

EVIDENCIAS DE ACTIVIDAD TECTÓNICA CUATERNARIA DE LAS FALLAS

SANTA MARTA-BUCARAMANGA Y DEL SUÁREZ *

** Humberto, Londoño; Walter, Marín; *** Alfonso, Chirivi; **** William D., Page.

En este resumen se presentan las conclusiones obtenidas durante los estudios geológicos y de riesgo sísmico para el Proyecto Hidroeléctrico Fonce-Suárez, localizado en el Departamento de Santander sobre la vertiente occidental de la Cordillera Oriental.

La Cordillera Oriental a partir de los 6.5° de latitud norte cambia su dirección noreste (porción sur) a noroeste (porción norte) y paralelamente a estas dos direcciones se presentan las principales fallas. La falla de Santa Marta-Bucaramanga y la del Suárez, con direcciones noroeste y noreste respectivamente, constituyen los rasgos tectónicos regionales más prominentes; éstas fallas mayores y otras menores de interés para el proyecto fueron investigadas para evaluar su potencial de riesgo sísmico y su posible actividad tectónica cuaternaria. Entre los resultados obtenidos se destacan:

1. La falla de Santa Marta-Bucaramanga, la falla del Suárez y algunas fallas menores presentan evidencias de actividad tectónica cuaternaria.
2. Las fallas de la región al parecer han sido generadas por esfuerzos compresionales de sentido NW-SE, en tal forma que al noreste de la región se produjeron fallas esencialmente de rumbo con desplazamiento lateral izquierdo, de alto ángulo y que presentan además un desplazamiento secundario inverso (ej: falla de Santa Marta-Bucaramanga). Al oeste de la región se produjeron fallas inversas de alto ángulo, que presentan además un desplazamiento secundario lateral izquierdo (ej: falla del Suárez).
3. En la zona estudiada existen varios depósitos cuaternarios aptos para evaluar la actividad tectónica reciente. Particularmente importantes son aquellos situados cerca de Hogotes, San Vicente, La Fuente, Girón y el abanico de Bucaramanga. Para este último depósito se obtuvo una datación mayor de 730.000 años, además los flujos de escombros depositados sobre el mismo resultaron menores de 730.000 años.
4. La falla de Santa Marta-Bucaramanga ha ocasionado fallamiento e inversión en depósitos cuaternarios no consolidados, con desplazamientos verticales hasta de 20 m en la región de Bucaramanga; además ha desplazado verticalmente hasta 1.200 m. a las antiguas superficies de erosión de posible edad Terciaria.

** Integral Ltda *** Ingeniería e Hidrosistemas **** Woodward Clyde Consultants

* Resumen del Trabajo presentado en IV Congreso Colombiano de Geología. Cali-Octubre 1982.

5. La falla del Suárez ha ocasionado fallamiento e inversión de depósitos cuaternarios no consolidados en el área de Girón, además ha desplazado verticalmente hasta 400 m a las antiguas superficies de erosión de posible edad Terciaria.
6. La tasa de desplazamiento cuaternario en estas fallas no se conocen aún, pero probablemente sea desde moderada hasta alta. Se observa que la actividad tectónica de las fallas, incluyendo la del Suárez, aumenta a medida que se aproxima a la de Santa Marta-Bucaramanga.

METAMORFISMOS SUPERPUESTOS EN LA CORDILLERA CENTRAL .
DE COLOMBIA *

*Jorge Julian Restrepo***
*Jean Francois Toussaint***

R E S U M E N .

Nuevas dataciones radiométricas apoyan la hipótesis de que el basamento de la Cordillera Central corresponde a un complejo polimetamórfico desarrollado desde el Precámbrico hasta el Cretácico.

Los resultados preliminares obtenidos por isócronas Rb/Sr de neises de la parte norte de la cordillera corresponden aparentemente a dos eventos principales, uno silurodevónico y otro permotriásico, los cuales también se determinan por K/Ar en varios tipos de rocas.

De otro lado, en anfibolitas de ambos flancos de la cordillera se han obtenido por K/Ar algunas dataciones aisladas precámbricas; sin embargo es necesario confirmar estas edades.

