

# Progradación del abanico submarino Cretácico Superior (Grupo Zapotillo) en el perfil tipo Chaquino - Bolaspamba, Cuenca Alamor Lancones

Cristian Nuñez <sup>1</sup>, Cristian Romero <sup>2</sup>, Luis Navarrete <sup>2</sup>.

1, 2 *Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico, (Quito, Ecuador).*  
*cristian.nunez@geoinvestigacion.gob.ec, cristian.romero@geoinvestigacion.gob.ec*

3 *Facultad de Geología y Petróleos, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara E11-253, Quito.*

## RESUMEN

La cartografía geológica ecuatoriana (INIGEMM) en el sur del Ecuador y la integración con la geología del norte del Perú permitieron modificar en gran medida el conocimiento de las turbiditas del Grupo Zapotillo. Los datos utilizados incluyeron secciones geológicas, columnas estratigráficas, interpretación de imágenes satelitales, con un total de 75 muestras de mano y 30 secciones delgadas. La cartografía en la perfil tipo permitió identificar tres secuencias estratigráficas dentro de un sistema de abanicos submarinos, así como la contribución volcánica continua contemporánea a la sedimentación de turbidítica, que comenzó con facies distal (secuencia i), que se vuelven hacia arriba más proximales, típicas de una progradación de los abanico submarinos, de dirección S a N. Este sistema fue el principal mecanismo de relleno de la CAL, interpretada como una cuenca de ante-arco limitada por fallas normales de su basamento.

**Palabras clave:** Turbiditas, Cretácico Tardío, Proveniencia, Antearco

## ABSTRACT

Abstract (Progradation of the upper cretacic submarine fan (Zapotillo Group) in the Chaquino - Bolaspamba section, Alamor Lancones Basin): The mapping of the ecuadorian geological survey (INIGEMM) in southern Ecuador, and the integration with the geology of northern Peru, allowed to modify to a great extent the knowledge of the turbidites series of the Zapotillo Group. The data used included geological sections, stratigraphic columns, landscape image interpretation, with a total of 75 hand samples and 30 thin sections. The mapping in the studied section allowed to identify three stratigraphic sequences within a submarine fan system, as well as the contemporary continuous volcanic contribution to turbidite sedimentation, which begins with distal facies (sequence i), which become upwards more and more proximal, typical of a progradation of the fan submarines, its direction was from S to N. This system was the main mechanism of filling of the CAL, interpreted as basin of the forearc limited by normal faults of the basement.

**Key words:** Turbidites, Late Cretaceous, Provenance, Forearc

## 1. Introducción

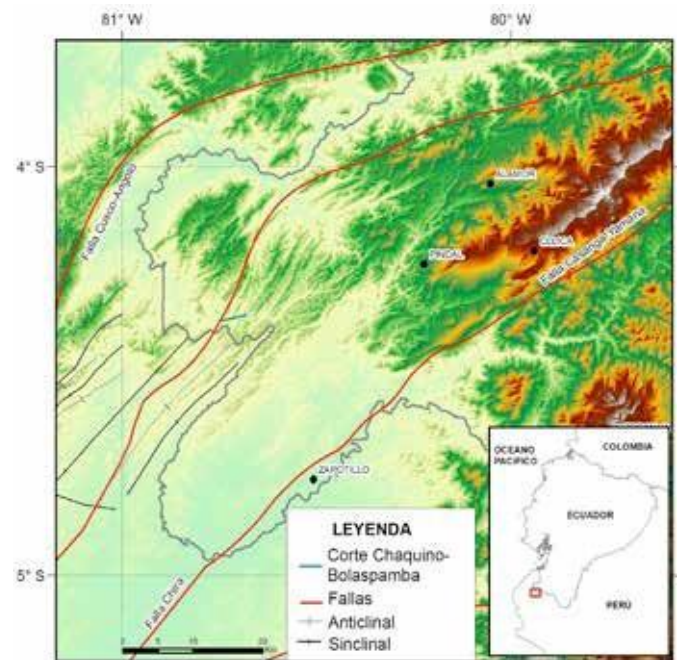
Las cuencas de antearco exhiben excelentes registros de los procesos de sedimentación y volcanismo, y muestran además los eventos tectónicos asociados. En general, las series sedimentarias no se preservan bien, debido a fases tectónicas de acortamiento y erosión. Este no es el caso para la Cuenca Alamor Lancones (CAL), que se halla bien conservada en el noroeste del Perú y suroeste de Ecuador (Fig.1), con un espesor de 3000 m aproximadamente (Bristow y Hoffstetter 1977). La serie turbidítica del Cretácico que aflora en el interior de la CAL, es de edad Albiense-Coniaciense (Jaillard et al., 2005), y se la redefinió como Grupo Zapotillo (GZ), en la cartografía geológica reciente (INIGEMM, 2016). La composición de estos potentes depósitos detríticos es mixta, silici-clástica dominante, y carbonatada en algunos niveles, es notable además el aporte de material volcánico proveniente del arco magmático Lancones-Celica.

