

Litología, Metamorfismo y origen de las granulitas del Macizo de Garzón, Cordillera Oriental (Colombia)

SALOMON B. KROONENBERG¹

RESUMEN

El Macizo de Garzón consiste principalmente de rocas precámbricas de alto grado de metamorfismo y de composición cuarzo-feldespática, pelítica, máfica, ultramáfica y calcárea intruidas por granitos sintectónicos precámbricos e intrusiones fanerozoicas. Las paragénesis de minerales indican que el metamorfismo principal tuvo lugar en la facies granulita bajo presiones intermedias. La mayoría de las rocas de facies anfibolita rodeando el núcleo granulítico del macizo parece haberse formado por retrogresión. Se propone un modelo de colisión continental durante la Orogenia Nickeriana (1200-1300 Ma) para explicar el metamorfismo de alto grado en el macizo de Garzón y los efectos tectonotérmicos acompañantes en el Escudo adyacente.

ABSTRACT

The Garzón Massif consists predominantly of Precambrian high grade metamorphic rocks of quartz-feldspathic, pelitic, mafic and calcareous composition which have been intruded by syntectonic Precambrian granites and Phanerozoic intrusive bodies. The mineral paragenesis indicate that main metamorphic took place under medium-pressure granulite-facies metamorphism. Most amphibolite facies rocks surrounding the granulitic core of the massif seem to have formed by retrogression. A model for continental collision during the Nickerie orogeny (1200-1300 m.a.) is proposed to explain the high-grade metamorphism in the Garzón Massif and the accompanying tectothermal effects in the adjacent shield.

INTRODUCCION

El Macizo de Garzón en la Cordillera Oriental de Colombia constituye un bloque tectónicamente levantado entre rocas fanerozoicas y representa el afloramiento más extenso del Precámbrico en la zona andina colombiana (Fig. 1). La edad precámbrica ya fue asumida por los primeros investigadores de la zona (GROSSE, 1935; TRUMPY, 1943; ROYO Y GOMEZ, 1942; RADELLI, 1962), y confirmada por las dataciones radiométricas de ALVAREZ y CORDANI (1980). Estos autores obtuvieron una isócrona

Rb/Sr de cuatro puntos que indican una edad de 1.180 m.a. con una razón inicial de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ de 0.703. El Macizo de Garzón ha sido considerado por KROONENBERG (1981) como parte del Cinturón Granulítico Garzón - Santa Marta, que originó durante la Orogenia Nickeriana (1200-1300 m.a.) por acrecentamiento continental al borde del núcleo cratónico más antiguo del Escudo de Guayana.

Las rocas precámbricas en el Macizo de Garzón pueden ser subdivididas en dos grandes grupos: 1) El Grupo Garzón, una secuencia bandeada de rocas de alto grado de

1. Centro Interamericano de Fotointerpretación.
Apartado Aéreo 53754 - Bogotá, Colombia

Sobreimpuesto sobre este bandeamiento composicional se observa un bandeamiento en escala generalmente más pequeña, centimétrica a decimétrica principalmente en las rocas cuarzofeldespáticas y pelíticas.

A menudo existe una cierta complementaridad entre bandas oscuras (melanosomas) y bandas claras (leucosomas), y las bandas claras son generalmente de composición cuarzofeldespática sin minerales máficos y de grano más grueso que las bandas oscuras. Este bandeamiento fino es considerado como de origen migmatítico; a menudo se observan estructuras "pinch and swell" vetas discordantes ptigmáticas y varias estructuras como schlieren y schollen y aún agmatíticas.

En las granulitas típicas que se encuentran sobre todo en el núcleo del Macizo de Garzón, el bandeamiento a menudo es difícil de distinguir debido a que los cuarzos y feldespatos tienen una coloración gris tan oscura que observando las bandas félsicas superficialmente parecen tratarse de rocas bastante máficas. Las granulitas casi siempre muestran evidencia de haber sido metamorfoseadas bajo las condiciones de facies granulita.

Intimamente asociadas con las granulitas se pueden encontrar gneises y anfibolitas con grandes cantidades de biotita y anfíboles que texturalmente no son granulitas pero sí muestran paragénesis de minerales de la facies granulita. Lo mismo vale para las rocas ultramáficas (principalmente hornblenditas ortopiroxénicas y flogopititas) que forman lentes gruesos y bandas intercaladas. Las intercalaciones de mármol y rocas calcosilicatadas (lám. 1, figs. 1 y 4) ya han sido descritas por KROONENBERG (1980).

En las periferias del Macizo ni granulitas verdaderas ni otras rocas de la facies granulita son comunes; predominan gneises cuarzofeldespáticos de coloración clara y anfibolitas con paragénesis de la facies anfibolita. Las implicaciones se discutirán más adelante.

