

APORTES DE LA TELEDETECCION A LA GEOLOGIA DE LA REGION PUYANGO - CELICA (Provincia de Loja, Sur-Ecuador)

Gérard Laubacher, Convenio ESPOL-ORSTOM.
(Guayaquil, Ecuador)

1. INTRODUCCION

El programa científico del Convenio ESPOL-ORSTOM considera un estudio estructural de la Cordillera de los Andes del Sur de Ecuador entre 3° y 4°20' de latitud S, 79°20' y 80°30' de longitud W mediante estudios "tradicionales" y de teledetección espacial. La creación de un taller de procesamiento de imágenes satelitales, instalado en la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de la ESPOL y financiado por ambas partes, constituyó la primera etapa. Este laboratorio, operacional desde marzo de 1993, tiene capacidad para desarrollar una gran variedad de tratamientos de datos digitalizados. Para nuestro propósito se trata esencialmente de detectar y cartografiar estructuras tectónicas y formaciones geológicas que, asociado a datos de campo y de gabinete, deben ayudarnos a precisar las modalidades de la acreción del llamado "Bloque Amotapes-Tahuin". Trabajos se están realizando en diferentes áreas de las Provincias de Azuay, El Oro y Loja. Presentamos aquí resultados obtenidos con 2 imágenes Spot XS sobre la parte más meridional de la Cordillera ecuatoriana, región de Puyango - Alamor - Celica - Cariamanga, zona donde por otro lado se están realizando también trabajos en el campo (Bohorquez, Laubacher)

2. EL CUADRO GEOLOGICO

Geologicamente hablando la zona del programa científico corresponde a la parte ecuatoriana del Bloque Amotapes-Tahuin (Mourier & al 1988) y las zonas limitrofes. El Bloque Amotapes-Tahuin (BAT), constituido por rocas graníticas, gneises, micaesquistos y sedimentos epimetamórficos, está conformado por los Grupos Las Piedras y Tahuin, atribuidos respectivamente al Precámbrico y al Paleozoico (Feininger 1978 y 1982). A estas formaciones se encuentran asociados rocas ultra-básicas y esquistos glaucofaníticos testigos de un metamorfismo de alta presión. Una edad K-Ar de 132 Ma se obtuvo sobre estos esquistos azules (Feininger, 1982) pero su significación no es clara. El Bloque Amotapes-Tahuin está limitado, al norte por la dicha "falla de Jubones" de dirección EW, al este por la falla NNE-SSW de Giron que se prolonga hacia el sur por la falla submeridiana de Las Aradas. Estas fallas se consideran como suturas aunque faltan jalones de rocas ultrabásicas para confirmarlo. Al SE de los afloramientos metamórficos del Mazico de Tahuin, se ubica la cuenca volcánico-sedimentaria cretácica de Celica-Lancones (Kennerly 1973, Reyes y Caldas 1987, Benitez & al.1993). El estudio de esta cuenca y su relación con el Bloque Amotapes-Tahuin es sumamente importante para comprender las modalidades de la acreción del Bloque Amotapes-Tahuin que ocurrió sea a la época Jurásico superior-Cretácico inferior (Mourier & al 1988 a y b, Aspden & al 1992), sea durante el Cretácico superior-Paleoceno (Jaillard & al 1993, Benitez & al 1993).

3. METODOLOGIA

Para el presente estudio utilizamos 2 escenas Spot XS (multi-canales) con KJ 638-358 del 03-08-1990 y KJ 639-358 del 05-09-1991. Geograficamente estas 2 imagenes cubren una zona de aproximativamente 6000 km², comprendida entre 3°47' y 4°14' de latitud S y entre 80°27' y 79°34' de longitud W. Ambas imagenes son de buena calidad, casi sin nubes, y han sido adquiridas durante la temporada seca, la más favorable para geología. La zona fronteriza con Perú se caracteriza por una marcada aridez y buenas condiciones de afloramiento de las rocas. Hacia el norte, en los sectores de Alamor, Chaguarpamba y Porto Velo, donde el clima es mucho más humedo, las rocas se encuentran fuertemente alteradas y cubiertas por una densa vegetación.

