

Los terrenos exóticos del occidente ecuatoriano y sus relaciones con Suramérica

En el territorio ecuatoriano, 3° S hacia el norte, se distinguen una parte occidental "exótica" provista de un basamento oceánico, que corresponde a la Costa y a la mayor parte de la Cordillera Occidental, y una parte oriental "integral" con basamento siálico, que pertenece a América del Sur nuclear (SOAM) por lo menos desde el Cretáceo inferior y que se extiende sobre el Oriente, la Cordillera Oriental, el valle interandino y una franja estrecha en el borde este de la Cordillera Occidental.

LOS TERRENOS EXOTICOS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL Y DE LA COSTA

La Cordillera Occidental

En la Cordillera Occidental afloran basaltos, andesitas basálticas y dacitas. Son en una pequeña parte MORB de tipo transicional, y el resto rocas de arco intraoceánico (véase Lebrat y Mégard, este volumen). Sedimentos intercalados dan edades que van del Senoniano al Eoceno (Faucher y Savoyat 1973, Henderson 1979, Eguez 1986). Según las áreas consideradas, la actividad volcánica de arco cesó, sea en el Cretáceo terminal - Paleoceno, sea en el Eoceno, y luego se depositaron sedimentos diacrónicos que sin embargo registran similares cambios de batimetría. Encima de las rocas del arco se depositaron primero sedimentos de poca profundidad, frecuentemente carbonatados y hasta de tipo arrecifal, que pasan rápidamente hacia arriba a flyschs que representan partes distales a centrales de "deep sea fan" depositadas a profundidades mucho mayores. Los flyschs son feldespáticos en su parte inferior y en su parte superior se enriquecen en cuarzo y en micas detríticas y luego en lentes y bancos de conglomerados con cantos de cuarzo de veta de origen continental.

Nos proponemos interpretar este tipo de evolución batimétrica por el descenso hacia una fosa de subducción de un arco insular engarzado en una placa oceánica. Al llegar al fondo de la fosa el segmento de arco con-

siderado, los depósitos clásticos gruesos originados en el continente cubren al flysch. Este tipo de evolución se conoce en otras partes del mundo, como por ejemplo en el flanco oeste de la Sierra Nevada en California, donde los flyschs "Mariposa" se sedimentaron encima de un arco poco antes que este llegara a la fosa en la cual fue recubierto por conglomerados originados en parte en el continente situado más al este (Schweickert, 1981). El paso siguiente es la acreción del arco al margen continental activo. El hecho que la misma sucesión de eventos se haya producido primero en el Cretáceo terminal y segundo en el Eoceno sugiere que la Cordillera Occidental del Ecuador comprende por lo menos dos terrenos exóticos de tipo arco insular, el terreno Nono-Shobol, acrecionado a fines del Cretáceo o en el Paleoceno, y el terreno Macuchi, acrecionado en el Eoceno o a más tardar a comienzos del Oligoceno. Dicho de otra forma, interpretamos la Cordillera Occidental como un complejo de acreción formado por el "collage" sucesivo de dos arcos al margen activo de SOAM. El hecho de que en esta Cordillera predominen los buzamientos hacia el este (Juteau et al., 1977; Eguez, 1986) cuadra con esta hipótesis.

Otros terrenos acrecionados están presentes a lo largo de la sutura con SOAM, en la parte este de la Cordillera Occidental; se trata de escamas alargadas de dirección N-S que presentan una litología peculiar. Las consideramos como partes de la zona de sutura entre SOAM y los grandes terrenos acrecionados Nono-Shobol y Macuchi. La más conocida de estas escamas forma el complejo ofiolítico de la Qda. San Juan, 15 km al SW de Quito, que consta de peridotitas y gabbros bandeados buzando 80° al este, y de diques de dolerita (Juteau et al., 1977). Al este de la carretera Riobamba-Bucay, entre el km 109 (1° 50' S) y los alrededores de Multitud (2° 19' S), aflora otra escama buzando al este y formada por basaltos macizos y almohadillados, con composición de MORB de tipo transicional, asociados con algo de sedimentos. Allí también las lavas buzaban al este, así como la falla inversa que los separa de los flyschs al oeste (Lebrat et al., 1985). Consideramos (Lebrat et al, 1986 y este volumen) que estas escamas pueden ser restos del piso de un mar marginal originalmente entre el terreno Nono-Shobol y SOAM.

