CHRISTOPHE NOBLET, FRANÇOIS DUGAS y
RAMON VERA

Sedimentación continental en las cuencas intramontañosas terciarias del Ecuador

Un análisis preliminar

I. INTRODUCCION

El Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM) empezó un programa de estudios geodinámicos de cuencas intramontañosas en los Andes del Ecuador, del Perú y de Bolivia. En el Ecuador el Proyecto IPGH (Instituto Panamericano de Geografía y de Historia) - EPN (Escuela Politécnica Nacional) y ORSTOM, tiene como meta el estudio del relleno terciario andino.

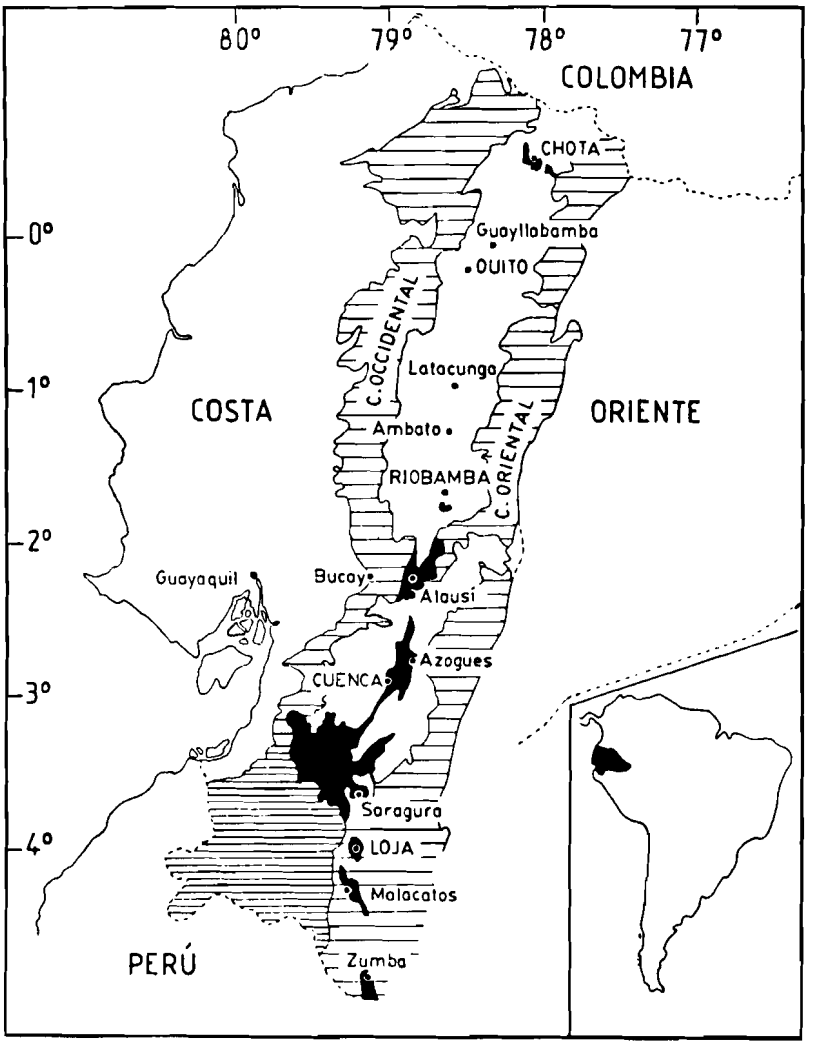
Los primeros trabajos concernientes al estudio sedimentológico de las cuencas y el análisis de las relaciones tectono-sedimentarias permiten precisar algunos ragos paleogeográficos de las épocas consideradas y ponen en evidencia las principales pulsaciones tectónicas y volcánicas del levantamiento de los Andes, aunque numerosas formaciones no tienen todavía una edad bien definida.

Los sedimentos continentales terciarios se localizan a lo largo de una dirección general NNE-SSW, entre las cordilleras Occidental y Oriental, y también sobre esta última en la extremidad Sur del Ecuador.