También se han obtenido numerosos datos radiométricos cretácicos, algunos de los cuales indudablemente corresponden a rejuvenecimientos isotópicos de rocas más antiguas, en particular en el caso de dataciones K/Ar en micas. En otros casos, por ejemplo en anfibolitas y esquistos azules asociados con ofiolitas del flanco occidental de la cordillera, los resultados cretácicos y en especial los K/Ar en hornblenda, parecen corresponder a un evento metamórfico de esta edad.

A B S T R A C T .

Recent radiometric datings give support to the hypothesis that the basement of the Central Cordillera is a polymetamorphic complex developed from Precambrian to Cretaceous times. Preliminary results obtained by Rb-Sr isochrones of gneisses

QUINTO CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, ARGENTINA, 1982, ACTAS, III:505-512.

*Publicado en: V Congreso Latinoamericano de Geología, Argentina, 1982. Actas III-505-512

**Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias.
Apdo Aéreo No. 3840. Medellín - Colombia.

of the northern end of the Cordillera apparently correspond to two events, one Silurian to Devonian and the other, one Permian to Triassic; these events are also detected by K-Ar dating in several rock types.

On the other hand, in amphibolites from both sides of the cordillera, isolated Precambrian datings by K-Ar have been obtained, but it is necessary to confirm them.

Several Cretaceous ages have also been obtained, some of which undoubtedly correspond to isotopic resetting of older rocks, especially in the case of K-Ar datings in micas. In other cases, for example in amphibolites and blueschists associated with ophiolites of the western flank of the Cordillera, the Cretaceous results, and especially those obtained by K-Ar in hornblendes, seem to correspond to a metamorphic event of this age.

INTRODUCCION.

La edad de las rocas metamórficas que forman la mayor parte de la Cordillera Central ha sido muy debatida: los autores de principios de siglo relacionaron la edad de las rocas con el grado de metamorfismo, postulando varias edades precámbricas, paleozóicas y aún mesozóicas (Ospina, 1911; Schëibe, 1919; Grosse, 1926; Posada, 1936). Luego se impuso la idea de un solo metamorfismo considerado Paleozóico Temprano (Botero, 1963) o Paleozóico Tardío (Nelson, 1957), aunque Radelli (1967) conservó la hipótesis de dos eventos metamórficos importantes, uno paleozóico y otro mesozóico.

Con las primeras dataciones radiométricas se apoyó mucho la idea de un metamorfismo paleozóico tardío (Hall y otros, 1972; Irving, 1971), basándose principalmente en una edad pérmica de la metatonalita de Puquí en el extremo norte de la cordillera (N°1, Fig. 1.) (Hall y otros, 1972) y en una edad triásica del stock postectónico de Amagá, (N°2, Fig.1) cerca de Medellín (Pérez, 1967).

Sin embargo a partir de 1975 nuevas dataciones radiométricas, la mayor parte realizadas en el marco del Proyecto 120 "Magmatismo de los Andes" del P.I.C.G., han modificado sustancialmente el panorama sobre las edades de las rocas metamórficas de la Cordillera Central.

Del flanco occidental de esta cordillera y en la zona del Río Cauca una anfíbolita granatífera del Grupo Arquía (latitud 5°30'N, N°4, Fig. 1) dió una edad cretácica de 110 m.a. (Restrepo y Toussaint, 1975). De otra anfíbolita granatífera de la región de Pijao (latitud 4°N, N°5, Fig. 1) se obtuvo una edad igual (Toussaint y Restrepo, 1978) y un esquisto sericítico de una unidad de esquistos de glaucófana de la región de Jambaló (latitud 3°N, N°6, Fig. 1) dió 125 m.a. (Orrego y otros, 1980). Se pudo así documentar sobre el flanco occidental de la Cordillera Central un nuevo cinturón metamórfico de media a alta presión y de edad cretácica temprana. Para Toussaint y Restrepo (1976) este metamorfismo estaría relacionado con un fenómeno de obducción de material ofiolítico.

De otro lado en el borde occidental de la cordillera se encontró otra secuencia de anfíbolitas granatíferas localizada unos 30 Km de Medellín (latitud 6°N, N°7, Fig. 1) y de ella se obtuvo una edad precámbrica de 1670 m.a. (Restrepo y Toussaint, 1978). En el borde oriental (N°8, Fig. 1) se había obtenido una edad de algo más joven de 1370 m.a. (Vesga y Barrero 1978) en una anfíbolita que correspondería a la extensión occidental del Escudo de Guyana. Sin embargo no se conoce bien la relación exacta entre estas dos unidades precámbricas.

