

Estructura superficial y procesos activos en el margen submarino del norte de La Española (República Dominicana): Resultados preliminares

Shallower structure and active process in the northern Hispaniola offshore margin (Dominican Republic): Preliminary results

A. Rodríguez-Zurrunero (1), J. L. Granja Bruña (1), A. Muñoz-Martín (1,2),
A. Carbó-Gorosabel (1), L. Gómez de la Peña (3), M. Gómez Ballesteros (4), J.M. Gorosabel-Araus (1), A. Pazos (4), M. Catalán (4), M. Druet (6) y P. Llanes (1)

1 Grupo de Tectonofísica Aplicada. Depto. de Geodinámica. Univ. Complutense, 28040 Madrid (arzurrunero@ucm.es).

2 Instituto de Geociencias (UCM, CSIC), 28040 Madrid.

3 CSI. Instituto de Ciencias del Mar (CSIC)-Barcelona. Passeig Marítim de la Barceloneta 37-49, 08003 Barcelona.

4 Instituto Español de Oceanografía. C/ Corazón de María 8, 28002 Madrid.

5 Real Instituto y Observatorio de la Armada. San Fernando, 11100 Cádiz.

6 Instituto Geológico y Minero de España. C/ La Calera 1, Tres Cantos, 28760 Madrid.

Resumen: El margen submarino del norte de La Española registra el proceso de colisión activa entre los Bancos de las Bahamas y el arco isla. Esta colisión ha producido numerosos terremotos causando cuantiosos daños en la costa norte de la isla. La campaña NORCARIBE (2013) combinó la adquisición sistemática de datos geofísicos de todo el margen subductivo, especialmente en la zona de República Dominicana, proporcionando una información continua y de alta resolución. Esta información ha permitido estudiar con detalle la variación transversal y longitudinal del margen subductivo caracterizado por la Fosa de la Española (FE) y el Cinturón Deformado Septentrional (CDS). Este margen compresivo presenta una estructura imbricada con vergencia hacia el norte y segmentada por zonas de transferencia limitando la longitud máxima de las fallas inversas. Existen numerosas evidencias de deformación activa que deben ser consideradas en futuros estudios sobre la evaluación de la peligrosidad sísmica y tsunamigénica en la región, así como para la evaluación de recursos marinos y la ordenación del territorio de la República Dominicana.

Palabras clave: Caribe, Española, subducción, fosa, cabalgamiento

Abstract: *The northern Hispaniola offshore margin records the active collision between the Bahamas Banks and island arc. This collision is associated to the occurrence of numerous earthquakes that caused significant damages in the northern coast of the island. The NORCARIBE cruise carried out in 2013 combined the systematic acquisition of geophysical data in the whole collisional margin, mainly focused in Dominican Republic, providing continuous and high resolution information. This new information has allowed to study with more detail the along- and across-strike structure of the collisional margin characterized by the Hispaniola trench and the Northern Deformed Belt. This compressive margin shows a N-verging imbricate structure segmented along strike by transfer zones limiting the maximum fault length. There are numerous evidences of active deformation that have to be considered in future studies on the seismic and tsunamigenic assessment in the region, as well as for the assessment on marine resources and development planning of Dominican Republic.*

Key words: *Caribbean, Hispaniola, collision, trench, thrust belt*

INTRODUCCIÓN

En el entorno de La Española la placa Norteamericana converge hacia la placa del Caribe con una tasa de $20,0 \pm 0,4$ mm/año según una orientación de $254 \pm 1^\circ$ (DeMets et al., 2010; Fig. 1). El límite entre placas tiene una orientación EWE-ESE y por tanto la convergencia es muy oblicua. De este a oeste, a lo largo del margen norte de La Española, se produce una transición desde un proceso de subducción a una colisión (Calais et al., 2016). Como consecuencia de la convergencia oblicua, en el norte de La Española tiene lugar la interacción de los Bancos de las Bahamas (BB;

corteza relictas del margen pasivo Atlántico) con el arco isla, formando un margen de colisión a lo largo de 400 km (Pérez-Estaún et al., 2007).

Los principales elementos tectónicos asociados a esta subducción son la Fosa de La Española (FE) y el Cinturón Deformado Septentrional (CDS). El proceso de subducción es activo y en los últimos 70 años ha estado asociado con la ocurrencia frecuente de terremotos, destacando la crisis sísmica de 1943 a 1953 con cinco eventos de $M > 7$. Estos terremotos han producido numerosos daños y tsunamis locales en la poblada costa norte de la isla (Dolan y Bowman, 2004).

