

LA GEOLOGÍA ES NOTICIA

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE UN TERREMOTO PEQUEÑO PERO CATASTRÓFICO

LORCA: EL TERREMOTO DEL 11 DE MAYO DE 2011

José J. Martínez Díaz

(pag. 362)



11 DE MARZO DE 2011: EL BIG ONE EN UN LUGAR NO ESPERADO



Fuente: Agencia Reuters

EL TERREMOTO, Mw=9,0, DE TOHOKU-OKI (JAPÓN)

José Morales

(pag. 365)

EL TERREMOTO DE HAITÍ

Dos años después continúa la incertidumbre sobre la falla sísmica que ocasionó el desastre

*José Luis Granja Bruña - Andrés Carbó Gorosabel
Pedro Pablo Hernaiz-Huerta - Pilar Llanes Estrada
Alfonso Muñoz-Martín - Antonio Olaiz Campos*



(pag. 369)



(pag. 372)

José A. Álvarez Gómez

TERREMOTOS TSUNAMIGÉNICOS: REFLEXIONES DE LOS TSUNAMIS DE CHILE (2010) Y JAPÓN (2011)



(pag. 375)

LA BASE DE DATOS DE FALLAS ACTIVAS CUATERNARIAS DE IBERIA (QAFI)

Julián García-Mayordomo

El terremoto de Haití

DOS AÑOS DESPUÉS CONTINÚA LA INCERTIDUMBRE SOBRE LA FALLA SÍSMICA QUE OCASIONÓ EL DESASTRE

JOSÉ LUIS GRANJA BRUÑA¹
ANDRÉS CARBÓ GOROSABEL¹
PEDRO PABLO HERNANZ-HUERTA²
PILAR LLANES ESTRADA¹
ALFONSO MUÑOZ-MARTÍN¹
ANTONIO OLAIZ CAMPOS³

¹ Grupo de Tectonofísica Aplicada, Departamento de Geodinámica, Universidad Complutense de Madrid (jlgranja@geo.ucm.es),
² INYPSA Informes y Proyectos S.A., Madrid,
³ REPSOL, Non-seismic Methods, Geophysical Operations-Upstream. Madrid.

El 12 de enero de 2010 a las 16:53:09 hora local un terremoto de magnitud 7 devastó Haití. La noticia de la catástrofe que ocupó los titulares durante semanas, prácticamente ha desaparecido de la opinión pública, relegada a un segundo plano tras la llegada de otros grandes terremotos: el de Chile en febrero de 2010 (magnitud 8.8) y el de Japón en marzo de 2011 (magnitud 9). Lo que hoy ya no es noticia, sigue siendo una enorme catástrofe humanitaria y económica para un país que ya antes vivía en la extrema pobreza, y que ahora, lucha contra las epidemias de cólera y tiene más de un millón de desplazados en campamentos improvisados.

Más de 230.000 víctimas mortales y daños que superan el 100% del PIB del país han sido las consecuencias de un terremoto que se produjo a escasos 10-13 km de profundidad y con epicentro a tan sólo 15 km del área metropolitana de Puerto Príncipe, dónde vivían más de 3 millones de haitianos. Las características geológicas y sismológicas poco habituales del evento han dificultado su estudio y nos han aportado nuevos retos a los científicos, recordándonos una vez más que tenemos un conocimiento limitado sobre el cómo y el porqué de los terremotos. La “ciencia de los terremotos” tiene poco más de un siglo de recorrido, con sólo avances significativos en los últimos 50 años, por lo que cada nuevo terremoto aporta repuestas y también nuevos interrogantes.