La Costa

El área costera se caracteriza por el basamento oceánico Piñón compuesto mayormente por MORB de tipo normal (véase Lebrat y Mégard, este volumen), de edad cretácea inferior, cubierto por la serie Cayo esencialmente turbidítica y de edad cenomaniana superior a maastrichtiana. En el Cayo, son comunes los depósitos de mass flow que contienen bloques de rocas volcánicas que varían de andesita basáltica a riolita. Al no disponer de una fuente local para estos clastos, suponemos que derivan de las rocas de arco más cercanas, es decir de uno de los arcos insulares que hoy forman la Cordillera Occidental. Tomando en

cuenta el parentesco entre las calizas arrecifales eocénicas del terreno Macuchi y las turbiditas calcáreas San Eduardo que cubren a las turbiditas Cayo (Feininger y Bristow, 1980), pensamos que el área costera estuvo siempre contigua al terreno Macuchi y/o a sus posibles equivalentes más norteños (véase mapa al 1/1 000 000, DGGM, 1982) y que posiblemente forman parte de un mismo y extenso terreno exótico Piñón-Macuchi. Queda por saber si el área Piñón se encontraba en posición ante-arco (Lebrat et al., 1986) o tras-arco (Feininger y Bristow, 1980). Nos inclinamos por la primera alternativa, mayormente por el hecho de que el volcanismo en el margen activo continental ecuatoriano se reinició poco después de la acreción a SOAM del terreno Piñón-Macuchi (Formación Silante y formaciones Pisayambo, Alausí, Saraguro). Este fenómeno se entiende más fácilmente considerando que la zona de subducción "Macuchi" se encontraba al oeste del terreno Piñón-Macuchi y que le "tomó la posta" a la zona de subducción que bordeaba el continente anteriormente.

EL BORDE OCCIDENTAL DE AMERICA DEL SUR

Otro conjunto volcánico pre-orogénico Cretáceo ha sido definido en el Sur del Ecuador; es el arco Celica (véase Bristow y Hoffstetter, 1977), que según el mapa geológico al 1/1 000 000 (DGGM, 1982) se extiende hacia la región de Cuenca. Las investigaciones geoquímicas de Lebrat (1985) muestran que tiene las características de un arco continental. Muestran también que rocas análogas están presentes en la Cordillera Occidental cerca a Cañar y a Huigra; sería por lo tanto de interés conocer la geoquímica de los pocos afloramientos de "Volcánicos Macuchi" s.l. conocidos en el valle interandino al norte de Riobamba ya que también podrían pertenecer a un arco continental. En el sur del país, la edad de las rocas sedimentarias asociadas con el arco Celica está comprendida entre el Aptiano y el Campaniano, época en que termina el volcanismo pre-orogénico a estas latitudes.

Estos datos establecen la presencia de una subducción oceánica "Celica" debajo de SOAM desde el Aptiano hasta el Cretáceo terminal (Campaniano ?) o posiblemente el Paleoceno (Fm. Sacapalca y Gonzanamá) en el sur del Ecuador. Proponemos que la extinción del arco continental Celica marca el inicio del periodo de acreción a SOAM del arco oceánico Nono-Shobol. El volcanismo de arco continental parece que sólo se reinició luego en el Oligoceno (véase Fm. Saraguro en Bristow y Hoffstetter, 1977).

El basamento continental de las volcanitas Celica aflora en el sur, donde corresponde en parte a SOAM y en parte a un probable microcontinente acrecionado antes del Aptiano. Más al norte, pensamos que rocas débilmente metamórficas como las de Guasuntos representan la parte superior de este basamento.

