

Modelo cinemático actual de la Placa Caribe en la confluencia con la Placa Norteamericana y la Placa de Cocos

Present day kinematic model of the Caribbean Plate in the boundary with the North American and Cocos plates

J.L. Giner-Robles¹, R. Pérez-López¹, J.J. Martínez-Díaz², M.A. Rodríguez-Pascua³
y J.M. González-Casado^{4†}

- 1 Departamento de de Ciencias Ambientales, Facultad de Farmacia. Universidad de San Pablo CEU. Madrid 28668. Spain. jlginer@ceu.es
2 Departamento de Geodinámica, Facultad de Ciencias Geológicas. UCM. Avda. Complutense s/n, Madrid 28040, jmdiaz@geo.ucm.es
3 Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas, 23. Madrid 28003, ma.rodriguez@igme.es
4 Departamento de Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. UAM. Madrid 28049.

Resumen: Este trabajo propone un modelo cinemático en la zona más occidental de la Placa Caribe, en los límites con la Placa Norteamericana y la Placa de Cocos. Para ello se ha realizado un análisis *cluster* de la sismicidad presente en la zona en función de: 1) su distribución espacial y 2) de la dirección de máximo acortamiento horizontal (*ey*), obtenidas del análisis de las construcciones de sus mecanismos focales mediante métodos de análisis poblacional de fallas. En total, se han considerado 57 de los 488 sismos con construcción del mecanismo focal situados en la zona. Los resultados obtenidos, tanto de los tensores, como de las trayectorias de deformación sugieren un modelo caracterizado por la rotación de *ey* en los límites de esta placa con la Placa Norteamérica y en la zona del Arco Volcánico Centroamericano. Esta rotación es congruente con un movimiento lateral hacia el ESE del área más occidental de la Placa Caribe, produciendo una extensión asociada a este movimiento en la zona central del Bloque de Chortis. Este modelo corrobora la existencia de un bloque tectónico costero en la Placa Caribe independiente del Bloque de Chortis (Forearc Sliver).

Palabras clave: Mecanismo focal, trayectorias de deformación, Placa Caribe, Centroamérica.

Abstract: *This work proposes a present day kinematic tectonic model for the western part of the Caribbean Plate in relationship at its boundary with the North American and Cocos plates. We have performed the following cluster analysis of the instrumental seismicity within the area: 1) the spatial distribution of focal mechanism solutions and 2) the orientation of the maximum horizontal shortening (*ey*). Both studies come from the analysis of focal mechanisms by using the fault population technique. From the original available 488 earthquakes with focal mechanism (HCMT online database), we have considered 57 of them according to several criteria. Our results show a clockwise rotation of the *ey* trajectory across the boundary between Caribbean and North American plates and the Central American Volcanic Arc. This rotation agrees with a lateral tectonic movement towards ESE of the Chortis Block (Caribbean Plate). Furthermore, this model corroborates the existence of a coastal tectonic block within the Caribbean Plate that it is independent from the Chortis Block.*

Key words: *Focal mechanism, strain trajectories, Caribbean Plate, Central America.*

INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO TECTÓNICO

En América Central se ponen en contacto las placas de Cocos, Norteamérica y Caribe con altas velocidades de movimiento relativo, que hacen de ésta zona, una región de elevada actividad tectónica y volcánica (Fig. 1a). La Placa de Cocos subduce bajo la Placa Caribe con una velocidad convergencia de 73 a 84 mm/año (DeMets, 2001). El límite entre la Placa Norteamericana y la Placa Caribe está definido por la gran zona de falla sinestrosa Motagua-Polochic.

En la Placa Caribe, se sitúa el bloque tectónico de Chortis (Gordon y Muehlberger, 1994) limitado al este por la falla de Guayapé (Fig. 1b). En la zona sur, paralelo a la Fosa de Guatemala, se encuentra el Arco Volcánico Centroamericano (Fig. 1), en el que se identifican una serie de fallas de desgarre dextrosas, La

naturaleza y disposición espacial de la actividad sísmica en la región parece estar asociada a un proceso de “*slip partitioning*” (Harlow y White, 1985).