Aunque la mayoría de las dataciones de las rocas metamórficas han dado edades en el intervalo Carbonífero-Triásico (Restrepo y otros, 1978), al menos dos resultados radiométricos permitieron pensar en un evento metamórfico paleozóico temprano. Así, una anfibolita del flanco occidental de la cordillera (latitud $6^{\circ}30'N$, $N^{\circ}9$, Fig. 1) dió una edad de 482 m.a. (Toussaint y otros, 1978b) y un neis cercano a Medellín ($N^{\circ}7$, Fig. 1) dió una edad de 343 m.a. en biotita (Restrepo y Toussaint 1978a). Sin embargo todas estas edades fueron obtenidas por el método K-Ar, por lo que no se consideran muy definitivas para datar la edad real de los metamorfismos, en particular cuando se trata de rocas probablemente polimetamórficas o que han sufrido al menos varios eventos térmicos. En estas condiciones son más adecuadas las edades por el método Rb/Sr en isócrona de roca total. Por lo tanto, para limitar el número de hipótesis sobre las edades de los metamorfismos en la Cordillera Central se realizaron varias determinaciones de Rb/Sr, las cuales comparadas con los datos K/Ar permiten en la actualidad precisar un poco más los varios eventos metamórficos superpuestos.

METAMORFISMOS PRECAMBRICOS

Al menos un evento metamórfico precámbrico parece estar documentado en la parte central de la faja oriental de la Cordillera Central: afectaría algunas anfibolitas (Vesga y Barrero, 1978) ($N^{\circ}8$, Fig.1) y algunos neises de Antioquia considerados como granulitas retrogradadas (Feininger y otros, 1972). En el flanco occidental solo se dispone de un dato K/Ar de 1670 ± 500 m.a. (Restrepo y Toussaint, 1978a) ($N^{\circ}7$, Fig.1) sobre anfibolitas. Aunque se han postulado edades precámbricas para otras zonas, éstas no han sido confirmadas.

METAMORFISMO DEVONICO-CARBONIFERO

1. Neises y anfibolitas en la región de Caldas - Departamento de Antioquia.

Un ortoneis cuarzo-monzonítico de la quebrada La Miel, Caldas, ($N^{\circ}7$, Fig.1) ubicado unos 30 Km al sur de Medellín fue datado por K/Ar en biotita en 342 ± 12 m.a. (Restrepo y Toussaint, 1978a). Posteriormente con una isócrona Rb/Sr de 4 muestras se obtuvo una edad de 392 ± 3 m.a. (Toussaint y Restrepo, en prep.) que corresponde al Devónico Temprano según escala del tiempo de Van Eysinga (1975).

Es de anotarse que en este caso se obtuvo una relación inicial de Sr^{87}/Sr^{86} bastante alta (0,7156), siendo la única de las tres isócronas en la cual el valor fue superior a 0,710. Esta relación inicial alta se considera como indicativa de una roca que recibió un importante aporte de corteza antigua, probablemente precámbrica en este caso, tal vez por un proceso de anatexia. El análisis comparativo de las edades Rb/Sr y K/Ar permite suponer que la roca fue intruida como magma granítico a finales del Silúrico o principios del Devónico, habiendo sufrido un metamorfismo durante o poco después de la intrusión. Luego se habría enfriado por debajo de la temperatura de retención del Ar en biotita, reflejándose este fenómeno en la edad K/Ar de 342

m.a. Este enfriamiento estaría relacionado probablemente con la erosión consiguiente a un levantamiento regional de la cordillera. Es de anotarse que edades semejantes se obtuvieron de algunas anfibolitas granatíferas intruídas por el Neis de La Miel. En una de estas anfibolitas se obtuvo la edad de 1670 m.a. mencionada anteriormente, pero en otras dos muestras se obtuvieron edades K/Ar de 324 ± 16 m.a. en horn blenda y de 306 ± 15 m.a. en roca total (Toussaint y Restrepo, en prep.), o sea carbonífera.

