

EVOLUCION DEL GOLFO DE GUAYAQUIL (ECUADOR) COMO UN EFECTO DEL ESCAPE TECTONICO DEL BLOQUE NOR-ANDINO DESDE EL PLEISTOCENO INFERIOR

César Witt ^{a, b,}, Jacques Bourgois ^{a, b, c, d,}, François Michaud ^{a,}, Martha Ordoñez ^{e,} Nelson Jiménez ^e

^a UMR Geosciences Azur, Observatoire Océanologique de Villefranche, Villefranche sur Mer, Francia.

^b Escuela Politécnica Nacional (EPN), Departamento de Geología y Riesgos Geológicos (DGRG), Quito, Ecuador.

^c Centre Nationale de la Recherche Scientifique (CNRS), Francia

^d Institut du Recherche pour le Développement (IRD), Francia.

^e Petroproducción, Centro de Investigación Geológicas de Guayaquil (CIGG) Guayaquil, Ecuador.

INTRODUCCION

Proponemos un modelo de evolución de la zona del Golfo de Guayaquil (ZGG) basado en la interpretación de perfiles de sísmica de reflexión y datos de perforaciones adquiridos por PETROECUADOR (Empresa Petrolera del Estado Ecuatoriano). La ZGG se encuentra ubicada en la extremidad sur del Bloque Nor-Andino (BNA). El BNA se desplaza hacia el Norte a ~ 1 cm/año (Trenkamp *et al.*, 2002). La formación y posterior evolución de la ZGG han sido relacionadas directamente con la migración hacia el Norte del BNA a lo largo de su límite este: el denominado Sistema de Fallas Dolores-Guayaquil (SFDG). La evolución de la ZGG (Witt *et al.*, sometido) está controlada por seis estructuras principales que acomodan la migración del BNA e incluyen: estructuras extensivas de dirección E-W (i.e. Posorja y Jambelí Detachements), fallas transformantes de dirección aproximada N-S (i.e. Sistema de Fallas Domito; SFD y el Sistema de Fallas Puná-Santa Clara; SFPSC) y dos sistemas de transferencia de movimiento intracuenca (Falla Tenguel y Graben Esperanza). La descripción precisa de estas estructuras principales permite caracterizar la evolución tectónica así como la reconstrucción de la subsidencia de la ZGG.

EVOLUCION DEL GOLFO DE GUAYAQUIL

La fase más antigua de subsidencia observada en la ZGG data del Mio-Plioceno y es controlada por las fallas normales de dirección N-S y buzamiento oeste del SFD (**Figura 2A**). Las cuencas Esperanza y Jambelí presentan también una espesa acumulación sedimentaria de edad Mio-Plioceno (anterior a 1.75-2 Ma). Sin embargo, dentro de esta serie sedimentaria no se observan ni variaciones de espesor ni estructuras activas durante este período. Los principales depocentros y las estructuras tectónicas asociadas a ellos son posteriores al Plioceno. A diferencia del SFD, la acumulación sedimentaria producida en las cuencas Esperanza y Jambelí (2-4.5 Km de sedimentos) es de edad Pleistoceno-Holoceno.

El Pleistoceno inferior es el período de mayor subsidencia e individualización de depocentros en la ZGG (**Figura 2B**). En la cuenca Esperanza la fase de mayor subsidencia es producida por el Sistema de Detachment Posorja. La falla principal de este sistema (**Figura 1**) presenta una dirección \sim E-W y un buzamiento hacia el S. En este período la subsidencia se inicia también en la Cuenca Jambelí a lo largo del Detachment Jambelí. Esta estructura de dirección \sim E-W presenta un buzamiento hacia el N, contrario a aquel del Detachment Posorja. Consecuentemente, el segmento del SFPSC ubicado sobre la Isla Puná se desarrolla como una falla de transferencia (SP in **Figura 2B**) para acomodar el movimiento opuesto entre los Detachements Posorja y Jambelí. La mayor actividad tectónica para acomodar la transferencia de movimiento debe estar localizada a lo largo de los segmentos del SFPSC que conectan a ambos detachements a lo largo de la parte SE de la Isla Puná. La evidencia de esto es representada por la pérdida total de reflexiones sísmicas a lo largo de un amplio corredor coincidente