El objetivo de este trabajo consiste en establecer el modelo cinemático actual de la zona más occidental de la Placa Caribe, a partir de la distribución espacial de los sismos instrumentales y del carácter de sus mecanismos focales.

METODOLOGÍA

Hemos aplicado el denominado *CLAM Cluster Analysis* (Giner *et al.*, en prensa) a los terremotos instrumentales con mecanismo focal (Fig. 1b), recopilados de la base de datos digital de Harvard HCMT (488 datos). Esta metodología se fundamenta en el establecimiento de grupos de datos para su posterior análisis mediante métodos de determinación

de la deformación. La definición de estos grupos se realiza atendiendo fundamentalmente a la localización y al carácter de los mecanismos focales.

Posteriormente, se obtiene el tensor y las trayectorias de la deformación; permitiendo la definición de un modelo cinemático para la zona, que en muchos casos, permite discutir la geometría 3D de los límites de placas.

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN Y CARÁCTER DE LOS TERREMOTOS

En primer lugar, se ha diferenciado entre los sismos asociados al proceso de subducción de la Placa de Cocos y el resto de los terremotos relacionados con

la cinemática de la Placa Caribe. En un primer análisis, se observa que, de los 488 mecanismos focales originales, aquellos que presentan un alto componente direccional (51 datos) se sitúan en dos áreas: bien en la zona 1 (Zona de Falla de Motagua-Polochic, ZFMP) (Fig. 1); bien en la zona comprendida entre el Arco Volcánico Centroamericano (AVC) y la Fosa de Guatemala (FG) (Figura 1b) (zonas 2 y 3).

En esta última área se pueden definir dos zonas en función de la profundidad de los sismos (Figs. 1 y 2a): la zona 2, situada en el AVC con profundidades superficiales (profundidad media 19 km); y la zona 3, con profundidades superiores a los 40 km (profundidad media 58 km).