Así en esta zona tendríamos evidencias de un metamorfismo inicial precámbrico durante el cual se formaron las anfibolitas granatíferas. Luego se habría producido un segundo período de metamorfismo en el intervalo Devónico-Carbonífero, el cual habría estado acompañado por la intrusión sin-tectónica de granitos.

2. Neis de Samaná

También en el flanco oriental del norte de la Cordillera Central se obtuvieron evidencias de un metamorfismo en el intervalo Devónico-Carbonífero. Así la isócrona del neis de Samaná (Latitud 6° N, $N^{\circ}10$, Fig. 1) dió una edad de 363 ± 37 m.a. que lo sitúa en el intervalo Silúrico más tardío - Carbonífero Temprano (Restrepo y otros, en prep.). Este neis es de composición granodiorítica y es claramente intrusivo en una secuencia de paraneises y cuarcitas. Se ha considerado que los neises intrusivos como el de Samaná fueron emplazados durante el metamorfismo (Feininger y otros, 1972). Es de anotarse que al momento de la intrusión del neis las rocas metamórficas encajantes habían adquirido ya sus características texturales foliadas, como lo muestran los xenolitos de éstas en el neis. Así las rocas metasedimentarias de esta región estaban ya metamorfoseadas a mediados del Devónico. Sobre el neis de Samaná no se ha intentado una datación por K/Ar, ya que está intruído por el Batolito Antioqueño de edad cretácica y así un resultado de K/Ar podría indicar solamente la edad de emplazamiento del Batolito.

3. Otros Casos

La anfibolita de Sucre datada en 482 ± 50 m.a. (Toussaint y otros, 1978b) podría eventualmente pertenecer a este evento metamórfico, aunque también podría ser una roca precámbrica afectada parcialmente por un segundo calentamiento. También una edad de 312 ± 15 m.a. encontrada sobre una metadiabasa de la Línea intercalada con los esquistos del Grupo Cajamarca (latitud $4^{\circ}30'$ N; $N^{\circ}11$, Fig. 1) podría pertenecer a este evento (Restrepo y Toussaint, 1978b).

METAMORFISMO PERMO-TRIÁSICO

La mayoría de las edades K/Ar de las rocas metamórficas han dado edades en el intervalo Pérmico-Triásico, por lo que inicialmente se pensó que había actuado un solo evento metamórfico de esta edad en el núcleo de la Cordillera Central (Irving, 1971; Hall y otros, 1972; Toussaint y Restrepo, 1976).