2. Granitos de Guapotón y Managua

Existen dos grandes zonas que consisten de augen-gneises grises - claros y rosados bastante homogéneos de composición graníticas hornbléndica - biotítica, comúnmente con megacristales de feldespato potásico de 1 - 3 cm de largo. Estas rocas carecen de bandeamiento composicional, pero su esquistosidad marcada con directrices N a NW concuerda perfectamente con las de la secuencia bandeada. Tanto en el cuerpo al norte de Guadalupe, el Granito de Guapotón, como en el cuerpo al norte de Guayabal, el Granito de Managua, ambas en el Valle del río Suaza, se han encontrado contactos concordantes con la secuencia bandeada. Por consiguiente se considera estos cuerpos como granitos sintectónicos precámbricos.

La presencia de mesopertita en algunas muestras sugiere que estos granitos también han sufrido metamorfismo de facies granulita, aunque en ningún caso se ha encontrado ortopiroxeno en ellos.

En la misma zona donde afloran los granitos son abundantes las vetas pegmatíticas con grandes cristales de magnetita (hasta 5 cm de largo) o de biotita que han sido observadas cortando discordantemente la secuencia bandeada granulítica. Aunque los contactos con los granitos no son expuestos, la coincidencia del área de ocurrencia sugiere un origen común.

PARAGENESIS DE MINERALES EN EL GRUPO DE GARZON

Para establecer las condiciones de metamorfismo se requiere el estudio de la mayor cantidad posible de paragénesis de minerales. Ya que las rocas en muchos afloramientos se encuentran profundamente meteorizadas, se ha complementado tal estudio con el análisis petrográfico de rodados de las quebradas que drenan el Macizo de Garzón. Las paragénesis principales encontradas se hacen representar esquemáticamente en los triángulos ACF (fig. 2), A' FK (fig. 3) y CaO - MgO - SiO₂ (fig. 4), y siguen a continuación según la numeración de sus respectivos campos de composición en las figuras.

1. **Composiciones pelíticas:** qz + plag ± (meso) pertita ± sillimanita ± granate ± biotita ± espinela verde ± grafito.
2. **Semipelíticas:** qz + plag ± (meso) pertita ± biotita ± ortopiroxeno ± granate.
3. **Cuarzofeldespáticas:** qz + plag ± (meso) pertita ± ortopiroxeno ± clinopiroxeno ± hornblenda ± biotita.
4. **Máficas:** plag ± ortopiroxeno ± clinopiroxeno ± hornblenda ± biotita ± cuarzo.
- 4/5. **Máficas granatíferas:** plag + clinopiroxeno + granate + hornblenda + ortopiroxeno.
- 6/7/8. **Calcosilicatadas:** diópsida + andradita/grosularita + calcita; diópsida + tremolita + flogopita; tremolita + escapolita + plag + qz; forsterita + calcita ± dolomita ± clinohumita ± flogopita ± grosularita.
9. **Ultramáficas:** hornblenda + ortopiroxeno + clinopiroxeno ± flogopita ± olivino ± espinela verde flogopita ± diópsida.

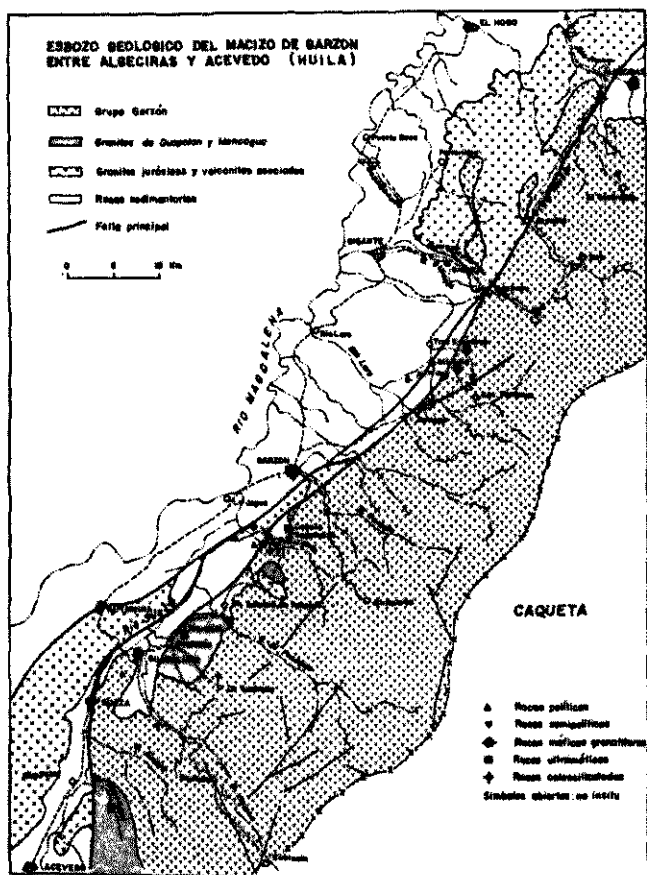


FIG. 1. Esbozo geológico del Macizo de Garzón entre Algeciras y Acevedo, Huila. Dentro del Grupo Garzón predominan gneises y granulitas cuarzofeldespáticas y máficas; litologías más raras están indicadas con símbolos.