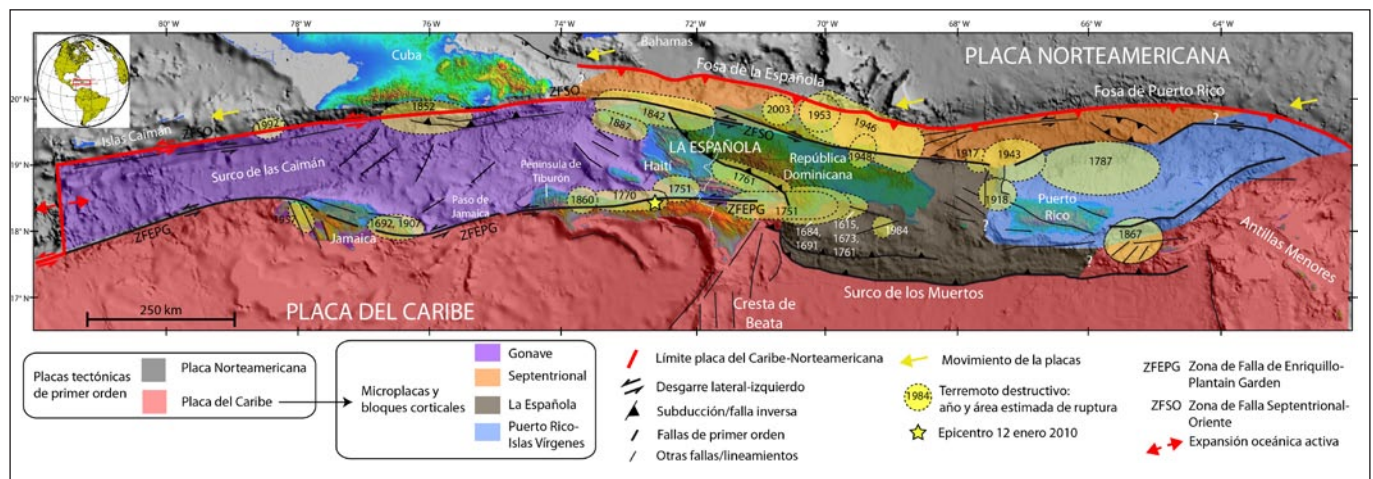
Las hipótesis e interpretaciones planteadas a partir de las investigaciones realizadas durante estos dos últimos años sobre la fuente que generó el evento de Haití, cuestionan y modifican sustancialmente el conocimiento que teníamos sobre la tectónica de la zona y del nivel de peligrosidad admitido que existía en la isla de la Española.

La isla de la Española se sitúa en el noreste del Mar Caribe (Fig. 1) y está dividida geográficamente entre Haití y la República Dominicana. Por esta zona pasa el límite entre dos placas tectónicas, la Norteamericana y la del Caribe y se ha descrito como uno de los lugares más complejos de la Tierra desde el punto de vista geodinámico, ya que en su configuración intervienen múltiples unidades tectónicas (placas, microplacas, bloques) y regímenes tectónicos (subducción, colisión, desgarre, divergencia).

La placa del Caribe se mueve aproximadamente 19-20 mm/año hacia el este-noreste respecto a la placa Norteamericana. El movimiento entre estas placas se acomoda a lo largo de una banda de 200 km de ancho con una deformación intensa de la corteza y en parte asociada a la formación de grandes fallas sísmicas. Con estas tasas de movimiento, cuando pasa tiempo suficiente, se puede llegar a acumular energía elástica capaz de producir eventos muy significativos.

Al este de la isla de la Española hay un régimen de subducción oblicua en

Fig. 1. Síntesis del contexto tectónico del norte del Caribe. Modelos digitales de elevación creados en mar con datos GEPCO interpolados a 1 minuto y en tierra con datos SRTM interpolados a 90 metros. Las flechas amarillas indican el movimiento relativo de la placa Norteamericana respecto a la placa del Caribe.