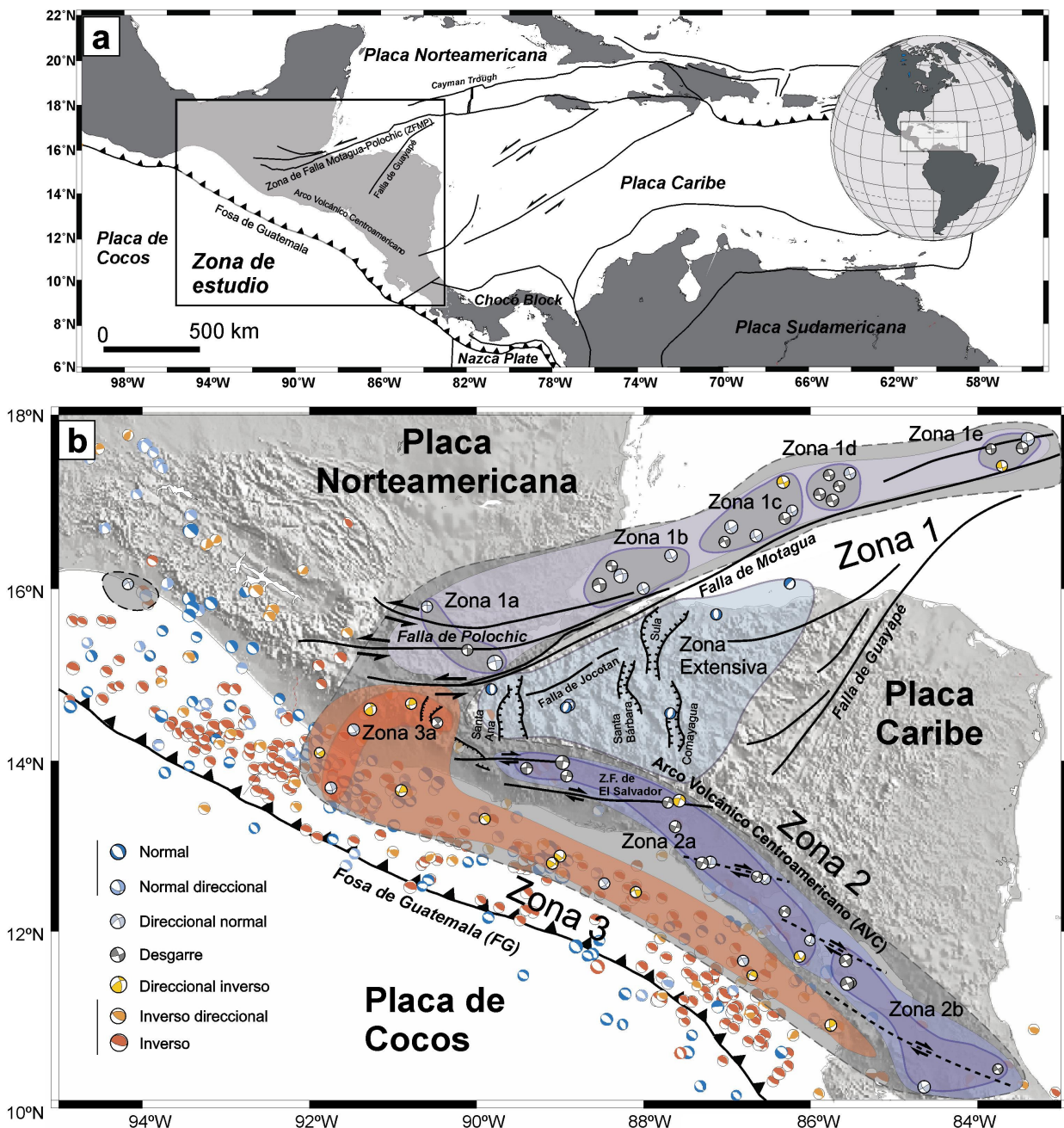


FIGURA 1.- a) Mapa de situación de la zona de estudio. b) Esquema tectónico de la zona y situación de los sismos con mecanismo focal (Harvard HCMT). Definición de las zonas de análisis (ver texto para explicación): 1) zonas con mecanismos focales de alto componente direccional: Zona de Falla Motagua-Polochic (zona 1); Arco Volcánico Centroamericano (AVC) (Zona 2); y el área situada entre el AVC y la Fosa de Guatemala (zona 3). 2) Zonas con mecanismos focales relacionados con la cinemática de la Placa Caribe: Zona Central del Bloque de Chortis (zona extensiva).