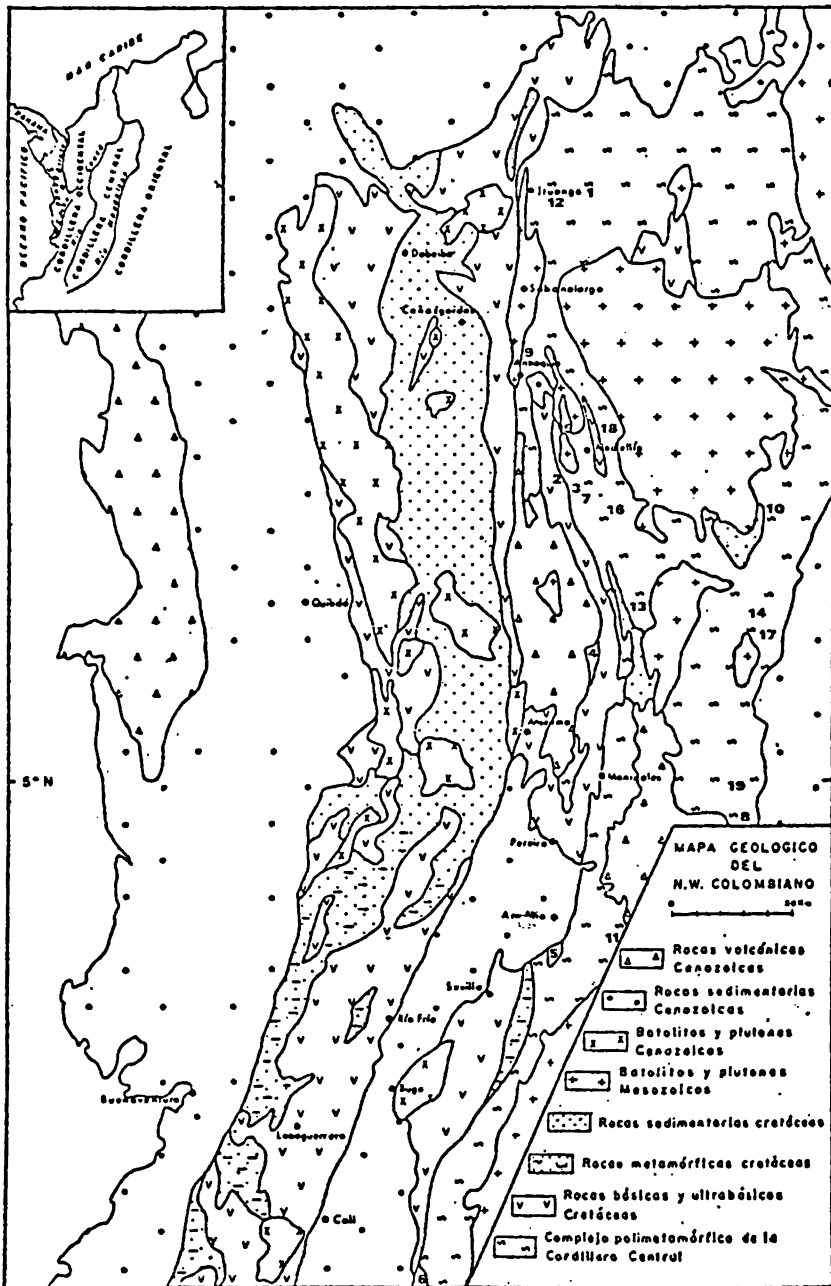


FIG. 1: 1-Complejo de Puquí 2-Plutón de Amagá 3-Esquistas de Ancón 4-Anfibolitas de Arquí 5-Anfibolitas de Pijao 6-Esquistas azules de Jambalá 7-Neis de La Nisi y anfibolitas de Caldas 8-Anfibolitas de Tierradentro 9-Anfibolitas de Sucre 10-Neis de Samaná 11-Metadiabasa de La Línea 12-Neis de Pescadero 13-Neis de Abajarjal 14-Neis de San Diego 15-Cuarzo Monzonita nefelica de Palmitas 16-Niquititas de Puente Palaoz 17-Neis de Norcasia 18-Anfibolitas de Medellín 19-Anfibolitas de Padua.

En el Complejo de Puquí en el extremo norte del núcleo metamórfico (N°1, Fig. 1) se han obtenido varias dataciones K/Ar en micas a partir de un neis (248 m.a., Toussaint y otros, 1978a) y de una metatonalita (214 m.a. y 239 m.a., Hall y otros, 1972; 211 m.a. y 220 m.a. Botero, 1975). Se ha considerado que la edad mínima de la metatonalita puede ser cercana a la del metamorfismo, mientras que el neis podría ser más antiguo, inclusive precámbrico (Hall y otros, 1972) siendo en este caso la edad pérmica obtenida representativa de la intrusión de la metatonalita.

Sin embargo la edad por isócrona Rb/Sr de un neis cercano a Puquí da también una edad triásica. Así, el neis de Pescadero (N°12, Fig. 1), localizado a unos 15 kilómetros al oeste del Complejo de Puquí, da una edad de 215 ± 7 m.a. El origen de Neis de Pescadero no está bien definido. Para Hall y otros (1972) se trata de un paraneis, mientras que para Muñoz (1980) probablemente sea un ortoneis. La relación inicial de Sr^{87}/Sr^{86} obtenida de 0,709 no permite definir la discusión pues es compatible con ambas hipótesis.

Es de anotarse que tanto el Complejo de Puquí como el Neis de Pescadero están separados de la parte principal de la Cordillera Central por grandes fallas, probablemente de rumbo, tales como el sistema de fallas de Romeral y la falla de Espíritu Santo.

Otras edades triásicas obtenidas por K/Ar son las del ortoneis de Abejorral (207 ± 5 en biotita, González, 1980) (N°13, Fig. 1), el ortoneis de San Diego (205 ± 7 en biotita, Vesga y Barrero, 1978) (N°14, Fig. 1). Sin embargo, al menos en el caso del neis de Abejorral, es claro que se trata de una edad mínima de enfriamiento, ya que en las cercanías del cuerpo de neis se han datado en 215 m.a. (Pérez, 1967) y en 224 m.a. (González y otros, 1981) plutones claramente postectónicos.

