

MIGRACION DEL MAGMATISMO DEL NOROCCIDENTE COLOMBIANO

Jean. Francois Toussaint*
Jorge Julián Restrepo *

RESUMEN

Varios cinturones magmáticos se han desarrollado sobre el basamento metamórfico de la Cordillera Central y sobre el basamento básico de la Cordillera Occidental. Las rocas metamórficas de la Cordillera Central corresponden a un complejo polimetamórfico formado en varios eventos aún no plenamente definidos del Precámbrico, del Paleozóico y del Cretáceo, mientras que las rocas básicas de su flanco occidental y las de la Cordillera Occidental, formadas durante el Cretáceo y tal vez desde el Jurásico, corresponden a ofiolitas y/o a un arco volcánico inmaduro.

Con los datos radiométricos disponibles actualmente se pueden reconocer tres de estos cinturones magmáticos de tipo intermedio a ácido en el Noroccidente Colombiano: uno Jurásico-Cretáceo Temprano que afectó especialmente al borde oriental de la Cordillera central, uno Cretáceo Tardío-Paleoceno, que comienza en el actual borde oriental de la Cordillera Occidental y se extiende hasta el borde oriental de la Cordillera Central y uno Cenozóico que comienza en el borde occidental de la Cordillera Occidental y se extiende hoy en día a la cadena volcánica del eje de la Cordillera Central.

La distribución de las edades radiométricas permite concluir que las migraciones magmáticas que se encuentran para los Andes Colombianos son de dos clases: 1) Una, progresiva, se produce hacia el oriente dentro del cinturón, siendo más antiguos los plutones más occidentales y más recientes los orientales. Esta migración se documenta principalmente para los cinturones Cretáceo Tardío - Paleoceno y Cenozóico. Este fenómeno parece corresponder a una zona de subducción estable. 2) Otra, brusca, corresponde a la formación de un nuevo cinturón más hacia el occidente del anterior como consecuencia de saltos en el mismo sentido de las zonas de subducción. Este fenómeno ha producido el acrecimiento de dominios oceánicos (Cordillera Occidental y Serranía de Baudó) al Continente Suramericano.

Los períodos de saltos bruscos hacia el occidente de los cinturones magmáticos y de las zonas de subducción respectivas corresponden en cuanto a tiempo a importantes tectogénesis. Estas tectogénesis, marcadas en particular por cabalgamientos, se produjeron durante o poco después del Albiano en la Cordillera Central y en el Valle del Cauca y a

* Facultad de Ciencias, Universidad Nacional, Seccional Medellín,

finales del Cretáceo y principios del Terciario en la Cordillera Occidental.

Las características anteriores permiten precisar la organización de la cadena en el Noroccidente Colombiano: durante los períodos de estabilidad de la zona de subducción la cadena tiene un comportamiento semejante al de los Andes Centrales del Perú (modelo andino), el cual es interrumpido durante cortos momentos por intensos movimientos tangenciales (modelo caribe), produciéndose así un modelo que ha sido llamado "mixto", pero que realmente corresponde a la superposición de dos fenómenos distintos.

INTRODUCCION

El Noroccidente Colombiano está constituido por tres cordilleras separadas por valles intra andinos. De Este a Oeste se presentan (Ver figura 1):

- La Cordillera Central, formada principalmente por un basamento polimetamórfico intruído por plutones y batolitos mesozóicos.
- El Valle del Cauca, constituída por sedimentos cenozóicos cortados por intrusiones de composición intermedia. En sus bordes afloran rocas básicas y ultrabásicas cretáceas así como rocas metamórficas de media - alta presión de la misma edad.
- La Cordillera Occidental, formada de rocas básicas y sedimentos marinos cretáceos en parte metamorfoseadas e intruídos por batolitos y plutones cenozóicos.
- La depresión del Atrato - San Juan, caracterizada por una espesa sedimentación marina cenozóica.
- La Serranía de Baudó, formada esencialmente de rocas básicas mesozóicas y cenozóicas.

La evolución del Noroccidente Colombiano ha sido tratado en función de la tectónica de placas especialmente por Estrada (1972), Case y otros (1971) y Toussaint y Restrepo (1976). Sin embargo en los últimos años se han obtenido para la zona algunas nuevas dataciones radométricas que permiten precisar algunos aspectos de esta evolución.

La mayoría de estos nuevos resultados provienen de trabajos realizados en el marco del Proyecto 120 "Magmatismo de los Andes" del P.I.C.G., en programas del Ingeominas y en investigaciones patrocinadas conjuntamente por Colciencias y la Universidad Nacional, Seccional Medellín.

Con los resultados actuales se puede intentar hacer un esbozo de la organización espacio - temporal del magmatismo de tipo intermedio a ácido para lo cual es necesario hacer antes una presentación del estado actual del conocimiento sobre las edades de los eventos metamórficos y magmáticos básicos de esta parte de los Andes.

I. EL COMPLEJO POLIMETAMORFICO DE LA CORDILLERA CENTRAL.

Gran parte de la Cordillera Central está formada por rocas metamórficas sobre las cuales hay aún grandes incógnitas respecto a la edad, aunque aparentemente corresponden a un complejo polimetamórfico que incluye metamorfismos de edades precámbricas, paleozóicas y mesozóicas (Restrepo y otros, 1978).

