



## ESEG-3: Arquitectura cortical del margen andino combinando datos estructurales y modelos geofísicos

### Revisión cronológica de la deformación en la faja plegada y corrida de la Fila Costeña, Costa Rica.

Patrick Duran<sup>1,2</sup>, Hernan Porras<sup>3</sup>, Monserrat Cascante<sup>3</sup>, Jose Mescua<sup>5,4</sup>, Melissa Madrigal<sup>1</sup>.

(1) Escuela Centroamericana de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

(2) Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

(3) Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional de Costa Rica, Heredia, Costa Rica

(4) Universidad Nacional de Cuyo, Argentina

(5) IANIGLA-CCT, Mendoza-CONICET, Mendoza, Argentina

### Introducción

La faja plegada y corrida de la Fila Costeña (FPC) se ubica en el antearco Pacífico de Costa Rica, y está constituida por una secuencia de pliegues y sobrecorrimientos con rumbo NW-SE y vergencia hacia SW, en la cual se deforma una secuencia sedimentaria cenozoica correspondiente a la cuenca Térraba, con un acortamiento de 17 a 33 km (Fig., 1; Fisher et al., 2004; Sitchler et al., 2007).

Varias secciones transversales construidas a lo largo del rumbo muestran una disminución sistemática en el acortamiento total a medida que los corrimientos disminuyen en número (Morell, 2016). El mayor acortamiento y las mayores elevaciones se encuentran directamente sobre del eje de la cordillera del Coco (Fisher et al., 2004; Sitchler et al., 2007; Morell et al., 2015). Estas y varias otras líneas de evidencia se han utilizado para sugerir que la FPC de la Fila Costeña se está deformando activamente en respuesta a la subducción de la Cordillera de Cocos (Kolarsky et al., 1995; Sitchler et al., 2007). Por otro lado, estudios recientes, señalan que la inversión de la cuenca Térraba se produjo previo al arribo de la dorsal del Coco, alrededor de 15 Ma, producto del cambio de la convergencia entre las placas Cocos y Caribe (Mescua et al., 2017).

Esta discrepancia entre los modelos propuestos para el alzamiento de la FPC de la Fila Costeña, nos ha llevado a elaborar una revisión exhaustiva de la información disponible e integrarla en una evolución tectónica coherente a través del tiempo. Esta incluye una reinterpretación geológica de los depósitos sedimentarios que rellenan la cuenca del Térraba y es apoyada con la cronología de los cuerpos intrusivos asociados a los diferentes corrimientos.

### Antecedentes geológicos

La cuenca Térraba es una secuencia de calizas, turbiditas y depósitos volcanoclásticos de edad Eoceno-Mioceno Medio (Mora, 1979; Denyer y Arias, 2007), que se habría invertido y generado una serie de corrimientos de piel fina conocidos como FPC de la Fila Costeña (Sitchler et al., 2007).

La Formación Fila de Cal (Fig. 1a-b) es la unidad sedimentaria más antigua expuesta en Fila Costeña (Mora, 1979; Denyer y Alvarado, 2007). Aunque el contacto inferior no está expuesto, se presume que esta formación sobreyace al basamento regional conocido como Complejo de Nicoya (Phillips, 1983). La Formación Térraba, sobreyace concordantemente a la Formación Fila de Cal. Esta secuencia turbidítica del Oligoceno al Mioceno Inferior, aumenta su contenido volcanoclástico hacia la parte superior, y sugiere la existencia de relieve elevado al norte de la cuenca, durante este período de tiempo, asociado con el desarrollo del arco volcánico de Talamanca (Phillips, 1983). Las intrusiones gabroicas asociadas a la Formación Puerto Nuevo (Fig. 1), datadas por K-Ar y Ar/Ar en 18-11 Ma, intruyen a las formaciones Fila de Cal y Térraba (Appel, 1990; de Boer et al., 1995; MacMillan et al., 2004; Gazel et al., 2009).