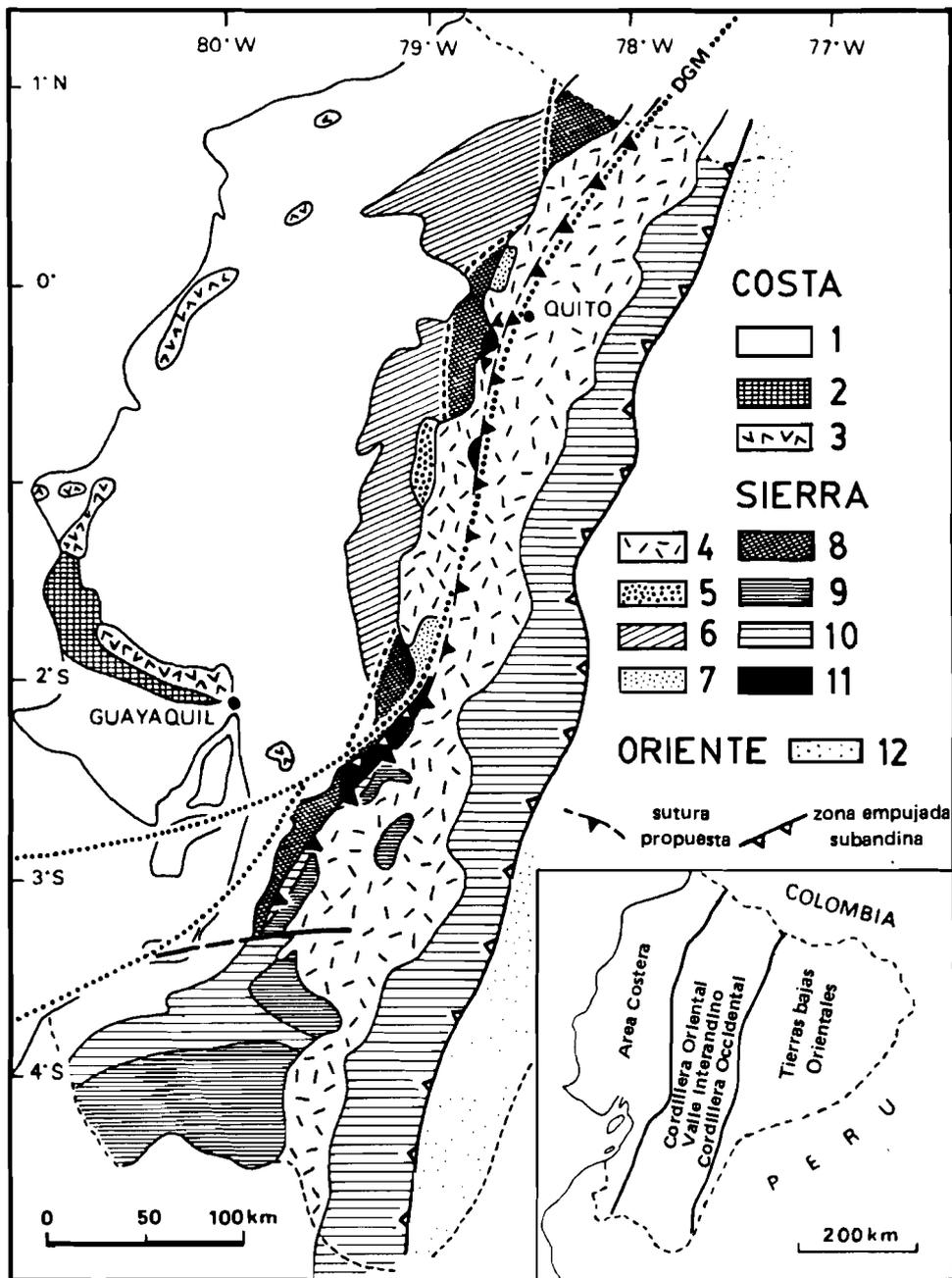


Figura 1.
MAPA GEOLOGICO ESQUEMATICO DEL ECUADOR

Costa: 1) Cobertura terciaria, 2) fm. Cayo, 3) fm. piñón. Andes: 4) cobertura oligocena o cuaternaria volcánica y terrígena, 5) calizas, flysch y conglomerados eocenos de la cobertura del arco Macuchi, 6) rocas volcánicas del arco Macuchi, 7) flysch y conglomerados mastrichtianos o paleocenos de la cobertura del arco Nono-Shobol, 8) rocas volcánicas del arco Nono-Shobol, 9) rocas volcánicas del arco Celica y capas sedimentarias asociadas, 10) rocas metamórficas mesozoicas y pre-mesozoicas, 11) escamas ofiolíticas en la sutura, 12) Oriente: rocas sedimentarias sin diferencias.

