de Maviso, lo mismo que al sur de San Felipe (Vm); Granito de Atabapo, constituye un pequeño cuerpo de algunas decenas de km² en la confluencia de los ríos Atabapo - Guaviare - Orinoco (Ga); Monzodioritas cuarzosas bajo la forma de dos pequeños cuerpos, el uno cerca de las cabeceras del río Guasacar; y el otro sobre el caño Jota al oeste de Maviso (Dc).

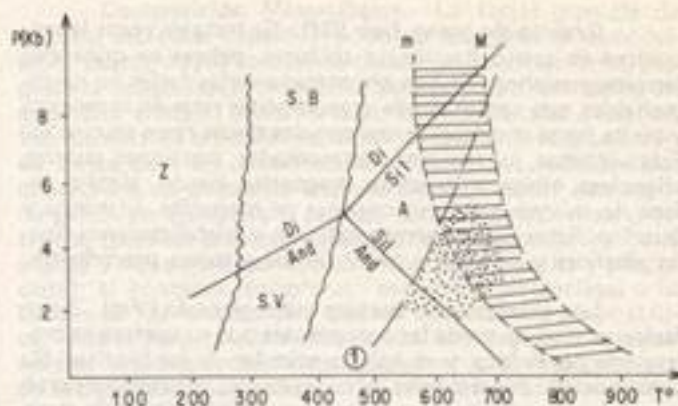


FIG. 4. Diagrama simplificado de metamorfismos excedentes en agua (Curvas de reacción en MULLER y SAXENA, 1977). Líneas onduladas: límite aproximado de las facies metamórficas (Z = ceolitas, S.V. = esquistos verdes, S.B. = esquistos azules, A = anfibolitas). (1): Curva de equilibrio que corresponde a la reacción cuarzo + muscovita = ortosa + Al₂SiO₅ + líquido (magnético). Zona rayada: (m) anatexis mínima y (M) máxima (WINKLER, 1974). Zona punteada: localización supuesta del metamorfismo sufrido por las rocas estudiadas.

Granitos porfiroblástico tipo El Remanso o San Felipe (Gp). Constituyen un conjunto relativamente homogéneo y de gran extensión. La facies dominante es un monzogranito de color rosado con numerosos fenocristales alineados de feldespato potásico. Se caracteriza igualmente por la agrupación de minerales ferromagnesianos en nidos y la abundancia de minerales accesorios. Su composición mineralógica es la siguiente: cuarzo en agregados policristalinos; microclina en grandes láminas poiquilíticas macladas según la ley de Carlsbad o en pequeños cristales intersticiales; plagioclasas (oligoclasa) subautomorfas, débilmente zonadas, sus bordes son generalmente albiticos y desarrollan mirmequitas; biotita pardo-verdosa; anfíbol, muy raro de color verde del tipo hornblenda.

Varios minerales accesorios forman nidos a: nidos a las biotitas magnetita, limonita, circón automorfo zonado, apatito, monacita rara, allanita metamictica, esfena como mineral dominante muchas veces englobando las fases precedentes, fluorina en algunas muestras y finalmente uraninita más o menos desestabilizada. Este cortejo de minerales accesorios se diferencia del cortejo del granito neis por la abundancia de esfena y de alanita y la pobreza en monacita.

Granito de grano medio (Gm). Su composición mineralógica es análoga a la del granito precedente. Las diferencias consisten en la ausencia de fenocristales y la aparición local de muscovitas en grandes láminas fragmentadas originadas a partir de feldespato potásico o de sillimanita. Estos desarrollos locales pueden ser denominados leucogranitos con dos micas. Las facies más evolucionadas contienen paragénesis de accesorios como fluorina, turmalina, monacita y brannerita.

