

LAS SUTURAS ENTRE BLOQUES EXOTICOS Y CONTINENTE EN EL ECUADOR Y EL NORTE DEL PERU

THE SUTURES BETWEEN EXOTIC BLOCKS AND THE CONTINENT IN ECUADOR AND NORTHERN PERU

FRANCOIS MEGARD*, MICHEL LEBRAT* Y THOMAS MOURIER**

* Centre Géologique et Géophysique, USTL, 34060 Montpellier, Francia.

** Institut Français d'Etudes Andines. Casilla 278, Lima, Perú.

RESUMEN

Procesos colisionales ocurridos en el Cretácico superior-Terciario inferior juegan un papel fundamental en los Andes al norte de 7° Lat. S.

El límite aparente entre los bloques oceánicos que forman la costa y la Cordillera occidental al norte de 3° Lat. S es la megafalla vertical submeridiana Dolores-Guayaquil (DGM). Sin embargo, se puede demostrar que la verdadera sutura es una zona fallada con valor de falla inversa que buza 60 a 80° al este, a lo largo de la cual el continente cabalga los bloques oceánicos. Al sur de 2° Lat. S, el trazado de la sutura incluso es independiente de la DGM que tuerce hacia el SW.

La DGM aparece por tanto como una falla transcurrente mayor por cierto, pero superpuesta a una megafalla anterior que es la sutura genuina. La situación es idéntica en Colombia, con la diferencia esencial que allá hubo primero obducción y no collage como es el caso en el Ecuador.

Un proceso más antiguo y más difícil de evidenciar, ya que sólo dio lugar a una sutura oculta NNE, es la colisión probable del bloque esencialmente continental del NW del Perú con el continente sudamericano, ocurrida en el Cretácico inferior. Se evidencia esencialmente por el subsiguiente salto brusco del arco volcánico intracontinental, que migra 150 km hacia el oeste.

Al contrario, la permanencia del arco magmático intracontinental en la misma posición durante el Jurásico superior- Cretácico en el Perú al sur de 7° Lat. S proporciona un buen argumento para descartar la posibilidad de procesos colisionales.

ABSTRACT

Collisional processes occurred during the Late Cretaceous-Early Tertiary play a main role in the Andes north of 7° S Lat.

The apparent limit between the oceanic blocks that constitute the coastal area and the Western Cordillera N of 3° S Lat. is the vertical submeridian Dolores-Guayaquil (DGM) megafault. However, it can be demonstrated that the suture is a thrust fault zone dipping 60° to 80°E along which the continent overrides the oceanic blocks. South of 2° S Lat., the trace of the suture is even independent to DGM that swings to the SW.

The DGM appears thus as a major transcurrent fault but superimposed over a

previous megafault which is the true suture. The situation is identical in Colombia with the essential difference that there obduction occurred first, and not collage as is the case for Ecuador.

An older process, more difficult to substantiate because it only gave rise to a hidden NNE suture, is the probable collision of the essentially continental NW Peru Block with the Southamerican continent, which occurred in the Early Cretaceous. It is mainly evidenced by the related abrupt jump of the intracontinental volcanic arc which migrates 150 km to the West.

On the contrary, the permanence of the intracontinental magmatic arc during the Late Jurassic-Cretaceous in Peru south of 7° S Lat. provides a good argument to disregard the possibility of collisional processes there.

INTRODUCCION

En los Andes, la continuidad de los relieves, del cinturón volcánico y de la faja sobre escurrida subandina (Fig. 1) son el resultado de una evolución cenozoica tardía durante la cual la subducción oceano-continente "normal", es decir sin acreción por colisión, fue el proceso dominante desde el mar Caribe hasta el sur de Chile.

Sin embargo, estas superestructuras tardías comunes a casi todos los Andes se sobreponen a dos tectorógenos drásticamente diferentes aunque formados ambos en el Cretácico-Terciario inferior. Al norte de 7° Lat. S se trata de un tectorógeno "cordillerano" que resulta esencialmente de la colisión-acreción de "terrenos" exóticos en su mayor parte de origen oceánico. Al sur de 7° Lat S, pasamos a un tectorógeno "marginal", o "liminar", aparentemente desprovisto de terrenos exóticos mesozoicos o cenozoicos y que ha de ser exclusivamente construido por un proceso de subducción "normal". Los criterios que diferencian el tectorógeno cordillerano del tectorógeno marginal son (i) la presencia de terrenos exóticos ubicados en la parte occidental de los Andes y cuya composición litológica y evolución pre-colisional son ajenas a las de las partes contiguas del continente, (ii) una zona de sutura entre dichos terrenos y el continente, frecuentemente señalada por escamas de rocas básicas y/o ultrabásicas, y (iii) el salto repentino hacia el oeste que experimenta el arco volcánico continental después de cada colisión-acreción, como consecuencia de la extinción de la zona de subducción asociada y de su reemplazo por una nueva zona de subducción más occidental.

En este corto artículo, nos limitaremos a la historia andina, o sea al período que va del Triásico al Actual. Por otra parte, sólo citaremos en la bibliografía trabajos de carácter fundamental o sintético y trabajos recientes, en los cuales el lector podrá encontrar referencias más completas.