1. Metamorfismo Precámbrico.

Solamente en dos zonas de ambos flancos de la Cordillera Central se han obtenido edades precámbricas: En la parte central de la faja oriental se dató una anfíbolita en 1370 ± 270 m.a. (Barrero y Vesga, 1976); además, en la parte septentrional de la misma faja, Feininger y otros (1972) consideran de edades precámbricas a algunos neises que serían granulitas retrogradadas.

En el flanco occidental de la cordillera también se obtuvo una edad precámbrica de 1670 ± 500 m.a. en hornblenda de una anfíbolita granatífera localizada a unos 30 km. al sur de Medellín (Restrepo y Toussaint, 1978). También del norte de la cordillera se han supuesto edades precámbricas para otras zonas; tales como el Complejo de Puquí (Hall y otros, 1972) y las migmatitas de Puente Pezá (González, 1975), pero éstas no han sido confirmadas. Como se vé, en la documentación del Precámbrico de la Cordillera Central es necesario hacer más análisis para poder comprobar su existencia y extensión.

2. Metamorfismos Paleozóicos

Rocas de edad paleozóica parecen formar la mayor parte del complejo polimetamórfico, aunque no se sabe aún si en parte corresponden a rocas precámbricas remetamorfosadas. Se han obtenido varias dataciones por K/Ar en micas de esquistos y neises de las cordilleras, en especial en su parte septentrional (ver Restrepo y otros, 1978). La gran mayoría de ellas pertenecen al intervalo carbonífero -permotriásico indicando un probable metamorfismo hercíniano. La edad mínima de la orogenia hercíniana está marcada por la edad triásica de los plutones postectónicos, la cual se discute más adelante.

Por otro lado hay que anotar que una datación K/Ar en hornblenda de una anfíbolita del flanco noroccidental da una edad ordoviciana de 482 ± 50 m.a. (Toussaint y otros, 1978), lo que plantea la posibilidad de que parte del complejo sea caledoniano. También dataciones inéditas de neises por el método Rb/Sr (por ejemplo: Restrepo y otros, en preparación) podrían interpretarse como indicativos de que están presentes tanto la orogenia hercíniana como la ca-

ledoniana, aunque será necesario la elaboración de varios análisis por el método de la isócrona, para poderlo confirmar.

3. Metamorfismos Cretáceos.

Se han obtenido edades mesozóicas en algunas rocas metamórficas, de las cuales las más conocidas son las que afloran en el borde occidental de la Cordillera Central y en la depresión del Cauca; allí, de una faja discontinua de esquistos y anfibolitas de tipo bári-co de media a alta presión, se han obtenido cinco edades cretáceas tempranas (Restrepo y Toussaint, 1975; Orrego y otros, 1980). Esta faja metamórfica está asociada con ofiolitas. El evento metamórfico podría estar asociado a una tectogénesis importante producida por el cierre de una cuenca marginal localizada entre el basamento de la Cordillera Central y un arco magmático situado más al occi-dente.

Edades cretáceas a paleocenas se han obtenido de las filitas del Gru-po Dagua en las partes central y meridional de la Cordillera Occi-dental (Barrero, 1977). Se ha considerado que este evento metamórfi-co está relacionado con una importante tectogénesis (Barrero, 1977; Bourgois y otros, en preparación) que afectó la Cordillera Occidental en estos tiempos.

Edades similares se han obtenido sobre esquistos de algunas zonas del Grupo Cajamarca en el flanco oriental de la parte central de la Cordillera Central (por ejemplo: Barrero y Vesga, 1976; Núñez y otros, 1979) pero no es aún claro si se trata de un evento metamórfico como el que afecta a las filitas del Dagua ó si se trata de efec-tos de calentamiento relacionados con el emplazamiento de plutones de esa edad que han sido documentados por Barrero y Vesga (1976).

II. ROCAS BASICAS DEL OCCIDENTE COLOMBIANO.

En el flanco occidental de la Cordillera Central y en la depresión del Cauca afloran rocas volcánicas básicas que están acompañadas por gabros, peridotitas y dunitas. Las rocas básicas y ultrabásicas han sido consideradas como parte de un complejo ofiolítico generado en el Cretáceo Temprano y emplazado por obducción al final de esta épo-ca (Restrepo y Toussaint, 1973). En el complejo ofiolítico se han ob-tenido algunas edades del Cretáceo Temprano y una Jurásica de 165 ± 10 m.a. (Toussaint y Restrepo, 1978). La edad Cretácea está corroborada por datos paleontológicos en sedimentos intercalados con basaltos (ver por ejemplo: Botero y otros, 1974), pero la edad Jurá-sica está aún por confirmarse. De todas maneras aún no se sabe si hay dos complejos aún no diferenciados.