Las rocas del GZ muestran una importante variación lateral y vertical de facies, las que han sido poco estudiadas. El Grupo Zapotillo forma anticlinorios y sinclinorios que se extienden hacia el Perú, donde se le conoce como Grupo Copa Sombrero (Jaimes et al., 2012). Los bordes de la cuenca tienen una dirección NE-SO y están constituidos por el macizo Paleozoico Amotape Tahuin al este, y el arco volcánico Lancones-Celica al oeste. La estratigrafía de la cuenca, contiene en la base, areniscas cuarzosas con detrito volcánico, y fósiles de troncos de árboles (Fm. Quebrada Zabalos); sobre ella la Formación Puyango de edad Albiano y facies de plataforma continental, la que está sobreyacida por la potente secuencia turbidítica del Grupo Zapotillo. Al tope de la cuenca afloran conglomerados (Fm. Cañaveral) que cubren discordantemente las secuencias infrayacentes (INIGEMM, 2016). Todas estas Formaciones sufrieron rotaciones horarias de 35° y 63°, determinadas mediante paleomagnetismo (Mourier et al., 1988).

Este artículo se enfoca en precisar las facies de los abanicos submarinos en el perfil tipo, Chaquino - Bolaspamba, y en determinar la proveniencia de las areniscas mediante el método de Gazzi y Dickinson (1985). Este estudio corresponde a una etapa preliminar del proyecto de mapeo de toda el área fronteriza con el Perú, con base en los acuerdos del IV encuentro minero energético entre ambos países.

Figura N° 1

Ubicación regional del área de estudio



## 2. Metodología

El perfil tipo se ubica entre los poblados de Chaquino y Bolaspamba, y aunque es uno de los cortes más completos, no se observa ni la base ni el techo de la secuencia, el cálculo del espesor real se hizo en base al espesor aparente.

Se levantaron varias columnas estratigráficas. Se recolectó muestras de mano, y se ejecutó el análisis modal sobre sus correspondientes láminas delgadas.