LA SUTURA EN EL ECUADOR, SUS RELACIONES CON LA MEGAFALLA DOLORES GUAYAQUIL

En los Andes al norte de 3° Lat. S, los procesos acrecionales juegan un

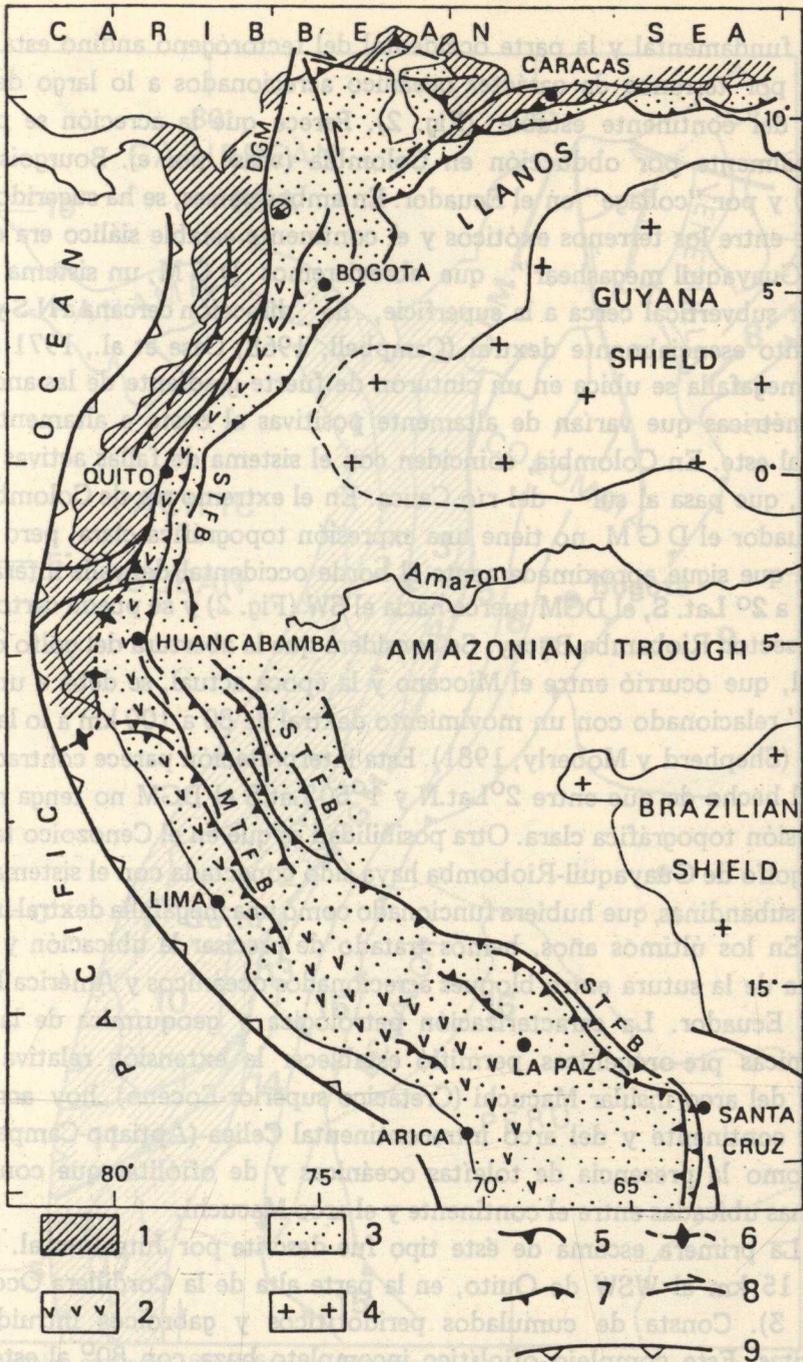


Fig.1. Unidades estructurales mayores de la parte noroeste de Sudamérica. DGM = Megafalla Dolores Guayaquil; MTFB = faja sobrescurrida del Marañón; STFB = faja sobrescurrida subandina. 1) terrenos exóticos; 2) cinturón volcánico cenozoico; 3) Andes "integrales"; 4) escudos precambrianos; 5) sutura entre América nuclear y los terrenos exóticos; 6) sutura oculta; 7) sobrescurrimientos intracontinentales; 8) fallas transcurrentes; 9) fosas oceánicas.

Fig.1. Major structural units of NW South America; DGM = Dolores - Guayaquil megashear; MTFB = Marañón subducting thrust belt; STFB = Subandean thrust fold belt.

1) Exotic terranes; 2) Cenozoic volcanic belt; 3) "Integral" Andes, 4) Precambrian shields; 5) Suture between nuclear American and exotic terranes; 6) Hidden suture; 7) Intracontinental thrusts; 8) Transcurrent faults; 9) Oceanic troughs.

papel fundamental y la parte occidental del tectorógeno andino esta constituida por terrenos de carácter oceánico acrecionados a lo largo del labio oeste del continente estable (Fig. 2). Parece que la acreción se produjo esencialmente por obducción en Colombia (véase por ej. Bourgois et al., 1985) y por "collage" en el Ecuador. En ambos países, se ha sugerido que el límite entre los terrenos exóticos y el continente estable siálico era el "Dolores-Guayaquil megashear", que abreviaremos D G M, un sistema fallado mayor subvertical cerca a la superficie, de dirección cercana a N-S y de movimiento esencialmente dextral (Campbell, 1968; Case et al., 1971, 1973). Esta megafalla se ubica en un cinturón de fuerte gradiente de las anomalías gravimétricas que varían de altamente positivas al oeste a altamente negativas al este. En Colombia, coinciden con el sistema de fallas activas de Romeral, que pasa al sur del río Cauca. En el extremo sur de Colombia y en el Ecuador el D G M no tiene una expresión topográfica clara, pero se considera que sigue aproximadamente el borde occidental del valle interandino. Cerca a 2° Lat. S, el DGM tuerce hacia el SW (Fig. 2) y se puede cartografiar en el sector Riobamba-Bucay. Se considera que la abertura del golfo de Guayaquil, que ocurrió entre el Mioceno y la época actual, se debe a un "pull-apart" relacionado con un movimiento dextral de 80 a 100 km a lo largo del DGM (Shepherd y Moberly, 1981). Esta interpretación parece contradictoria con el hecho de que entre 2° Lat. N y 1° 50' Lat. S el DGM no tenga ninguna expresión topográfica clara. Otra posibilidad es que en el Cenozoico tardío la falla golfo de Guayaquil-Riobomba haya sido conectada con el sistema de las fallas subandinas, que hubiera funcionado como una megafalla dextral-inversa.

En los últimos años, hemos tratado de precisar la ubicación y la geometría de la sutura entre bloques acrecionados oceánicos y América Nuclear en el Ecuador. La caracterización petrológica y geoquímica de las series volcánicas pre-orogénicas permitió establecer la extensión relativa de las series del arco insular Macuchi (Cretácico superior-Eoceno) hoy acrecionado al continente y del arco intracontinental Celica (Aptiano-Campaniano), así como la presencia de toleítas oceánicas y de ofiolitas que conforman escamas ubicadas entre el continente y el arco Macuchi.