En la Cordillera Occidental las rocas volcánicas básicas ocupan una

porción considerable de la zona y las edades obtenidas, tanto paleontológicas como radiométricas, son cretáceas. Según Barrero (1977) en la parte central (latitud 4°N) el volcanismo sería post-turoniano y pre-campaniano, mientras que más al norte se ha considerado que el volcanismo es algo más antiguo, principalmente cretáceo temprano (Restrepo y otros, 1979). Hay que anotar que algunas de las edades radiométricas cretáceas tardías obtenidas (Barrero, 1977; Espinosa, 1980; Delaloye y otros, en preparación) podrían reflejar, en particular en el caso de metadiabasas, un evento metamórfico de esta edad. También se han obtenido edades cenozoicas de algunas rocas básicas de la Cordillera Occidental. En el borde occidental de la parte septentrional de esta cordillera se han datado el basalto de El Botón cerca a Dabeiba en 3 ± 1 m.a. (Restrepo y otros, 1979) y el basalto de La Equis, localizado en la carretera Carmen de Atrato - Quibdó en 10 ± 5 m.a. (Toussaint y Restrepo, en preparación). En la depresión del Cauca se dató en 9 ± 1 m.a. el latibasalto de Cangrejo (González y otros, en preparación). Este evento magmático podría estar relacionado con un ambiente tensional desarrollado en la zona a este momento.

En la Serranía de Baudó, dataciones radiométricas y paleontológicas indican edades entre el Maestrichiano y el Oligoceno tardío (Bourgeois y otros, en preparación).

III. MAGMATISMO INTERMEDIO A ACIDO DEL NOROCCIDENTE COLOMBIANO.

Con los datos radiométricos disponibles se pueden delinear claramente tres cinturones magmáticos, cada uno de los cuales estaría asociado a una zona de subducción diferente. Otro posible cinturón de edad triásica no está aún bien definido (ver figura 2).

1. El cinturón Triásico.

Por el momento en este cinturón se incluyen solo algunos stocks granodioríticos en el flanco noroccidental de la Cordillera Central. De ellos se han datado los plutones de El Buey en 224 m.a. (González y otros, en preparación) y de Amagá en 215 m.a. (Pérez, 1967). Es posible que estos stocks correspondan al magmatismo posttectónico de la orogenia hercínica y que los neises permotriásicos correspondan a intrusivos sintectónicos. También es factible que la discontinuidad entre el cinturón triásico y el jurásico sea solo aparente debido a la escasez de datos.

2. El cinturón Jurásico-Cretáceo Temprano.

Grandes batolitos alargados en dirección N - S forman este cinturón; ocupan la zona central y el flanco oriental de la cordillera Central, aunque parece que intruyen también algunas zonas de la Cordillera

Oriental, en particular el Macizo de Santander. Los principales batolitos que se han datado dan edades de 160 ± 4 m.a. (Batolito de Sonsón, González, 1976), 160 ± 7 m.a. (Stock de Cabañas, Feininger y otros, 1972) y 143 ± 9 m.a. (Batolito de Ibagué, Barrero y Vesga, 1976).

El plutón más joven de este cinturón ha dado una edad de 113 ± 4 m.a. (Stock de Mariquita, Barrero y Vesga, 1976) y está situado en el borde oriental de la Cordillera.

3. El cinturón Cretáceo Temprano - Paleoceno.

El magmatismo que inicia este cinturón se localiza en el flanco oriental de la Cordillera Occidental y en la zona del Cauca, siendo las edades más antiguas de 124 ± 6 m.a. para el plutón de Tamesis (Calle y otros, en preparación), de 113 ± 5 m.a. para el Batolito de Buga (Toussaint y otros, 1978), de 112 ± 5 m.a. para el stock de Cambumbia (Toussaint y Restrepo, en preparación), de 97 ± 10 m.a. para el Batolito de Sabanalarga (González y otros, 1977) o de 91 ± 6.4 m.a. para el plutón de Buriticá (Gobel y Stibane, 1980).

En el Cretáceo Tardío el magmatismo se desplaza hacia el oriente para formar el inmenso Batolito Antioqueño de composición tonalítica y del cual se han obtenido edades entre 80 y 68 m.a. (Botero, 1963; Pérez, 1967). Finalmente, los plutones situados en el borde oriental de la cordillera dan edades cercanas a los 50 m.a. (Por ejemplo: el plutón de El Bosque, Barrero y Vesga, 1976).

4. El cinturón cenozoico.

Este cinturón cubre extensas zonas de las Cordilleras Occidental y Central. Se inicia con el Batolito de Mandé en el borde occidental de la Cordillera Occidental y del cual hay dataciones de 47.1 ± 2.5 m.a. (Gobel y Stibane, 1979) y 34 m.a. (Botero, 1975).

En el eje central de esta cordillera se encuentran batolitos y stocks tonalíticos de los cuales se han obtenido edades coincidentes de 11 m.a. para los plutones de Urrao y Farallones (Botero, 1975; Calle y otros, en preparación). En la depresión del Cauca Stocks de pórfidos andesíticos, asociados a extensos depósitos proclásticos, han dado edades entre 6 y 9 m.a. (por ejemplo: González, 1976; González y otros, en preparación). Los pórfidos más jóvenes (Stock de Puente Linda datado en 3.5 m.a., Barrero y Vesga, 1976) y la cadena volcánica moderna se localizan en el eje de la Cordillera Central, aunque parece que en el neoterciario el plutonismo se extendió también al flanco oriental de la cordillera.

IV. DISCUSION

Con los pocos datos radiométricos disponibles hace diez años, varios autores habían anotado la migración general del magmatismo intermedio a ácido hacia el occidente. Por ejemplo Irving (1971) considera que, durante el Mesozóico y el Cenozóico los plutones son más antiguos hacia el escudo y más jóvenes hacia el lado oceánico. También hacia el Ecuador se observa una migración al occidente del magmatismo post-triásico (Hall y Calle, en preparación). Más recientemente Toussaint y Restrepo (1974, 1976) precisaron que existen tanto la migración general hacia el occidente, como una migración interna hacia el oriente en cada cinturón.