Los afloramientos están actualmente agrupados en tres zonas geográficas (Fig. 1):

- El valle interandino de 40 a 60 km de ancho, al Norte de un accidente transversal Bucay - Pallatanga - Riobamba, corresponde a un probable graben pliocuaternario bordeado de numerosos volcanes todavía activos. Esos produjeron un abundante material volcano-detrítico discordante sobre los depósitos terciarios, ocultando la mayor parte de éstos. Dichos depósitos sólo afloran en el Río Chota y en la zona de Riobamba.
- La cuenca de Cuenca, que se extiende desde el Sur de Alausí hasta el Sur de Saraguro (3° 30.s), no está afectada por la misma evolución pliocuaternaria.

Figura No. 1
REPARTICION DE LOS AFLORAMIENTOS DE SEDIMENTOS TERCIARIOS (EN NEGRO) ENTRE LAS CORDILLERAS ORIENTAL Y OCCIDENTAL DEL ECUADOR



- Las depresiones de Loja, Malacatos y Zumba en la zona de la deflexión de Huancabamba, localizadas sobre la Cordillera Oriental, representan probablemente la extremidad septentrional de las cuencas peruanas (Bagua-Jaén).

II. LA SEDIMENTACION TERCIARIA

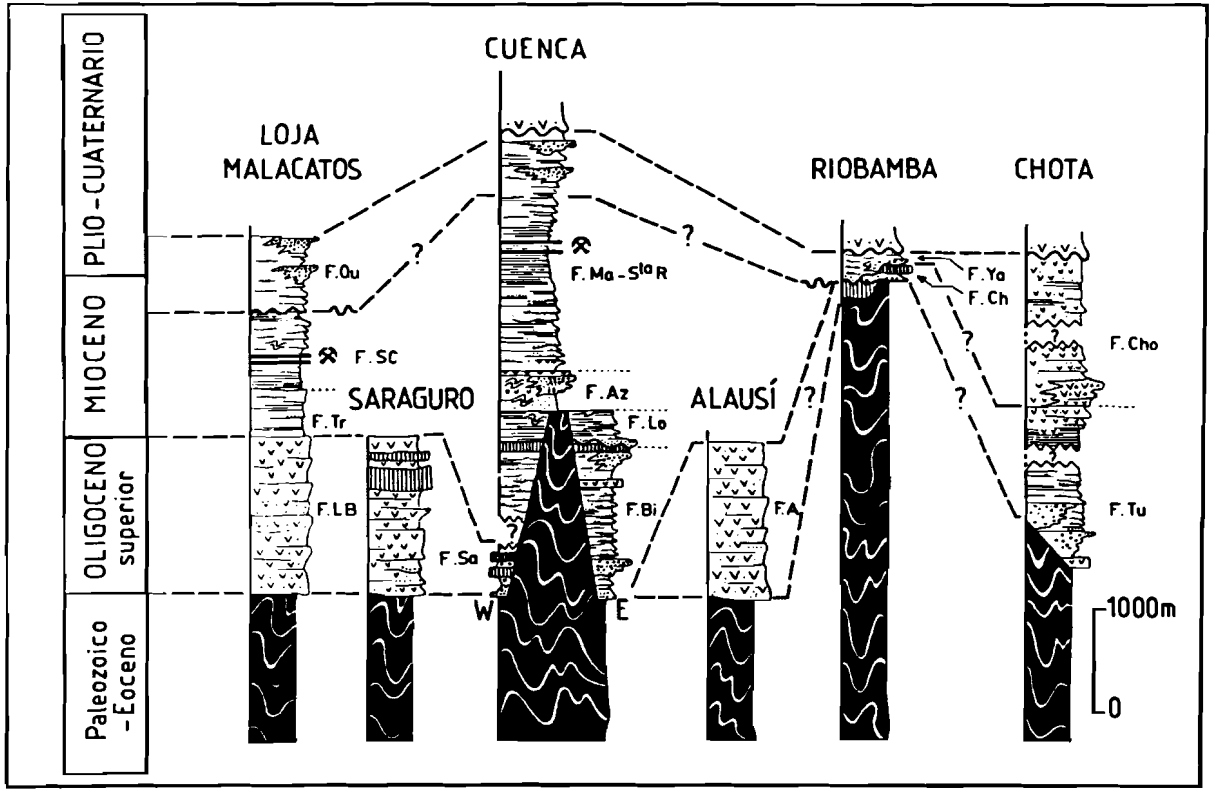
El análisis de las diferentes cuencas ha sido realizado a base de los principales estudios anteriores (mayormente estratigráficos) (DGGM, 1971 hasta 1982; Bristow, 1973; Bristow y Hoffstetter 1977; Kennerley 1980; Baldock, 1982) y de los resultados (mayormente sedimentológicos) de las primeras investigaciones realizadas en las áreas de Loja, Chota y sobre todo de Cuenca y Riobamba.