LA SUTURA ENTRE SOAM Y LOS TERRENOS EXOTICOS

Las áreas de repartición de las volcanitas continentales Celica y de los complejos ofiolíticos o de arco insular, corresponden verosímilmente a las de los basamentos continental y oceánico, respectivamente, como ya lo propusieron Feininger y Seguin (1983). La sutura entre SOAM y los complejos acrecionados, a pesar de no haber sido observada en el campo hasta ahora, puede localizarse con una buena aproximación cerca a Quito y entre 2° y 2° 40' S. A la latitud de Quito, se ubica entre el complejo ofiolítico de Qda. San Juan, unos 15 km al SE de la ciudad, y las canteras de lavas que Bruet (1949) estudió en la ciudad misma, descubriendo en ellas enclaves de gneises con cordierita, gneises piroxénicos y dioritas foliadas, que para Leyreloup (com. oral) son granulitas típicamente conocidas en la base de la corteza continental. Entre 2° y 2° 40' S, la presencia de volcanitas Celica en el borde este de la Cordillera Occidental, y de MORB o de complejos de arco insular algo más al oeste, permite también ubicar la sutura. Esta se sitúa, pensamos, en el contacto occidental de las rocas esquistosas de derivación sílica que afloran en las carreteras nueva y antigua de El Triunfo a Cañar.

2° S hacia el norte, Feininger y Seguin (1983) suponen que la sutura sería vertical y confundida con el enigmático "Dolores-Guayaquil Megashar" o D.G.M. de Case et al. (1971), que correría a lo largo del borde oeste del valle interandino. Sin embargo, al torcer este accidente hacia el sur a los 2° S, la sutura en el sector más al sur aparece como una estructura independiente del DGM. La geometría de la sutura no se observó directamente hasta ahora, pero la deducimos de la de las escamas ofiolíticas o de MORB observadas en la zona de sutura, las cuales buzan fuertemente al este.

LA EVOLUCION CRETACEA Y EOTERCIARIA DEL AREA ANDINA

Varios escenarios fueron propuestos para dar cuenta de la evolución que terminó en la acreción de terrenos oceánicos en el Occidente Ecuatoriano. Unos son autoctonistas (Kennerley 1980, Baldock 1985, Egüez 1986), otros aloctonistas (Feininger y Bristow 1980, Lebrat et al. 1985).

Al proponer que las dos secuencias litológicas diacrónicas volcánicas de arco-calizas-flysch-conglomerados de la Cordillera Occidental correspondan al descenso de arcos insulares en una fosa de subducción situada al borde del continente, escogimos de hecho una hipótesis aloctonista. Esta hipótesis está apoyada por los primeros datos paleomagnéticos que indican una fuerte rotación del "área Piñón" (Roperch y Laj, com. oral).

Al establecer un modelo evolutivo, hay que tomar en cuenta factores temporales (Fig. 2), estructurales (Fig. 3), magmáticos (Lebrat y

Mégard, este volumen) y también la paleocinematología de las placas. Esta última se puede reconstruir con bastante precisión hasta 50 Ma atrás (Pilger 1983, Cande y Leslie 1986). Según estos últimos autores, una convergencia como la actual, de dirección cercana a E-W y valores de 8 a 12 cm/año, funcionó hasta 26 Ma. Direcciones entre N 12 E y N 35 E y velocidades entre 6.5 y 8.5 cm/año caracterizaron la época entre 26 y 50 Ma. Es verosímil que una dirección de convergencia cercana a NE predominó entre 50 y 80 Ma (Cande, 1983). Estos datos implican una subducción muy oblicua para la época entre 26 y 80 Ma, con movimientos dextrales importantes a lo largo de la fosa Farallón-SOAM y de todas las fallas continentales subparalelas presentes en el margen activo (véase Beck 1983), hecho también subrayado por Mc Court et al. (1984) en Colombia.

Muchos puntos oscuros se aclaran usando la visión movilista de la evolución que proponemos:

- La extinción del volcanismo Celica en el Cretáceo terminal se explica por la colisión, frente al NW del Perú y al SW del Ecuador, de terrenos exóticos que luego migraron a lo largo de fallas transcurrentes dextrales y fueron a acrecionarse más al norte en Colombia o en el Ecuador (terrenos de tipo Nono-Shobol).
- La presencia de conglomerados de edad maastrichtiana o paleocena conteniendo cantos de cuarzo de veta en el tope de la columna del terreno Shobol, es difícil de entender ya que el basamento continental ecuatoriano entonces era deprimido y formaba el piso de una cuenca flysch superpuesta a volcánicos de tipo Celica. En el marco de nuestra hipótesis, se puede imaginar que dichos cantos fueron recogidos por el terreno Shobol cuando llegó a la fosa frente a los relieves entonces emergidos de los Montes Amotape-Tahuin y que este terreno fue luego desplazado dextralmente de unos 250 km hacia el norte. El mismo proceso puede ser invocado para explicar la formación de los conglomerados del terreno Macuchi, unos 20 o 30 Ma más tarde. Sin embargo, cuando este terreno alcanzó la fosa en el Eoceno superior o el Oligoceno inferior, la Cordillera Oriental ya estaba levantada como lo muestran los conglomerados Tiyuyacu del Oriente (véase p. ej. Faucher y Savoyat, 1973) y podía ser una fuente alternativa para el cuarzo detrítico.
- La contigüidad de los arcos Nono-Shobol y Celica entre 2º S y 3º S es muy marcada y sólo se explica por la ausencia de toda la parte del margen continental normalmente comprendida entre la fosa y el arco Celica. Al no observarse sobre-escurrecimientos, queda sólo la solución de hacer migrar las partes que faltan hacia el norte por translaciones dextrales de gran amplitud.
- La repetición del mismo proceso migratorio en el Paleoceno y el Eoceno explicaría la ausencia de los ante-arcos (o alternativamente de los tras-arcos) antes asociados al arco Nono-Shobol.