La primera escama de éste tipo fue descrita por Juteau et al. (1977), unos 15 km al WSW de Quito, en la parte alta de la Cordillera Occidental (Fig. 3). Consta de cumulados peridotíticos y gabroicos intruidos por doleritas. Este complejo ofiolítico incompleto buza con 80° al este y una falla del mismo buzamiento lo separa de doleritas macizas que afloran más al oeste. Hacia el este, los primeros testigos del basamento cristalino de América Nuclear son xenolíticos de neises con cordierita que fueron descritos en canteras explotadas en los volcanes cuaternarios en Quito (Bruct, 1949). Nuestra tesis es que el contacto entre el continente y la (o las) escama(s) ofiolítica (s) a la latitud de Quito es una falla subparalela al

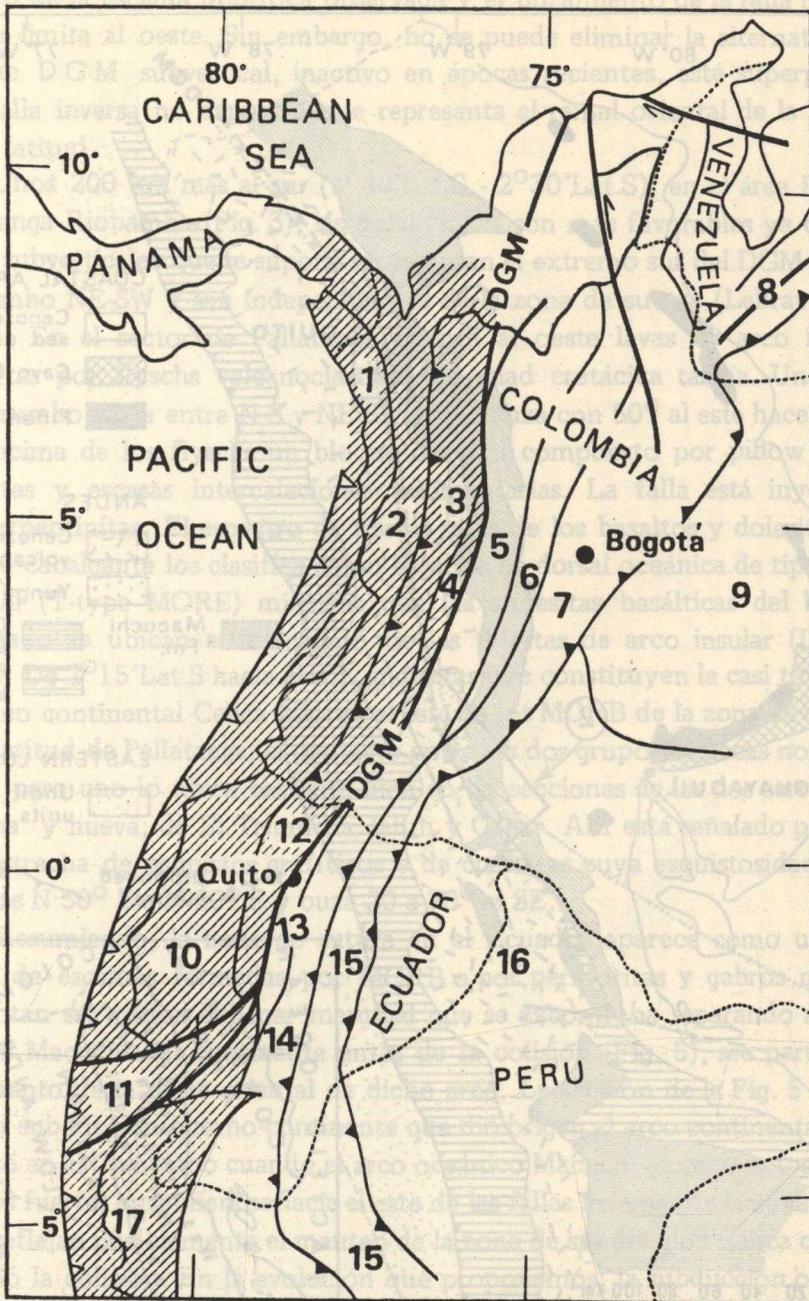


Fig.2. Principales provincias fisiográficas y estructurales de la parte noroeste de Sudamérica
 1+2+3+4 = Occidente colombiano; 5+6+7+9 = Oriente colombiano; 8 = Cordillera de Mérida
 10 = zona costera del Ecuador; 11 = Golfo de Guayaquil; 12 = Cordillera Occidental ecuatoriana;
 13 = Valle interandino; 14 = Cordillera Oriental ecuatoriana; 15 = Lomas subandinas;
 16 = Amazonía; 17 = Terreno exótico del NW del Perú.

Fig.2. Main physiographic and structural provinces of NW South America: 1+2+3+4 = Western
 Colombia; 5+6+7+9 = Eastern Colombia; 8 = Mérida Cordillera; 10 = Ecuador coastal zone;
 11 = Guayaquil Gulf; 12 = Ecuador Western Cordillera; 13 = Interandean valley; 14 = Ecuador
 Eastern cordillera, 15 = subandean hills; 16 = Amazonía; 17 = Northwestern Peru exotic terrane.