Por ser la estratigrafía mejor establecida en la parte meridional del país, la descripción de las cuencas se hará de Sur a Norte.

a) La cuenca de Loja (Fig. 2)

Depósitos continentales del Oligoceno superior hasta el Plioceno se distribuyen en tres depresiones: Loja, Malacatos y Zumba. El espesor total en las dos primeras, alcanza 3.500 m aproximadamente mientras no está evaluado en Zumba donde solamente aflora la última formación del relleno (Formación Quillollaco) (DGGM 1975, 1975, 1979). Los primeros depósitos están representados por las Formaciones Loma Blanca y Salapa (equivalentes de la Formación Saraguro) constituidas por un grueso material volcano-sedimentario de 1.500 m de espesor. Estas formaciones se encuentran en forma discordante, sea sobre el Paleozoico, sea sobre las Formaciones del Paleoceno (Formación Gonzanama) y del Eoceno (Porfíricos de la Formación Puzunuma) localizadas al Oeste de la cuenca. Después se notan concordantemente los depósitos finos arcillo-tobáceos de la Formación Trigal (Mioceno) de 450 m de potencia seguidos por alternancias de areniscas y lutitas con conglomerados de la Formación San Cayetano (700 m). (DGGM), 1975). Estas alternancias presentan niveles explotados de yeso y carbón. La Formación San Cayetano muestra una evolución grano y estratocreciente de 3er. orden (150 m) y de 4º orden (el 1er. orden es la secuencia elemental). El medio de depositación parece principalmente lacustre para la Formación Trigal y fluvio-lacustre para la Formación San Cayetano que muestra precisamente una grande dispersión de los sentidos de transporte del Noroeste al Sureste (14 medidas) con un sentido principal hacia el Suroeste. Este conjunto sedimentario está cubierto discordantemente por la Formación Quillollaco del Mio-Plioceno constituida por depósitos arenoso -conglomeráticos probablemente fluvio-lacustres en la depresión de Malacatos y de depósitos más proximales en el borde oriental de la depresión de Loja donde se observan conos aluviales (con cantos de 60 a 70 cm de diámetro máximo). Allí nuevamente la dispersión de los sentidos de transporte

Figura No. 2
COLUMNAS SEDIMENTOLOGICAS Y CORRELACIONES ESTRATIGRAFICAS ENTRE LAS DIFERENTES CUENCAS



F.LB: Formación Loma Blanca;
F.Tr: Formación Trigal;
F.SC: Formación San Cayetano;
F.Qu: Formación Quillollaco;
F.Sa: Formación Saraguro;
F.Bi: Formación Biblián;
F.Lo: Formación Loyola;
F.Az: Formación Asoguez;
F.Ma - Sta. R: Foramción Mangán - Santa Rosa;
F.A.: Formació Alausí;
F.Ch: Formación Chalán;
F.Ya: Formación Yaruquíes;
F,Tu: Formación Tumbatu;
F,Cho: Formación Chota.

(14 medidas) se extiende del Norte hacia el Sureste pasando por el Oeste con un sentido principal hacia el dominio Occidental o Noroccidental de la cuenca. La Formación Quillollaco tiene aproximadamente 800 m de espesor (DGGM 1975).