Granito de grano fino (Gf).- Se trata de rocas leucocráticas de grano fino hasta aplíticas, pobres en minerales ferromagnesianos. Se han encontrado varias facies no cartografiadas que varían desde granodioritas ricas en magnetita y pirlita hasta monzogranitos con dos micas ricos en cuarzo. Estas últimas, las mejores representadas, contienen cuarzo, oligoclasa, albita, microclina, magnetita, circón, alanita, esfena, lo mismo que raros cristales de monacita, uraninita y fluorina. Estas facies corresponderían a cristalizaciones finales alcalinas y silíceas a partir de los granitos precedentes.

Los granitos con textura microgranuda (Vm).- Estas facies se distinguen de las precedentes por su textura microgranuda porfirítica y el hábito acicular de las biotitas. Su composición mineralógica es la siguiente: microclina peritítica cuyos bordes contienen numerosas inclusiones de cuarzo globular; plagioclasas (oligoclasa-andesina) zonada frecuentemente agrupadas, se caracterizan igualmente por sus bordes albíticos con inclusiones de cuarzo; biotita parda verdosa en grandes cristales poiquilíticos que muestran fenómenos de tipo simplectita; es igualmente rica en inclusiones variadas (circones, apatito, etc.), hornblenda verde ferrífera; ortopiroxeno de tipo hipersteno en cristales subautomorfos más o menos desestabilizados en biotita-anfíbol.

Estos fenocristales están incluidos dentro de una mesóstasis finamente granuda rica en cuarzo que contiene las fases minerales antes descritas. Los minerales accesorios son también abundantes: ilmenita magnetita rodeados de una corona biotítica; alanita rodeada de fuertes halos radiogénicos; esfena en nidos policristalinos; monacita en cristales, rara; apatito bajo dos hábitos diferentes, cristales automorfos prismáticos o cristales aciculares incluidos en los feldespatos y en los ferromagnesianos.

Seguendo a KROONENBERG (1980) se piensa que estas rocas representan antiguas volcanitas recristalizadas en condiciones metamórficas de alto grado.

Granito del Atabapo (Ga).- Está representado por un granito leucocrático heterogranular con feldespato potásico principalmente y cuarzo azul muy típico. Sus relaciones con las demás facies no han podido ser precisadas. El granito de Atabapo datado por el método Rb/Sr dio edad de 2000 m.a. (GAUDETTE, *et al.*, 1978).

Monzodioritas cuarzosas (Dc).- Estas rocas poco comunes no fueron el objeto de estudios de laboratorio. Además de los dos cuerpos pequeños cartografiados citados antes, se reconocen como diferenciaciones locales del granito de Parguaza en la Comisaría del Vichada.

Facies filonianas.- Generalmente los filones son raros. Estos son relativamente frecuentes en el Vichada asociados con el Granito de Parguaza. En el Guainía estas facies son accesorias.

Cuerpos pegmatoides a menudo ricos en minerales accesorios (magnetita, etc.) se observan en todas las unidades

des descritas. Facies aplíticas en pequeños cuerpos y en filones se reparten irregularmente a lo largo de fracturas o en las zonas de transición de una facies granítica a la otra. Los diques de dolerita son muy raros y de débil potencia (algunos metros como máximo).

Geoquímica de los Granitoides.- Cinco análisis químicos de roca total pueden verse en la tabla 1. La lectura de los resultados permite verificar el carácter silíceo, aluminoso y potásico de estas rocas. El K_2O predomina sobre el Na_2O , lo mismo que el FeO total sobre el MgO . Aunque los índices de CHAPPELL y WHITE (1974) de estos granitoides, son generalmente inferiores a 1,1 ellos pertenecen por sus características petrográficas y geoquímicas a los tipos S (tab. 2). La similitud de su composición con la de las rocas metamórficas asociadas es un argumento adicional.

Los puntos representativos de estos análisis han sido ubicados en los diagramas geoquímicos: a) diagrama normativo Q-A-P (fig. 5); el conjunto de estos puntos se localiza en el campo de los monzogranitos y lo mismo ocurre a los puntos representativos de las rocas metamórficas y del granito de Parguaza; b) diagrama de alumina de H. de la ROCHE (fig. 3); se observa la bipolaridad entre dos puntos (5-7) francamente localizados en el dominio "para", asociados a las rocas metamórficas y tres puntos (6-8-9) que se aproximan al dominio "orto".