metamorfismo (facies granulita y anfibolita) de composición predominantemente cuarzofeldespática con intercalaciones máficas ultramáficas, pelíticas y calcáreas; y 2) los Granitos de Guapotón y Mancagua, cuerpos augengneises de composición granítica sin bandeamiento, y considerados como intrusiones sintectónicas. Estas rocas están intruidas por pegmatitas con magnetita o biotita probablemente también de edad precámbrica, por cuerpos graníticos jurásicos y diques lamprofíricos de la misma edad.

El objetivo de este trabajo es el de describir la litología y las paragénesis de minerales de las rocas precámbricas encontradas en el sector entre Algeciras y Acevedo, zona que forma parte del proyecto de mapeo geológico del sur del Huila del Centro Interamericano de Fotointerpretación. Además se discute las probables condiciones de metamorfismo y se presenta un modelo tentativo para el origen de las granulitas del Cinturón Granulítico Garzón - Santa Marta.

NOMENCLATURA

Parte de las rocas del Grupo Garzón pueden ser designadas como granulitas. Este término, como todos los nombres de rocas metamórficas no exactamente definido, se utiliza en un sentido estrictamente textural, es decir para una roca de textura granoblástica, que presenta una esquistosidad mal definida por la escasez de minerales alargados u hojosos y la abundancia de minerales granulares anhídricos tales como piroxenos y granates. La presencia de lentes de cuarzo a veces es característica (BEHR, *et al.*, 1971). La subdivisión de WINKLER (1974) es "granulitas" y "granoblásticas" según la presencia de ortopiroxeno es rechazada. En primer lugar al pronunciar no se oye la diferencia entre "granulita" y "granolita", aumentando así la confusión en vez de reducirla. En segundo lugar los nombres de las rocas metamórficas como gneis y esquistos son esencialmente texturales; sin requerimientos estrictos mineralógicos. Y por fin, una revisión de la literatura petrológica posterior a la introducción de estos términos por Winkler demuestra que nadie parece haberlos aceptado.

Las granulitas cuarzofeldespáticas con ortopiroxeno como mineral más característicos se pueden clasificar como granulitas charnoquíticas-enderbíticas utilizando los términos de la clasificación de las charnoquitas de STRECKESEN (1974a). En esta clasificación la charnoquita charnoenderbita y enderbita son los equivalentes ortopiroxénicos del granito de la granodiorita y tonalita respectivamente de STRECKESEN (1974b). Esta terminología se utiliza en forma adjetiva: no es correcto llamar estas rocas "charnoquitas" puesto que este término queda reservado para rocas ígneas o de aspecto ígneo.

LITOLOGIA

1. El Grupo Garzón

El Grupo Garzón ocupa la mayor parte del Macizo de Garzón y se caracteriza por su bandeamiento de escala centimétrica hasta métrica coincidiendo generalmente con la esquistosidad. El rumbo preponderante es NW a N, pero pueden ocurrir grandes desviaciones. Plegamiento a escala mesoscópica sólo se ha observado en pocos sitios.

El bandeamiento se presenta de dos maneras. En primer lugar existe un bandeamiento en escala de decímetros a metros en el cual alternan rocas cuarzofeldespáticas con rocas máficas, ultramáficas, pelíticas y calcáreas. Este bandeamiento no-complementario es considerado como indicando la estratificación original premetamórfica de una secuencia sedimentaria volcánica. Es posible que haya pequeños cuerpos intrusivos sintectónicos concordantes, pero la irregularidad del bandeamiento y la intercalación de rocas de indudable parentesco metasedimentario sugiere un origen supracortical para la mayor parte del complejo.

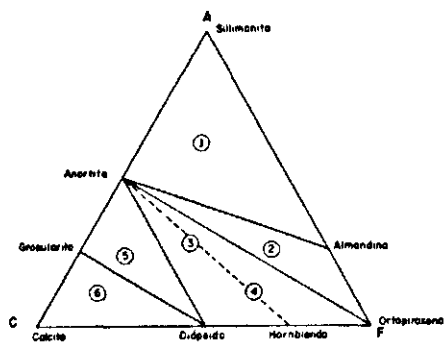


FIG. 2. Relación esquemática entre paragénesis y composición química en el triángulo ACF. Curvas sólidas: paragénesis anhidricas; curvas punteadas: paragénesis hídricas.