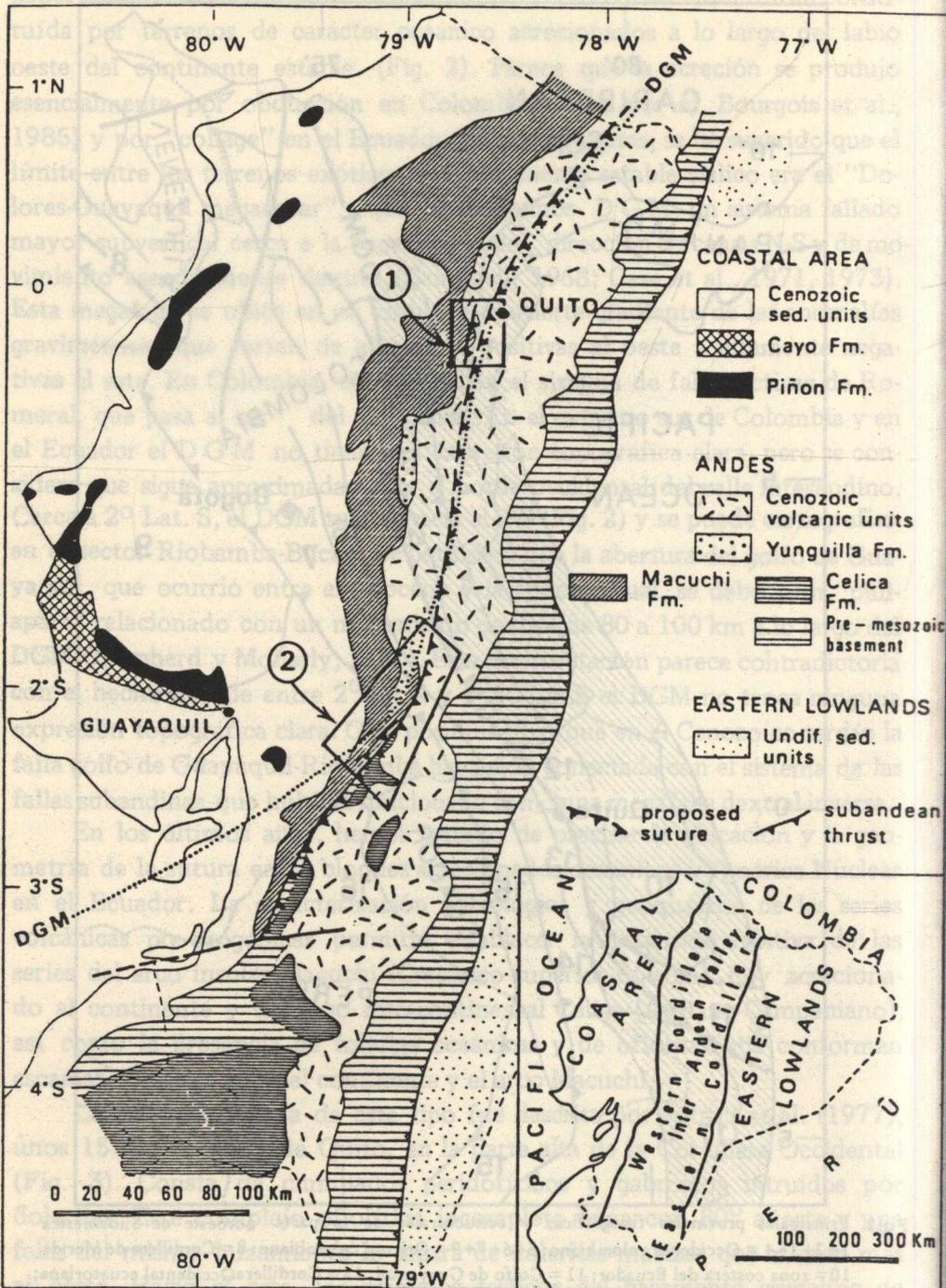


Fig.3. Mapa geológico esquemático del Ecuador. Los números 1 y 2 designan respectivamente el área de Quebrada San Juan-Quito, y el área Bucay-Pallatanga-Riobamba, donde la sutura se define con bastante precisión.

Fig.3. Schematic geologic map of Ecuador. Numbers 1 and 2 designate the area of Quebrada San Juan-Quito and Bucay-Pallatanga-Riobamba respectively, where the suture is defined with precision.

manteo de la escama ofiolítica observada y el buzamiento de la falla inversa que la limita al oeste. Sin embargo, no se puede eliminar la alternativa de que un DGM subvertical, inactivo en épocas recientes, esté superpuesto a la falla inversa no expuesta que representa el ramal oriental de la sutura a esta latitud.

Unos 200 km más al sur ($1^{\circ}40'$ Lat.S - $2^{\circ}30'$ Lat.S), en el área Bucay-Pallatanga Riobamba (Fig. 3), las condiciones son más favorables ya que las fallas subverticales que se supone representan el extremo sur del DGM tienen un rumbo NE-SW y son independientes de la zona de sutura (Lebrat et al., 1985). En el sector de Pallatanga afloran al oeste lavas de arco insular cubiertas por flyschs volcanoclásticos de edad cretácica tardía. Una falla cuyo rumbo varía entre N-S y NE-SW y que buza con 50° al este hace cabalgar encima de los flyschs un bloque oriental compuesto por pillow lavas, doleritas y escasas intercalaciones sedimentarias. La falla está inyectada por serpentinitas. El espectro de tierras raras de los basaltos y doleritas del bloque cabalgante los clasifica como basaltos de dorsal oceánica de tipo transicional (T-type MORE) mientras que las andesitas basálticas del bloque cabalgado se ubican en el campo de las toleítas de arco insular (Lebrat, 1985). De $2^{\circ}15'$ Lat.S hacia el sur, andesitas que constituyen la casi totalidad del arco continental Celica afloran al este de los MORB de la zona de sutura. A la latitud de Pallatanga, el contacto entre los dos grupos de rocas no se observó, pero uno lo ubica bastante bien en las secciones de las dos carreteras, antigua y nueva, de El Triunfo a Jabín y Cañar. Allí está señalado por una faja estrecha de esquistos gráficas y de cuarcitas cuya esquistosidad tiene rumbos N 30° E a N 50° E y buza 20 a 70° al SE.

Resumiendo, la zona de sutura en el Ecuador aparece como un conjunto de escamas formadas por MORB o por peridotitas y gabros que representan sea restos del mar marginal que se encontraba separando al arco insular Macuchi del continente antes de la colisión (Fig. 5), sea parte del basamento de la parte oriental de dicho arco. La sección de la Fig. 5 sugiere que la subducción océano-continente que dió origen al arco continental Celica cesó en el Campiano cuando el arco oceánico Macuchi alcanzó la fosa Celica. Los fuertes buzamientos hacia el este de las fallas inversas de la zona de sutura reflejan posiblemente el manteo de la zona de subducción Celica cuando ocurrió la colisión. En la evolución que proponemos, la subducción océano-arco Macuchi siguió funcionando en el Eoceno y consideramos que la subducción ulterior al norte de $1^{\circ}30'$ Lat.S esta heredada directamente de la subducción Macuchi. Si la sutura está bastante bien definida, no es el caso de Dolores-Guayaquil la megafalla. Posiblemente esta megafalla se confunde en el Ecuador con la sutura, la que podría haber sido reactivada como falla dextral después de la colisión. Inclusive es verosímil considerar que el proceso colisional fue oblicuo con una componente dextral.