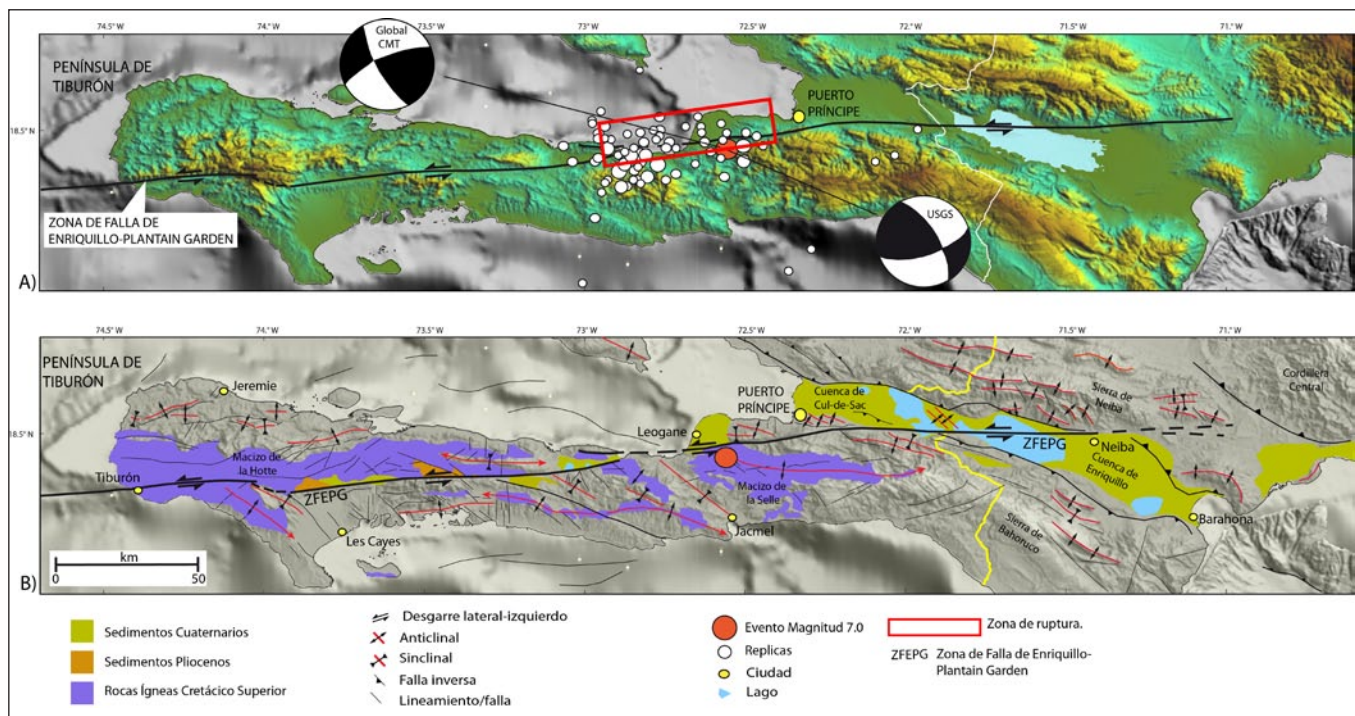


Fig. 2. A. Localización del evento de magnitud 7.0 del 2010 y de las posteriores réplicas. Las “pelotas de playa” representan las soluciones de los mecanismos focales del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) y de la Universidad de Harvard (Global CMT). B. Síntesis tectónica de la Zona de Falla de Enriquillo-Plantain Garden en el segmento de la isla de la Española.

la Fosa de Puerto Rico y al oeste de la isla hay un régimen de desgarre lateral-izquierdo, en el Surco de las Caimán, por lo que en la Española se produce la transición entre dos zonas tectónicas distintas (Fig. 1). Desde tiempos Eocenos, hace unos 45 millones de años, la deformación que produce el movimiento de placas se reparte entre 1) dos sistemas compresivos sumergidos, la Fosa de la Española al norte de la isla, y el Surco de los Muertos en el sur, y 2) dos grandes zonas de falla de desgarre orientadas este-oeste que atraviesan la isla: la zona de falla Septentrional-Oriente al norte, y la zona de falla de Enriquillo-Plantain Garden al sur (Fig. 1).

Los modelos de velocidades derivadas de datos de GPS indican que de los 20 mm/año de movimiento relativo entre las placas Norteamericana y del Caribe, la zona de falla Enriquillo-Plantain Garden está acomodando 7 ± 2 mm/año, mientras que la zona de falla Septentrional-Oriente acomoda 9 ± 2 mm/año. La zona de falla de Enriquillo-Plantain Garden tiene una expresión superficial clara a lo largo de más de 500 kilómetros, tanto en tierra como en el fondo marino, y pasa por 3 países: República Dominicana, Haití y Jamaica (Fig. 1).