El escenario que proponemos para explicar la evolución cretácea y

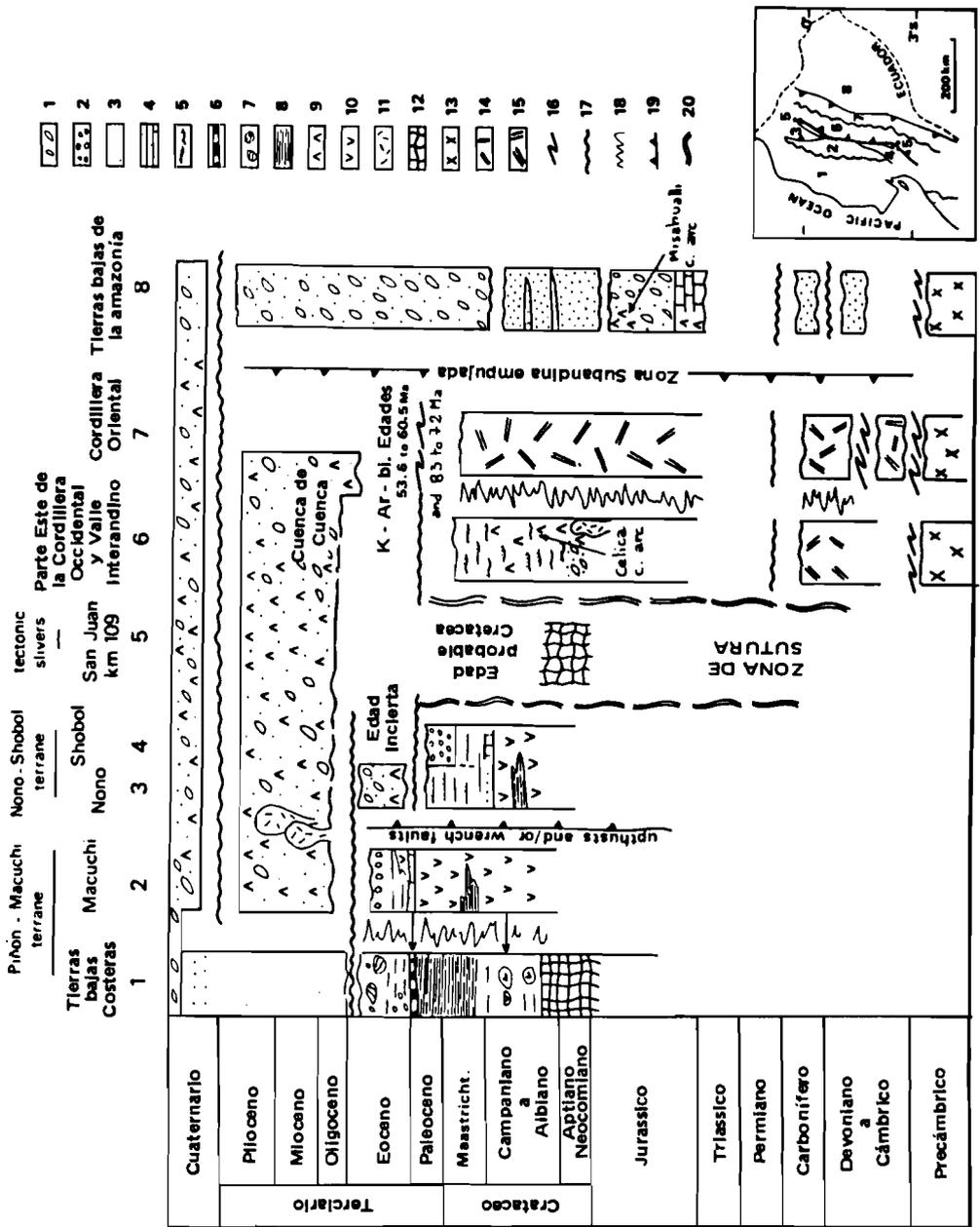
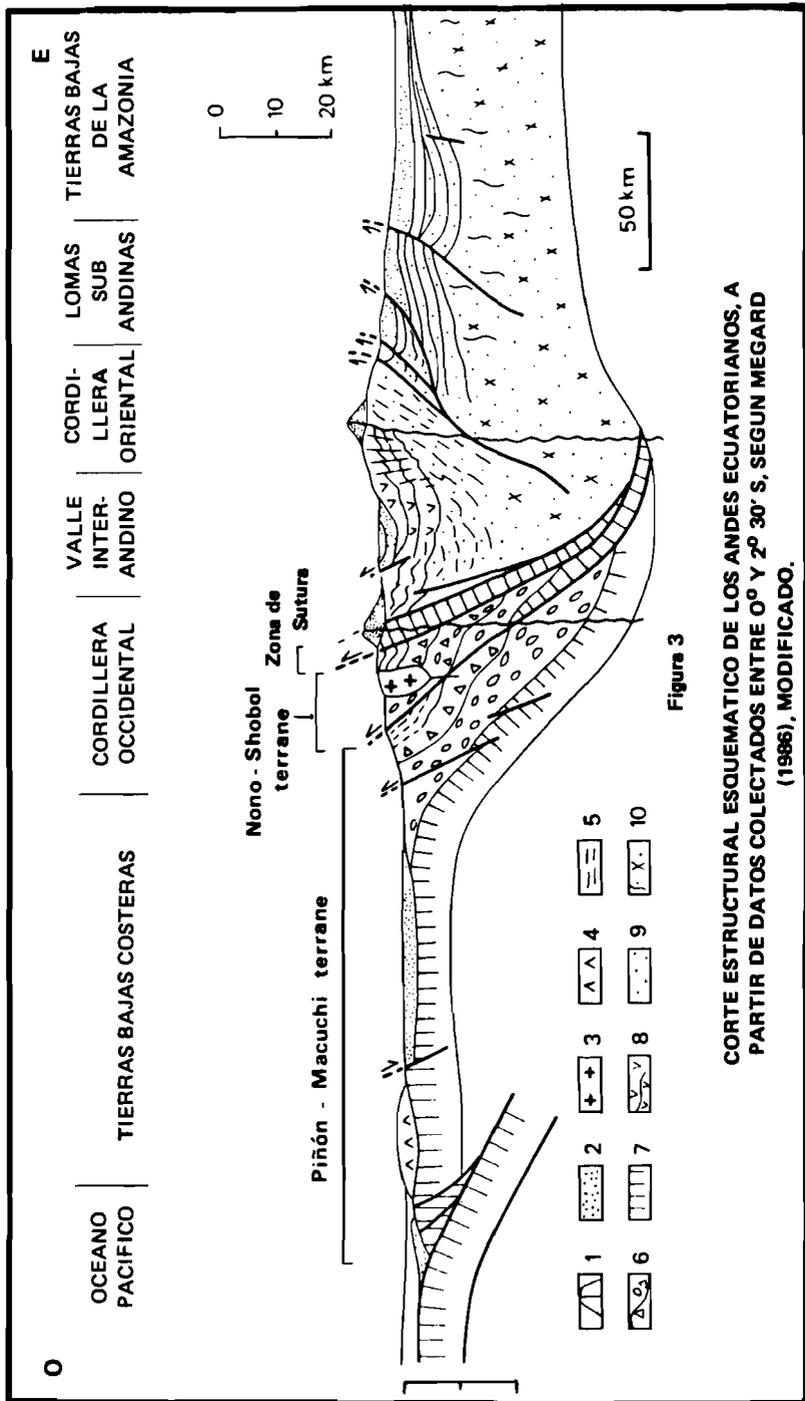


Figura 2.
COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS Y DIAGRAMA EVOLUTIVO QUE MUESTRA LA HISTORIA DE LA ACRECION MESOZOICA EN EL ECUADOR.