Así después de un período de actividad volcánica intensiva, la evolución general de la cuenca es grano y estratocreciente a los grandes órdenes, lo que traduce una fase de formación de relieves.

b) La cuenca de Cuenca (Noblet, 1986) (Fig. 2)

La cuenca se extiende desde Saraguro en el Sur hasta Cañar en el Norte (Fig. 1). Discordantemente sobre las Formaciones del substrato, la Formación Saraguro, constituida de material volcano-clástico (lavas andesíticas, pyroclastos y areniscas gruesas), es principalmente desarrollada en el Norte (Alausí; 1.500 m de potencia) y en el Sur (Saraguro - Girón: aproximadamente 2.000 m de potencia) donde se extiende sobre la Cordillera Occidental. En el centro (Cuenca Azogues) es casi inexistente; sin embargo, facies equivalentes pero mucho menos potentes podrían pertenecer a esta Formación. Datos radiométricos dan a la Formación Saraguro una edad Oligoceno superior (Bristow y Hoffstetter 1977).

La Formación Biblián, de edad Mioceno temprano (Bristow 1973), corresponde a los primeros depósitos detríticos continentales importantes del Terciario. Alternancias de conglomerados, areniscas y lutitas están organizadas en secuencias grano y estratodecrecientes de segundo orden presentando las características de un ambiente fluvial. La Formación puede alcanzar en ciertas partes más de 1.200 m de espesor. Dentro de la sedimentación con derrame principal orientado mayormente hacia el Norte (60 medidas) se notan depósitos más proximales (conos aluviales) provenientes probablemente de los bordes laterales de la cuenca. La presencia de algunos niveles volcánicos (andesitas) y volcano-detríticos (brechas andesíticas) interestratificados en los sedimentos sugiere una actividad volcánica episódica.

La Formación Loyola (Mioceno medio) esencialmente compuesta de lutitas se encuentra, sea sobre la Formación Biblián (en discordancia o a veces en aparente concordancia), sea directamente sobre la Formación Yungilla (onlap) con un conglomerado basal y areniscas. La ausencia total de la Formación Biblián en el centro de la cuenca y la discordancia de la Formación Loyola suponen la existencia de una tectónica activa durante y posteriormente a la sedimentación de la Formación Biblián. Los efectos de esta tectónica se manifiestan todavía durante la sedimentación de las Formaciones Loyola y Azogues (numerosos niveles con estructuras de deslizamiento: "slumps"). La Formación Azogues está constituida por areniscas tobáceas, lutitas y a veces algunos conglomerados particularmente localizados al Sur de la cuenca. Desde un ambiente lacustre (Formación Loyola) el medio de depositación evoluciona hacia una ambiente fluvio-lacustre (Formación Azogues), luego hacia un

ambiente más proximal (fluvial y aluvial) en la Formación Mangán-Santa Rosa del Mio-Plioceno (la Formación Santa Rosa de Bristow, en realidad no representa más que una facies lateral de la Formación Mangán).

c) **Las cuencas del Centro** (Dugas, Cornejo, Noblet, Vera, en preparación) (Fig. 2)

Se trata únicamente de las potentes depresiones cuaternarias (Riobamba, Ambato-Latacunga, Guayllabamba); una de ellas o talvez las dos son probablemente pre-existentes desde el Terciario. Los afloramientos de edad terciaria están localizados en algunas quebradas de la cuenca de Riobamba, más específicamente las de Chalán y Yaruquíes. Desgraciadamente no se conoce con precisión la edad de estas formaciones, lo que complica las relaciones estratigráficas con las otras cuencas..

Dos Formaciones han sido puestas en evidencia (Fig. 2): La Formación Chalán y la Formación Yaruquíes. Estas descansan sobre esquistos, areniscas y cuarcitas deformadas del Grupo Paute y andesitas de la Formación Macuchi (D.G.G.M. 1979) constituyendo el basamento de la cuenca. Además están cubiertas por los depósitos volcano-detríticos pliocuaternarios, lo que permite atribuirlas una edad terciaria.