En este sentido puede ser más significativo para datar este metamorfismo la edad de 270 m.a. obtenida en metasedimentos de bajo grado de la zona de Ancón (Restrepo y otros, 1978; N°3, Fig. 1), aunque no se descarta que estos metasedimentos pueden ser polimetamórficos.

Lo que si parece deducirse de estas isócronas es que habría al menos 2 eventos metamórficos paleozóicos: uno Devónico-Carbonífero y otro Permo-Triásico. Ahora, si se comparan estos rangos de edades de metamorfismo con las de las orogénias principales reconocidas en Norteamérica y Europa no se encuentra una perfecta coincidencia, aunque se podría pensar que la orogenia caledoniana y la herciniana podrían haber ocurrido aquí algo más tarde. Así en principio la orogenia devónico-carbonífera podría ser tardi-caledoniana y la permotriásica ser tardi-herciniana.

METAMORFISMOS CRETÁICOS

Existen numerosas dataciones K/Ar de rocas metamórficas que han arrojado edades cretácicas; sin embargo aparentemente corresponden a varios fenómenos diferentes.

1. Metamorfismo de media a alta presión de edad cretácica temprana.

En la parte más occidental de la Cordillera Central afloran anfíbolitas granatíferas, esquistos moscovíticos y esquistos verdes en estrecha asociación espacial con ofiolitas. Dos de estas anfíbolitas han sido datadas en 110 m.a. una en Arquía (Restrepo y Toussaint, 1975) (N°4, Fig. 1) y la otra cerca de

Pijao (Toussaint y Restrepo, 1978) (N°5, Fig. 1). En ambos casos se trata de rocas de tipo bórico de media presión, lo cual contrasta con el predominio de rocas de baja presión en el Paleozóico. Más hacia el sur cerca a Jambaló, (latitud 3°N) aflora una secuencia que comprende en particular, anfibolitas, esquistos azules y esquistos sericíticos-glaucófaníticos, uno de los cuales fue datado en 125 m.a. (Orrego y otros, 1980). En Pijao, junto con las anfibolitas granatíferas afloran también eclogitas (Análisis mineralógico por microsonda de Tomas Feininger, com. escrita, 1982) parcialmente retrogradada a anfibolita. Este conjunto de rocas metamórficas del Cretácico Temprano, que se localiza en un paleolímite entre placas, ha sido considerado por Toussaint y Restrepo (1976) como emplazado tectónicamente durante un fenómeno de obducción.

2. Recalentamiento y metamorfismo regional cretácico tardío.

En otros casos en los cuales se han obtenido edades K/Ar cretácicas se trata claramente de rocas más antiguas afectadas térmicamente. Así, el neis de Pescadero datado en 215 m.a. por isócrona Rb/Sr da una edad de 97 ± 5 m.a. por K/Ar en moscovita; igualmente la cuarzo monzonita néisica de Palmitas (N°15, Fig. 1), la cual por datación Rb/Sr convencional da una edad paleozóica, por K/Ar en biotita da una edad de 94 ± 5 m.a.

La migmatita de Puente Peláez (N°16, Fig. 1), de edad seguramente premesozoica, da 110 m.a. por K/Ar en biotita (Toussaint y otros, 1978) y el neis de Norcasia (N°17, Fig. 1), probablemente también premesozoica, da una edad de 81 m.a. por K/Ar en biotita (Vesga y Barrero, 1978).

También el Grupo Cajamarca, en la parte central del flanco oriental de la Cordillera se han obtenido varias edades cretácicas o paleocenas en el rango 84 m.a. a 61 m.a. (Vesga y Barrero, 1978; Núñez y otros, 1980). Estas edades han llevado a los autores citados a suponer la existencia de un metamorfismo de edad alpina.

En el caso de otras rocas metamórficas de las cuales se han obtenido edades cretácicas, la interpretación no es aún clara, en particular la de las anfibolitas de Medellín (N°8, Fig. 1). De éstas se han obtenido dataciones K/Ar en hornblenda de 93 ± 5 m.a. (Restrepo y Toussaint, 1975), 97 ± 15 m.a. y 105 ± 5 m.a. (Restrepo y Toussaint, en prep.).