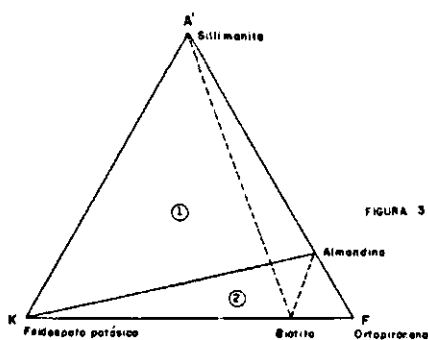


Fig. 3. Relación esquemática entre paragénesis y composición química en el triángulo A'FK. Curvas sólidas: paragénesis anhidricas; curvas punteadas: paragénesis hídricas.

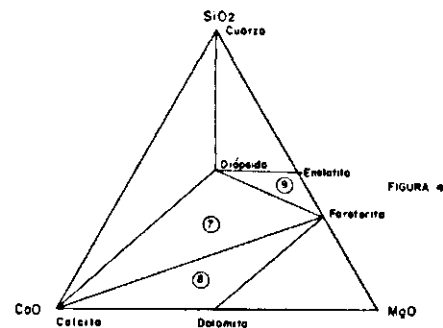


FIG. 4. Relación esquemática entre paragénesis y composición química en el triángulo CaO-MgO-SiO₂.

CONDICIONES DE METAMORFISMO

La presencia de ortopiroxeno en la gran mayoría de las rocas de composición apropiada (semipelítica, cuarzo-feldespática, máfica y ultramáfica, ver lám. 1, fig. 2) ampliamente comprueba el metamorfismo en la facies granulita en grandes sectores del macizo de Garzón. Las reacciones de deshidratación citadas por WAARD (1965) tales como $\text{biot} + \text{sill} + \text{qz} = \text{gran} + \text{Kf}$; $\text{biot} + \text{qz} = \text{opx} + \text{gran} + \text{Kf}$; $\text{hbl} + \text{bi} + \text{qz} = \text{opx} + \text{plag} + \text{Kf}$ y $\text{hbl} + \text{qz} = \text{opx} + \text{cpx} + \text{plag}$ a menudo son evidentes por la preservación de relictos en los minerales neoformados, como por ejemplo de biotita y sillimanita en granate, y de hornblenda en clinopiroxeno y ortopiroxeno. Paragénesis completamente anhidricas son muy raras. Las reacciones mencionadas no se prestan para precisar las condiciones de T y P por la fuerte dependencia de pH_2O y $\text{Mg}/\text{Mg} + \text{Fe}$.

Otras características indicativas de la facies granulita son los feldespatos mesopertíticos o fuertemente pertíticos/antipertíticos (DAHLBERG, 1968). La presencia de espinela verde en metapelitas cuarcíferas y en ultramafitas (TURNER, 1981). Los colores intensos rojizo - marrón de la biotita y verde - marrón a rojizo de hornblenda también son típicas. La presencia de ortopiroxeno y mesopertita en los leucosomas indica que la anatexis también se produjo bajo condiciones de las facies granulita.

El régimen de presión se puede deducir sobre todo de las paragénesis pelíticas y máficas. La ausencia general de cordierita en las primeras y la de la paragénesis olivino + plagioclasa en las segundas sugiere presiones intermedias o altas. Sillimanita es la polimorfa única de Al_2SiO_5 ; la presión aparentemente no fue lo suficientemente alta para la formación de cianita, ortopiroxeno + plagioclasa es la paragénesis estable en la mayoría de las metabasitas. Siguiendo la

clasificación de MIYASHIRO (1973), el metamorfismo principal tuvo lugar en la subfacies de presión intermedia de la facies granulita.

En dos rodados del río Neiva se observaron coronas de reacción alrededor de granate y cuarzo que consiste de cordierita, ortopiroxeno, magnetita y a veces espinela verde. Estas son las únicas rocas en el Macizo de Garzón en que se ha podido comprobar la presencia de cordierita. La misma reacción granate + cuarzo = cordierita + opx + espinela fue observada en el Canadá (BERG, 1977) y Suráfrica (SCHREYES y ABRAHAM, 1978). En ambos casos es debida a metamorfismo de contacto sobrepuesto sobre granulitas preexistentes bajo condiciones de más alta temperatura y más baja presión que las de las granulitas, lo que concuerda con los datos experimentales de HENSEN y GREEN (1972, 1973). KORIKOVSKII (1979) considera la subfacies de cordierita - ortopiroxeno como la de más alta temperatura dentro de la facies granate - cordierita - ortoclasa.

La presencia de granate en metabasitas es de especial importancia para establecer las condiciones de presión durante el metamorfismo. GREEN y RINGWOOD (1967) establecieron experimentalmente que ortopiroxeno + plagioclasa pasa a presiones altas a clinopiroxeno + granate + cuarzo. Texturas indicativas para esta reacción fueron encontradas en varias regiones, y DE WAARD (1965) propuso subdividir la facies granulita en una subfacies de opx + plag y una de cpx + gran + qz. MIYASHIRO (1973) precisa que cpx + gran sin cuarzo (en rocas subsaturadas) sí son estables en la subfacies opx + plag. La mayoría de las granulitas máficas granatíferas del Macizo de Garzón pertenecen a esta categoría subsaturada. La paragénesis más común es hbl + cpx + gran + plag + opx. Sólo en un rodado de la quebrada Guan-

FIG. 1.