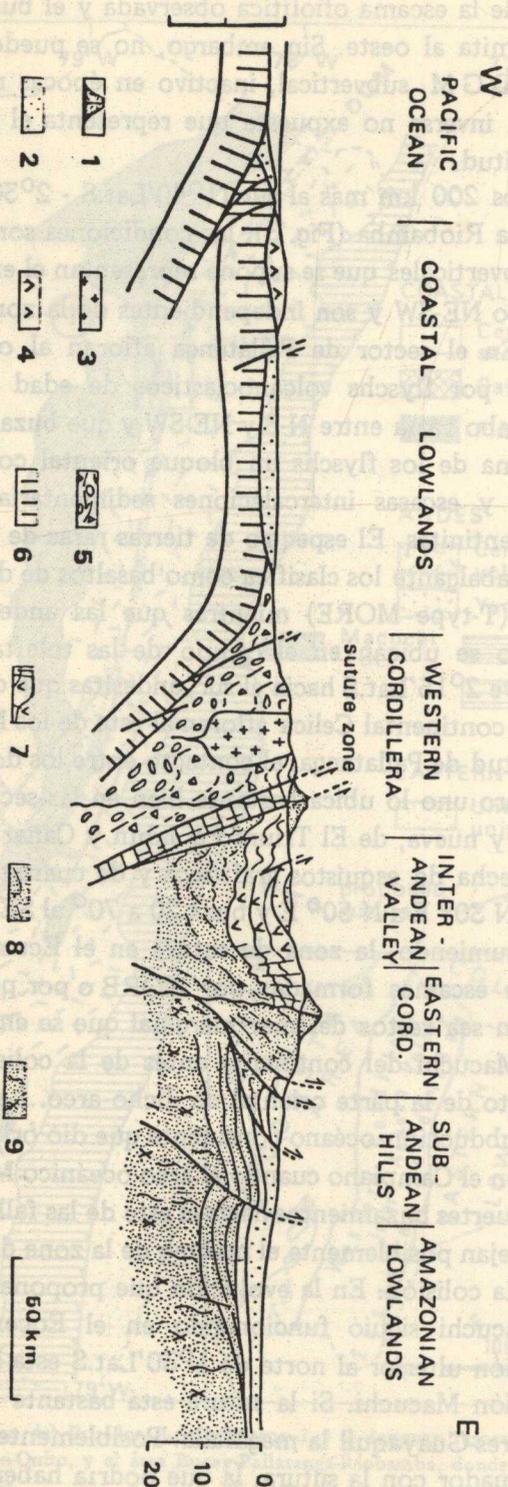


Fig. 4. Sección esquemática de los Andes del Ecuador, a partir de la compilación de datos del área entre 0° y 2030' Lat. S.

1) volcanes del Cenozoico tardío; 2) rocas clásicas del Terciario; 3) plutones del Terciario Superior; 4) rocas volcánoclasticas del Cretácico Superior Fm. Cayo; 5) rocas volcánicas del arco insular Macuchi y rocas sedimentarias asociadas; 6) corteza oceánica; 7) rocas sedimentarias mesozoicas, localmente con esquistosidad, las V representan rocas volcánicas del arco continental Cética; 8) rocas paleozoicas, en parte, metamórficas; 9) basamento precámbrico. Las unidades 4, 5 y 6 representan terrenos exóticos, y las unidades 7, 8 y 9 el borde occidental de América Nuclear.

Fig. 4. Schematic section of the Andes of Ecuador, based on compilation of data between 0° and 2030' S Lat.

1) Late Cenozoic volcanoes; 2) Tertiary clastic rocks; 3) Late Tertiary plutons; 4) Late Cretaceous volcanoclastic Cayo Fm.; 5) Volcanic rocks of the Macuchi island arc and associated sedimentary rocks; 6) Mesozoic sedimentary rocks, locally schistose, V's represent volcanic rocks of the Cética continental volcanic arc; 8) Paleozoic rocks, partly metamorphosed; 9) Precambrian basement. Units 4, 5 and 6 represent exotic terranes, and units 7, 8 and 9 the western border of Nuclear America.