La Formación Chalán descubierta únicamente en la quebrada del mismo nombre (762.5/98040: hoja Riobamba) se encuentra en discordancia sobre las cuarcitas del Grupo Paute. Está constituida en la base por un conglomerado brechoso de pendiente con elementos de cuarzo y de cuarcita (diámetro máximo 80 cm), de conglomerados y areniscas, luego de coladas andesíticas relativamente potentes (Fig. 2).

La Formación Yaruquíes se encuentra discordantemente, sea sobre la Formación Chalán, sea sobre las andesitas de la Formación Macuchi (D.G.G.M, 1979). La Formación Yaruquíes (Fig. 2) está constituida de facies gruesas en la base (flujos de lodo con elementos angulosos de 50 cm de diámetro máximo, conglomerados con cantos subredondeados de 30 cm de diámetro máximo), luego facies más finas (alternancias de conglomerados, areniscas y lutitas) organizadas en secuencias de 2º orden grano y estratodecrecientes de tipo fluvial. Medidas de paleocorrientes (20) realizadas únicamente con imbricaciones de cantos muestran una dispersión desde el NNW hasta el SE con un máximo orientado hacia el SW.

Dataciones de las andesitas de la Formación Chalán y de las andesitas consideradas de la Formación Macuchi, están actualmente en proceso. Los resultados deberían permitir precisar las probables equivalencias en la cuenca de Cuenca (andesitas de la Formación Saraguro y de la Formación Biblián).

d) **La cuenca de Chota** (Fig. 2)

En el Norte del valle interandino, se notan a lo largo del Río

Chota, con orientación NW - SE, sedimentos terciarios. El basamento está constituido por alternancias de esquistos y cuarcitas (Formación Ambuquí) muy deformadas y de supuesta edad Paleozoico. También en esta cuenca las dos formaciones terciarias (Formaciones Tumbatu y Chota) no tienen una edad precisa; se les atribuye una edad neogena (Bristow y Hoffstetter, 1977).

Discordantemente sobre el basamento, la Formación Tumbatu empieza por alternancias de areniscas, conglomerados y brechas andesíticas; luego se notan dos grandes secuencias de 3° orden grano y estratocrecientes que terminan por conglomerados muy gruesos (secuencias de conos aluviales con cantos de 40 cm de diámetro máximo). Estas secuencias se ubican a lo largo del contacto (de rumbo N 45°) con el substrato paleozoico y pasan lateralmente hacia el centro de la cuenca a alternancias areno-conglomeráticas menos gruesas de tipo fluvial. Igualmente se observan secuencias de tipo lacustre en el centro de la cuenca (cerca de Chota). La existencia de una falla sinsedimentaria, aparentemente normal y de rumbo N 45°, en el borde Este de la cuenca, podría explicar la Formación rítmica de los conos. La complejidad estructural de la cuenca no nos permite todavía precisar la potencia total de la Formación Tumbatu como consecuencia de que existen posibles duplicaciones tectónicas y variaciones laterales de facies. Sin embargo, en Bristow y Hoffstetter (1977) Hall indica una potencia de 1.370 m.

La transición entre la Formación Tumbatu y la Formación Chota corresponde a un incremento de la actividad volcánica que produce en la cuenca un ingreso progresivo de niveles piroclásticos hasta brechas andesíticas muy gruesas (elementos de 50 cm de diámetro máximo). El resto de la Formación Chota está constituido por areniscas tobáceas y lutitas con recurrencias de brechas. La potencia de la formación alcanza a 1.440 m según Hall (en Bristow y Hoffstetter, 1977).

e) Correlaciones estratigráficas entre las cuencas (Fig. 2)

Un esquema de correlaciones estratigráficas entre las diferentes cuencas es propuesto a base de la estratigrafía de la cuenca de Cuenca la más conocida para la sedimentación terciaria en el Ecuador (Fig. 2). Este enseña un comienzo de la sedimentación en el sur del país desde el Oligoceno superior. En la ausencia de edades para las Formaciones Chalán, Yaruquíes, Tumbatu y Chota, no se puede todavía precisar las relaciones estratigráficas con el Sur y determinar así si los principales eventos tectónicos y volcánicos son de la misma edad o diacrónios a escala de los Andes del Ecuador.