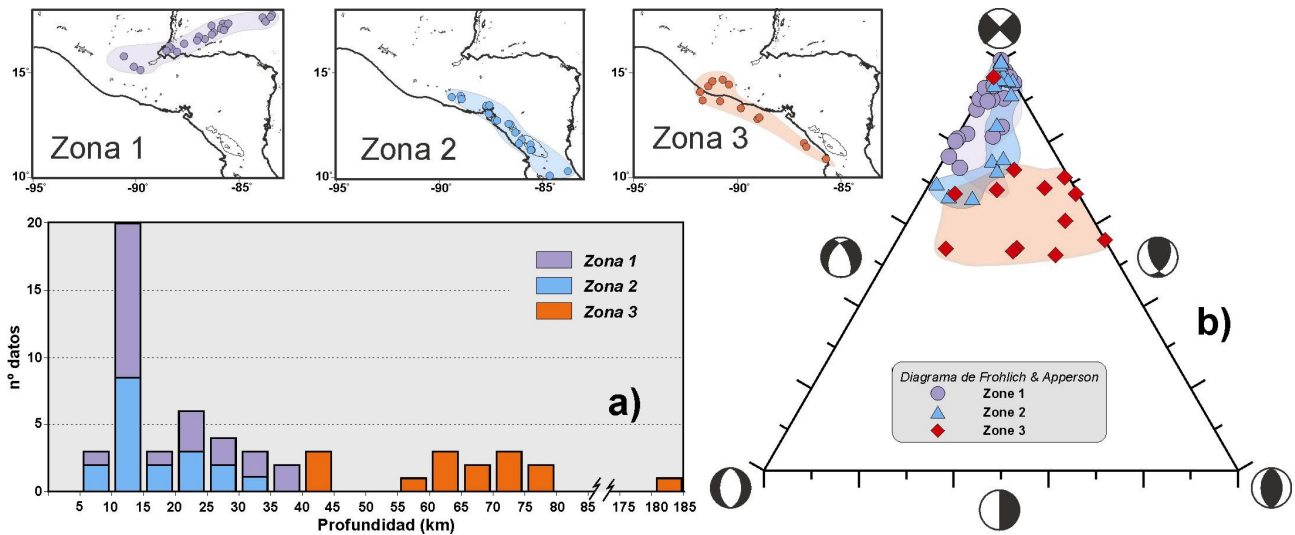


FIGURA 2.- Situación y análisis de los sismos considerados en función de las zonas establecidas (ver Figura 1). a) Análisis de la profundidad de los sismos por zonas. b) Diagrama triangular de clasificación de los mecanismos focales en función del carácter de los mismos: extensivos, compresivos y de desgarre.

La zona 1 (ZFMP) (Fig. 1) presenta valores de profundidad muy similares a los definidos para la zona 2 (profundidad media 17 km) (Fig.2a).

En cuanto al carácter de los mecanismos focales, las zonas 1 y 2, presentan características similares (Fig. 2b): mecanismos focales con alto componente direccional, próximos a desgarres puros: la zona 1 está caracterizada principalmente por fallas en desgarre, y la zona 2 por fallas direccionales normales. Los mecanismos focales direccionales situados en la zona 3 presentan menor componente direccional y más componente inverso, estando caracterizado principalmente por fallas direccionales inversas (Fig. 2b).

La disposición espacial de estas zonas define una zona en el vértice de confluencia de la ZFMP y el AVC (zona central del Bloque de Chortis) (zona extensional) (Fig. 1b). Esta zona está caracterizada por mecanismos focales de terremotos superficiales (< 15 km) de carácter normal (Figs. 1 y 3).

ANÁLISIS DE LA DEFORMACIÓN

Se han aplicado métodos de análisis de la deformación (Diedros Rectos y Modelo de Deslizamiento) a los conjuntos de mecanismos focales situados en cada una de las zonas definidas. En la ZFMP se han establecido 5 subzonas (Figs. 1 y 4), que muestran orientaciones muy similares del tensor de deformación. No obstante se observa una ligera rotación, en sentido contrario a las agujas del reloj, en la orientación de ey hacia el NE. En el AVC (zona 2, Figs. 1 y 4) los resultados muestran mayores variaciones, definiendo una rotación progresiva en la orientación de ey (máximo acortamiento horizontal) desde N015°E en la zona más suroriental hasta N035°O, en la área más noroccidental de esta zona.

Los datos situados en la zona 3, muestran resultados bastante heterogéneos. En el área más occidental, se han podido obtener un tensor con ey orientado según N110°E (Fig. 4).

Por otro lado, los resultados obtenidos del análisis de la deformación son coherentes con los obtenidos por otros autores para esta zona (Cáceres *et al.*, 2005).

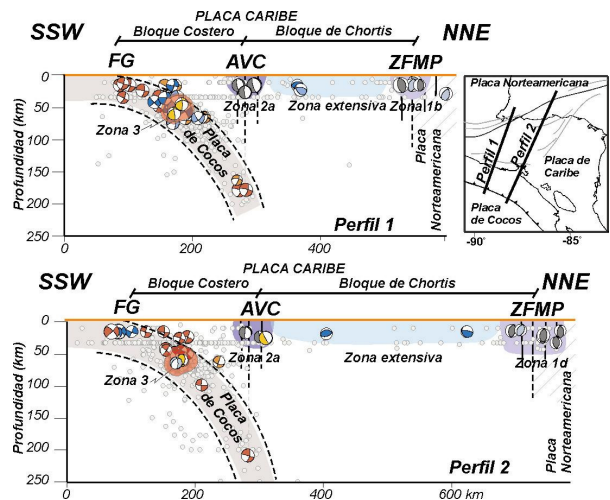


FIGURA 3.- Perfiles de la sismicidad y de los mecanismos focales (ver leyenda figura 1) y las diferentes zonas definidas en el análisis.