con la zona de mayor transferencia de movimiento e interpretada como una zona altamente fracturada (**Figura 1**). Es importante notar que el SFPSC no se prolonga ni al Norte ni al Sur (**Figuras 1 y 2**). Consecuentemente el SFPSC no puede ser interpretado como la frontera del BNA (i.e. SFDG) como ha sido comúnmente aceptado. Las mayores tasas de subsidencia observadas en la cuenca Esperanza ocurren durante el Pleistoceno inferior. La falla Tenguel y las fallas normales que delimitan el Graben Esperanza controlan la evolución espacial y temporal de estos depocentros.

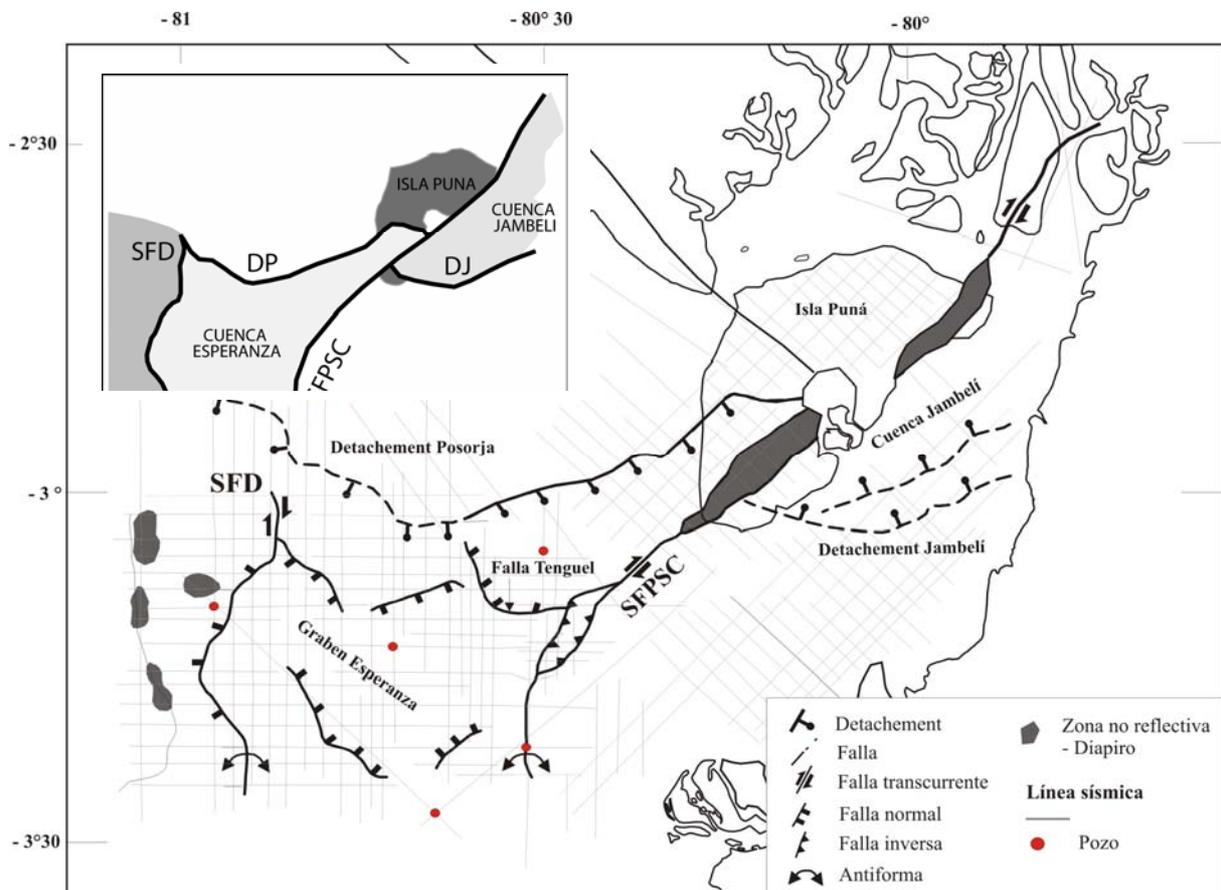


Figura 1. Mapa estructural de la ZGG.