III. DISCUSION

a) Marco Paleogeográfico

Se nota una subsidencia fuertemente diferencial por las varia-

ciones de espesor entre Chota (3.000 m), Riobamba (200 m), Cuenca (4.000 m) y Loja (3.500 m); estas variaciones también siguen en el Cuaternario especialmente en las depresiones de Latacunga (más de 5.000 m de sedimentos según Feininger y Seguin 1983) y Guayllabamba. Así se supone en estas últimas depresiones la presencia de depósitos terciarios debajo del Cuaternario. Estas variaciones locales de la subsidencia sugieren más bien la formación de varias cuencas que de una sola, como lo presentó Kennerley (1980).

A partir del Oligoceno superior empieza en la parte meridional del Ecuador una sedimentación continental acompañada de una importante actividad volcánica, la que podría ser genéticamente relacionada con la apertura de las cuencas.

En la parte septentrional, la sedimentación parece más tardía, lo que sugiere un posible diacronismo de la apertura de las cuencas del Sur al Norte.

Durante todo el Mioceno, el ambiente principal de sedimentación es fluvio-lacustre. La presencia de conos aluviales a diferentes niveles estratigráficos, generalmente localizados en el borde de las cuencas, y de niveles deslizados (slumps), muestra con seguridad la presencia de una tectónica sinsedimentaria. Esta debe haber reactivado el sistema de fallas antiguas del substrato actuando como guía de la sedimentación en las cuencas. Las paleocorrientes confirman esta hipótesis. En Loja y Riobamba, el rumbo de las estructuras del substrato (esquistosidad, pliegues) es generalmente NE - SW: las principales corrientes en estas dos cuencas tienen también una orientación según este rumbo (hacia el SW). En Cuenca, el substrato muestra estructuras de rumbo N - S a NE - SW. El aporte en la cuenca tiene la misma dirección (del Sur hacia el Norte). Esta tectónica sinsedimentaria está asociada con un volcanismo intermitente responsable de un fuerte porcentaje de los aportes volcánicos en las cuencas.

Varios eventos tectónicos y volcánicos secundarios se notan durante el Mioceno,pero fue al principio del Plioceno cuando se produjeron los efectos de una nueva fase tectónica (Quechua 3 del Perú) (Plegamiento de las cuencas), anunciados por la evolución generalmente grano y estratocreciente de la sedimentación miopliocena. Esta fase tectónica es anterior a los importantes depósitos volcano-detríticos del Plio-Cuaternario.

b) Marco geodinámico

Todas las cuencas terciarias estudiadas, a excepción de las situadas al extremo Sur del país (Loja, Malacatos, Zumba), se localizan globalmente detrás de una antigua zona de sutura: arco volcánico Macuchi (corteza oceánica) y placa Sur Americana (corteza continental).

El análisis de algunos aspectos geodinámicos permite precisar un poco más el contexto de la apertura de esas cuencas intramontañosas.

En lo que concierne el origen de la sutura, algunos autores (Feininger y Bristow, 1980; Lebrat, 1985; Lebrat y al, 1986; Megard y Lebrat, este volumen) proponen un modelo de acreción, por subducción debajo de la placa Sur Americana, de terrenos exóticos de origen oceánico (Arco Macuchi, Formación Piñón). Esta acreción habría sido oblícua con relación a la zona de subducción dando primero una colisión del Arco Macuchi al Sur del Ecuador (Cretáceo Superior) y luego al Norte (Eoceno medio a superior) (Lebrat, 1975). Las reconstituciones de tectónica de placas del Pacífico para el Cretáceo Superior (Whitmann y al, 1983) confirman esta hipótesis.

En el Oligoceno superior (26 MA), se realiza una importante reorganización del desplazamiento de las placas del Pacífico Este debida a la ruptura (con dirección Este-Oeste) de la placa Farallón en dos partes (placas Cocos y Nazca) (Handshumacher, 1976; Lonsdale y Klitgord, 1978; Lonsdale, 1978; Wortel, 1984). Esta reorganización provoca, desde esta época, una acreción menos oblícua de la plaza Nazca con relación a la zona de subducción ecuatoriana.