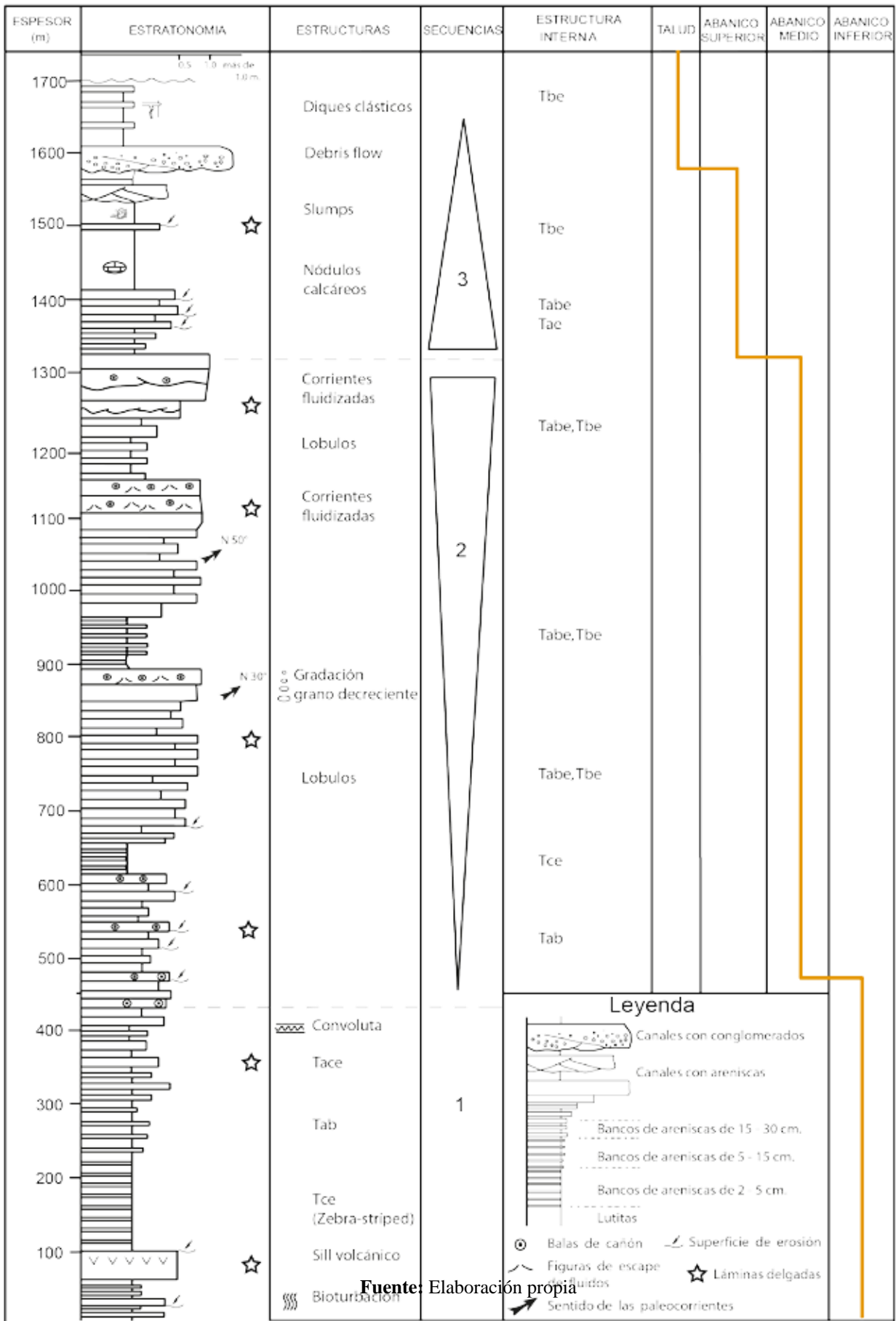
## 3. Resultados

El perfil tipo del redefinido GZ se ubica en la quebrada Paletillas, ubicada entre Chaquino (UTM: 573700; 9537600) y Bolaspamba (UTM: 568730; 9538510). La

serie tiene capas con buzamientos entre 50 y 80° al NO, y su longitud expuesta a lo largo de las orillas de la quebrada, no supera los 8 km. El espesor real de la serie, estimado en este perfil a partir de su espesor aparente, es cercano a 1700 m. Se trata de una alternancia monótona de limolitas laminadas y areniscas volcánicas de grano fino a medio; en menor proporción se intercalan areniscas de grano grueso y conglomerados. Las características sedimentarias observadas a lo largo del perfil indican una sucesión vertical de facies, asimilables a una progradación de un sistema turbidítico (Fig. 2). Las facies pueden ser descompuestas en 3 secuencias. De base hacia tope se tiene:

Figura N° 2

Columna sintética de la serie turbidítica del Grupo Zapotillo en el perfil Chaquino – Bolaspamba.



## Secuencia 1

Tiene un espesor real aproximado de 450 m. Está compuesta por una fina alternancia de lutitas negras, limolitas y areniscas laminadas verdosas y grises. Los contactos entre capas son planos paralelos a la escala del afloramiento. En la base de las capas de areniscas se observa a veces estructuras de bioturbación.