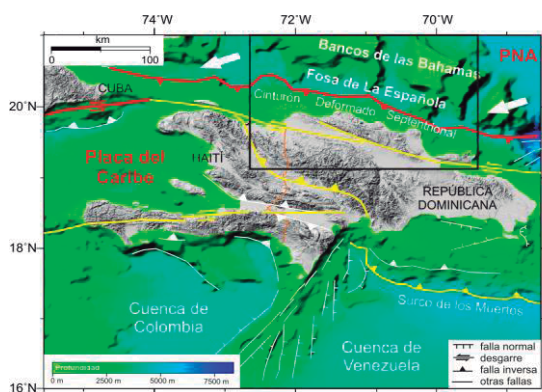


FIGURA 1. Configuración tectónica de La Española y su entorno. Las líneas rojas indican el límite entre la placa del Caribe y la Norteamericana (PNA). Las flechas blancas indican el movimiento relativo de placas. Las líneas amarillas indican estructuras activas de primer orden. El recuadro indica la zona de estudio.

Esta región se estudió en los años 80 y 90 a partir de datos de sonar de barrido y de perfiles sísmicos monocanal de baja penetración y resolución (Dolan et al., 1998). También existen algunos perfiles de reflexión multicanal muy separados y oblicuos a la estructura (Dillon et al., 1996). La poca cobertura y la baja calidad de los datos han redundado en un escaso conocimiento de la estructura y la morfología de este margen. A finales de 2013 se desarrolló la campaña NORCARIBE a bordo del B/O Sarmiento de Gamboa. Esta campaña combinó la adquisición sistemática de datos geofísicos de todo el margen de colisión, especialmente en la zona de República Dominicana, proporcionando una información continua y de alta resolución que permite estudios detallados de la morfología y la estructura superficial.

El objetivo es presentar la interpretación preliminar de la estructura superficial y los procesos activos a lo largo del margen de colisión en el sector de República Dominicana. Se ha llevado a cabo una interpretación combinada de nuevos datos de batimetría multihaz y perfiles de sísmica de reflexión 2D. Este estudio proporciona detalles inéditos de la variación transversal y longitudinal del margen de subducción que son la base para entender el modelo de deformación activa. Además, esta información es la base para futuros estudios sobre la evaluación de la peligrosidad sísmica y tsunamigénica en la región, así como para evaluación de recursos marinos y ordenación del territorio de la República Dominicana.

DATOS Y MÉTODOS

La interpretación de la estructura superficial y los procesos activos se ha realizado en base a la integración de los nuevos datos de batimetría multihaz sistemática de alta resolución y perfiles de sísmica de reflexión multicanal 2D (Fig. 2). Los datos provienen de la campaña de geofísica marina NORCARIBE realizada en el norte de República Dominicana a bordo del B/O Sarmiento de Gamboa en noviembre del año 2013 (Proyecto CGL 2010-17715).

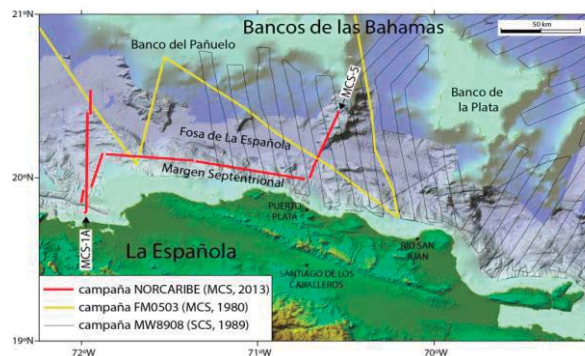


FIGURA 2. MDT en el que se representan la batimetría multihaz (gris), los datos GEBCO (azul) y los datos SRTM90 (verde-amarillo). Las líneas representan la localización de los perfiles sísmicos de reflexión utilizados en el estudio.