Sobreyaciendo a la Formación Térraba se encuentra la Formación Curré de edad Mioceno Medio al Mioceno Superior, la cual está constituida principalmente por detrito volcanoclástico y posee una gradación de un ambiente marino somero en la base a un ambiente fluvial lacustrino hacia el techo (Lowery, 1982). Una serie de cuerpos hipobasales que afloran en el flanco noreste de la Fila Costeña, intruyen la Formación Curré (Fig. 1b,c) y han sido datados mediante Ar/Ar en ~6 Ma (MacMillan et al., 2004). Posteriormente, mediante una discordancia progresiva la Formación Curré es sobreyacida por abanicos aluviales volcanoclásticos con abundante contenido de gabros, lahares, piroclastos y flujos de lava del Plio-Pleistoceno (Dengo, 1962; Mora, 1979) asociados a la Formación Paso Real. Una serie de abanicos aluviales coalescentes con un aumento progresivo hacia el techo de clastos plutónicos provenientes de la Cordillera de Talamanca han sido agrupados dentro de la Formación Valle de El General (Mora, 1979; Kesel, 1983; Alvarado et al., 2009). Estos depósitos datados en 26,5 ka del Pleistoceno-Holoceno (Kesel, 1983), se encuentran basculados en los afloramientos cercanos a las fallas inversas (Mora, 1979, Alvarado et al., 2009).



## ESEG-3: Arquitectura cortical del margen andino combinando datos estructurales y modelos geofísicos

### Estructura de la FPC de la Fila Costeña

La FPC, representada en las secciones transversales como una faja de corrimientos de piel fina (Fig. 1b,c), muestra un sistema de fallas imbricadas con un nivel de desprendimiento ubicado entre el basamento y la Formación Fila de Cal, los cuales se conectan con una falla inversa importante asociada al alzamiento de la Cordillera de Talamanca (Fisher et al., 2004; Morell, 2016; Sitchler et al., 2007). Dentro de la FPC, todas las unidades de la cuenca Térraba están inclinadas hacia el arco con rangos entre 30-45°, paralelas a la inclinación de los corrimientos.

### Interpretación y restricciones de tiempo en la FPC de la Fila Costeña

Una importante reorganización tectónica tuvo lugar durante el Mioceno Medio-Superior, donde el inicio de la convergencia ortogonal desencadenó un periodo contraccional en todo el territorio de Costa Rica (Mescua et al., 2017). Una evidencia convincente de este evento de contracción está dada por la naturaleza sintectónica de los diques gabroicos de la Formación Puerto Nuevo de 18 a 11 Ma (MacMillan et al., 2004). La intrusión de esta unidad fue controlada principalmente por fallas inversas de la FPC, y a su vez algunas de las intrusiones cortaron las fallas con desplazamiento menor o sin desplazamiento (Kolarsky et al., 1995). Las dataciones de estos diques muestran una progresión cronológica hacia el antearco interno donde son más jóvenes que en el antearco externo (Fig. 1b,c).

Este magmatismo coetáneo con la deformación tectónica, puede tomarse como un indicador de la cronología de los corrimientos. Este hecho sugiere que los primeros corrimientos en formarse se ubican en el sector externo de la FPC y los subsecuentes corrimientos se habrían generado hacia el antearco interno en una secuencia de abanico imbricado anterior (Fig. 1c).

La gradación de un ambiente marino turbidítico registrado en la Formación Térraba a un ambiente somero parálico-lacustre hacia la parte superior de la Formación Curré, implica que la FPC se alzó durante el evento compresivo del Mioceno Medio.

El cambio de ambiente marino a continental registrado en la sección superior de la Formación Curré y la Formación Paso Real, sugiere que la FPC ya se había constituido como tal y la acumulación de sedimentos se daba en cuencas sinorogénicas. Estas cuencas, por lo tanto mantienen un registro del aporte de material que provenía del vulcanismo activo de la cordillera de Talamanca, y de la erosión de la Fila Costeña.

Posteriormente, los corrimientos habrían continuado hacia el arco interno ocasionando un cese del vulcanismo y un fuerte levantamiento de los cuerpos plutónicos de Talamanca registrado en el aumento progresivo en la cantidad y tamaño de los clastos intrusivos hacia el techo de la Formación Valle de El General. Estos corrimientos también serían responsables del basculamiento de la Formación Paso Real y las facies más distales de la Formación Valle de El General.

### Conclusiones

La interpretación estructural de la FPC indica que la región de antearco externo representada por las Formaciones Térraba, Fila de Cal y Puerto Nuevo han estado sujetas a una tectónica contraccional al menos desde hace 15 Ma, momento en el cual iniciaron los primeros corrimientos en el sector del antearco externo. La migración progresiva de estos corrimientos desde el antearco hacia el arco, observada en la cronología de los diques, sugiere que el alzamiento de la Cordillera de Talamanca es posterior a la Fila Costeña. Este evento puede ser observado primeramente en las brechas de la Formación Paso Real, la cual posee una proveniencia principalmente de la Fila Costeña con abundante contenido de gabros, y posteriormente en la Formación Valle de El General donde el conteo de clastos intrusivos provenientes de la Cordillera de Talamanca es significativo. El basculamiento de la Formación Paso Real y de las facies distales de la Formación Valle del El General, es un indicador de la progresión de la deformación hacia el margen interno de la Fila Costeña.