FIG. 2.



LAMINA 1.

FIG. 1. Roca calcosilicatada de diópsida (amarilla), con sobrecrecimiento de granate (andradita con birefringencia anómala), y calcita. Muestra SK161, quebrada Aguardiente. *Aumento:* Objetivo 16X, ocular 12.5 (x250).

FIG. 2. Granulita ultramáfica con ortopiroxeno (gris), clinopiroxeno (azul y verde), hornblenda pargasítica (marrón oscuro), y espinela (isotrópico). Muestra SK132, San Antonio del Pescado. *Aumento:* Objetivo 10X, ocular 12,5 (x250).

FIG. 3.

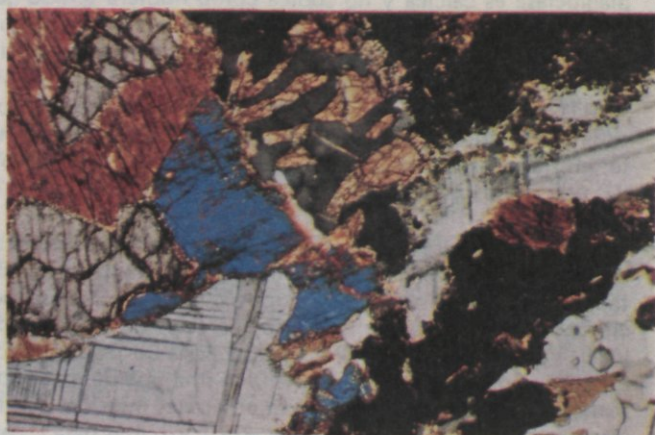


FIG. 4.



FIG. 3. Granulita máfica con granate (isotrópico), ortopiroxeno (gris, con crucero) rodeado por clinopiroxeno (azul y anaranjado), hornblenda (amarillo), plagioclasa (gris, maclada), y cuarzo (gris oscuro). Muestra DD508A, recogida en 1940 por el Dr. José Royo y Gómez en la quebrada Grandinosa. *Aumento:* Objetivo 10, ocular 12.5 (x250).

FIG. 4. Roca calcosilicatada; estructura mirmequítica por el entrecrecimiento de escapolita (amarillo, reemplaza a plagioclasa) y cuarzo (gris oscuro). Muestra SK5, quebrada Aguardiente. *Aumento:* Objetivo 16X, ocular 12.5 (x250).

dinosa, recolectado por ROYO Y GOMEZ (1944) y descrito como una anfibolita granatífera, se encontraron bordes de reacción $cpx + gran + qz$ en los contactos entre ortopiroxeno y plagioclasa (lám. 1, fig. 3). Sin embargo, parece que se formó también hornblenda durante la reacción, y la plagioclasa es cálcica y no sódica como hubiera tenido que ser si se produjo la reacción antes mencionada. Es posible que la formación de granate es debido más bien al enfriamiento, tal como es descrito por MANNA y SEN (1974) y WHITNEY (1978). También la presencia de relictos de ortopiroxeno en cristales de clinopiroxeno incluidos en granate; en metabasitas sin cuarzo sugiere relaciones más complicadas entre estos minerales.

Las texturas de reacción indicativas del reemplazo de granate + cuarzo por cordierita + ortopiroxeno + magnetita, y las del reemplazo de ortopiroxeno + plagioclasa por clinopiroxeno + granate + cuarzo, parecen de importancia local, ya que normalmente las paragénesis de izquierda son estables. No se sabe si se trata de la misma fase de metamorfismo sobrepuesto ya que las condiciones inferidas son en cierto modo contradictorias; más alta T y/o más baja P para la primera reacción y más alta P y/o más baja T para la segunda. Sin embargo, son estas las rocas que más se prestan para cuantificar las condiciones de P y T mediante análisis por microsonda de los minerales participantes.

La relación entre los neises hornbléndicos - biotíticos y anfibolitas de la facies anfibolita con las granulitas todavía no es clara. La distribución geográfica gruesamente concéntrica y la ocurrencia común de texturas retrógradas tales como bordes de hornblenda alrededor de ortopiroxeno sugieren que la retrogresión ha sido un factor importante en las periferias del Macizo de Garzón. Las leucosomas pueden contener hornblenda gruesa, así que también se produjo anatéxis en esta fase retrógrada. Cabe mencionar que también hay mucha evidencia para cataclasis y alteraciones de bajo grado tales como la cloritización de la biotita y del granate, sericitización de plagioclasa, uralitización de piroxenos y serpentización de olivino etc. (Compárese ALVAREZ, 1981).