La batimetría multihaz cubre el 100% del fondo oceánico en un área de 15000 km² entre las profundidades de 500 y 4200 m (Fig. 2). Los datos batimétricos se adquirieron con el sistema de ecosonda multihaz *Hydrosweep ATLAS DS®* y el control de calidad y procesado se realizó con el software comercial *Caris Hips and Sips®*. Los datos procesados se interpolaron en mallas con resoluciones de 25-50 m en áreas con profundidades <1000 m y a 150-200 m en áreas con profundidades <5000 m. La zona de cobertura multihaz se ha completado con datos públicos del Atlas Digital GEBCO con una resolución de 1 minuto (www.gebco.net) y en tierra con datos de la misión SRTM con una resolución de 90 m (dds.cr.usgs.gov/srtm/). Durante la campaña NORCARIBE se adquirieron 280 km de datos sísmicos de reflexión multicanal 2D. La adquisición se realizó con sistema de posicionamiento GPS diferencial, a una velocidad de 5 nudos y disparos a intervalos de 37,5 m usando una ristra de cañones de aire *GGUN-II®* con un volumen total de 1750 c.i. El sistema de registro consistió en un streamer digital *Sentinel Sercel®* de 3000 m de longitud, con 240 canales a intervalos de 12,5 m. El procesado de los datos incluyó corrección Normal Move Out (NMO), filtrados de frecuencia, Common Mid Point (CMP) stacking y migración post-stack. Para complementar se han utilizado datos antiguos 2D de sísmica de reflexión de las campañas FM0503 (1980) y MW8908 (1989) obtenidos de bases de datos académicas (www-udc.ig.utexas.edu/sdc/ y maps.ngdc.noaa.gov).

RESULTADOS

La FE es una depresión sinuosa y alargada orientada EWE-ESE, y situada entre el CDS y los BB (Figs. 3 y 4). Muestra un fondo plano con profundidades entre 4000 y 4150 m y una anchura variable condicionada por la proximidad y la morfología irregular de los BB. La FE presenta un relleno turbidítico horizontal o sub-horizontal de al menos 3 sTWTT de espesor máximo, que se dispone en "onlap" hacia el norte sobre los materiales carbonatados de los BB (Fig. 3). En su borde sur los

niveles turbidíticos se encuentran basculados progresivamente hacia el norte, plegados e incorporados al CDS. Los sistemas de cañones y canales que vierten en la fosa indican que los materiales turbidíticos fundamentalmente provienen del arco isla y en menor medida de los BB.

Los BB muestran en su borde sur una morfología irregular, caracterizada por numerosos escalones

batimétricos generados por fallas superficiales de tipo normal. Estas fallas parecen deberse a ajustes gravitacionales en los escarpados flancos del Sur de los BB. Los reflectores sedimentarios en los BB y del prisma turbidítico que rellena la FE continúan hacia el sur por debajo del CDS, evidenciando el proceso de cabalgamiento activo del arco isla sobre los BB y el relleno turbidítico de la FE (Fig. 3).