El procesamiento de las imagenes se realiza en la ESPOL sobre la estación de trabajo SUN IPC y con el software PLANETES de ORSTOM (Francia). Con el fin de diferenciar litologias y estructuras tectónicas se confeccionan imagenes según los procedimientos ya bien usuales : manipulación y tratamiento de cada canal para optimizar los niveles de gris y obtener el mejor contraste posible. Se preparan así varios tipos de composiciones coloradas RGB, IHS, ACP que se pueden visualizar y manipular en la pantalla previa la impresión. También se usan programas de filtraje para extraer las mayores direcciones de lineamientos. No han hecho clasificaciones : el denso cubierto vegetal, una profunda y intensa alteración no favorecen la separación de las litologias mediante los valores radiométricas. Por otro lado, se ha preparado en Montpellier (Francia) una imagen RGB completa de la 638-358 a escala de 1:75000 (impresión IBM-VERSATEC). Esta escala adecua perfectamente las resoluciones respectivas de la impresora VERSATEC y de la imagen Spot XS, permitiendo así sacar el mayor provecho de una imagen.

En modo general, para el tipo de investigaciones geológicas, es interesante empezar a trabajar a gran escala sobre regiones extensas para aprovechar efectivamente de la visión espacial. Por fin, es obvio que documentos existentes o conocimientos previos del campo facilitan mucho las interpretaciones.

4. RESULTADOS

La interpretación de las 2 imágenes Spot nos llevo a distinguir 3 sectores con características peculiares (Fig. 1 y Fig. 2) :

El Bloque Amotapes-Tahuin

Este sector corresponde a la parte norte y nor-noroeste de las imagenes. Se trata de rocas metamórficas de los grupos Tahuin y Las Piedras, y rocas intrusivas syn y post-tectónicas (Feininger, 1978) dentro los cuales se pudo distinguir :

El Grupo Las Piedras, constituido por gneises y rocas graníticas gneisificadas, se caracteriza por una topografía suave y una textura a tendencia anisótropa.

El Grupo Tahuin constituido por secuencias de cuarzitas y esquistos de bajo grado de metamorfismo, que se diferencian relativamente bien del grupo Las Piedras por su estratificación visible buzando hacia el N a NNW. Sin embargo, el limite preciso entre ambos grupos no es bien marcado.