TRAYECTORIAS DE DEFORMACIÓN

La distribución epicentral e hipocentral de los sismos, así como el carácter de las construcciones de los mecanismos focales, permiten considerar que los sismos de las zonas 1 y 2 están relacionados con la dinámica de la Placa Caribe, mientras que aquellos situados en la zona 3 parecen estar más relacionados con el proceso de subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Plaza Caribe (Fig. 3). Por ello y para establecer un modelo cinemático de la Placa Caribe, se ha procedido a la construcción de las trayectorias de deformación: trayectorias de máximo acortamiento horizontal (ey) y de mínimo acortamiento horizontal (ex), a partir de los tensores de deformación deducidos del análisis de las construcciones de los mecanismos focales de carácter direccional situados en las zonas 1 y 2; y los mecanismos situados en la zona extensional (Fig. 4).

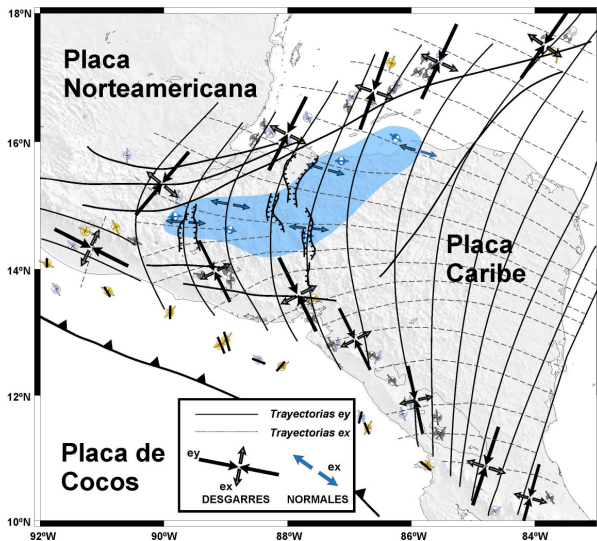


FIGURA 4.- Resultados obtenidos del análisis de los mecanismos focales. Orientación de tensor de deformación en cada una de las zonas consideradas. Construcción de las trayectorias de deformación (ey máximo acortamientos horizontal, y ex mínimo acortamiento horizontal) obtenidas a partir de la interpolación de las orientaciones de los tensores de deformación obtenidos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La disposición y carácter de los mecanismos focales, así como los tensores y trayectorias de deformación, permiten establecer un modelo cinemático para la zona de la Placa Caribe y de Cocos; caracterizado por un movimiento lateral de la zona occidental de la Placa Caribe hacia el ESE (Fig. 5).

El movimiento lateral estaría en consonancia con el modelo cinemático propuesto por Lyon-Caen *et al.* (2006), definido a partir de mediadas de GPS. Además, este movimiento estaría limitado al norte por la Zona de Falla de Motagua-Polochic, al sur por el Arco Volcánico Centroamericano, y al oeste por la intersección difusa de ambas estructuras (Fig. 5b). Este proceso produce una importante extensión en la zona central del Bloque de Chortis. Esta extensión parece estar limitada hacia el este por la falla de Guayapé. Este hecho es congruente con las características de los mecanismos focales situados en esta zona (mecanismos de carácter extensivo), y con las orientaciones preferentes de la fracturación en superficie (Santa Ana, Santa Bárbara, Sula y Comayagua) (Fig. 1), orientaciones subparalelas a las de las trayectorias de deformación (ey) deducidas (Fig. 4).