En lo que concierne a los elementos vestigio (tab. 1) los granitoides se caracterizan por tenores altos de Mo, Y, Yb, Zr, Ga, Ce, U, Th, etc. conforme a la naturaleza y a la abundancia de minerales accesorios. El conjunto de elementos vestigio es análogo al encontrado en las rocas metamórficas.

Granito rapakiwi de Parguaza (Go).- A la escala del escudo guyanés, el granito de Parguaza que aflora en Co-

| TIPO 1 | TIPO 2 |
|--|--|
| CRITERIOS QUÍMICOS | |
| Sede normalmente alta, $Na_2O > 2,27\%$ variable MgO baja, que disminuye a $2,27\%$ en caso máximo. | Sede puede ser baja, Na_2O normalmente $< 2,27\%$ en rocas con aproximadamente 5% de K_2O , que disminuye a $> 2,27\%$ en rocas con aproximadamente 2% de K_2O . |
| Mol. $Al_2O_3 / (Mg, O + K_2O + GaO) < 1,1$ | Mol. $Al_2O_3 / (Mg, O + K_2O + GaO) > 1,1$ |
| Amplio espectro composicional de tipos filianos a tipos maficos. | Relativamente restringido en composición a tipos altos en SiO_2 . |
| Variaciones regulares entre elementos dentro de las platas, en los diagramas variación lineal o variación lineal. | Diagramas de variación más irregulares. |
| C.I.P.W. aléxico normativa $> 1\%$ de sodio en norma. | Sempre tienen sodio normativa C.I.P.W. 0. |
| $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Fe^{3+})$ alto (generalmente $> 0,2$) | $Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Fe^{3+})$ bajo (generalmente $< 0,2$) |
| Relación molar Si^{IV} / Al generalmente baja ($< 0,700$) | Relación molar Si^{IV} / Al generalmente alta ($> 0,700$) |
| SiO_2 $< 65\%$ lo más común. | SiO_2 $> 65\%$ lo más común. |
| Valores $f^{18}O$ de 7,3 a 8,4 | Valores $f^{18}O$ de 8,9 a 12,0 |
| CRITERIOS MINERALÓGICOS | |
| Hornblenda presente (con hornblenda en variación) | Sin hornblenda. |
| Menor cantidad de muscovita en rocas muy filianas. | Muscovita común, algunas veces abundante ($> 2\%$). |
| Condens. granos, anfíbolo y silimanita ausentes. | Condens. granos, anfíbolo y silimanita pueden estar presentes. |
| Accesorios: Magnetita, clorita y esfena primaria, sulfuros los comunes, circón, monacita y apatito pueden estar presentes. | Accesorios: Ilmenita, apatito y hornblenda, sulfuros los comunes, circón, monacita y apatito pueden estar presentes. |

Tabla 2. Propiedades químicas y mineralógicas diferenciadoras de los granitoides Tipo 1 y 2, según J. FERGUSON, *et al.*, 1980.

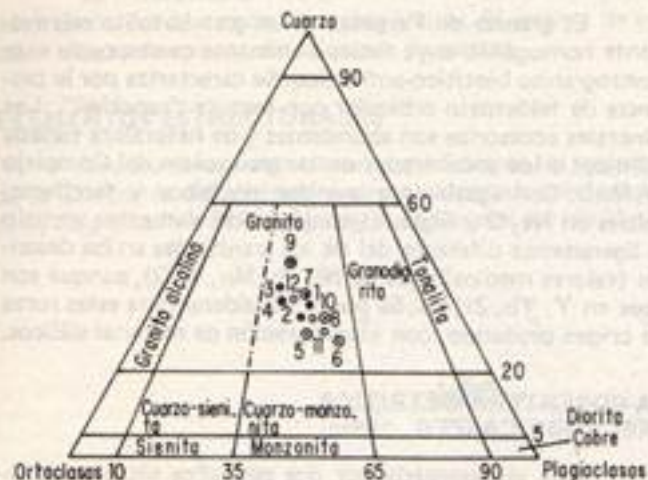


FIG. 5. Composición normativa de granitoides y rocas metamórficas en términos de Q - Or - An + Ab. El esquema de clasificación es modificado de la clasificación modal de STRECKEISEN (1976).