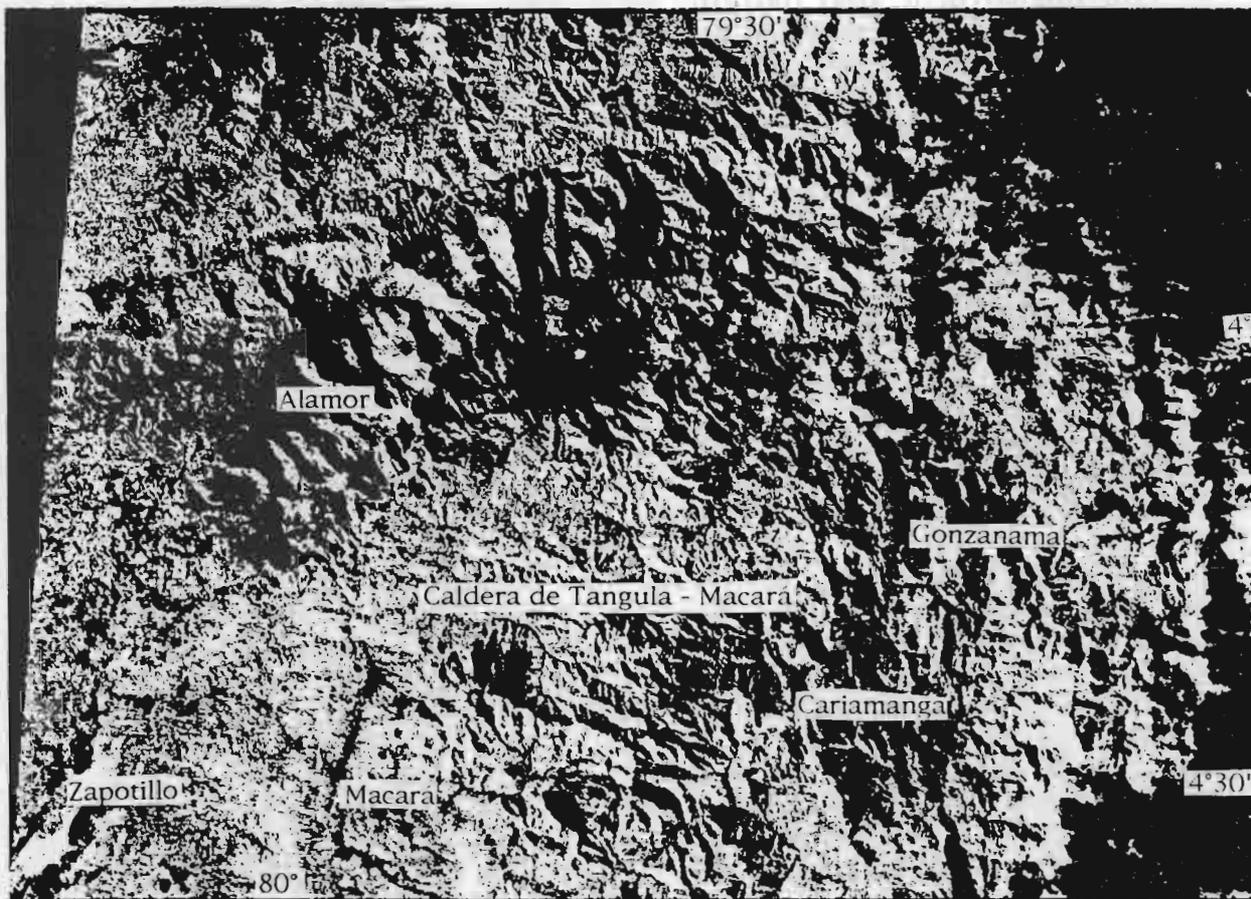


Fig. 1 - Resultado obtenido con un extracto de una imagen MSS reducida al 50%. Canales usados 4, 5 y 6, con manipulación de los potenciómetros para obtener una imagen "pseudo-binarizada" que hace resaltar grandes estructuras interpretadas en el texto. Se individualiza bien la forma circular que interpretamos como la caldera de Tangula-Macara, el bloque Alamor-Chaguarpamba con forma arqueada. La falla de El Derrumbo esta poco marcada, pero se nota bien un lineamiento a lo largo del rio Puyango.

Un intrusivo de tipo batolito, se observa al SE de Marcabelli donde recorta las cuarzitas y esquistos del Grupo Tahuin. En la periferia oeste del batolito se observa una zona ancha de 200 a 300 m cuya respuesta espectral difiere, tanto de la del intrusivo y como del encajante. Posiblemente se trata de la aureola de metamorfismo de contacto inducido por el batolito.

Una fuerte discordancia angular se observa, lo largo del río Puyango y en su ribera noroeste, entre el substrato metamórfico y una secuencia bien estratificada buzando al SE. Se trata de sedimentos cretácicos (Feininger 1978) que consisten en depósitos de plataforma detríticos del Bosque Petrificado del Cretácico inferior s.l. y carbonatados de la Fm Muerto del Albiano (Jaillard & al.1993). Trabajos de campo en curso (Bohorquez, Laubacher) han determinado que estos sedimentos se encuentran conservados a favor de una falla inversa hacia el NNW que afecta el Bloque Amotapes-Tahuin al SE del río Puyango y paralelamente a este río. Este accidente no resalta claramente en la imagen Spot. La morfología, muy acusada del valle del río Puyango parece subrayar el trazado de otra falla, con misma dirección.

El límite sur de los afloramientos del Bloque Amotapes-Tahuin aparece en la imagen como un contacto NE-SW rectilíneo y en consecuencia probablemente subvertical que pasa a poca distancia al N de las localidades de Tilacos, El Limo, El Derrumbo, Ciano y Orianga. Este contacto, que llamaremos desde ahora *falla El Derrumbo* (Fig. 2), resalta por los contrastes de textura morfológica y del cubierto vegetal inducidos por fuertes diferencias litológicas al NW y SE de su trazado. En el campo, en el sitio donde dicho contacto suele cruzar la nueva carretera Puyango-Alamor afloran cuarzitas y esquistos del Grupo Tahuin al N y depósitos detríticos y carbonatados cretácicos de la cuenca de Amor-Celica al S. El contacto mismo se localiza en una pequeña quebrada pero esta oculto por vegetación y coluviones. Hacia el W de la imagen y cuando cruza el río Puyango, este lineamiento toma una dirección N080. En dirección opuesta, al NE de la localidad de Orianga, su trazado se distingue mal sobre la imagen RVB; sin embargo, en el campo este accidente corresponde probablemente a el que se ha observado en la carretera Balzas-Chaguarpamba, a unos pocos kilómetros al N del puente sobre el río Puyango y también más al NE todavía, en la carretera que va de Zambi a Porto Velo. En ambos lugares, la falla pone en contacto tectónico metasedimentos del BAT al N con rocas volcánicas y volcano-sedimentarias del Cretácico al S.