1) rocas terrígenas no-marinas, 2) conglomerados marinos, 3) rocas terrígenas marinas de poca profundidad, 4) rocas carbonatadas marinas de poca profundidad, 5) flyschs terrígenos, 6) flyschs calcáreos, 7) olistostromos, 8) rocas sedimentarias marinas de grano fino y de gran profundidad, 9) volcanitas de arco continental, 10) volcanitas de arco oceánico, 11) granitoides, 12) ofiolitas, basamento oceánico, 13) basamento cristalino precámbrico, 14) rocas metamórficas, de baja P/T, 15) rocas metamórficas de alta P/T, 16) fase de metamorfismo y de deformación, 17) fase de deformación, 18) cambio de facies, 19) cabalgamientos, 20) zonas de sutura.



CORTE ESTRUCTURAL ESQUEMATICO DE LOS ANDES ECUATORIANOS, A PARTIR DE DATOS COLECTADOS ENTRE 0° Y 2° 30' S, SEGUN MEGARD (1986), MODIFICADO.

Todas las zonas: 1) Volcanes del Cenozoico superior, 2) rocas clásticas y volcánicas del Oligoceno y del Neogeno, 3) plutones terciarios. Océano Pacífico y terrenos acrecionados: 4) formación Cayo, 5) cobertura sedimentaria de los arcos acrecionados, 6) rocas volcánicas de los arcos acrecionados, 7) corteza oceánica. Borde oeste de America del Sur nuclear: 8) rocas sedimentarias mesozoicas, localmente con clivaje, las Vs indican las volcanitas Celica, 9) rocas paleozoicas, en parte matamórficas, 10) basamento precambriano.

terciaria del margen ecuatoriano es bastante similar al que propusieron Feininger y Bristow en 1980. Estos autores dieron particular importancia a varios puntos que nos parecen también fundamentales como son los movimientos dextrales a lo largo de un proto-Guayaquil-Dolores-Mega-shear o la oblicuidad del arco Macuchi respecto al margen suramericano, que pueden explicar fenómenos diacrónicos de sur a norte.

Sin embargo nuestro modelo difiere del de estos autores por la existencia de dos arcos cuya acreción es diacrónica y por la polaridad que proponemos para el arco Macuchi. Sus principales elementos son:

- Un margen activo en el borde oeste de SOAM que funcionó por lo menos desde el Aptiano, dando origen al arco continental Celica.
- Dos arcos intraoceánicos cretáceos distantes de varios centenares de km, implantados en el Pacífico este que ha de subdividirse entonces en tres placas que reemplazan a la placa única Farellones. No tenemos argumentos para la polaridad del arco Nono-Shobol, ya que no conocemos las zonas tras-arco o ante-arco que le fueron asociadas y que fueron subducidas por una parte y por otra desplazadas dextralmente hacia el norte a lo largo de fallas transcurrentes longitudinales.
- La acreción oblicua del arco Nono-Shobol que empezaría a la latitud del NW del Perú -SW del Ecuador en el Cretáceo terminal y progresaría hacia el norte hasta terminarse en el Maastrichtiano o el Paleoceno; el arco así acrecionado se clivaría en varios bloques tectónicos que migrarían paulatinamente hacia el norte, dejando momentáneamente libre de terrenos acrecionados la parte del margen comprendida entre 3° 20' S y 7° S.
- La acreción del arco Piñón-Macuchi se produciría de forma semejante en el Eoceno, pero en este caso el ante-arco Pinón quedaría adherido al arco Macuchi. El volcanismo Macuchi cesaría sólo al bajar el arco a la fosa y un volcanismo de margen continental activo le sucedería poco después, apenas la zona de subducción hubiera experimentado, conjuntamente con el arco y ante-arco, una rotación paulatina en el sentido horario.
- La deformación y el metamorfismo en la Cordillera Oriental tienen una edad que varía entre 81.3 y 72.2 Ma en 4° 30' S, 60.6 Ma en 2° 30' S, 59.6 y 56.5 Ma en 1° 20' S y 59.1 a 53.6 Ma en 0° 20' S, siendo todos estos datos edades K-Ar sobre biotitas o muscovitas. Estas edades cubren el período Campaniano-Eoceno medio, es decir el período global en que ocurrieron las colisiones, y hasta dan la impresión de reflejar un fenómeno que se desplaza de sur a norte. Al estar asociado este metamorfismo dinámico con estructuras de vergencia este, pensamos que el conjunto deformación-metamorfismo es debido a la activación, por las colisiones, de un sistema de fallas inversas y cabalgamientos antitéticos de la subducción.