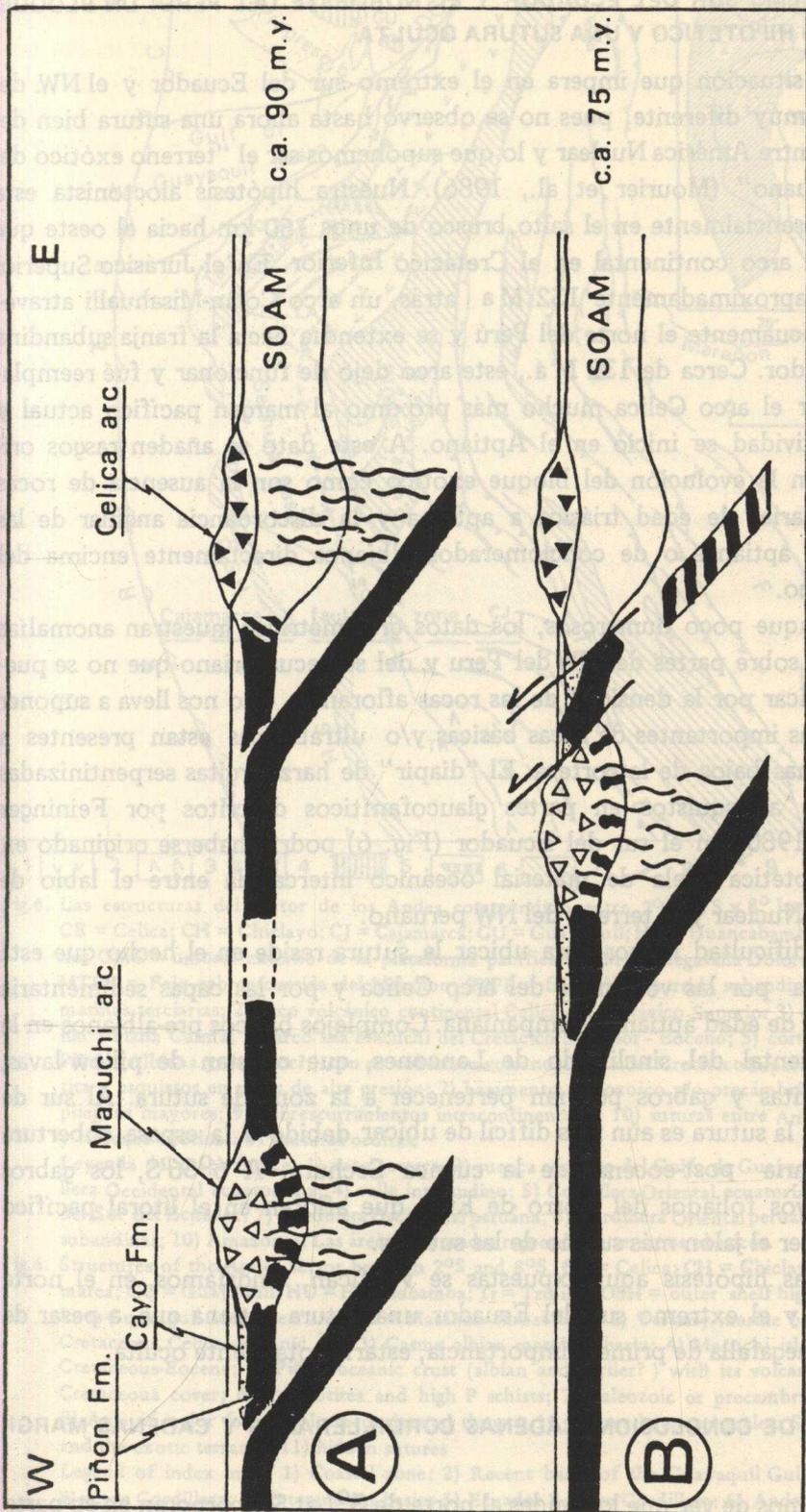


Fig. 5. Uno de los escenarios de tectónica de placas que puede explicar la evolución del Ecuador durante el Cretácico, según Lebrat et al., 1986.
 Fig. 5. A possible plate tectonics scenario to explain the evolution of Ecuador during the Cretaceous, after Lebrat et al., 1986.

EL EXTREMO SUR DEL ECUADOR Y EL NOROESTE DEL PERU: UN BLOQUE EXOTICO HIPOTETICO Y UNA SUTURA OCULTA

La situación que impera en el extremo sur del Ecuador y el NW del Perú es muy diferente, pues no se observó hasta ahora una sutura bien definida entre América Nuclear y lo que suponemos ser el "terreno exótico del NW peruano" (Mourier et al., 1986). Nuestra hipótesis aloctonista está basada esencialmente en el salto brusco de unos 150 km hacia el oeste que afecta al arco continental en el Cretácico Inferior. En el Jurásico Superior y hasta aproximadamente 132 Ma atrás, un arco Colan-Misahualli atravesaba oblicuamente el norte del Perú y se extendía hacia la franja subandina del Ecuador. Cerca de 132 Ma., este arco dejó de funcionar y fué reemplazado por el arco Celica mucho más próximo al margen pacífico actual y cuya actividad se inició en el Aptiano. A este dato se añaden rasgos originales en la evolución del bloque exótico como son la ausencia de rocas sedimentarias de edad triásica a aptiana y la discordancia angular de las areniscas aptianas o de conglomerados albianos directamente encima del Paleozoico.

Aunque poco numerosos, los datos gravimétricos muestran anomalías positivas sobre partes del NW del Perú y del sur ecuatoriano que no se pueden explicar por la densidad de las rocas aflorantes. Eso nos lleva a suponer que masas importantes de rocas básicas y/o ultrabásicas están presentes a niveles más bajos de la corteza. El "diapir" de harzburgitas serpentizadas asociadas a esquistos en partes glaucofaníticos descritos por Feininger (1978 - 1980) en el sur del Ecuador (Fig. 6) podría haberse originado en esta hipotética suela de material oceánico intercalada entre el labio de América Nuclear y el terreno del NW peruano.

La dificultad mayor para ubicar la sutura reside en el hecho que está recubierta por las volcanitas del arco Celica y por las capas sedimentarias asociadas de edad aptiana a campaniana. Complejos básicos pre-albianos en la parte oriental del sinclinal de Lancones, que constan de pillow-lavas, hialoclastitas y gabros podrían pertenecer a la zona de sutura. Al sur de 5° Lat. S, la sutura es aún más difícil de ubicar debido a la espesa cobertura sedimentaria post-eocena de la cuenca Sechura. A 6°56'S, los gabros cumulativos foliados del Morro de Etén que afloran en el litoral pacífico podrían ser el jalón más sureño de las suturas.

Si las hipótesis aquí expuestas se verifican, tendríamos, en el norte del Perú y el extremo sur del Ecuador una sutura aptiana que, a pesar de ser una megafalla de primera importancia, estaría totalmente oculta.