Con una ventana extraída de una imagen MSS procesado (una casi-binaria, Fig. 1) hemos obtenido una falsa "radiografía" de la zona Puyango-Alamor-Celica que sugiere la existencia, al NW de Amor, de un contacto tectónico, fuertemente marcado y con rumbo NE-SW, que llamaremos *falla Amor-Zapotillo* (Fig. 2). Hacia el NE, este accidente parece confundirse con el trazado norte de la falla de *El Derrumbo*. Hacia el S, parece superponerse al valle del río Chira de rumbo NE-SW.

Las fallas de El Derrumbo y de Amor-Zapotillo, no conocidas en trabajos anteriores, parecen de importancia regional. La falla *El Derrumbo* representa el borde aflorando del Macizo de Tahuin al SE. El accidente *Amor-Zapotillo* recorta capas y pliegues de la Fm Amor. Por lo tanto, para ambas fallas el juego visible es posterior a la Fm Amor; sin embargo, es posible que este juego reactiva fracturas antiguas, posiblemente relacionadas con la acreción del BAT.

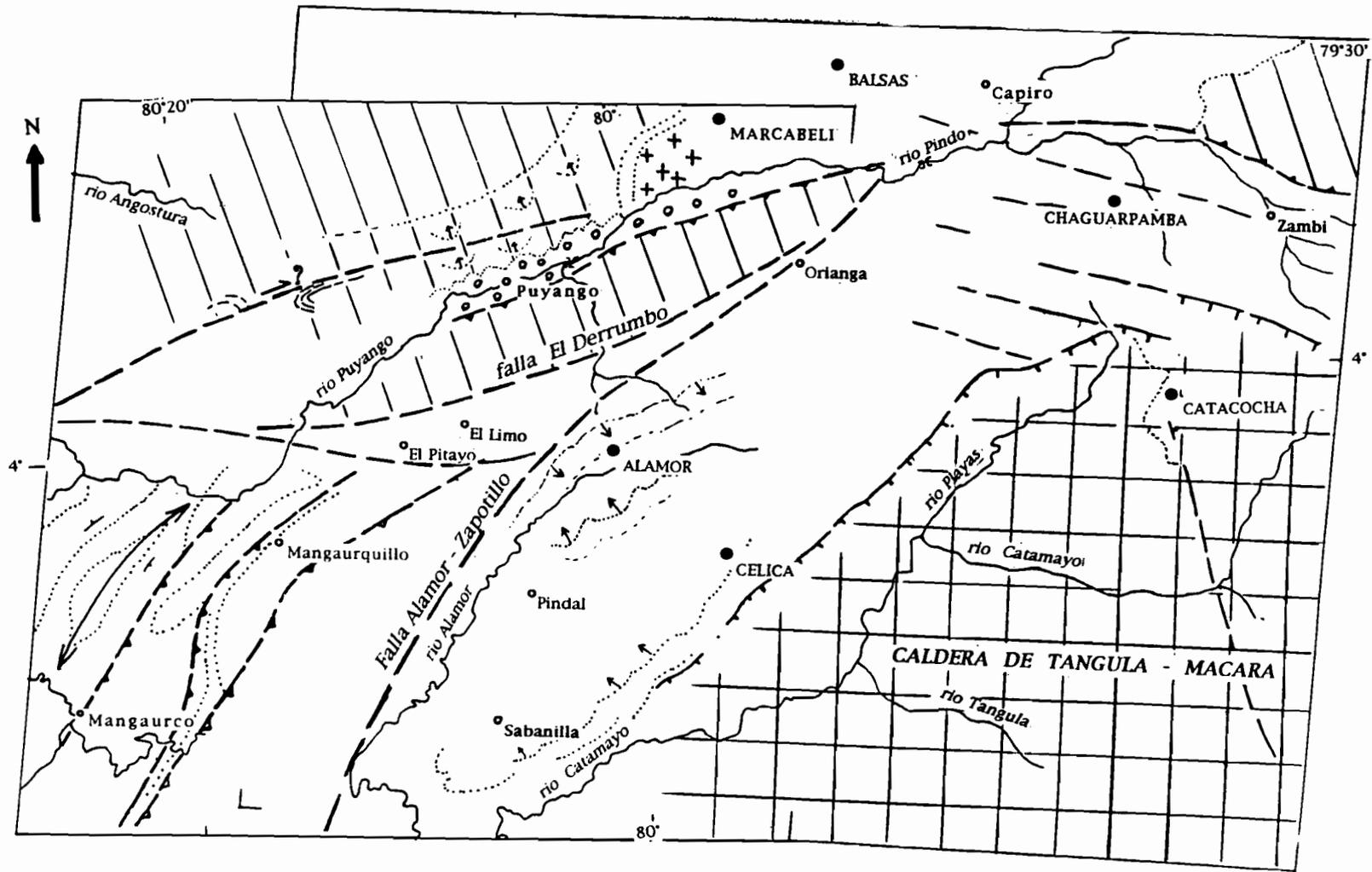


Fig. 2 - Esquema mostrando las principales estructuras detectadas sobre las 2 imagenes Spot. Los metasedimentos del Bloque de Tahuin se representan por rayas oblicuas, el Grupo Puyango discordante sobre los metasedimentos por pequeños círculos; el Cretácico al SE de la falla El Derrumbo queda en blanco, el intrusivo de Marcabeli se marca con cruces y la caldera de Tangula-Macará esta delimitada con un cruzado grueso.

La Cuenca de Alamor-Celica

Los depósitos de la cuenca Alamor-Celica afloran según una faja alargada NE-SW entre la zona de Zambí-Chaguarpamba al NE y Zapotillo-Cazaderos al SW en la zona fronteriza de donde se prolonga en el NW del Perú bajo el nombre de sinclinal de Lancones (Reyes y Caldas 1987). En la imagen satélite, este conjunto de depósitos no es homogéneo: las texturas aparentemente corresponden a cambios laterales y verticales de fácies litológicas:

- al S y al E de Celica, aflora principalmente una fácies poco estratificada, en secuencias gruesas: se trata probablemente de depósitos volcánicos y volcanosedimentarios del arco volcánico Celica, posiblemente equivalente a la serie del río Playas (Fm Alamor de Jaillard & al (1993).