Se identificaron tres subsecuencias. La primera, en la parte inferior, consiste principalmente de alternancias de limolita gris y lutita negra, con estructura interna de tipo “Tce”, de la secuencia elemental de Bouma (Posamentier y Walker, 2006), con esporádicas capas de arenisca sin matriz y contactos planos paralelos de tipo “Ta”, lo que sugiere una facies de abanico distal de baja energía, con capas de arenisca que indican lóbulos cercanos. La segunda de tipo “Tab”, corresponde a alternancias de limolita laminada con arenisca sin matriz. Como elemento extraño, en esta subsecuencia se intercala un sill volcánico básico de 15 m de espesor. En las láminas delgadas de las areniscas se observa gránulos con plagioclasa y piroxeno en matriz microcristalina, lo que indica un volcanismo contemporáneo. La tercera, al tope, consiste de bancos de arenisca con gradación normal, alternados con lutitas negras. La secuencia es de tipo “Tace” con un intervalo “c” con microdunas y convolutas. Entre las alternancias se presenta facies de debris flow, con matriz de grauvaca y clastos de lutita. La grauvaca puede provenir del piso de la cuenca o de los bordes del fondo marino.

La secuencia 1 indica ambientes de sedimentación de abanico submarino distal progrado, con turbiditas de baja densidad y sin canales.

## Secuencia 2

Su espesor real aproximado es de 800 m. Está compuesta por una serie areniscas grises de grano medio, que pasan a areniscas de grano grueso hacia la parte superior. La secuencia es compatible con facies de turbiditas de alta densidad.

En la parte inferior el espesor de las capas pueden variar entre 5-10 cm. La estructura interna está esencialmente compuesta por intervalos “Tab”; el intervalo “a” es el mejor representado y presenta en general una gradación normal, el contacto inferior de los bancos de arenisca es

plano erosivo (scour surface). En menor proporción se observan los intervalos “Tabe” y “Tce”. En la parte superior de la secuencias, se tienen capas de areniscas de 1-3

m. de espesor con concreciones de areniscas calcáreas de 10 a 30 cm de diámetro bien redondeadas (similar a “cannon balls”); estas concreciones están dispersas al interior de las capas de arenisca masiva. Se observó en las capas figuras de escape de fluidos (“dish structures”). El contacto inferior de estas capas es irregular y poco erosivo a la escala de afloramiento. Estas características sugieren que las capas corresponden a depósitos de corrientes fluidizadas (“fluidized flow”).

Medidas efectuadas en “flute marks” dan un sentido de paleo-corrientes entre N30° y N50°. Intercaladas en la parte superior de esta secuencia, se hallan capas de conglomerados grises de 50 cm de espesor, con clastos de arenisca, lutita negra, carbonatos y basaltos; la serie tiene principalmente estructura interna de tipo “Tabe”. La secuencia 2 por sus características sedimentarias corresponde a facies de abanico superior a medio (zona frontal de los lóbulos).

## Secuencia 3

Su espesor real aproximado es de 500 m. Se trata de una secuencia estrato-decreciente y grano-decreciente con dominio de sedimentación arcillosa. En la parte media, las lutitas se intercalan con bancos de arenisca fina con moscovita y biotita, y espesor entre 10 y 50 cm. Los bancos tienen una estructura interna de tipo “Tbce”; se observan también niveles de “debris flows”, representados por capas de conglomerado poligenético de espesor métrico, y capas de areniscas con pliegues convolutos, de hasta 20 cm de espesor.

Hacia el tope, con un espesor de 130 m, se identifica una sub-secuencia, compuesta principalmente de areniscas gruesas y conglomerados. Su contacto inferior es una superficie de discontinuidad, visible a escala hectométrica, que pone en contacto erosivo las areniscas, sobre las lutitas infrayacentes.