Finalmente, este movimiento tectónico no afecta al Bloque Costero (forearc sliver) que parece independiente a este proceso, situado entre el Arco Volcánico Centroamericano y la Fosa de Guatemala (Fig. 5) (Lyon-Caen *et al.*, 2006).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia a través de los proyectos TECTO2 (CGL2006-28134-E/CLI) y ACTISIS (CGL2006-05001/BTE).

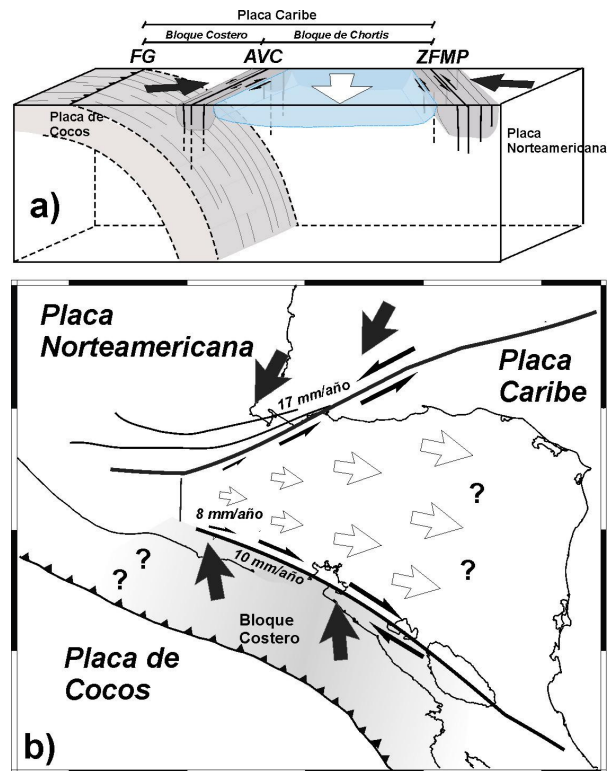


FIGURA 5.- Modelo cinemático propuesto para la zona occidental de la Placa Caribe. a) Bloque diagrama. b) Esquema del modelo cinemático propuesto con las direcciones de ey deducidas en el AVC y en la ZFMP (flechas negras) y la extensión asociada a este movimiento tectónico (ex) (flechas blancas) (velocidades relativas de Lyon-Caen *et al.*, 2006).

REFERENCIAS

- Cáceres, D.; Monterroso, D. y Tavakol, B. (2005): Crustal deformation in northern Central America. *Tectonophysics*, 404: 119-131.
- DeMets, C. (2001): A new estimate for present-day Cocos-Caribbean plate motion: Implications for slip along the Central American volcanic arc. *Geophysical Research Letters*, 28(21): 4043 – 4046.
- Giner-Robles, J.L., Pérez-López, R.; Martínez-Díaz, J.J., Rodríguez-Pascua, M.A y González-Casado, J.M. (en prensa): Present-day strain field on the South American slab underneath the Sandwich Plate (Southern Atlantic Ocean): a kinematic model. *Geol. Soc. London, Sp. Iss.* (pendiente nº volumen).
- Gordon, M.B. y Muehlberger, W.R. (1994): Rotation of the Chortís block causes dextral slip on the Guayape fault. *Tectonics*, 13(4):858-872.
- Harlow, D.H. y White, R.A. (1985): Shallow earthquakes along the volcanic chain in Central America: Evidence for oblique subduction. *Earthquake Notes*, 55: 28.
- Lyon-Caen, H., Barrier, E., Lasserre, C., Franco, A., Arzu, I., Chiquin, L., Chiquín, M., Duquesnoy, T., Flores, O., Galicia, O., Luna, J., Molina, E., Porrás, O., Requena, J., Robles, V., Romero, J. y Wolf, R. (2006): Kinematics of the Northamerican-Caribbean-Cocos plates in Central America from new GPS measurements across the Polochic-Motagua fault system. *Geophysical Research Letters*, 33: L19309.