Es justamente en esta época (Oligoceno superior - Mioceno inferior) cuando se produce la apertura de las cuencas intramontañosas en el Ecuador. Una relación entre esos dos fenómenos es muy probable aunque es demasiado prematuro para afirmarlo con precisión.

BIBLIOGRAFIA

BALDOCK, J.W., 1982: Boletín de la explicación del Mapa geológico de la República del Ecuador, D.G.G.M., Quito 70 p.

BRISTOW, C.R., 1983: Guide to the geology of the Cuenca Basin, Southern Ecuador. Ecuadorian Géological and Geophysical Society Quito, 54 p. Traducción al español Memoria del Primer Congreso Ecuatoriano G.M.P.. Quito, 1978 tI, p. 73 - 123.

BRISTOW, C.R., HOFFSTETTER, R., 1977: Léxico Estratigráfico. América Latina fasc 5, a^2, Ecuador 2da. edición. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris 410 p.

DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA Y MINAS, Mapas geológicos del Ecuador escala 1:100.000: Alausí (1971), Cuenca (1973), Girón (1974), Loja (1975), Gonzanamá (1975), Riobamba (1978), Zumba (1979), Ibarra (1980), Azogues (1980).

DIRECCION GENERAL DE GEOLOGIA Y MINAS, 1982: Mapa geológico Nacional del Ecuador, escala 1:1.000.000, Quito.

DUGAS, F., CORNEJO, R., NOBLET, Ch., VERA, R. Sedimentación

terciaria en el valle interandino cerca de Riobamba. En preparación.

FEININGER, T., BRISTOW, C.R., 1980: Cretaceous and Paleogene Geologic History of Coastal Ecuador. Geol. Rundsch., 69 p. 849-874.

FEININGER, T., SEGUIN, M.K., 1983: Simple Bouguer gravity anomaly field and the inferred crustal structure of continental Ecuador. Geology V 11 p. 40-44.

HANDSCHUMACHER, D.W., 1976: Post-Eocene Plate tectonics of the eastern Pacific. In: SUTTON, G.H., MANGHNANI, M.H., and MOBERLY, R. (eds) The Geophysics of the Pacific Ocean and its Margins. American Geophys. Union Washington, D.C., 117-202.

KENNERLEY, J.B., 1980: Outline of the geology of Ecuador. Overseas Geol. Miner. Res No. 55. London.

LEBRAT, M., 1985: Caractérisation géochimique du volcanisme antéorogénique de l' Occident Equatorien: implications géodynamiques. Thèse Doct. Etat C.G.G. de l' Université de Montpellier.

LEBRAT, M., MEGARD, F., JUTEAU, T., CALLE, J., 1986: Preorogenic volcanic assemblages and structure in the Western Cordillera of Ecuador between 1° 40'S and 2° 20'S. Geologische Rundschau, en prensa.

LONSDALE, P., 1978: Ecuadorian subduction system. Bull. Am. Assoc. Petr. Geol. Vol 62, p. 2454 - 2477.

LONSDALE P. and KLITGORD, K.D., 1978: Structure and tectonic history of the eastern Panama basin: Geol. Soc. America. Bull, V. 89, p. 1 - 9.

MEGARD, F. y LEBRAT, M. Los terrenos exóticos del Occidente ecuatoriano y sus relaciones con Sur América. Este volumen.

NOBLET, Ch., Sedimentología de la cuenca intramontañosa de Cuenca, Sur del Ecuador. En preparación.

WHITMANN, J.M., HARRISON, C.G.A., and BRASS, G.W., 1983: Tectonic investigation of the pacific ocean since 74 MA. Tectonophysics, 99, 241-249.

WORTEL, M.J.R., 1984: Spatial and temporal variations in the Andean subduction zone. J. Geol. Soc. London, Vol. 141, p. 783-791.