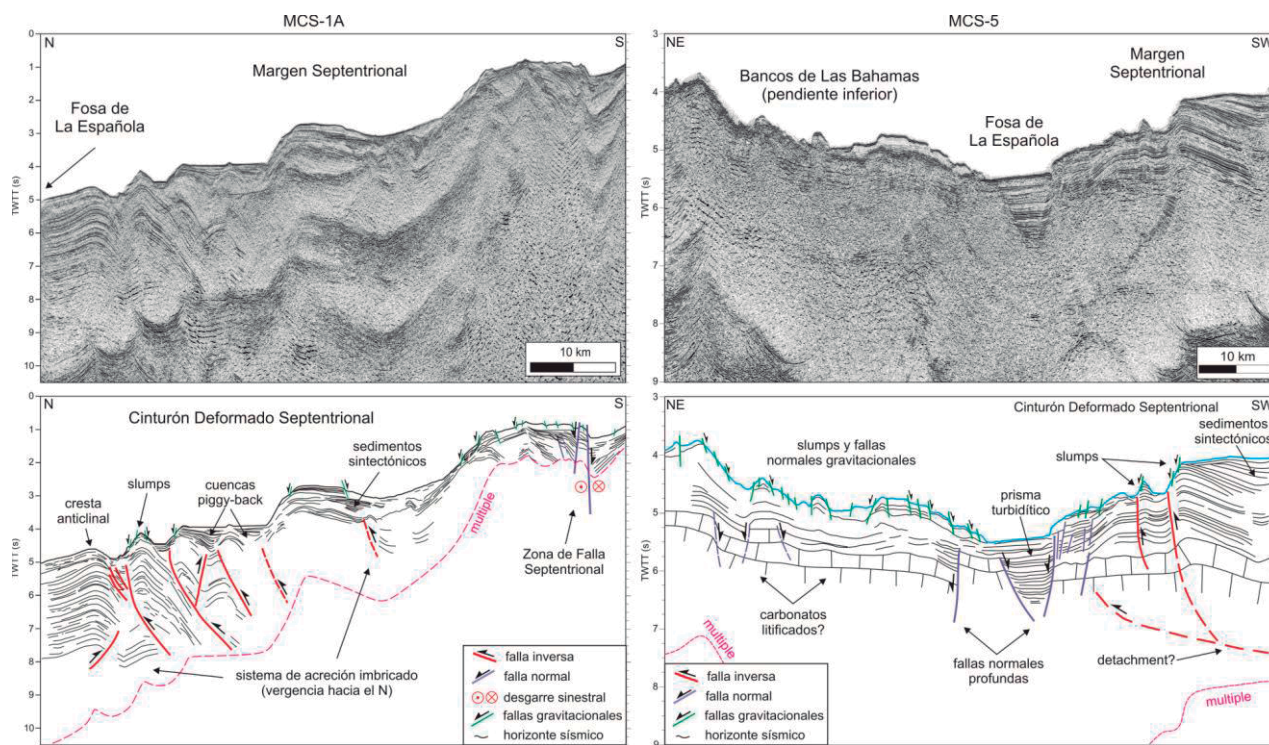


FIGURA 3. Perfiles sísmicos multicanal que muestran la estructura del borde norte de La Española (localización en las Figuras 2 y 4). Las fallas marcadas con trazo discontinuo son inferidas. Ver texto para la explicación.

La pendiente insular está ocupada por el CDS, con una morfología irregular, con una alternancia de crestas y surcos orientados WNW-ESE siguiendo el frente de deformación. Está constituido por materiales sedimentarios (turbiditas incorporadas de la FE y sedimentos de pendiente provenientes del arco isla). Todos estos materiales se encuentran muy deformados, y forman un sistema imbricado de cabalgamientos y de pliegues de propagación con vergencia hacia el norte. Localmente los materiales acrecionados pueden incluir materiales carbonatados de los BB (Fig. 3). La expresión superficial del sistema imbricado es una alternancia de crestas anticlinales anchas y sinclinales estrechos (surcos) donde se forman cuencas de "piggy-back" alargadas. El flanco norte de las crestas anticlinales muestra localmente fuertes pendientes ($>15^\circ$) con inestabilidades gravitacionales asociadas (slumps, Figs. 3 y 4). El CDS muestra importantes variaciones laterales, con zonas de anchos salientes donde se observa un sistema imbricado bien desarrollado y varias unidades de cabalgamiento, y estrechos recesos donde no se observan indicios de imbricación. Los recesos constituyen zonas de

transferencia que limitan los principales cabalgamientos, y pueden estar asociados con altos de basamento de los BB o de la corteza de la placa Norteamericana.

CONCLUSIONES

La FE es una depresión sinuosa y alargada según EWE-ESE con fondo plano, que acumula más de 3 sTWT de espesor de sedimentos provenientes del arco isla y en menor medida de los BB. La base de los BB muestra una morfología irregular asociada a procesos erosivos y gravitacionales activos. El margen norte de La Española presenta pronunciados cambios laterales en el estilo estructural asociados con la colisión oblicua de los BB con morfología irregular y el cabalgamiento de altos de basamento. Esta circunstancia ha dado lugar a una importante segmentación del CDS, con zonas de transferencia que limitan lateralmente los cabalgamientos principales. Las fallas inversas presentan un trazado sinuoso y raramente superan los 50 km de longitud. En el CDS se han identificado inestabilidades gravitacionales