A MODO DE CONCLUSION: CADENAS CORDILLERANAS Y CADENAS MARGINALES

Acabamos de ver que los Andes al norte de 3° Lat. S incorporan en su parte

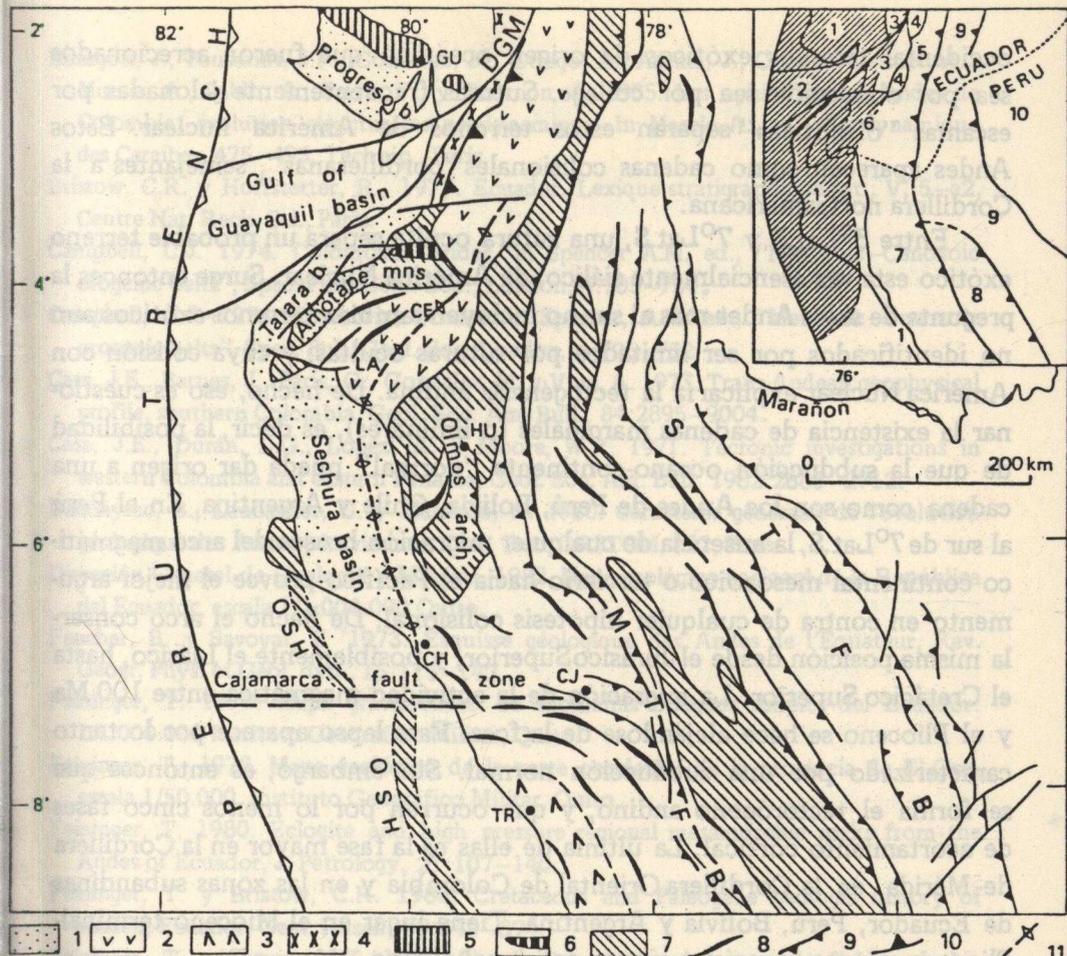


Fig.6. Las estructuras del sector de los Andes comprendido entre 2° Lat. S y 8° Lat. S.

CE = Celica; CH = Chiclayo; CJ = Cajamarca; GU = Guayaquil; HU = Huancabamba; Tr = Trujillo; OSH = umbral externo de la plataforma pacífica; DGM = Megafalla Dolores-Guayaquil; MTFB = Faja sobreescurrada del Marañón; STFB = faja sobreescurrada subandina; 1) cuencas marinas terciarias; 2) arco volcánico continental Celica del Cretácico Superior; 3) cuenca marginal albiana Casma; 4) arco isla Macuchi del Cretácico Superior - Eoceno; 5) corteza oceánica Piñón (Albiana y anterior?) con su cobertura volcanoclástica del Cretácico Superior; 6) peridotita y esquistos en parte de alta presión; 7) basamento paleozoico y/o precámbrico; 8) ejes de pliegues mayores; 9) sobrescurrimientos intracontinentales; 10) suturas entre América Nuclear y terrenos exóticos; 11) suturas ocultas.

Leyenda del mapa índice: 1) zona costera; 2) cuenca reciente del Golfo de Guayaquil; 3) Cordillera Occidental ecuatoriana; 4) valle interandino; 5) Cordillera Oriental ecuatoriana; 6) Andes del Sur del Ecuador; 7) Cordillera Occidental peruana; 8) Cordillera Oriental peruana; 9) Lomas subandinas; 10) Amazonía. Las áreas hachuradas representan terrenos exóticos.

Fig.6. Structures of the Andes sector between 2°S and 8°S CE = Celica; CH = Chiclayo; CJ = Cajamarca; GU = Guayaquil; HU = Huancabamba; Tr = Trujillo; OSH = outer shelf high; DGM = Dolores-Guayaquil Megashear; MTFB = Marañón thrust belt; 1) Tertiary marine basins; 2) Late Cretaceous Celica volcanic arc; 3) Casma albian marginal basin; 4) Macuchi island arc, Late Cretaceous-Eocene; 5) Piñón oceanic crust (albian and earlier?) with its volcanoclastic Late Cretaceous cover; 6) Peridotites and high P schists; 7) Paleozoic or precambrian basement; 8) Axis of major folds; 9) Intracontinental thrusts; 10 sutures between nuclear South America and the exotic terranes; 11) hidden sutures

Legend of index map: 1) Coastal zone; 2) Recent basin of the Guayaquil Gulf; 3) Ecuador Western Cordillera; 4) Interandean basin; 5) Ecuador Eastern Cordillera; 6) Andes of Southern Ecuador; 7) Perú Western Cordillera; 8) Peru Eastern Cordillera; 9) Subandean hills; 10) Amazonia. Exotic terrane hatched.

occidental terrenos exóticos de origen oceánico que fueron acrecionados sea por obducción sea por collage. Suturas frecuentemente jaladas por escamas "ofiolíticas" separan estos terrenos de América nuclear. Estos Andes aparecen como cadenas colisionales "cordilleranas", semejantes a la Cordillera norteamericana.