COMPLEJO DE MITÚ

- Rocas metamórficas
- Granitoides
- Granito de Parguaza.

lombia, no corresponde más que al extremo occidental del Batolito de Parguaza bien representado en Venezuela (aprox. 30.000 km², GAUDETTE, *et al.*, 1978). Geográficamente, el granito de Parguaza aparece a lo largo del río Orinoco en la Comisaría del Vichada en una sucesión de colinas bastante notorias en el paisaje penneplanizado. Se observa que se encuentran formas de erosión poco comunes en medios graníticos (erosión pseudocárstica).

Este cuerpo fue emplazado alrededor de 1550-1500 m.a. (GAUDETTE, *et al.*, 1978) por lo cual sería intrusivo en las rocas del Complejo de Mitú. Sin embargo las relaciones entre los dos conjuntos no han podido ser determinadas en el terreno. En fotos aéreas, parece que se trata de un contacto fallado.

El granito Parguaza se caracteriza por el gran desarrollo de cristales centimétricos ovoides de feldespato potásico con aureolas más o menos marcadas de oligoclasa; esta facies es muy homogénea en todo el Vichada. Existen algunas variaciones en composición, textura y color; así, las facies grises (las más frecuentes) son substituidas algunas veces por facies ricas en ortoclasa rosada y cuarzo azul. Localmente el Granito de Parguaza se enriquece en hornblenda. Un granito fino aplítico, con raros fenocristales rapakiwi que flotan en la mesostasis, está íntimamente asociado al granito grueso de Parguaza; se le observa en diques o en masas de forma indefinida. La facies fina parece haber sido emitida del mismo magma que el granito clásico de Parguaza y resultaría de diferenciaciones en el curso de sucesivas intrusiones.

Composición Mineralógica.- La facies granuda de textura orbicular rapakiwi presenta la siguiente composición: cuarzo cuyos contornos tienden al automorfismo; plagioclasa (oligoclasa); feldespato potásico tipo microclina en pequeños cristales xenomorfos o en fenocristales automorfos. La textura orbicular rapakiwi, proviene de la asociación de varios de estos fenocristales en agregados rodeados por una corona de pequeños cristales de plagioclasas, esta corona puede ser completa o parcial. Los fenocristales son perfiticos (pertitas anastomosadas macladas según la ley de la albita) y contienen numerosas inclusiones (biotita y plagioclasa); el contacto fenocristal - corona de plagioclasas o los bordes de los fenocristales, poseen textura micropegmatítica. Biotita parda; hornblenda verde. Los dos anteriores minerales están estrechamente asociados; la biotita proviene de la desestabilización de grandes cristales de anfíbol. Cuando la biotita está sola, se presenta en grandes cristales con contornos rotos y formas simplecticas (cuarzo en venillas).

Los minerales accesorios, abundantes y de naturaleza variada, se disponen en nidos asociados a biotitas y anfíboles: alanita metamictica, circón automorfo, apatito, monacita, esfena, fluorina localmente abundante, ilmenita, magnetita, uraninita desestabilizada en algunas secciones delgadas. Una paragénesis secundaria de alteración epidotacalcita se desarrolla a veces.

Es necesario señalar la similitud de la paragénesis del granito de Parguaza con la de los granitos microgranudos del Complejo de Mitú. Por otra parte los minerales accesorios encontrados en todos los granitoides del Complejo de Mitú son los mismos que los del granito de Parguaza.