Por último se debe aclarar la correspondencia en condiciones metamórficas entre el Macizo de Garzón y las granulitas de la Sierra Nevada de Santa Marta. TSCHANZ, *et al.* (1969) sugieren que las cuatro subdivisiones de la facies granulita de DE WAARD (1965) están todas representadas en la Sierra Nevada de Santa Marta. Sin embargo, una revisión de las secciones delgadas mencionadas por estos autores mostró que ninguna de las granulitas máficas granatíferas contiene cuarzo, entonces no son indicativas para la subfacies $cpx + gran + qz$ de alta presión. Tampoco se pudo comprobar la presencia de zafirina, wollastonita y corindón en las muestras correspondientes. Fuera de las anortositas

todas las paragénesis encontradas en la Sierra Nevada de Santa Marta también han sido halladas en el Macizo de Garzón, comprobando la semejanza en las condiciones metamórficas.

ORIGEN DEL CINTURON GRANULITICO GARZON - SANTA MARTA

Terrenos precámbrico en todos los continentes presentan dos tipos de cinturones metamórficos, los cinturones verdes y los cinturones granulíticos, que difieren esencialmente en litología, metamorfismo y estilo tectónico. Los cinturones verdes consisten de una secuencia de volcanitas básicas y ultrabásicas en la base, pasando hacia arriba en rocas volcánicas intermedias, y ácidas, sedimentos grauváquicos, y finalmente sedimentos clásticos gruesos. Presentan metamorfismo de facies esquisto verde, pasando a facies anfibolita alrededor de intrusiones diapíricas de tonalita. Estas secuencias están plegadas en grandes sinclinales.

En los cinturones granulíticos predominan gneises y granulitas cuarzo feldespáticas, de origen incierto, con intercalaciones de rocas de indudable origen metasedimentario tales como gneises metapelíticos, mármoles y cuarcitas. Intercalaciones básicas (anfibolita, granulitas máficas) ocupan una posición subordinada en la secuencia. Generalmente es difícil de establecer una estratigrafía de complejos granulíticos, debido a la intensa deformación y plegamiento isoclinal que han sufrido. El metamorfismo es de facies anfibolita a granulita, que comúnmente muestra una disposición concéntrica.

Las diferencias consistentes en litología, metamorfismo y rasgos estructurales sugieren que se trata de ambientes geotectónicos diferentes, mientras que por otra parte las relaciones de edad entre ambos tipos de cinturones son inseparables geocronológicamente en muchos escudos. Cuáles son los ambientes geotectónicos exactos, es el objeto de controversias, pero hay consenso general de que la importancia de las volcanitas máficas en los cinturones verdes implica una contribución considerable de corteza oceánica y/o arcos de islas jóvenes; de hecho hay una similitud sorprendente entre los cinturones verdes precámbricos y la Cordillera Occidental de Colombia de edad cretácica.

La cuestión central para establecer el ambiente geotectónico de los cinturones granulíticos es el origen de las abundantes rocas cuarzofeldespáticas (gneises graníticos-tonalíticos; granulitas charnoquíticas-enderbíticas). La escasez de rocas máficas excluye un origen oceánico. WINDLEY (1977) sugiere que los cinturones granulíticos se asemejan más que todo a cadenas orogénicas ensiálicas modernas del tipo Cordillerano, y supone que la mayoría de las rocas cuarzofeldespáticas representarían intrusiones calcoalcali-

nas sintectónicas, basándose principalmente en estudios hechos en Groenlandia. Sin embargo, en el Macizo de Garzón las intrusiones sintectónicas de Guapotón y Mancagua se distinguen claramente por su homogeneidad, de las granulitas y gneises cuarzofeldespáticos en la secuencia bandeada. El modelo de WINDLEY se refiere principalmente a los batolitos en el núcleo de las cordilleras Norte y Suramericanas como equivalentes modernos, donde predominan intrusiones calcoalcalinas de composición granítica a gabroica. Pero si consideramos por ejemplo el magmatismo calcoalcalino triásico ensiálico de la Cordillera Central de Colombia, las volcanitas andesíticas hasta riolíticas son tan voluminosas como las intrusiones. Por consiguiente creemos que dentro de un modelo cordillerano las granulitas cuarzofeldespáticas bandeadas podrían más bien corresponder con las volcanitas calcoalcalinas que con intrusiones, sin violar los requerimientos geoquímicos adelantados por WINDLEY (1977). Por el resto el modelo cordillerano nos parece una hipótesis aceptable, tomando en cuenta que las intercalaciones metapelíticas y calcáreas indican probablemente un ambiente de aguas marinas someras. Además, aunque el metamorfismo de facies granulita es desconocido en cinturones fanerozoicos, si se encuentra en ellos el metamorfismo de grado más alto en el sector donde se concentra el magmatismo calcoalcalino.