### Referencias

Alvarado, G. E., Denyer, P., & Gazel, E. (2009). Endeavor research into evolving paradigms around ophiolites: the case of the oceanic igneous complexes of Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, 40, 43-79.

Appel, H. (1990). *Geochemie und K/Ar-datierung an magmatiten in Costa Rica, Zentralamerika*. - 153 p. Univ. Mainz, Alemania [Tesis de Diploma].



## ESEG-3: Arquitectura cortical del margen andino combinando datos estructurales y modelos geofísicos

de Boer, J. Z., Drummond, M. S., Bordelon, M. J., Defant, M. J., Bellon, H., & Maury, R. C. (1995). Cenozoic magmatic phases of the Costa Rican island arc (Cordillera de Talamanca). In P. Mann (Ed.), *Geologic and tectonic development of the Caribbean Plate Boundary in southern Central America*, Geological Society of America Special Paper (Vol. 295, pp. 35–55). Boulder, CO: Geological Society of America. <https://doi.org/10.1130/SPE295-p35>.

Dengo, G. (1962). Tectonic-igneous sequence in Costa Rica. In A. E. J. Engel, H. L. James, & B. F. Leonard (Eds.), *Petrologic studies; a volume in honor of A.F. Budington* (pp. 133–161). Boulder, CO: Geological Society of America.

Denyer, P., & Alvarado, G. E. (2007). Mapa geológico de Costa Rica (escala 1:500,000), Map printed in San Jose, Costa Rica by Dirección de Geología y Minas (MINAE).

Fisher, D. M., Gardner, T. W., Sak, P., Sanchez, J. D., Murphy, K., & Vannucchi, P. (2004). Active thrusting in the inner forearc of an erosive convergent margin, Pacific coast, Costa Rica. *Tectonics*, 23, TC2007. <https://doi.org/10.1029/2002TC001464>.

Gazel, E., Carr, M. J., Hoernle, K., Feigenson, M. D., Szymanski, D., Hauff, F., & van den Bogaard, P. (2009). Galapagos-OIB signature in southern Central America: Mantle refertilization by arc–hot spot interaction. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 10(2). <http://doi.org/10.1029/2008GC002246>.

Kesel, R. H. (1983). Quaternary history of the Río General Valley, Costa Rica. *National Geographic Society Research Reports*, 15, 339–358.

Kolarsky, R. A., Mann, P., & Montero, P. W. (1995). Island arc response to shallow subduction of the Cocos Ridge, Costa Rica. In P. Mann (Ed.), *Geologic and tectonic development of the Caribbean Plate Boundary in southern Central America*, Geological Society of America Special Paper (Vol. 295, pp. 235–262). Boulder, CO: Geological Society of America. <https://doi.org/10.1130/SPE295-p235>.

Lowery, B.J. (1982). Sedimentology and tectonic implications of the middle to upper Miocene Curré Formation, southwestern Costa Rica. Doctoral dissertation, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.

MacMillan, I., Gans, P. B., & Alvarado, G. (2004). Middle Miocene to present plate tectonic history of the southern Central American volcanic arc. *Tectonophysics*, 392, 325–348. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.04.014>

Mescua, J. F., Porras, H., Durán, P., Giambiagi, L., de Moor, M., Cascante, M., Salazar E, Protti M, Poblete, F. (2017). Middle to late Miocene contractional deformation in Costa Rica triggered by plate geodynamics. *Tectonics*, 36, 2936–2949. <https://doi.org/10.1002/2017TC004626>

Mora, S. (1979). Estudio geológico de una parte de la región sureste del Valle del General, Provincia Puntarenas, Costa Rica, undergraduate thesis, 185 pp., Univ. de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica.

Morell, K. D. (2015). Late Miocene to recent plate tectonic history of the southern Central America convergent margin. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 16(10), 3362–3382. <https://doi.org/10.1002/2015GC005971>.

Morell, K. D. (2016). Seamount, ridge and transform subduction in southern Central America. *Tectonics*, 35(2), 357–385. <https://doi.org/10.1002/2015TC003950>.

Phillips, P. J. (1983). Stratigraphy, sedimentology, and petrologic evolution of tertiary sediments in southwestern Costa Rica, B. S., La. State Univ., Baton Rouge.