Estudio Geoquímico.- Los tres análisis químicos de muestras del granito de Parguaza se dan en la tabla 1. Se han utilizado los mismos diagramas geoquímicos precedentes. Su composición es análoga a la de los granitoides del Complejo de Mitú: en efecto, son rocas silíceas y potásicas, singularizadas por las relaciones muy altas FeO total /MgO. Los índices de CHAPPELL y WHITE son netamente inferiores a 1,1 lo que parece caracterizar los granitoides, cuyo material proviene en gran parte del manto.

Los diagramas Q-A-P (fig. 5) y de alúmina (fig. 3) permiten enfatizar la similitud del granito de Parguaza con las rocas del Complejo de Mitú. Sin embargo la tendencia a aproximarse al dominio "orto" es nítamente marcada para los granitos de Parguaza (fig. 3).

Los elementos vestigio (tab. 1) permiten individualizar las facies orbiculares granudas (muestras 9, 10, 11) ricas en Ba, Sr, Ga, de la facies microgranuda (muestra 12) con tenores altos de La, Y, Yb, Ga. En esto también notamos la similitud entre los elementos vestigio del Granito de Parguaza y de los granitoides del Complejo de Mitú.

Conclusiones acerca del estudio del zócalo cristalino.- Las rocas del zócalo cristalino de las provincias del Vichada y del Guanía fueron reagrupadas, de acuerdo con trabajos anteriores "HUGUETT, *et al.*, 1979; GALVIS, *et al.*, 1979;

KROONENBERG, 1980), en dos grandes conjuntos geológicos: el Complejo migmatítico de Mitú y el granito de Parguaza.

El complejo migmatítico de Mitú comprende rocas metamórficas y granitoides íntimamente asociadas. Las rocas metamórficas incluyen "granito-neis", migmatitas, neises varios ricos en silicatos de alúmina lo mismo que de facies accesorias de cuarcitas, de micaesquitos y de anfibolitas. La paragénesis mineral, cordierita, silimanita (andalusita), granate (almandino?) corresponde a un metamorfismo BP-HT (facies anfibolita) que alcanzó la isograda de la anatexia. Algunos resultados de los análisis químicos efectuados sobre muestras de las facies néisicas (la mejor representadas) nos indican que estas rocas provienen de la transformación de series detríticas arcóscicas.

Las rocas metamórficas se individualizan por la abundancia y variedad de sus minerales accesorios como los fosfatos (monacita, apatita, xenotíma), los metálicos (ilménita, magnetita), los minerales uranotoríferos (uraninita, brannerita) y los circones. Esto se manifiesta también al nivel de elementos vestigio altos Ti, Mo, Zr, La, Y, Yb, Ce, U, Th.

En cuanto a los granitoides, corresponden a monzogranitos con biotita de composición bastante homogénea. Se caracterizan por sus texturas variables, granulometría heterogénea y del mismo modo que las rocas metamórficas, por su abundancia en minerales accesorios como la esfena y la alanita. Ciertas variedades donde aparece muscovita y silimanita pueden compararse a los leucogranitos europeos. Son rocas potásicas férricas. Su conjunto de elementos vestigio es análogo al de las rocas metamórficas (tenores más altos que la media en Ti, Mo, Zr, Y, Yb, Ga, U, Th).

Otras características tales como: la abundancia de enclaves de neis; los contactos progresivos con las rocas metamórficas; la ausencia de enclaves microgranudos básicos o de facies básicas; la presencia local de silimanita y muscovita; las débiles variaciones en las composiciones químicas; la analogía de composiciones químicas (elementos mayores y elementos vestigio) con las facies metamórficas, nos conducen a pensar que estos granitoides provienen de la removilización y de la fusión parcial de las series metamórficas encajantes durante el episodio metamórfico transamazónico (1780 m.a., PRIEM, *et al.*, 1970).