Otro interrogante se presenta con respecto al significado de las rocas ultramáficas intercaladas que no son componentes muy comunes en secuencias volcanosedimentarias ensiálicas. En la Sierra Nevada de Santa Marta tanto las rocas ultramáficas como las anortositas están asociadas con bandas de ilmenita-magnetita-apatito (TSCHANZ, *et al.*, 1969). Estos autores suponen que las ultramafitas y las bandas de ilmenita-magnetita-apatito son los residuos sólidos de granulitas preexistentes después de la segregación del magma anortosítico de ellas. Sin embargo, como la asociación ultramafita - anortosita aparentemente no fue observada, y por otra parte acumulados de óxido de hierro son comunes tanto en plutones (ultra) máficos estratificados como en cuerpos anortosíticos, es más probable un origen plutónico con diferenciación gravitativa para estas rocas.

Mientras que el modelo cordillerano puede explicar el origen de las litologías constituyentes del Cinturón Granulítico Garzón - Santa Marta, no aclara el por qué de la deformación y el metamorfismo de facies granulítica posterior al magmatismo calcoalcalino. Tampoco explica los fuertes efectos tectonotermiales en el hinterland del Escudo de Guayana Trans-Amazónico-Parguacense, tales como el cizallamiento, el rejuvenecimiento isotópico de las micas, y el metamorfismo de bajo grado (KROONENBERG, 1981; PRIEM, *et al.*, 1971, y DE ROEVER y BOSMA, 1975). Tales efectos tectonotermiales sobre miles de kilómetros parecen acompañar especialmente las colisiones continentales (DEWEY, 1977).

La pregunta ¿dónde estaría ubicada una eventual línea de sutura, es difícil de contestar, ya que la transición entre el Cinturón Granulítico y el Escudo Trans-Amazónico-Parguacense está escondida por debajo de los sedimentos de los Llanos Orientales, y una sutura dentro del Macizo de Garzón no será fácil de localizar debido al metamorfismo y la intensa deformación.

En muchos aspectos es interesante la comparación con la Provincia Grenville en el borde oriental del Escudo Canadiense. Los dos cinturones no sólo concuerdan en las edades radiométricas (ALVAREZ y CORDANI, 1980), sino también en litología (presencia de anortositas andesínicas) y en metamorfismo de facies granulita anfibolita de mediana a alta presión (BOURNE, 1978; SHARMA, *et al.*, 1978). También para la Provincia Grenville se han presentado modelos para un origen por colisión continental (BURKE, *et al.*, 1977; YOUNG, 1980). Serán necesarios estudios paleomagnéticos de las granulitas colombianas para averiguar si una colisión continental entre el borde occidental del Escudo de Guayana con el borde oriental del Escudo Canadiense hace 1200-1300 m.a. es factible.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Hernán Rivera Hermida, Director del Centro Interamericano de Fotointerpretación por brindar la oportunidad de presentar este trabajo en el Tercer Congreso Colombiano de Geología en Medellín en agosto, 1981. Se agradece además al Dr. Alfonso López Reina, Director de Ingeominas, a la Dra. Gloria Inés Rodríguez de Ingeominas y al Dr. Rubén Llinás de la Universidad Nacional por facilitar la elaboración de las secciones delgadas. Se agradece al Profesor Rincón por autorizar el estudio de algunas secciones delgadas de la colección del Museo Geológico. Las discusiones sobre orogenia en el Precámbrico con el Dr. C.N. Barron de la Guyana Geology and Mines Commission han contribuido sustancialmente al último parágrafo.

REFERENCIAS

- ALVAREZ, J. Granulitas charnoquíticas y rocas relacionadas del Macizo de Garzón, Cordillera Oriental (Colombia). 3er. Congreso Col. de Geol. Medellín, Resúmenes, p. 41, 1981.
- ALVAREZ, and CORDANI, U.G. Precambrian basement within the septentrional Andes; Age and geological evolution. 26 Cong. Int. Geol. París. Abstracts, 1: 10, 1980.
- BEHR H.J., *et al.* Granulites. Results of a discussion. N. Jb. Miner. Monatsh. 3: 97-123, 1977.
- BERG, J.H. Regional Geobarometry in the contact aureoles of the anorthositic Nain Complex. Labrador. J. Petr., 18: 399-430, 1977.