1. Migraciones de los cinturones magmáticos.

a. Migración general hacia el occidente. La figura 2 muestra la posición de los cinturones magmáticos durante el Mesozóico y el Cenozóico. Se observa que los cinturones magmáticos sucesivos afectaron regiones cada vez más occidentales. Además, se observa que los límites occidentales de los cinturones se desplazaron varias veces bruscamente hacia el oeste.

También la posición de los grandes batolitos de cada cinturón migra hacia el occidente. Así, durante el ciclo Jurásico-Cretáceo Temprano el límite estaba en el eje de la Cordillera Central y los grandes batolitos (Ibagué y Segovia) en el borde oriental; durante el ciclo Cretáceo Temprano - Paleoceno el límite estaba en el borde oriental de la Cordillera Occidental y el batolito principal, el Antioqueño, en el eje de la Cordillera Central; durante el ciclo Cenozóico el límite ha estado en el borde occidental de la Cordillera Occidental, coincidiendo en este caso con la zona de emplazamiento del batolito principal, el de Mandé.

Las migraciones bruscas hacia el occidente de la posición de los cinturones magmáticos podrían interpretarse como consecuencia de saltos bruscos en el mismo sentido de las zonas de subducción que permitieron la generación de los magmas correspondientes. Es de anotar que lo que se documenta entonces es la situación de los cinturones magmáticos sucesivos y no de las zonas de subducción. Realmente la posición de estas zonas de subducción se deduce de la posición de los cinturones magmáticos. Según Toussaint y Restrepo (1976) la subducción relacionada con el cinturón Jurásico - Cretáceo Temprano habría estado localizada un poco al oeste de la depresión del Cauca, la cual habría representado a este momento el borde oriental de la fosa; al ciclo magmático Cretáceo Temprano - Paleoceno habría correspondido una zona de subducción localizada al oeste de la Cordillera Occidental, en las cercanías de la actual fosa del Atrato, mientras que al ciclo Cenozóico correspondería una zona de

subducción situada al oeste de la Serranía del Baudó.

Para explicar los saltos bruscos hacia el occidente de la posición de los cinturones magmáticos se propone un mecanismo de salto brusco, en el mismo sentido, de las zonas de subducciones sucesivas.

También es de anotar que los saltos hacia el oeste de las zonas de subducción permiten la incorporación a la cadena andina del dominio oceánico situado entre la antigua y la nueva zona de subducción. La incorporación del fondo oceánico de la Cordillera Occidental habría tenido lugar a finales del Cretáceo Temprano, mientras que la de la Serranía de Baudó se habría producido a principios del Terciario (Toussaint y Restrepo, 1976).

b. Migración interna hacia el oriente en cada cinturón. En el Cinturón Cretáceo Temprano - Paleoceno y en el Cenozóico se observa que la posición de los diversos plutones que lo constituyen tiene una cierta tendencia a migrar progresivamente hacia el este (Toussaint y Restrepo, 1976).

En efecto, se observa por ejemplo que los cuerpos más antiguos del cinturón Cretáceo Temprano - Paleoceno se encuentran en los alrededores de la depresión del Cauca, mientras que los más recientes están en el flanco este de la Cordillera Central. Un fenómeno similar se produce para el Cinturón Cenozóico con las primeras manifestaciones plutónicas al oeste de la Cordillera Occidental y las últimas volcánicas en el eje de la Cordillera Central. Alvarez (1980) ha encontrado una migración semejante en el sur de Colombia para este intervalo de tiempo. Esta migración progresiva hacia el oriente parece producirse cuando la posición de la fosa de subducción tienen una posición fija con relación al continente. Es de suponer que este fenómeno sea debido a que el ángulo de inclinación al este del plano de Benioff se vuelve cada vez más suave, desplazando así hacia el este la zona de fusión parcial generadora del magmatismo.

c. Variaciones longitudinales del magmatismo. Como se puede ver, las migraciones laterales (en sentido general E - W) parecen ser relativamente sencillas. Sin embargo, debemos anotar que la repartición del plutonismo de sur a norte en cada cinturón es irregular. Así, para el cinturón Cretáceo Temprano-Paleoceno los grandes plutones y batolitos están localizados esencialmente al norte de Manizales, mientras que más al sur hay solo pequeños plutones. Para el Cinturón Cenozóico los grandes plutones se forman al principio del ciclo y están al norte de la latitud 5° N, mientras que el volcanismo actual está al sur de esta latitud.

2. Relación de los desplazamientos bruscos con posibles tectogénesis. También hay que anotar que los cambios bruscos de posición de los cinturones magmáticos hacia el occidente corresponden en cuanto a tiempo a importantes eventos tectónicos regionales: Durante el Cretáceo Temprano la zona de la depresión del Cauca y el borde occidental de la Cordillera Central sufrieron una importante tectogénesis caracterizada especialmente por cabalgamientos de material oceánico y por el desarrollo de un metamorfismo de media a alta presión (Grupo Arquía, Restrepo y Toussaint, 1975; conjuntos metamórficos de alta presión, Orrego y otros, 1980). Este cinturón metamórfico de media a alta presión está localizado entre el basamento de la Cordillera Central y la zona de emplazamiento de las primeras manifestaciones del plutonismo del cinturón Cretáceo Temprano - Paleoceno, las cuales se sitúan en el borde oriental de la Cordillera Occidental y en la depresión del Cauca.