Otra importante característica de esta secuencia, son los grandes canales de 50-200 m de ancho, que se erosionan y superponen entre sí. El relleno de estos canales es con-



glomerado poligenético, de cantos bien redondeados y tamaño variable entre 1 y 10 cm. Los clastos son de cuarzo, granitoides y cuarzo lechoso accesorio, los que se hallan englobados por una matriz de arena gruesa. Los bancos individuales en la base del canal pueden tener hasta 5 m de espesor, y hacia su parte superior se rellenan típicamente con una alternancia fina de arenisca y lutita en capas de 5 a 10 cm, caracterizada por sucesiones de tipo “Tbce” y “Tbe”.

La secuencia finaliza con 20 m de areniscas masivas con concreciones, que se apilan en capas de 1-2 m de espesor, y que se interpretan como depósitos de corrientes fluidizadas (“fluidized flow”). Estas características sedimentarias se relacionan con facies de abanico superior (zona de canales alimentadores), donde la presencia de “debris flows” sugiere unas facies de talud.

## Diagramas de Proveniencia

El análisis modal de 7 areniscas fue realizado por el método de Gazzi-Dickinson, mediante conteo de 300 puntos de granos detríticos, con su correspondiente clasificación en: Qt: granos totales de cuarzo = Qm cuarzo monocristalino + Qp cuarzo policristalino, F feldespatos totales = P plagioclasa + K feldespato de potasio, L: litoclastos no

cuarzosos, Lv: litoclastos volcánicos, Ls: litoclastos sedimentarios, Lc: litoclastos calcáreos detríticos extracuenca y otros, Lt: litoclastos totales = L+Lv+Ls+Lc. El conteo de los granos tuvo limitaciones con elementos tales como matriz, material cementante, así como con piroxenos y hornblendas; estos se agruparon en una categoría diferente no utilizada en los diagramas de Dickinson (1986).

Para el presente trabajo se utilizaron 2 diagramas triangulares, el QtFL, y el QpLvLs, (Dickinson y Suczek, 1979; Dickinson, 1986), los que se plotearon en la hoja de cálculo desarrollada por Zahid y Barbeau (2011), que se halla disponible en la página del SEPM (Society for Sedimentary Geology).

La clasificación petrográfica de Folk (1980), ubica a las muestras como arcosas y arcosas líticas, pues los granos de las areniscas del GZ, son en su mayoría (52%), plagioclasas. Las proporciones Qp/Ls/Lv indican una proveniencia de arco orogénico (Fig. 3).

De igual manera los diagramas de ambiente tectónico QtFL (Fig. 3), las clasifican como proveniencia de arco magmático (archipiélago intraplaca, arco de islas oceánico y arco de margen continental), en el campo de arco transicional, entre disectado (magmático) y no disectado (volcánico) (Fig. 4).