- BOURNE, J.A. Metamorphism in the Eastern and Southwestern portions of the Grenville province, *in*: Metamorphism in the Canadian shield, *Geol. Surv. Can. Paper*, 78-10: 315-328, 1978.
- BUITRAGO, C.J. Ocurrencias minerales en el Departamento del Huila. *Ingeominas Informe No. 1698*, 503 pp, 1976.
- BURKE K, DEWEY J.F. and KIDD, W.S.F. World distributions of sutures the sites of former oceans. *Tectonophysics*, 40: 69-99, 1977.
- DAHLBERG, E.H. *Feldspars of charnockitic and related rocks in Rogaland, SW Norway* Thesis. Utrecht, Holanda, 1968.
- DEWEY, J.F. Suture zone complexities: a review. *Tectonophysics*, 40: 53-67, 1977.
- DE ROEVER, E.W.F. and BOSMA, W. Precambrian magmatism and regional metamorphism in Suriname. *Anais Décima Conf. Geol. Interguianas*, Belém, 123-163, 1975.
- DE WAARD, D. The occurrence of garnet in the granulite - facies terrane of the Adirondack Highlands. *J. Petr.*, 6: 165-191, 1965.
- GREEN, D.H. and RINGWOOD, A.E. An experimental investigation of the gabbro to eclogite transformation and its petrological applications. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 31:767-833, 1967.
- GROSSE, E. Acerca de la Geología del sur de Colombia. I. Informe rendido al Ministerio de Industrias sobre un viaje al Huila y Alto Caquetá, Mayo de 1930. *Comp. Est. Geol. Of. Col.* III: 31-137. 1935.
- HENSEN, B.J. and GREEN, D.H. Experimental study of cordierite and garnet in pelitic compositions at high pressures and temperatures. II. Compositions without excess aluminosilicate. *Contr. Min. Petr.*, 35: 331-354, 1972.
- III Synthesis of Experimental Data and Geological Applications. *Contr. Min. Petr.*, 38:151-166, 1973.
- KORIKOVSKII, S.P. Fatsii metamorfizma metapelitov. *Akad. Nauk SSSR. Izd. "Nauka"*, Moskva 264 p. 1979.
- KROONENBERG S.B. Mármoles y rocas calcosilicatadas en el Macizo de Garzón cerca de La Jagua, Huila, Colombia. *Geología Norandina*, 2: 11-16, 1980.
- , El borde occidental del Escudo de Guayana en Colombia. Resúmenes Simp. Amazónico, Puerto Ayacucho, Venezuela. p. 41-42. Memoria: *Bot. Geología (Caracas) Publ. Esp.* (en imprenta), 1981.
- MANNA, S.S. and SEN, S.K. Origin of garnet in the basic granulites around Satorra, W. Bengal, India *Contr. Min. Petr.*, 44:195-218, 1974.
- MIYASHIRO, A. *Metamorphism and metamorphic belts*. A Unwin London, 492 p. 1973.
- PRIEM, H.N.A. *et al.* Isotopic age of the Trans-Amazonian acidic magmatism and the Nickerie Metamorphic Episode in the Precambrian basement of Suriname. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 82: 1667-1680, 1071.
- PRIEM, H.N.A. *et al.* Reconnaissance Geochronology of the Precambrian in the Amazonas region of southeastern Colombia (Western Guiana shield). *Geol. Mijabouw*, 61(3):229-242, Amsterdam, 1982.
- RADELLI, L. Introducción al estudio de la petrografía del Macizo de Garzón (Huila, Colombia). *Geología Colombiana*, 3: 17-46, 1962.
- ROYO Y GOMEZ, J. Contribución al conocimiento de la Geología del Valle superior del Magdalena (Departamento del Huila). *Comp. Est. Geol. Of. Col.*, V: 261-326, 1942.
- SCHREYER, W. and ABRAHAM, K. Symplectitic Cordierite-Orthopyroxene Garnet assemblages as products of contact metamorphism of pre-existing basement granulites in the Vredefort, South Africa, and their relations to pseudotachylite. *Contr. Min. Petr.*, 68:53-62, 1978.
- SHARMA K.N.M., CLARK T., FRANCONI A. and LAURIN. Metamorphism in Central Grenville Province: *in*: Metamorphism in the Canadian shield. *Geol. Surv. Can. Paper* 78-10: 353-356, 1978.
- STRECKEISEN, A. How should charnockitic rocks be named? *Centenaire Soc. Geol. Belge, Liège*. 349-360, 1974a.
- , Classification and nomenclature of plutonic rocks. *Geol. Rundschau*, 63: 773-786, 1974b.
- TRUMPY, D. Precretaceous of Colombia. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 54:1281-1304, 1943.
- TSCHANZ C.M., JIMENO A. and CRUZ J. Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta Area (Colombia). A preliminary report. *Informe INGEOMINAS No. 1829*, 288 p, 1969.
- TURNER, F.J. *Metamorphic petrology* 2nd. Edition Mc Graw-Hill, New York, 524 p. 1981.
- WHITNEY P.R. The significance of garnet "isograds" in granulite facies rocks of the Adirondacks. *in*: Metamorphism in the Canadian shield. *Geol. Surv. Canada, Paper* 78-10: 357-366, 1978.
- WINDLEY, B.F. *The Evolving Continents* - Wiley & sons. 385 p. Chichester. 1977.
- WINKLER, H.G.F. *Petrogenesis of metamorphic rocks*. 320 p. Springer Editions, New York, 1974.
- YOUNG, G.M. The Grenville Orogenic Belt in the North Atlantic Continents. *Earth Sci., Rev.*, 16, 277-288, 1980.