Aunque los autores inicialmente interpretaron el primer resultado como debido a un simple calentamiento por el emplazamiento del Batolito Antioqueño de edad cretácica tardía (Botero, 1963), consideran hoy en día que es más probable que estas edades correspondan a un metamorfismo regional asociado al emplazamiento de los plutones y batolitos del Cretácico Tardío. Este metamorfismo probablemente estaría sobreimpuesto a rocas que ya habían sufrido un metamorfismo, el cual en este caso podría ser inclusive el de media a alta presión del Cretácico Temprano.

CONCLUSIONES

1. Las rocas metamórficas de la Cordillera Central hacen parte de un complejo polimetamórfico en el cual se pueden detectar varios eventos metamórficos en parte superpuestos. Estos eventos, durante los cuales varias unidades de rocas sufrieron recristalizaciones, tuvieron lugar en el Precámbrico, en el Devónico-Carbonífero, en el Permo-Triásico y en Cretácico, aunque no se

descarta que pudieron haberse producido otros eventos más.

2. Las dataciones por isócronas Rb/Sr sobre algunos neises permitieron detectar 2 eventos paleozóicos, los cuales podrían corresponder a las orogenias tardicalledoniana y tardiherciniana. Parece que hubo contaminación con material cortical más antiguo-durante las intrusiones devónicas, al menos en el caso del Neis de La Miel.
3. Los metamorfismos cretácicos parecen corresponder a dos fenómenos geológicos diferentes, aunque muy cercanos el uno del otro en el tiempo: uno, principalmente cretácico temprano, y localizado en el borde occidental de la cordillera corresponde a un metamorfismo de media a alta presión asociado al emplazamiento de ofiolitas, probablemente por obducción; el otro afecta al núcleo de la cordillera y parece corresponder a un metamorfismo regional asociado a un cinturón magmático formado por plutones y batolitos de edad principalmente cretácica tardía.

AGRADECIMIENTOS

Nos permitimos agradecer al Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas", COLCIENCIAS, por el apoyo económico a la investigación "Evolución de los Andes Colombianos y en especial de la parte noroccidental, III etapa". Así mismo agradecemos a los doctores Umberto Cordani del Centro de Pesquisas Geocronológicas de la Universidad de Sao Paulo, Brasil y Enrique Linares del INGEIS de Buenos Aires, Argentina por la colaboración prestada en la realización de dataciones radiométricas por Rb/sr y K/Ar respectivamente, dentro del marco del Proyecto 120 "Magmatismo de los Andes" del P.I.C.G.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- BOTERO, G., 1963. Contribución al conocimiento de la geología de la zona Central de Antioquia. Anales Fac. Minas, 57: 1-101, Medellín.
- BOTERO, G., 1975. Edades radiométricas de algunos plutones colombianos. Minería, 27: 8336-8342, Medellín.
- FEININGER, T.: D. BARRERO y N. CASTRO, 1972. Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (Subzona II-B). Boletín Geológico, 20 (2): 1-173, Bogotá.
- GONZALEZ, H., 1980. Geología de las planchas 167 (Sonsón) y 187 (Salamina). Boletín Geológico, 23(1): 1-174, Bogotá.
- GONZALEZ, H.: J.J.RESTREPO y J.F. TOUSSAINT, 1981. Edad K/Ar del Stock Adamelítico de El Buey, Departamento de Antioquia, Colombia. Geología Norandina, 2: 21-24, Bogotá.