**Figura N° 3**  
Diagramas de proveniencia (QpLvLs) de Dickinson (1986), para las areniscas del GZ.

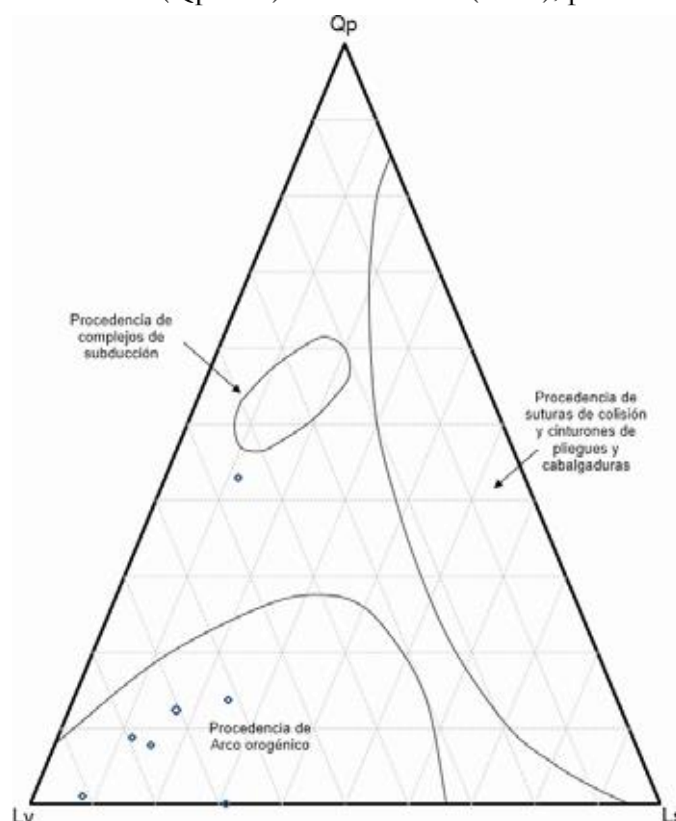
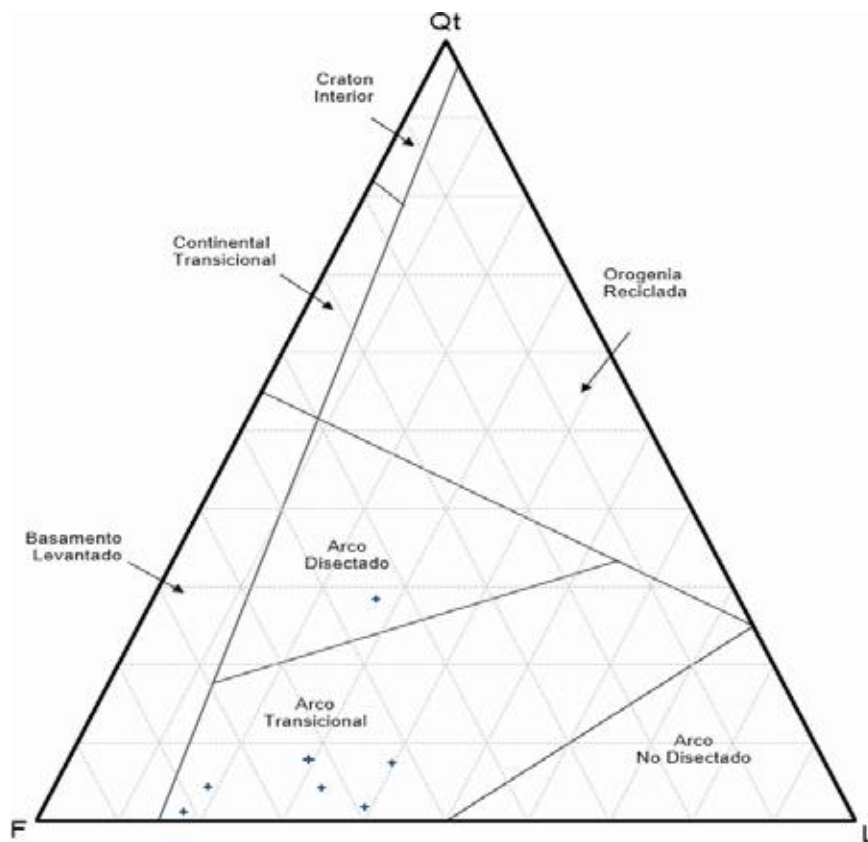


Figura N° 4

Diagramas de proveniencia (QtFL) de Dickinson (1986), para las areniscas del GZ.



#### 4. Discusión

La CAL se encuentra limitada por fallas, documentadas en campo como Falla Cuzco-Angolo y Falla Chira (Jaimes 2012). Por tal motivo la cuenca ha sido dividida como dominio oriental y occidental. En el dominio oriental se tienen productos magmáticos y volcánicos bien datados en el Perú (Winter, 2008), que han sido correlacionados con el dominio occidental de las series turbidíticas del GZ. Las rocas sedimentarias del dominio occidental tienen una estratificación continua en varias cientos de kilómetros en dirección NE-SW, sin embargo considerando la rotación que sufrió debido a fallamientos dextrales post cretácicos, se sugiere una posición inicial de rumbo NW-SE y una dirección de corrientes turbidíticas N340°, con lo cual se indica vestigios de una plataforma cretácica erosionada ubicada al sur y de origen volcánico. Para la acumulación de la potente serie turbidítica se necesitó de un lugar privilegiado que no cambió desde el Albiense-Coniacense,