El Complejo migmatítico de Mitú posteriormente fue afectado por la intrusión del granito de Parguaza (1545 ± 20 m.a., GAUDETTE, *et al.*, 1978) así como por el episodio metamórfico y cataclástico Nickeriense que se ha encontrado en todo el escudo guayanés.

El granito de Parguaza es un gran batolito relativamente homogéneo cuya facies dominante corresponde a un monzogranito biotítico-anfibólico. Se caracteriza por la presencia de feldespato orbicular con textura "rapakiwi". Los minerales accesorios son abundantes y de naturaleza variada idénticos a los encontrados en los granitoides del Complejo de Mitú. Son igualmente granitos potásicos y ferríferos, pobres en Na₂O y MgO. El conjunto de elementos vestigio es ligeramente diferente del de los granitoides arriba descritos (valores medios bajos de Ni, Pb, Mo, V, G), aunque son ricos en Y, Yb, Zr, Ga. Se puede considerar para estas rocas un origen profundo, con incorporación de material siálicos.

LA COBERTERA DETRÍTICA PRECAMBRICA (PEr)

Está representada por dos pequeños sectores de algunas decenas de kilómetros cuadrados al extremo SW del mapa: el primer sector se sitúa sobre el curso superior del río Guanía, y se trata de la terminación norte de la Sierra de Naquen; el segundo sector corresponde a los afloramientos del caño Cuica. La tectónica muy acentuada no permite establecer una sección continua.

Este conjunto detrítico, discordante sobre el zócalo, se compone esencialmente de areniscas cuarcíticas blancas o grises, de grano fino a medio, bien calibradas, con cemento silíceo, en bancos decimétricos a métricos. Las ondulitas no son raras. Arcillolitas grises, verdes o rojas localmente filitosas alternan con los bancos arenosos. La potencia de estas series alcanza unos 3000 m. La aparición de sericita en los niveles basales es la única evidencia de metamorfismo (dina-mo-metamorfismo). El contacto con el zócalo cristalino no pudo ser observado a pesar de los múltiples intentos.

En el primer sector (curso superior del río Guanía), las series son isoclinales; los afloramientos mantienen un rumbo general NW con un fuerte buzamiento hacia el SE.

La edad de esta cobertera es aún discutible: es el Roraima antiguo o clásico 1800-1600 m.a. ¿Es el Roraima "joven" 1600-1500 m.a.? ¿Son formaciones post-Parguaza 1450-1300 m.a.? ¿Es la combinación de las tres posibilidades?

EL TERCIARIO Y EL CUATERNARIO

Estas formaciones se encuentran principalmente en el Vichada al norte del río Guaviare. Se trata de arenas de origen eólico, de terraza lateríticas y de aluviones recientes bajo los cuales se esconde el granito de Parguaza al oriente, y los granitos porfiroblásticos de El Remanso al sur.

La naturaleza del contacto con el zócalo es imprecisa en razón del desarrollo de arenas eólicas. El espesor de estas arenas es de apenas unas decenas de metros.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Los elementos estructurales medidos en las regiones de la Comisaría del Vichada están representados en la figura 6, diagramas 1 a 8. Para las regiones al norte del río Mese-

tas, norte del río Tomo, sur del río Tuparro y sur del caño Pirariame las direcciones de las venas pegmatíticas o aplíticas aparecen en los diagramas 1 a 4 mientras que las fracturas y diaclasas aparecen en los diagramas 5 a 8. Las direcciones de las fracturas representadas en el diagrama 9, corresponden a las medidas efectuadas en la región de San Felipe (Comisaría del Guanía). La *-foliación-* de los neises es generalmente $N110^{\circ}-120^{\circ}E$.