Los perfiles sísmicos muestran una amplia disconformidad asociada con una fase de emersión en las Cuencas Esperanza y Jambelí (**Figura 2C**). Considerando la profundidad actual de las disconformidades (0.4 a 0.6 STD bajo el fondo marino), las tasas de sedimentación regional y la edad de las variaciones eustáticas del nivel del mar para los últimos 600 ka; asumimos que la emersión ocurre durante el subperíodo interglaciar 6e (i.e. 140-180 ka). Esta fase de emersión es aparentemente contemporánea con inversiones tectónicas restringidas a lo largo de dos segmentos del SFPSC y la parte central de la Falla Tenguel (**Figura 2C**). En lugar de estar relacionadas con un cambio en el régimen de esfuerzos o un cambio cinemático regional, estas inversiones tectónicas puntuales y relativamente débiles, son originadas por causas locales.

Desde el Pleistoceno inferior la evolución tectónica de la ZGG es controlada por el escape tectónico del BNA. Proponemos que el importante cambio de la dirección del esfuerzo extensivo desde ~E-W (SFD) a ~N-S (Detachements Posorja y Jambelí) que ocurre a ~1.75 Ma (i.e. base del Pleistoceno inferior) está relacionado con el inicio de la migración hacia el Norte del BNA. Debido a que no existe un cambio en la cinemática regional del sistema de placas Nazca – Sudamérica durante los últimos 5 ma., proponemos que el escape tectónico del BNA es el resultado del incremento del acoplamiento

entre las placas Nazca–Sudamérica. Este incremento en el acoplamiento intraplacas pudo ser producido por el inicio de la colisión y posterior subducción de la Ríde de Carnegie. Este análisis es concordante con el análisis de la deformación y del levantamiento (Aalto and Miller, 1999; Cantalamessa and Di Celma, 2004) en los sectores costeros más próximos a la fosa, la edad del inicio de la subducción de la Ríde de Carnegie ha sido propuesta por estos autores como posterior al Plioceno superior.