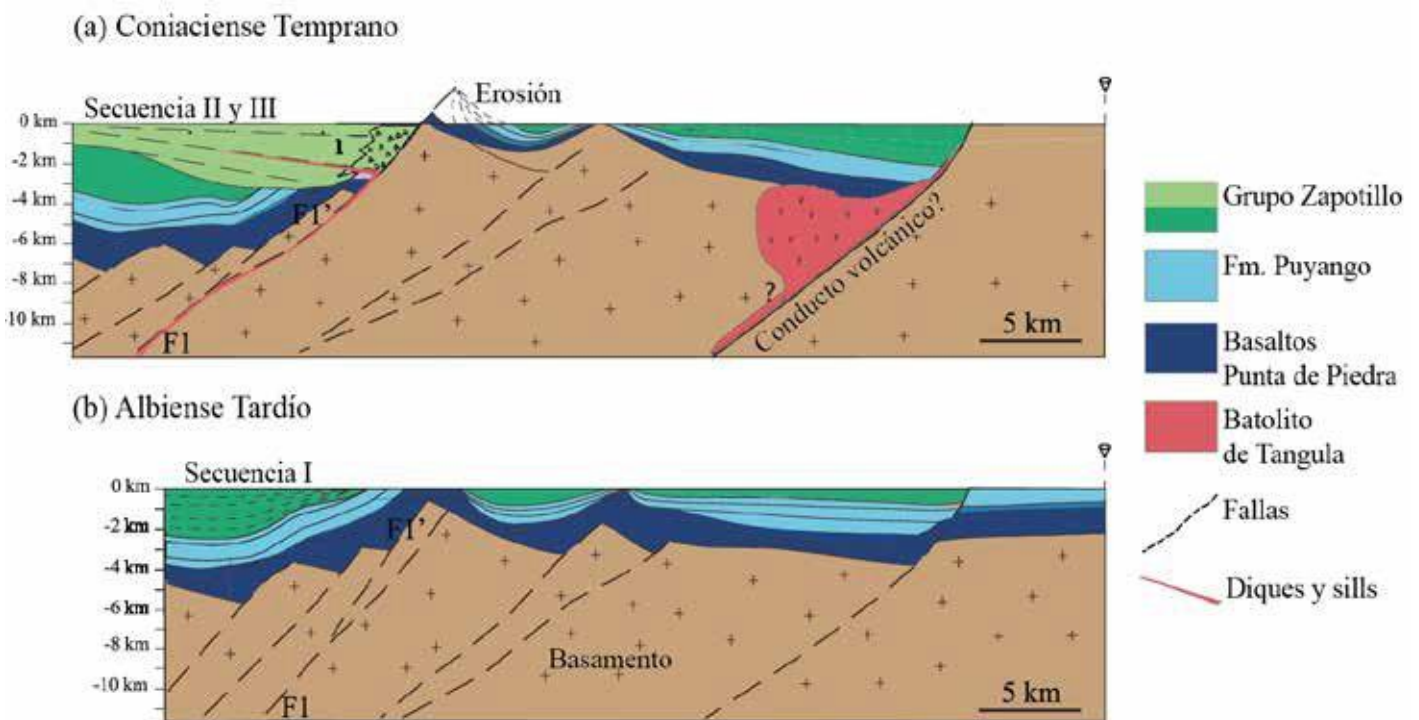
que la sedimentación en la cuenca comienza con facies distales (Secuencia I), que se tornan hacia arriba cada vez más proximales, típico de una regresión marina y consecuente progradación de los abanicos submarinos de S a N. Este sistema sería el principal mecanismo de relleno de la CAL. La secuencia II marca el inicio de la regresión desde el Turoniense con base a edades correlacionadas en el Perú. Los diagramas de proveniencia son consistentes con la existencia de una plataforma volcánica extinta. Desde el punto de vista hidrocarbúfero esta serie turbidítica podría constituir un buen prospecto a seguir en la exploración teniendo en cuenta la ocurrencia de: facies distales de abanico inferior (potencial roca generadora de gas o petróleo), facies proximales de abanico medio (zona de lóbulos) como potentes barras arenosas fracturadas que podrían constituir buenas rocas reservorio para el hidrocarburo, teniendo como sello las facies de talud.