Según Toussaint y Restrepo (1978), este plutonismo inicial de composición intermedia y en menor grado básico estaría asociado espacial y tal vez genéticamente a un volcanismo básico que le antecedió ligeramente. Las rocas volcánicas básicas son aparentemente del Cretáceo y están intruídas por los plutones también cretáceos. El conjunto rocas básicas - plutones intermedios podría representar un arco suprasímico que habría sido generado por una zona de subducción localizada al oeste de la Cordillera Occidental (Zona del Atrato). El arco habría podido acercarse al basamento de la Cordillera Central, cerrándose así la cuenca marginal localizada entre ambos elementos.

Tanto el intenso tectonismo caracterizado por el cabalgamiento de un complejo ofiolítico sobre la Cordillera Central, como el desarrollo de un evento metamórfico de media - alta presión, tendría así su origen en la colisión del arco con el continente (Arias y Caballero, 1980). La llegada del arco a la zona del Cauca habría paralizado la zona de subducción que estaba activa ahí desde el Jurásico.

La zona de subducción del Atrato que produjo la formación del Arco suprasímico siguió activa hasta principios del Terciario, reflejándose esta actividad en la generación del resto de los batolitos y plutones del cinturón Cretáceo Temprano - Paleoceno en la Cordillera Central.

Un fenómeno de colisión Arco - Continente habría podido producirse a finales del Cretáceo y principios del Terciario, ya que el momento del salto brusco de posición entre el cinturón Cretáceo Temprano - Paleoceno y el cinturón Cenozoico corresponde en cuanto a tiempo, a importantes eventos tectónicos que afectaron a la Cordillera Occidental. Varios autores (por ej: Case y otros, 1971) pro-

ponen que estos eventos tectónicos están relacionados al acercamiento y luego a la colisión de la Serranía del Baudó con la Cordillera Occidental. Este fenómeno habría producido la parálisis de la zona de subducción del Atrato, quedando en actividad una nueva zona de subducción situada al occidente de la Serranía y la cual habría generado el cinturón magmático Cenozoico.

3. Modelo de Organización.

Los dos tipos de migración del magmatismo que se acaba de describir parecen corresponder a dos modelos diferentes de organización de las cadenas de montañas. Así, cuando la zona de subducción tiene una posición fija en relación al continente, la organización del magmatismo intermedio o ácido en el Noroccidente Colombiano se asemeja bastante a la organización del magmatismo de mismo tipo en la cadena de los Andes Centrales del Perú, a la cual corresponde un modelo "Andino" de cadena según la terminología de Aubouin (1972).

Sin embargo, a diferencia de los Andes Centrales peruanos, en el Noroccidente Colombiano la zona de subducción se aleja del continente por medio de varios saltos bruscos hacia el occidente. El origen de los saltos se presta a discusión, aunque se interpreta aquí como consecuencia de la llegada de un alto fondo oceánico a la fosa, la cual se paralizaría. En varios momentos de la historia de esta región esta interferencia de un dominio oceánico produce un cambio drástico en la organización de la cadena: aparecen características de cadenas "geosinclinales" según la terminología de Aubouin (1972), tales como la obducción de material oceánico y el desarrollo de un metamorfismo importante. Durante estos períodos el Noroccidente Colombiano pierde sus características "andinas" y adopta características "geosinclinales" de influencias caribes pero durante el período de funcionamiento de una subducción dada la organización del magmatismo intermedio a ácido se vuelve "andina".

El modelo "Norandino" sería entonces un modelo "andino" interferido en algunos momentos de su historia por influencias "caribes". El término de "transicional" usado por Aubouin (1973) para los Andes Septentrionales pudiera entenderse en parte como una superposición en el espacio y en el tiempo de modelos andinos y caribes pero no como de un modelo diferente específicamente transicional.

V. CONCLUSIONES

Con los datos radiométricos actualmente disponibles se puede suponer que durante el Mesozoico y el Cenozoico hay dos tipos de migraciones de los cinturones magmáticos:

- a. Una migración progresiva del magmatismo hacia el este en la posición de los plutones que constituyen cada uno de los cinturones Cenozoico y Cretáceo Temprano - Paleoceno.
- b. Una migración brusca al occidente del plutonismo al comenzar un nuevo cinturón magmático, migración que sería una consecuencia de los saltos en el mismo sentido de la zona de subducción. La parálisis de una zona de subducción y la formación de una nueva, más occidental, sería debido a un choque entre un "alto fondo" oceánico y el borde continental.

Además parece que los saltos bruscos de las zonas de subducción sucesivas están relacionadas con importantes tectogénesis.

Obviamente faltan muchos datos para definir más claramente el tipo de organización del magmatismo del Noroccidente Colombiano y es de esperarse que en el futuro se podrá mejorar este simple esbozo.

agradecimientos:

Los autores de este artículo se permiten agradecer muy sinceramente a Colciencias por la ayuda económica recibida en la investigación "Evolución de los Andes Colombianos" y al Programa 120 del P.I.G.C. que permitió la realización de un número apreciable de análisis radiométricos gratuitos.