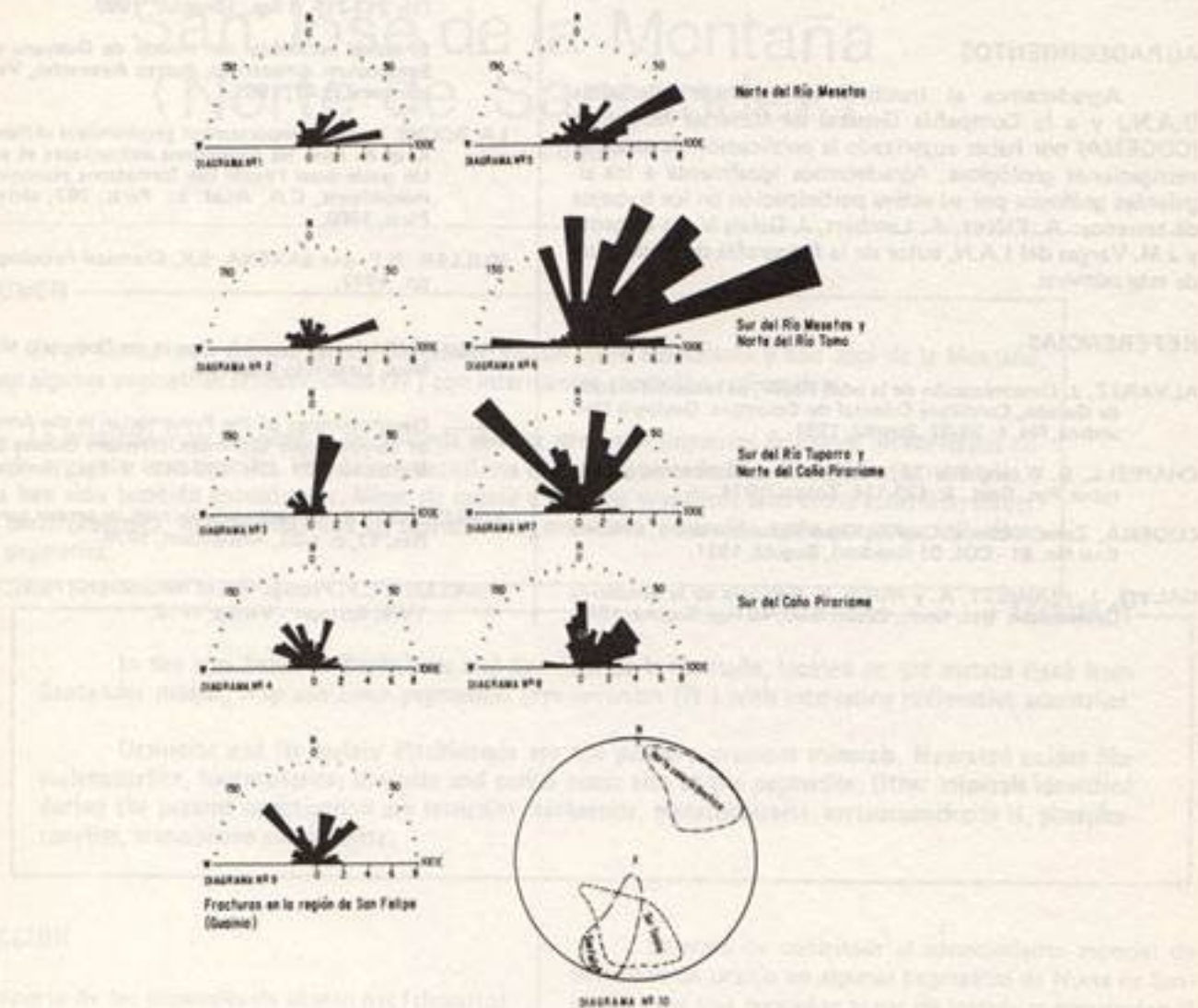


FIGURA 6. Diagramas Rosa y Estereograma de Wulf de direcciones de Guanía y Vichada.

- Nos. 1, 2, 3, 4. Direcciones de los filones de pegmatita y de granito fino en Vichada.
 Nos. 5, 6, 7, 8. Direcciones de las Fracturas y Diagramas en Vichada
 Nos. 1 y 5. Zona norte del río Mesetas.
 Nos. 2 y 6. Zona sur del río Mesetas, norte del río Tomo.