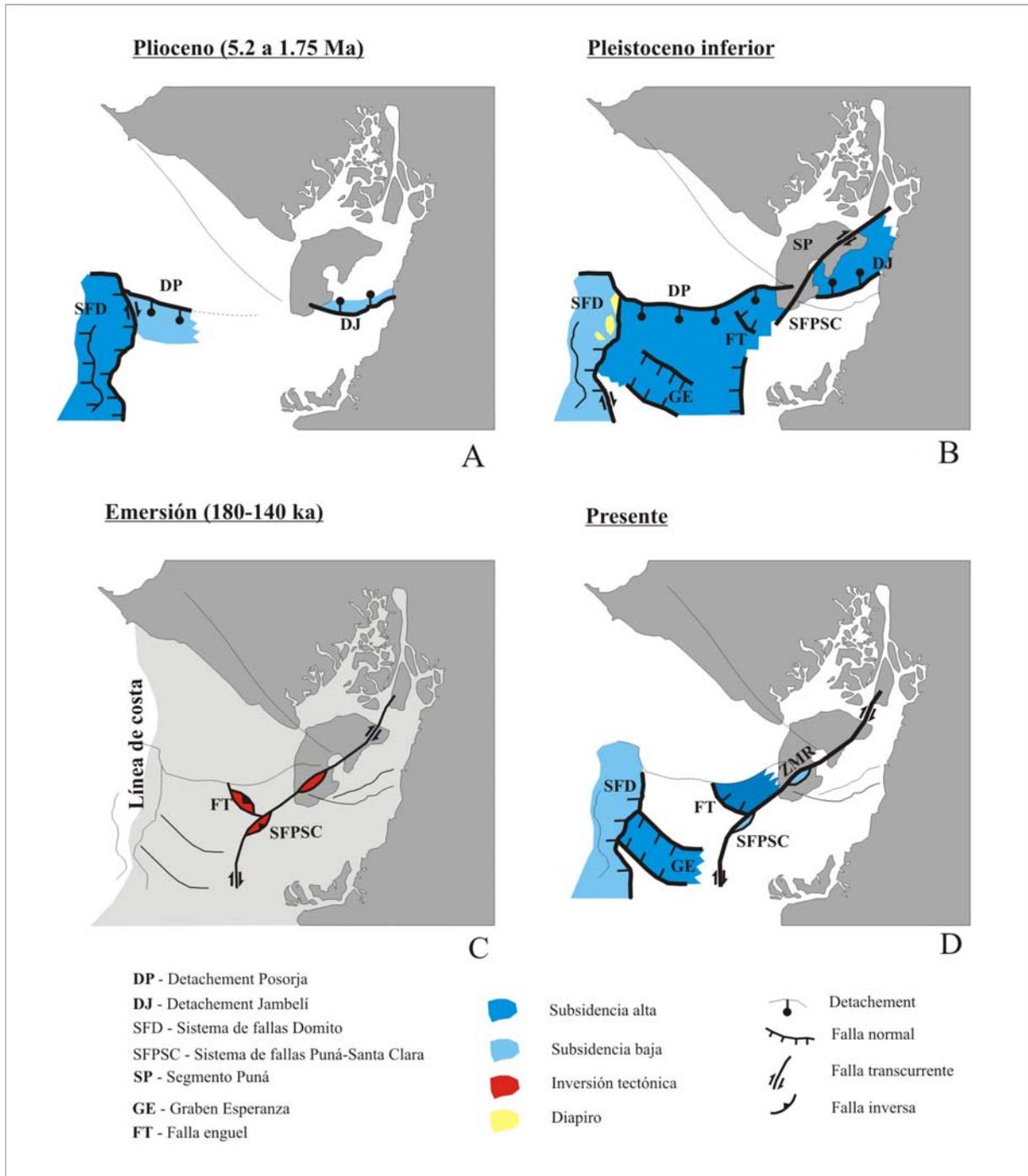


Fig. 2. Evolución de la ZGG

CONCLUSIONES

El SFPSC (comúnmente asociado a la extremidad sur del SFDG) actúa como una falla transformante desde el Pleistoceno inferior. Este sistema acomoda la vergencia opuesta entre el Detachement Posorja (buzante hacia el sur) y el Detachement Jambelí (buzante hacia el norte). El SFPSC no presenta una prolongación clara hacia el continente y no se prolonga hacia la fosa.

El SFD limita una zona controlada por procesos de margen continental de otra controlada por el escape tectónico del BNA. Durante el Pleistoceno inferior se inicia la subsidencia en las cuencas Esperanza y Jambelí producida por los detachements con vergencia N-S relacionados con el escape tectónico del BNA. Tomando en cuenta la fuerte dependencia de la subsidencia en la ZGG con respecto al movimiento del BNA, asumimos que el límite entre el Plioceno y el Pleistoceno inferior está asociado a un cambio en la tasa de desplazamiento del BNA. Proponemos que el cambio en el régimen tectónico extensivo desde ~E-W (SFD) a ~N-S (Detachements Posorja y Jambelí) está relacionado con el inicio del movimiento del BNA. Debido a que no existe una reorganización del sistema de placas Nazca – Sudamérica desde el Plioceno (i.e. 5.2 Ma) que podría explicar el inicio de la migración, asumimos que la migración del BNA es provocada por el incremento del acoplamiento intraplacas provocado por la colisión de la Ríde de Carnegie con la fosa.

Una importante emersión de la ZGG ocurre durante el nivel glacial del subestado isotópico 6e (entre 180 y 140 ka). Esta emersión provoca el cese de la sedimentación. Adicionalmente, este cambio paleogeográfico provoca probablemente un cambio en el régimen tectónico local capaz de provocar las pequeñas y locales inversiones tectónicas observadas a lo largo de dos segmentos del SFPSC y a lo largo de la parte central de la falla Tenguel. Consideramos que estas aisladas inversiones tectónicas del Pleistoceno superior son provocadas por causas locales ya que no existe una reorganización cinemática en los límites de placa durante este tiempo. Debido a esto proponemos que no existe un cambio importante en el régimen tectónico general que controla la evolución de la ZGG durante el Cuaternario. La ZGG permanece bajo la acción de un régimen extensivo a partir del Pleistoceno inferior.