- al NW de Celica en las zonas de Sabanilla, Limón, Alamor, Chaguarpamba y Zambí se observa una fácies mejor estratificada, pero sin capas muy marcadas. Observaciones en el campo (Laubacher-Bohorquez) indican que se trata de sedimentos, turbiditas gruesas y finas, muy bien estratificados y derivadas de volcánicos ubicados más al este, probablemente el arco volcánico Celica.

- al Sur de 4° S y entre la Quebrada Cazaderos al W y el río Chira al E, se observan secuencias bien estratificadas, con bancos duros y blandos. Esta fácies se caracteriza por importantes aportes detríticos cuarzo-arenosos derivados del BAT (Jaillard & al 1993). Los potentes niveles oscuros, con textura rugosa, podrían representar material mal estratificado y de granulometría gruesa. Este material muestra pliegues kilométricos, de rumbo NNE-SSW, a veces afectados por rampas a vergencia WNW.

Las relaciones entre estos diferentes fácies no se observan bien; pero sugieren al menos dos zonas de aportes: una SW y una E-NE. Sin embargo, a pesar de la existencia de fallas (algunas sinsedimentarias ?) que afectan la cuenca, el paso de una fácies a otra parece ser en continuidad sedimentaria y la inter-digitación ocurre entre Limón y Manga-Urquillo lo que queda sin embargo a comprobar en el campo. Es en las secuencias del S, litológicamente bien diferenciadas, que será lo más cómodo individualizar formaciones bien definidas.

El batolito de Tangula-Macará : una caldera?

El sector SE de la imagen (Fig. 1 y 2) corresponde a la zona de Macará-Sozoranga - Catacocha. La característica principal de esta zona es la presencia de varios cuerpos batolíticos, de composición esencialmente grano-diorítica y tonalítica. Kennerly (1973) considera que forman un solo batolito en profundidad. Estos batolitos intruyen la Fm Celica (Albiano?) y la Fm Alamor de Jaillard & al (1993) del Cretácico superior. Por lo tanto es dudoso que las edades radiométricas aptianas de 111 Ma y 114 Ma (K-Ar) obtenidas por Snelling & al. (1970) sobre el batolito fechan la edad de su emplazamiento.