- Nos. 3 y 7. Zona sur del río Tuparro, norte del Caño Pirariame.
 Nos. 4 y 8. Zona sur del Caño Pirariame.
 No. 9. Direcciones de las Fracturas en la Bota de San Felipe.
 No. 10. Estereograma de WULF Ω de las Foliaciones en los Neises del sur de Guanía.

Los granitos y las rocas metamórficas del zócalo cristalino no presentan afloramientos de zonas brechificadas o de milonitas de tamaño importante.

Es difícil de establecer una cronología de los diferentes eventos tectónicos de la región en el curso del tiempo. Cuando más podría decirse cuál es la antigüedad relativa de una fractura con respecto a otra. Este trabajo no aporta más elementos nuevos respecto al tema.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto de Asuntos Nucleares (I.A.N.) y a la Compañía General de Materias Nucleares (COGEMA) por haber autorizado la publicación de estas investigaciones geológicas. Agradecemos igualmente a los siguientes geólogos por su activa participación en los trabajos de terrenos: A. Flórez, A. Lambert, J. Galvis V. de Cogema y J.M. Vargas del I.A.N, autor de la fotografía de la carátula de este número.

REFERENCIAS

- ALVAREZ, J. Determinación de la edad Rb/Sr, en rocas del macizo de Garzón, Cordillera Oriental de Colombia. *Geología Norandina*, No. 4: 36-37, Bogotá, 1981.
- CHAPPELL, B. W. and WHITE, A. J. R. Two contrasting granite types. *Pac. Geol.*, 8: 173-174, Tokyo, 1974.
- COGEMA. Zona Vichada, Guanía, Gran reconocimiento, informe final No. 81 - COL 01 (Inédito), Bogotá, 1981.
- GALVIS, J., HUGUETT, A. y RUGE, P. Geología de la Amazonia Colombiana. *Bol. Geol.*, 22(3): 3-86, 45 figs. Bogotá, 1979.

GAUDETTE, H.E. et al. Geology and age of the Parguaza Rapakivi Granite, Venezuela. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 89: 1335-1340 Boulder, Co, 1978.

HUGUETT, A., GALVIS J., RUGE P. Geología de la Amazonia Colombiana. In: PRORADAM. La Amazonia Colombiana y sus recursos. Proyecto Radargramétrico del Amazonas, Colombia, p. 29-92. Bogotá, 1979.

KROONENBERG, S. Petrografía y edad de algunos gneises cordieríticos del Guainía, Amazonia Colombiana. *Revista CIAF*, 5 (1): 213-218, 3 figs., (Bogotá), 1980.

———. El borde occidental del escudo de Guayana en Colombia. *Symposium Amazónico*, Puerto Ayacucho, Venezuela (Resúmenes) p. 41, 1981.

LA ROCHE H. de. Comportement géochimique différentiel de Na, K et Al dans les formations volcaniques et sédimentaires. Un guide pour l'étude des formations plutoniques et métamorphiques, C.R. Acad. Sc. Paris. 267, série D, p.39-42, Paris, 1968.

MULLER, R.F. and SAXENA, S.K. *Chemical Petrology*, vol. 1, 394 pp. 1977.

PRIEM, H.N.A. et al. Isotopic ages in the Complejo Migmatítico de Mitú, Colombia (in press).

———. Geochronology of the Precambrian in the Amazonas region of Southeastern Colombia. (Western Guiana Shield). *Geol. Mijnbouw*, 61 (3): 229-242, 9 figs., Amsterdam, 1982.

STRECKEISEN A. To each plutonic rock its proper name. *Earth-Sci. Rev.* 12, p. 1-33, Amsterdam, 1976.

WINKLER H.C.F. *Petrogenesis of metamorphic rocks*, 4th edn. New York, Springer - Verlag, 1976.