- GROSSE, E., 1926. El Terciario carbonífero de Antioquia. Ed. D. Reimer, 1-361, Berlín.
- HALL, R.B.; J. ALVAREZ y H. RICO, 1972. Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (Subzona II-A). Boletín Geológico, 20(1): 1-185, Bogotá.
- IRVING, E.M., 1971. La evolución estructural de los Andes septentrionales de Colombia. Boletín Geológico, 19 (2): 1-90, Bogotá
- MUÑOZ, J.M., 1980. Estudio petrológico del Grupo Valdivia. Fac. Minas, Universidad Nacional, 1-103, tesis inédita.
- NELSON, H.W., 1957. Contribution to the geology of the Central and Western Cordillera of Colombia. Leidse Geol. Medelingen, 22: 1-76, Leiden.
- NUÑEZ, A.; H. GONZALEZ y E. LINARES, 1979. Nuevas edades radiométricas K/Ar de los esquistos verdes del Grupo Cajamarca. Publ. Esp. Geol. Univ. Nal., 23: 8, Medellín.
- OSPINA, T., 1911. Reseña sobre la geología de Colombia y especialmente de Ant. 102 p., Medellín
- ORREGO, A.; J.J. RESTREPO; J.F. TOUSSAINT y E. LINARES, 1980. Datación de un esquistó sercítico de Jambaló, Cauca. Publ. Esp. Geol. Univ. Nal., 25: 1-2 Medellín.
- PEREZ, G., 1967. Determinación de la edad absoluta de algunas rocas de Antioquia por métodos radioactivos. Dyna, 84: 27-31 Medellín
- POSADA, J.C., 1936. Bosquejo geológico de Antioquia. Anales Esc. Nal. Minas, 38: 1-51
- RESTREPO, J.J. y J.F. TOUSSAINT, 1975. Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia-Colombia. Publ. Esp. Geol. Univ. Nal., 6: 1-24, Medellín.
- RESTREPO, J.J. y J.F. TOUSSAINT, 1978a. Ocurrencia de Precámbrico en las cercanías de Medellín, Cordillera Central de Colombia. Publ. Esp. Geol. Univ. Nal., 12: 1-11, Medellín.
- RESTREPO J.J. y J.F. TOUSSAINT, 1978b. Datación de una metadiabasa del Grupo Cajamarca. Publ. Esp. Geol. Univ. Nal., 16: 1-14, Medellín.
- RESTREPO J.J. y J.F. TOUSSAINT, (en preparación). Discusión sobre las dataciones radiométricas cretáceas de las anfibolitas de Medellín.
- RESTREPO J.J. y J.F. TOUSSAINT,; H. GONZALEZ, y E. LINARES, 1978. Datación de metasedimentos del Grupo Ayurá-Montebello. Publ. Esp. Geol. Univ. Nal., 10: 1-5, Medellín.
- RESTREPO J.J. y J.F. TOUSSAINT, y H. GONZALEZ, (en preparación). Isócronas Rb-Sr de dos neises de la parte norte de la Cordillera Central de Colombia.

- TOUSSAINT, J.F. y J.J. RESTREPO, 1976. Modelos orogénicos de tectónica de placas en los Andes Colombianos. Bol. Ciencias de la Tierra Univ. Nal., 1: 1-47, Medellín.
- TOUSSAINT, J.F. y J.J. RESTREPO, 1978. Edad cretácea de una anfíbolita granatífera de Pijao, Quindío, Publ. Esp. Geol. Univ. Nal., 17: 1, Medellín.
- TOUSSAINT, J.F. y J.J. RESTREPO, 1981. Migración del magmatismo del Noroccidente Colombiano. Bol. Ciencias de la Tierra, Univ. Nal., 5-6: 147-160, Medellín.
- TOUSSAINT, J.F. y J.J. RESTREPO, (en preparación). Nuevas dataciones radiométricas sobre las rocas metamórficas de la zona de Caldas, Departamento de Antioquia.
- TOUSSAINT, J.F. y J.J. RESTREPO, H. GONZALEZ y E. LINARES, 1978a. Edad radiométrica K/Ar del Neis de Puquí. Publ. Esp. Geol. Univ. Nal., 7: 1-2, Medellín.
- TOUSSAINT, J.F. y J.J. RESTREPO; H. GONZALEZ, y E. LINARES, 1978b. Edad K/Ar de tres rocas metamórficas del flanco noroccidental de la Cordillera Central. Publ. Esp. Geol. Univ. Nal., 14: 1-7, Medellín.
- VAN EYSINGA, F., 1975. Geological time table (2a. ed.) Ed. Elsevier, 1. lámina, Amsterdam.
- VESGA, C.J. y BARRERO, D., 1978. Edades K-Ar en rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera Central de Colombia y su implicación geológica. II Congreso Colombiano de Geología, Bogotá (Resumen).