REFERENCIAS CITADAS

- Alvarez, J., 1979, Geología de la Cordillera Central y el Occidente Colombiano y Petroquímica de los intrusivos granitoides mesocenozoicos: Tesis de Doctorado, Univ. Chile, 359 p.
- Aubouin, J., 1972, Chaines liminaires (andines) et chaines geosynclinales (alpines): 24^o Congres Geol. Intenac., Montreal, p. 438 - 461.
- Aubouin, J., 1973, Reflexion sur l'organisation des Cordilleres Sud. Americaines: 2^o Congreso Latinoamericano Geol, Caracas, 13 p.
- Barrero, D., 1977, Geology of the Central Western Cordillera west of Buga and Roldanillo, Colombia: Ph.D. Thesis, Colorado School of Mines, Published as Publicación Geológica Especial 4:75, 1973, Ingeominas, Bogotá, Colombia.
- Barrero, D. y Vesga, C.J., 1976, Mapa Geológico del Cuadrángulo K-9 Armero y Parte sur de J-9 La Dorada: 1 Mapa, escala 1:100.000 Ingeominas, Bogotá, Colombia.

- Botero, G., 1963, Contribución al conocimiento de la geología de la zona central de Antioquia: Anales Fac. Minas, Medellín, No. 57, 101 p.
- Botero, G., 1975, Edades radiométricas de algunos plutones colombianos: Minería, Medellín, Colombia, 27: 8336 - 8342.
- Bourgois, J.; Calle, B.; Tournon, J. y Toussaint, J. F. (en preparación), The Andean Ophiolitic Megastructures on Buga - Buenaventura Transverse (Western Cordillera - Valle - Colombia).
- Bourgois, J.; Azema, J.; Tournon, J.; Bellon, H.; Calle, B.; Parra, E.; Toussaint, J.F.; Glason, G.; Feinberg, H.; De Wever, P. y Origlia, I. (en preparación), Ages et Structures des complexes basiques et ultrabasiques de la facade pacifique entre 3°N y 12°N (Colombia, Panamá, Costa Rica).
- Calle B.; Toussaint, J.F. y Restrepo, J.J. (en preparación), Edades K/Ar de dos plutones de la parte septentrional de la Cordillera Occidental de Colombia.
- Case, J.E.; Durán, L.; López, A. y Moore, W., 1971, Tectonic Investigations in Western Colombia and Eastern Panamá: Geological Society of América, Bulletin 82:2685 - 2712.
- Delaloye, M.; Restrepo, J.J. y Toussaint, J.F., (en preparación): Edades radiométricas de algunas rocas básicas de la Cordillera Occidental (título provisional).
- Espinosa, A., 1980, Sur les roches basiques et ultrabasiques du bassin du Patia, Cordillere Occidentale des Andes Colombiennes; Etude Geologique et Petrographique: Tesis de Doctorado, Faculté des Sciences, Université de Geneve, 241 p.
- Estrada, A., 1972, Geology and Plate Tectonics History of the Colombian Andes: Tesis, M. Sc., Stanford Univ. Stanford, 115 p.
- Feininger, T.; Barrero, D. y Castro, N., 1972, Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas (Sub-zonas II-B): Boletín Geológico 20 (2): 173, Ingeominas, Bogotá, Colombia.
- Gobel, V.W. y Stibane, F.R., 1979, K/Ar Horblende ages of Tonalite Plutons, Cordillera Occidental, Colombia, S.A.: Publicación Especial Geología 17:2, Universidad Nacional, Medellín, Colombia.
- González, H., 1976, Geología del Cuadrángulo J-8 (Sonsón): Informe 1704: 421, Ingeominas, Bogotá, Colombia.

- González, H.; Restrepo, J.J. y Toussaint, J.F., (en preparación), Edad K/Ar del Stock Adamelítico de El Buey, Antioquia.
- Hall, M. y Calle, J. en prensa, Geochronological control for the main tectonic-magmatic events of Ecuador.
- Núñez, A.; González, H. y Linares, E., 1979, Nuevas edades radiométricas K/Ar de los esquistos verdes del Grupo Cajamarca; Publicación Especial Geología 23:8, Universidad Nacional, Medellín, Colombia.
- Orrego, A.; Cepeda, H. y Rodríguez, G.I., 1977, Esquistos Glaufocánicos en el área de Jambaló, Cauca: Informe 1729, 8, Ingeominas, Bogotá, Colombia.
- Orrego, A.; Restrepo, J.J.; Toussaint, J.F. y Linares, E., 1980. Datación de un esquistos sericítico de Jambaló, Cauca: Publicación Especial Geología 25: 2, Universidad Nacional, Medellín, Colombia.
- Pérez, G., 1967, Determinación de la edad absoluta de algunas rocas de Antioquia por métodos radioactivos: Dyna 84:27 - 31, Universidad Nacional, Medellín, Colombia.
- Pichler, H., Stibane, F.R. y Weyl, R., 1974, Basischer magmatismus und Krustenbau im sudlichen Mittelamerika, Kolumbien und Ecuador: Neu, Jb. Geol. Palaont. Mh., 1974: 102 - 126, Stuttgart.
- Restrepo, J.J. y Toussaint, J.F., 1973, Obducción Cretácea en el Occidente Colombiano: Publicación Especial Geología 3:26, Universidad Nacional, Medellín, Colombia.
- Restrepo, J.J. y Toussaint, J.F., 1975, Edades radiométricas de algunas rocas de Antioquia, Colombia: Publicación Especial Geología 6:24, Universidad Nacional, Medellín, Colombia.
- Restrepo, J.J. y Toussaint, J.F., 1978, Ocurrencia de Precámbrico en las cercanías de Medellín, Cordillera Central de Colombia: Publicación Especial Geología 12:11, Universidad Nacional, Medellín, Colombia.
- Restrepo, J.J., Toussaint, J.F., González, H. y Cordani, U. (en preparación), Edades Rb/Sr de algunos neises de la Cordillera Central de Colombia.
- Restrepo, J.J., Toussaint, J.F., Zuluaga, J. y Hoyos, P., 1979, Algunas consideraciones sobre la geología de la parte septentrional de