BIBLIOGRAFIA

- BALDOCK, J.W., 1985. The Northern Andes: a review of the Ecuadorian Pacific margin. In "The Ocean basins and margins", A.E.M. Nairn and F.G. Stehli, eds., 7a, The Pacific, 181-217.
- BECK, M.E., 1983. On the mechanism of tectonic transport in zones of oblique subduction. *Tectonophysics*, 93, 1-11.
- BRUET, E., 1949. Les enclaves des laves des volcans de Quito, République de l' Equateur. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 19, 477-491.
- CANDE, S.C., 1983. Nazca - South America plate interactions 80 m. y B.P. to Present. *EOS*, 64, 45, 865.
- CANDE, S.C. y LESLIE, R.B., 1986. Late Cenozoic tectonics of the Southern Chile trench. *J. Geophys. Res.*, 91, B1, 471-496.
- CASE, J.E., DURAN, L.G., LOPEZ, A. y MOORE, W.R., 1971. Tectonic investigations in Western Colombia and eastern Panama. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 82, 2685-2712.
- DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA Y MINERIA, 1982. Mapa geológico nacional de la República del Ecuador, escala 1/1 000 000 Quito.
- EGUEZ, A., 1986. Evolution cénozoïque de la Cordillère Occidentale septentrionale d' Equateur (0° 15' S á 1° 10' S). Les mineralisations associées. Tesis de 3er ciclo, sin publicar, 116 p., U.P. y M. Curie, Paris.
- FAUCHER, B. y SAVOYAT E., 1973. Esquisse géologique des Andes de l' Equateur. *Rev. Geogr. Phys. Géol. Dyn.*, 15, 115-142.
- FEININGER, T. y BRISTOW, G., 1980. Cretaceous and Paleogene geologic history of Coastal Ecuador. *Geol. Rdschau*, 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.
- HENDERSON, W.G., 1979. Cretaceous to Eocene volcanic arc activity in the Andes of northern Ecuador. *J. Geol. Soc. London*, 136, 367-378.

- JUTEAU, T., MÉGARD F., RAHARISON, L. y WHITECHURCH, H., 1977. Les assemblages ophiolitiques de l'Occident équatorien: nature pétrographique et position structurale. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 19, 25, 1127-1132.
- KENNERLEY, J.B., 1980. Outline of the geology of Ecuador. *Overseas Geo. and Min. Resour.*, 55, 1-17, Londres.
- LEBRAT, M., 1985. Caractérisation géochimique du volcanisme anté-orogénique de l'Occident équatorien: implications géodynamiques. *Doc. Trav. Centre Géol. Géophys*, 6, 118 p., Montpellier.
- LEBRAT, M., MEGARD, F., DUPUY, C., y DOSTAL, J., 1986. Geochemistry of the Cretaceous volcanic rocks of Ecuador. *Geol. Soc. Am. Bull.*, in press.
- LEBRAT, M., MEGARD, F., JUTEAU, T., y CALLE, J., 1985. Pre-orogenic volcanic assemblages and structure in the Western Cordillera of Ecuador between 1° 40' S and 2° 20' S. *Geol. Rdschau*, 74, 343-351.
- MC COURT, W.J., ASPDEN, J.A., y BROOK, J.M., 1985. New geological and geochronological data from the Colombian Andes: continental growth by multiple accretion. *J. Geol. Soc. London*, 141, 831-845
- PILGER, R.H., 1983. Kinematics of the South American subduction zone from global plate reconstructions. In "Geodynamics of the eastern Pacific region, the Caribbean and the Scotia Arc", ed. R. Cabré, *Am. Geophys. Un., Geodyn. Ser.*, 9, 113-125.
- SCHWEICKERT, R.A., 1981. Tectonic evolution of the Sierra Nevada Range. In "A symposium in honor of W.W. Rubey", W.G. Ernst, ed., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 87-131.
- SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGIA Y MINERIA, 1969. Mapa geológico de la República del Ecuador, 1/1 000 000, Quito.