Entre 3°Lat.S y 7°Lat.S, una sutura oculta separa un probable terreno exótico esta vez esencialmente siálico, de América Nuclear. Surge entonces la pregunta de si los Andes más al sur no incluyen también terrenos exóticos aun no identificados por ser limitados por suturas ocultas, y cuya colisión con América Nuclear explicaría la tectogénesis andina. De hecho, eso es cuestionar la existencia de cadenas marginales (o liminares), es decir, la posibilidad de que la subducción oceano-continente "normal" pueda dar origen a una cadena como son los Andes de Perú, Bolivia, Chile y Argentina. En el Perú al sur de 7°Lat.S, la ausencia de cualquier migración brusca del arco magmático continental mesozoico o terciario hacia el Pacífico provee el mejor argumento en contra de cualquier hipótesis colisional. De hecho el arco conserva la misma posición desde el Jurásico Superior, y posiblemente el Liásico, hasta el Cretácico Superior: La migración de la actividad magmática entre 100 Ma y el Plioceno se hace alejándose de la fosa. Este lapso aparece por lo tanto caracterizado por una subducción normal. Sin embargo, es entonces que se forma el tectorógeno andino, y que ocurren por lo menos cinco fases de acortamiento cortical. La última de ellas es la fase mayor en la Cordillera de Mérida, en la Cordillera Oriental de Colombia y en las zonas subandinas de Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina. Tiene lugar en el Mioceno terminal-Plioceno sin que se registre evento colisional alguno.

La existencia misma del orógeno andino de tipo marginal parece por lo tanto bien establecida, pero quedan por resolver varios problemas fundamentales como son (i) definir cual es la parte respectiva del acortamiento cortical, de los aportes magmáticos y de los aportes por erosión tectónica a lo largo de la fosa en la construcción de la espesa raíz cortical de los Andes, e (ii) correlacionar los eventos registrados en la cadena, y en particular los eventos compresionales y magmáticos, con los eventos oceánicos susceptibles de cambiar la velocidad de la subducción y su geometría.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte del Proyecto PICG 202 "Megafallas de Sudamérica".

REFERENCIAS

- Baldock, J. 1982. Geología del Ecuador, Dir. Gal. Geol., Quito, 1-70.
Barrero, D., 1979. Geología of the Central western Cordillera, west of Buga and Roldanillo, Colombia, Ingeominas, Publ. Geol. espec., 4:1-75.

- Bourgeois, J., Toussaint, J.F., González, M., Orrego, A., Azema, J., Calle, B. Desmet, A., Murcia, A., Pablo, A., Parra, F., y Tournon, J., 1985. Les ophiolites des Andes de Colombie: évolution structurales geodynamique. In Mascle A., ed., *Geodynamique des Caraïbes*, 475–493, Technip., Paris.
- Bristow, C.R. y Hoffstetter, R., 1977. Ecuador, *Lexique stratigraphique int.*, V, 5–a2, Centre Nat. Rech. Sci., Paris.
- Campbell, C.J. 1974. Colombian Andes, in Spencer A.M. ed., "Mesozoic–Cenozoic orogenic belts", *Spec. Pub. Geol. Soc.*, London, 4:705–724.
- Campbell, C.J. 1974. Ecuatorian Andes, in Spencer, A.M. ed., "Mesozoic–Cenozoic orogenic belts", *Spec. Pub. Geol. Soc. London*, 4:725–732.
- Case, J.E., Barnes, J., Paris, G., González, M. y Vina, A. 1973. Trans-Andean geophysical profile, southern Colombia, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 84:2895–9004.
- Case, J.E., Durán, L.G., López, A. y Moore, W.R. 1971. Tectonic investigations in western Colombia and eastern Panama, *Geol. Soc. Am. Bull.* 1982:2685–2712.
- Dalmayrac, B., Laubacher, G. y Marocco, R. 1980. Caracteres généraux de l'évolution géologique des Andes péruviennes, *Trav. Doc. ORSTOM*, 122, Paris.
- Dirección General de Geología y Minería, 1982. Mapa geológico nacional de la República del Ecuador, escala 1/1.000.000 Quito.
- Faucher, B. y Savoyat, E. 1973. Esquisse géologique des Andes de l'Equateur, *Rev. Geogr. Phys. et Geol. dyn.*, 15:115–142.
- Feininger, T. 1977. Mapa gravimétrico de anomalías Bouguer simples del Ecuador: 1/1.000.000 Instituto Geográfico Militar, Quito.
- Feininger, T., 1978. Mapa geológico de la parte occidental de la provincia de El Oro, escala 1/50.000, Instituto Geográfico Militar, Quito.
- Feininger, T. 1980. Eclogite and high pressure regional metamorphic rocks from the Andes of Ecuador, *J. Petrology*, 21:107–140.
- Feininger, T. y Bristow, C.R. 1980. Cretaceous and Paleogene geologic history of coastal Ecuador, *Geol. Rdsch*, 69:849–874.
- Feininger, T. y Seguin, M.K. 1983. Simple Bouguer gravity anomaly field and the inferred crustal structure of continental Ecuador, *Geology*, 11:40–44.
- Goossens, P.J. y Rose, W.I. 1973. Chemical composition and age determination of tholeiitic rocks in the basic igneous complex, Ecuador., *Geol. Soc. A., Bull.*, 84:1043–1052.
- Henderson, W.C. 1979. Cretaceous to Eocene volcanic arc activity in the Andes of northern Ecuador, *J. Geol. Soc. London*, 136:367–378.
- Juteau, J., Megard, F., Raharison, L. y Whitechurch, H. 1977. Les assemblages ophiolitiques de l'Occident équatorien: nature pétrographique et position structurale. *Bull. Soc. Geol. France*, 19:1127–1132.
- Lebrat, M. 1985. Caracterisation géochimique du volcanisme anté-orogénique de l'Occident équatorien: implications géodynamiques *Doc. Trav. Centre Géol. Géophys.*, Montpellier, 6:118 pp.
- Lebrat, M., Megard, F., Dupuy, C. y Dostal, J. 1985a. Geochemistry of the Cretaceous volcanic rocks of Ecuador: geodynamic implications. *Subm. to Geol. Soc. Am. Bull.*
- Lebrat, M., Megard, F., Juteau, T. y Calle, J. 1985b. Pre-orogenic volcanic assemblages and structure in the western Cordillera of Ecuador between 1°40'S and 2°20'S, *Geol. Rdsch*, 74:343–351.
- Megard, F. 1978. Etude géologique des Andes du Pérou central. *Mem ORSTOM*, 86, Paris.
- Megard, F. 1986. Structural and evolution of the Peruvian Andes, in: Schaer, J.P. and