la Cordillera Occidental: Publicación Especial Geología 20:26, Universidad Nacional, Medellín, Colombia.

Toussaint, J.F. y Restrepo, J.J., 1974, Algunas consideraciones sobre la evolución estructural de los Andes Colombianos: Publicación Especial Geología 4: 14, Universidad Nacional, Medellín, Colombia.

Toussaint, J.F. y Restrepo, J.J., 1976, Modelos orogénicos de tectónica de placas en los Andes Colombianos: Boletín de Ciencias de la Tierra 1: 1-47, Universidad Nacional, Medellín, Colombia.

Toussaint, J.F. y Restrepo, J.J., 1978, Edad K/Ar de dos rocas básicas del flanco noroccidental de la Cordillera Central: Publicación Especial Geología 15:1, Universidad Nacional, Medellín, Colombia.

Toussaint, J.F.; González, H.; Restrepo, J.J. y Linares, E., 1978, Edad K/Ar de tres rocas metamórficas del flanco noroccidental de la Cordillera Central: Publicación Especial Geología 14:7, Universidad Nacional, Medellín, Colombia.

- ① Plutón de Amagó
- ② Plutón del Buey
- ③ Batolito de Sonsón
- ④ Batolito de Segovia
- ⑤ Batolito de Iboqué
- ⑥ Plutón de Tómesis
- ⑦ Batolito de Bugo
- ⑧ Stock de Cambumbio
- ⑨ Batolito de Sabonalarga
- ⑩ Plutón de Buriticá
- ⑪ Batolito Antioqueño
- ⑫ Plutón del Bosque
- ⑬ Batolito de Mondé
- ⑭ Plutón de Urrao
- ⑮ Plutón de Farollones