La secuencia volcánica Celica no ha sido estudiada a profundidad; solamente posee geoquímica de tierras raras para discriminación de ambiente tectónicos (INIGEMM, 2013). En el Perú esta secuencia ha sido diferenciada en varios eventos volcánicos, datados entre 105 a 91 Ma, de afinidad (bimodal) toleítica y calcoalcalina (Winter, 2008). Con base al trabajo de campo y a los datos obtenidos se interpreta al GZ como ante arco, cuyo basamento fallado, que incluye las Formaciones Puyango y Punta de Piedra, provocó

la subsidencia necesaria para acumular toda la serie turbidítica, y al mismo tiempo estas fallas antiguas sirvieron de conducto volcánico para los sills, diques y batolitos contemporáneos a la sedimentación del GZ (Fig. 4). Las limitaciones encontradas en este trabajo fueron la correlación del GZ con la Fm. Ciano, que también es parte del relleno de la CAL y la relación de cobertura sedimentaria de la serie del Campaniense – Maastrichtiense.

Figura N° 5

Esquema de evolución de la serie turbidítica del GZ, desde el Albiense Tardío al Coniaciense Temprano.



## Agradecimientos

A Fredy Jaimes del INGEMMET por facilitar bibliografía de la geología del Perú. A Carlos Águila y Oscar Dávila, por la revisión de este documento y a los colegas que fueron parte del mapa geológico binacional a escala 1:100.000 de las zonas de Huaquillas, Puyango, Alamor y Zapotillo.

## Referencias

- Bristow, C., y Hoffstetter, R. (1977) International Stratigraphique Lexique - Ecuador, 2nd edition. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique, 399 pp.
- Dickinson, W.R. (1985): Interpreting provenance relations from detrital modes of sandstones. In: Zuffa (Ed.): Provenance of arenites. D. Reidel Publishing Comp., 333-362.

- Dickinson, W., Suczek, C. (1979). Plate tectonics and sandstone compositions. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 63, 2164-2182.
- Folk, R.L: (1980) *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Company, Austin, 184 p.
- INIGEMM (2013) Proyecto Modelo Piloto para la determinación del potencial Geológico - Mineralógico de las zonas Zaruma y Cariamanga a escala 1:100.000. 18 pp
- INIGEMM (2016) Mapa Geológico Binacional a escala 1:100.000, de las zonas Huaquillas, Puyango, Alamor y Zapotillo. En preparación.
- Jaillard, E., Bengtson, P., Dhondt, A.V., (2005) Late Cretaceous marine transgressions in Ecuador and northern Peru: A refined stratigraphic framework. *Journal of South American Earth Sciences*, 307-323.
- Jaimes, F., Santos, A., Navarro, J., & Bellido, F. (2012) Geología del cuadrángulo de Las Lomas. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, N°146, 128 pp.
- Mourier T., Laj C., Mégard F., Roperch P., Mitouard P., & Medrano F., (1988) An accreted continental terrane in northwestern Perú. *Earth and Planetary Science Letters*, 88, 188-192 pp.
- Posamentier H., Walker R. (2006) Deep-Water Turbidites and Submarine Fans. *Society for Sedimentary Geology*. 400-518 pp
- Winter, L. S. (2008). The genesis of Giant Copper-Zinc-Gold-Silver volcanogenic massive sulphide deposits at Tambogrande, Perú. Vancouver: The University of British Columbia, 260 pp.
- Zahid, K., Barbeau D. (2011) Constructing Sandstone Provenance and Classification Ternary Diagrams using an Electronic Spreadsheet. *Journal of Sedimentary Research*, vol. 81, issue 9, pp. 702-707.

\*Este artículo fue publicado en las Memorias VIII Jornadas en Ciencias de la Tierra editada y organizada por la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador.

Agradecemos su participación en este número como artículo invitado.