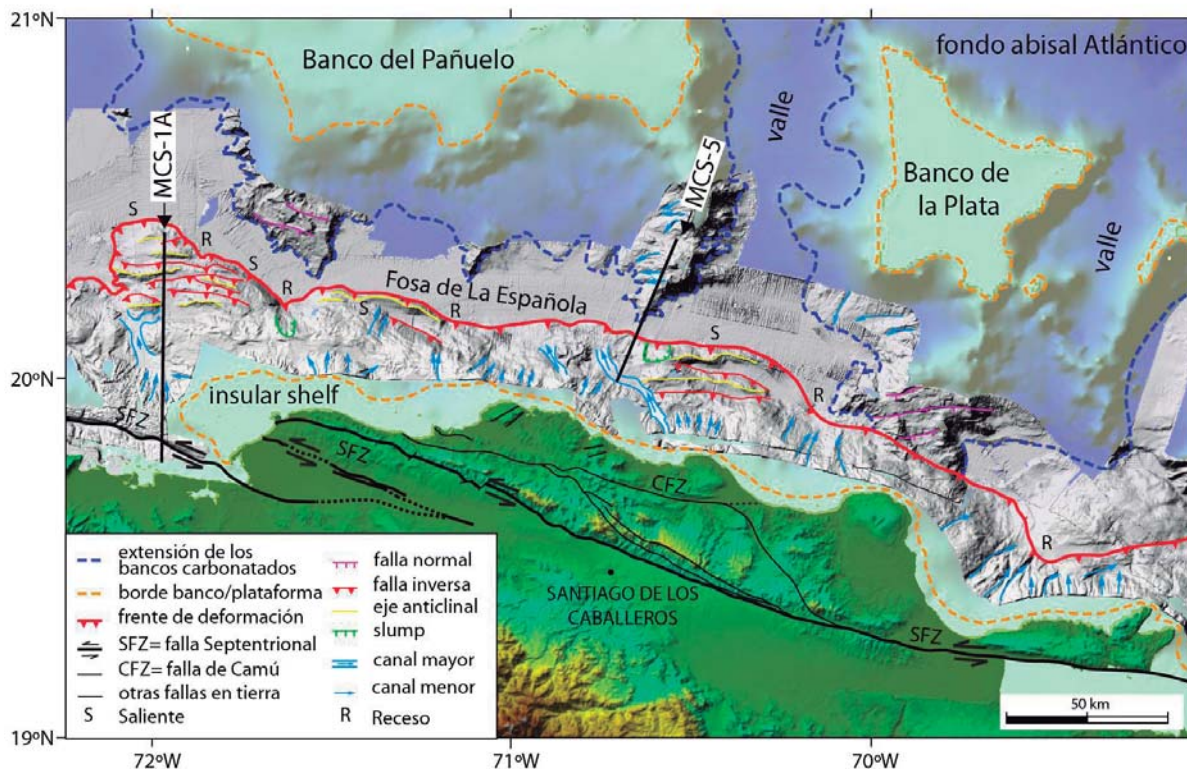


FIGURA 4. Esquema tectónico con las principales estructuras tectónicas y procesos activos en la zona sobre el M de la Figura 2. Se indica la localización de los perfiles sísmicos de la Figura 3. Ver leyenda y texto para la explicación.

asociadas a la actividad de cabalgamientos con expresión superficial y pliegues de propagación de falla. Estos elementos deben ser considerados en estudios futuros de evaluación de la peligrosidad de tsunamis.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Plan Nacional de Investigación Español (CGL 2010-17715). Álvaro Rodríguez-Zurrunero está financiado por un contrato pre-doctoral de la UCM (CT45/15 - CT46/15). Agradecemos a la tripulación y al personal técnico del B/O Sarmiento de Gamboa su profesionalidad.

REFERENCIAS

- Calais, E., Symithe, S., Bernard Mercier de Lépinay, B., Prépetit, C. (2016). Plate boundary segmentation in the northeastern Caribbean from geodetic measurements and Neogene geological observations. *C. R. Geoscience* 348: 42–51
- DeMets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F. (2010): Geologically current plate motions. *Geophysical Journal International*, 181, 1-80
- Dolan, J. F., Mullins, H. T., Wald, D. J. (1998): Active tectonics of north-central Caribbean: Oblique collision, strain partitioning, and opposing subducted slabs. *Geological Society of America. Special Paper*, 326: 1-62.
- Dolan, J., Bowman, D. (2004): Tectonic and seismologic setting of the 22 September 2003, Puerto Plata, Dominican Republic earthquake: Implications for earthquake hazard in Hispaniola: *Seismological Research Letters*, v. 75, p. 587-597.
- Dillon, W. P., Edgar, N. T., Scanlon, K. M., Coleman, D. F. (1996): A review of the tectonic problems or the strike-slip northern Boundary of the Caribbean plate and examination by GLORIA. *Geology of the United States Seafloor: The view from GLORIA: United Kingdom, Cambridge University Press*, 9: 135-164.
- Pérez-Estaún, A., Hernaiz Huerta, P. P., Lopera, E., Joubert, M., Grupo SYSMIN (Escuder-Viruete, J., Diaz de Neira, A., Monthel, J., García-Senz, J., Ubrin, P., Contreras, P., Bernárdez, E., Stein, G., Deschamps, I., García-Lobón, J. L., Ayala, C. (2007): Geología de la República Dominicana: de la construcción de arco-isla a la colisión arco-continente. *Boletín Geológico y Minero*, 188(2):157-174.