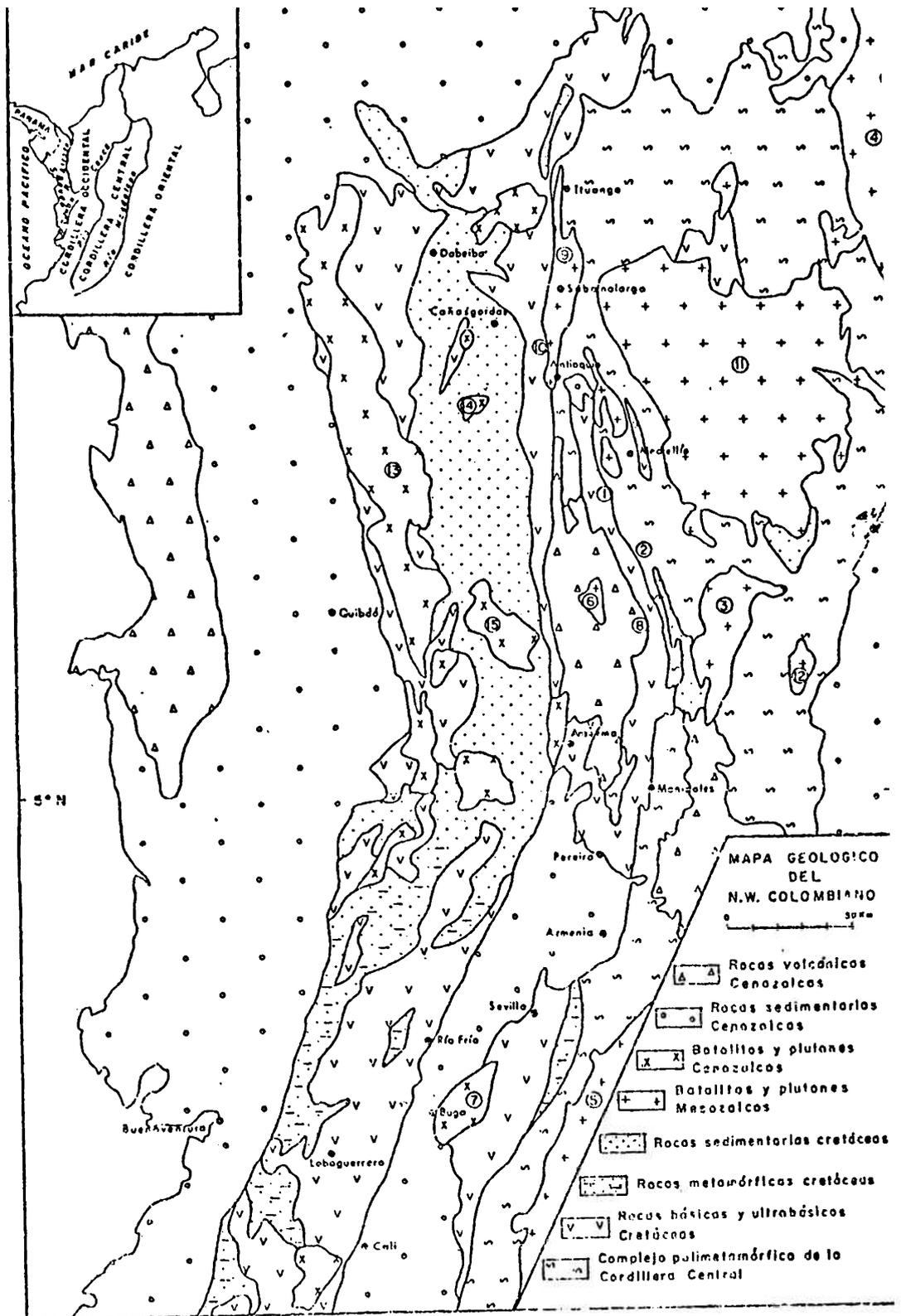


Fig. 1.— Mapa geológico del Noroccidente Colombiano y localización de los principales batolitos y plutones.

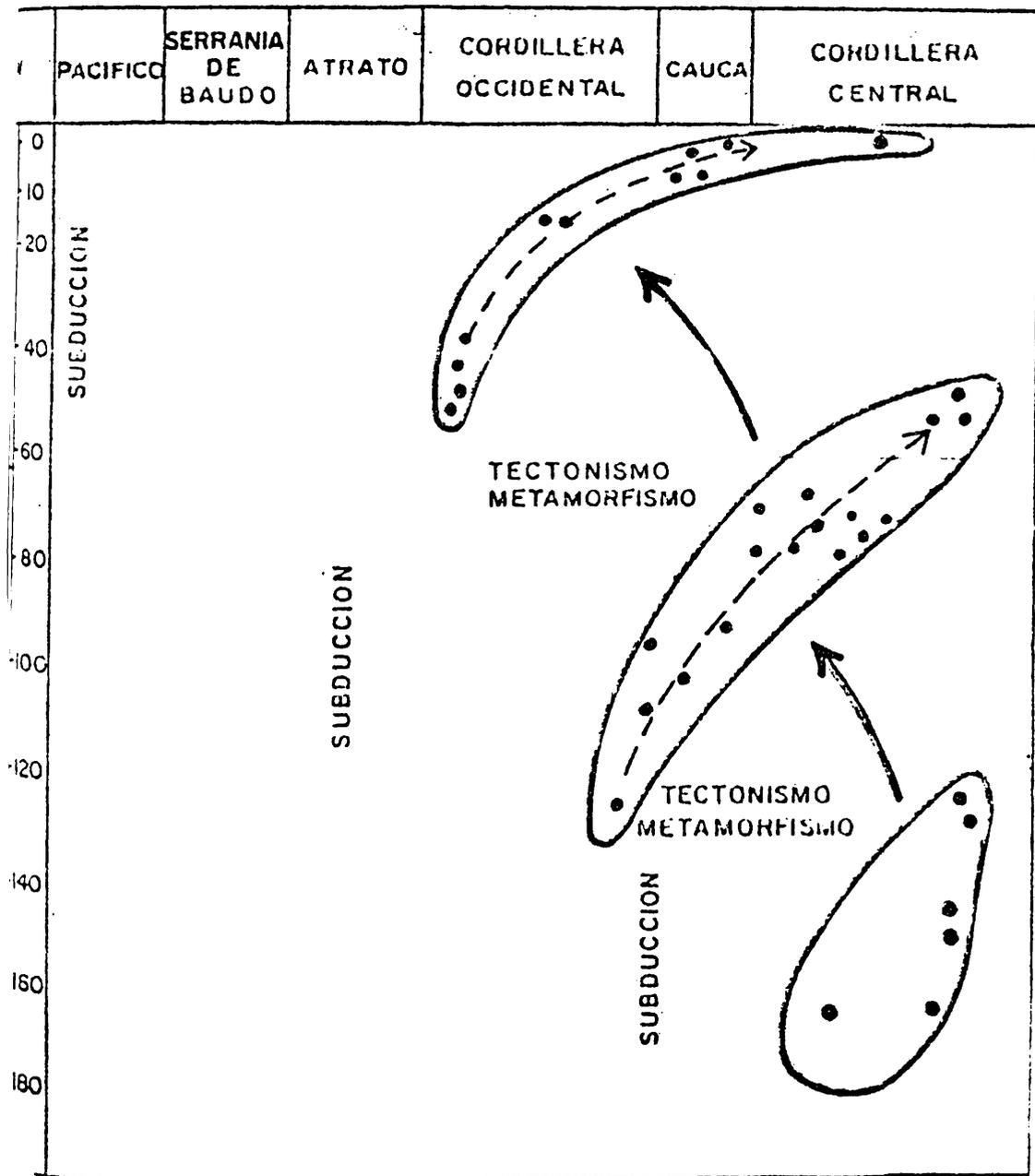


Fig. 2.— Migraciones de los cinturones magmáticos