Analizando la imagen Spot se nota que la zona de Macará - Playas - Catacocha y las formaciones que la componen (Fm Alamor, Fm El Naranjo, Fm Casanga, Fm Sacapalca, Jaillard & al.1993) se encuentran en fuerte desnivel, o mejor dicho hundidos, en comparación con las zonas vecinas de Celica al W y Chaguarpamba al N. El límite o barranco W y N tiene una forma curvada concava hacia el E y S que recorta localmente el rumbo de las capas y estructuras de la Fm Alamor. Sobre un quick-look RVB Landsat MSS (010-63, Fig. 2) se nota que esta estructura hundida corresponde a una forma circular, de

aproximativamente 50 km de diámetro, dentro de la cual aflora el batolito de Tangula y los otros batolitos más pequeños asociados. Esta mega-estructura se extiende hasta en el N de Peru. En este último país, una segunda forma circular, de diámetro equivalente y espacialmente asociada a la primera se observa inmediatamente al S del batolito de Tangula. En el mapa geológico al 1:1000 000 del Perú, esta forma circular corresponde a un enorme batolito aflorando al S de la localidad de Ayabaca.

La forma circular del batolito de Tangula y el hundimiento de las formaciones cretácicas y paleocénicas que constituyen su techo sugieren una megacaldera. Cabe notar que los depósitos de las formaciones Sacapalca y Gonzanama se ubican dentro del área de afloramiento del Batolito de Tangula pero mayormente en su margen este. La Fm Sacapalca esta constituida por material volcánico de composición esencialmente intermedia a ácida y depósitos volcano-sedimentarios. Su edad, todavía mal conocida, es post-Campaniano y pré-Paleoceno superior (Jaillard & al 1994) La Fm Gonzanama que sobreyace la Fm Sacapalca es mayormente volcano-sedimentaria. Se le atribuye una edad Maastrichtiana a Paleocena (Jaillard & al. 1993). Ambas formaciones podrian derivar de la actividad magmática de la supuesta caldera Tangula-Macará. Si se acepta esta hipótesis, la caldera seria aproximativamente contemporanea de la formaciones Sacapalca y Gonzanama.

Sin embargo, este "descubrimiento" hecho a partir de una imagen satelite es solamente una hipótesis: su realidad necesita ahora ser confirmado por trabajos cartográficos, petrográficos, etc...

Referencias

- Berrones G., Jaillard E., Ordoñez M., Bengston P., Benitez S., Jimenez N., and Zambrano I., 1993 - Stratigraphy of the "Celica-Lancones Basin" (southwestern Ecuador-northwestern Peru). Tectonic implications. ISAG 93, Oxford (UK) 21-23 sept. 1993, abstract, pp 283-286.
- Bristow , C.R., & Hoffsteter, R., 1977 - *Ecuador*. Lexique International de Stratigraphie., CNRS ed., Va2, 410p, Paris.
- Feininger 1982 - K-Ar Geochronology of Basement rocks on the northern flank of the Huancabamba Delection., Ecuador. U.S. Geological Survey, Open FileReport 82-206.
- Feininger T., 1978 - Mapa geológico de la parte occidental de la Provincia de El Oro, Quito, Instituto Geográfico Militar, Ecala a 1/50000.
- Jaillard E., Benitez S., Ordoñez M.,y Berrones G., 1993 - Actividades, trabajos y resultados del Convenio ORSTOM-Petroproducción (1991-1993)
- Jaillard E., Ordoñez M., Bengston P., Berrones G., Benitez S., Bonhomme M., Jimenez N., and Zambrano I., - Sedimentary and tectonic evolution of the arc zone of southwestern Ecuador during the late Cretaceous and early Tertiary times (J.of South American Earth Sciences, soumis 1994)
- Kennerly J.B., 1973 - Geology of the Loja Province, Southern Ecuador, London Insitut of Geological Sciences, Report 23, 34p. London.
- Mourrier T., Laj C., Mégard F., Roperch P., Mitouard P., & Farfan-Medrano A., 1988a - An accreted continental terrane in the Northwestern Peru. Earth Planetary Sciences Letters, 88,182-192, Amsterdam.
- Mourrier T., Mégard F., Pardo A., & Reyes L., 1988 b - L'évolution mésozoïque des Andes de Huancabamba (3°-8°S) et l'hypothèse de l'accrétion du microcontinent Amotapes-Tahuin. Bulletin de la Société Géologique de France,(8),4, 69-79.
- Reyes L. & Caldas J., 1987 - Geologia de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropon, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca. Bol. Inst. Geol.Min.Metal., (A,) 39, 83p., Lima.
- Snelling N.J., 1970 - K-Ar ages determinations on samples from Ecuador. Inst. Geol. Scien., Geochemical Division, Rep. 70.10, London.