La ZGG es un lugar de gran aporte de sedimentos ya que constituye la parte final de una de las dos cuencas que transportan los sedimentos desde los Andes ecuatorianos hacia la zona costera. La emersión de la ZGG permite a los sedimentos alcanzar la fosa en lugar de quedar atrapados dentro de las zonas subsidentes. Ha sido demostrado en otros lugares ([Von Huene and Scholl, 1991](#); [Bourgeois et al., 2000](#)) que el aporte de sedimentos hacia la fosa es un factor preponderante en el régimen tectónico de la subducción. La llegada de sedimentos hacia la fosa puede cambiar el régimen desde subducción-erosión a subducción-acreción. Esto refleja la importancia de la ZGG en el control del régimen tectónico a lo largo de la margen sur del Ecuador.

Actualmente la tectónica de la ZGG es predominantemente extensional (**Figura 2D**). Esta está concentrada principalmente en el graben Esperanza y en la Falla Tenguel. El SFD presenta una reactivación reciente en falla normal mientras que los Detachements Posorja y Jambelí no son activos. Las extremas condiciones de subsidencia provocadas por detachements de bajo ángulo no directamente relacionados con sistemas transcurrentes sugiere que la ZGG no es una cuenca pull-apart (en un sentido comúnmente aceptado) como ha sido propuesto previamente.

La ZGG se desarrolla en una estrecha relación con el escape tectónico del BNA, aún así, el límite este del BNA no fue identificado en la zona de estudio. A la latitud de la ZGG el límite entre el BNA y la Placa Sudamérica debe estar ubicado hacia el Oeste, posiblemente en los Andes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el IRD (Institute de Recherche pour le Développement) el FUNDACYT (Fundación para la Ciencia y la Tecnología) el CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) y la Embajada de Francia en Ecuador. Agradecemos a Petroecuador por los datos brindados y especialmente al Ing. Galo Montenegro por su amplia ayuda. Agradecemos también a César Ranero, Valenti Sallares y Alcinoe Calahorrano por sus valiosos comentarios.

Referencias

- Aalto, K.R., Miller, W.**, 1999. Sedimentology of the Pliocene Upper Onzole Formation, an inner-trench slope succession in northwestern Ecuador, *Journal of South American Earth Sciences* 12, 69-85.
- Bourgeois, J., Guivel, C., Lagabrielle, Y., Calmus, T., Boulègue, J., Daux, V.**, 2000. Glacial-interglacial trench supply variation, spreading-ridge subduction, and feedback controls on the Andean margin development at the Chile triple junction area (45-48°S), *J. Geophys. Res.* 105, 8355-8386.
- Cantalamesa, G., Di Celma, C.**, 2004. Origin and chronology of Pleistocene marine terraces of Isla de la Plata and of flat, gently dipping surfaces of the southern coast of Cabo San Lorenzo (Manabí, Ecuador). *Journal of South American Earth Sciences*, 16, 633-648
- Deniaud, Y., Baby, P., Basile, C., Ordoñez, M., Montenegro, G., Mascle, G.**, 1999. Ouverture et évolution tectono-sédimentaire du Golfe de Guayaquil: basin d'avant arc néogène et quaternaire du Sud des Andes équatoriennes, *C.R. Acad. Sci. Paris* 328 (3), 181-187.
- Trenkamp, R., Kellogg, J.N., Freymuller, T., Mora, P.H.**, 2002. Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations, *Journal of South American Earth Sciences* 15, 157-171.
- von Huene, R., Scholl, D.**, 1991. Observations at convergent margins concerning sediment subduction, subduction erosion and the growth of continental crust, *Reviews of Geophysics* 29 (3), 279-316.
- Witt, C., Bourgeois, J., Michaud, F., Ordoñez M., Jiménez, N., Sosson, M.**, submitted. Development of the Golfo de Guayaquil (Ecuador) as an effect of the North Andean block tectonic escape since the Lower Pleistocene.

* Corresponding author: witt@obs-vlfr.fr