Sitchler, J. C., Fisher, D. M., Gardner, T. W., & Protti, M. (2007). Constraints on inner forearc deformation from balanced cross sections, Fila Costeña thrust belt, Costa Rica. *Tectonics*, 26, TC6012. <https://doi.org/10.1029/2006TC001949>.



## ESEG-3: Arquitectura cortical del margen andino combinando datos estructurales y modelos geofísicos

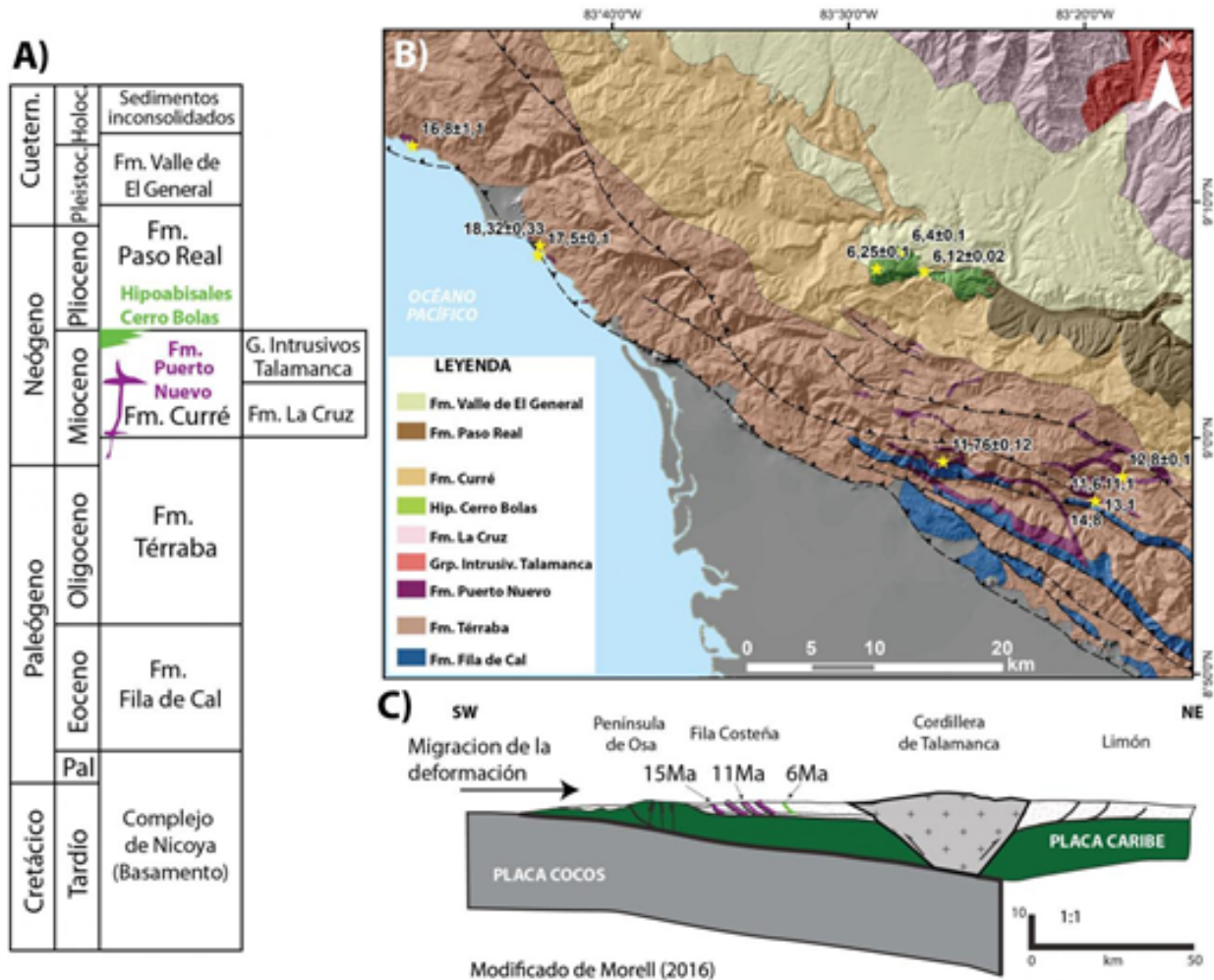


Figura 1: A) Columna estratigráfica de la zona de estudio. B) Mapa geológico del área de estudio (modificado de Denyer et al., 2007), las estrellas amarillas indican la ubicación de las dataciones (De Boer et al., 1995; Appel, 1990; MacMillan et al., 2004; Gazel et al., 2009). C) Perfil esquemático de la Fila Costeña y Cordillera Talamanca (Modificado de Morrel, 2016).