En la isla de Española la zona de falla de Enriquillo-Plantain Garden corta los sedimentos cuaternarios lo que indica una actividad reciente (Figs. 2A y 2B). La traza de la falla es rectilínea y bastante continua, formando estrechos valles y sierras orientados este-oeste en la Península de Tiburón y su continuidad hacia el interior de la República Dominicana a través de las cuencas de Cul-de-Sac y Enriquillo donde desaparece mediante varias ramificaciones (Figs. 2B y 3A). Esta zona de falla muestra una intensa deformación compresiva mediante fallas inversas y pliegues oblicuos que en conjunto constituyen una “mega-estructura en flor” característica de zonas transpresivas¹.

Las zonas transpresivas se producen donde la traza de la falla de desgarre experimenta una inflexión y se caracterizan mediante importantes relieves positivos que en esta zona superan los 2000 m (Fig. 2B; Macizos de la Hotte y de la Selle). Las fallas se pueden clasificar en activas o inactivas según acomoden o no la deformación actual que se produce en la corteza terrestre debido al movimiento de las placas tectónicas, y si además producen terremotos, se denominan fallas sísmicas. En estas, la energía elástica acumulada durante décadas o siglos

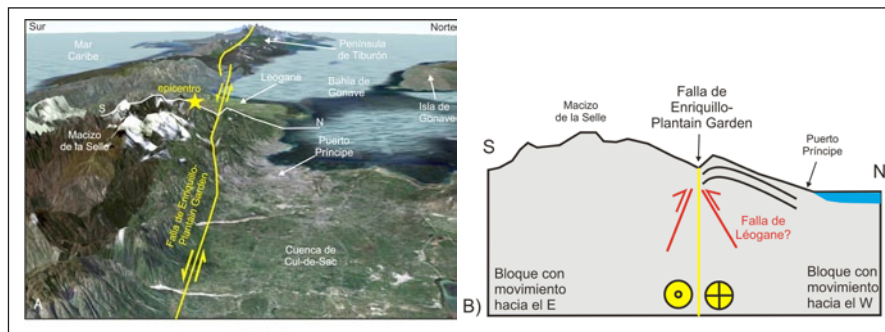
por los esfuerzos tectónicos, se libera súbitamente en forma de ondas sísmicas que viajan por el interior de la Tierra y que son las causantes de los daños al alcanzar la superficie del terreno. El 12 de enero de 2010 la energía sísmica acumulada se liberó en un terremoto principal de magnitud 7 y en las más de 50 réplicas de magnitud superior a 4.5 que se produjeron en los meses posteriores (Fig. 2A). La distribución de las réplicas indica que la zona de ruptura es un segmento de 30 a 50 km al oeste del evento principal. El Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) indicó por los primeros análisis de la localización del epicentro, la profundidad y los modelos de ruptura, que la zona de falla Enriquillo-Plantain Garden podría ser la responsable del terremoto (Fig. 2A). El terremoto de Haití no produjo una ruptura en la superficie de la isla ni en el fondo marino, algo bastante inusual para terremotos de poca profundidad y de esta magnitud. Esto ha dificultado enormemente su estudio, pues en estas condiciones es difícil deducir cuál es la falla sísmica responsable sólo a partir de estudios paleosismológicos y de tectónica activa. Tanto la ausencia de ruptura en superficie, como los mecanismos focales, parecen descartar hoy que la zona de falla Enriquillo-Plantain Garden sea responsable del terremoto. Los últimos estudios sismológicos, geológicos y geodésicos indican que una o varias fallas inversas subsidiarias a la de

Enriquillo-Plantain Garden, han sido las causantes del evento (Fig. 3B). Una de estas fallas subsidiarias se ha denominado como la falla de Léogâne en honor a la localidad que sufrió un mayor levantamiento cosísmico. Esta falla no se conocía y después de la información deducida del terremoto se ha descrito como una falla inversa, ciega (no aflorante), que buza 55-60° hacia el norte y es sub-paralela a la de Enriquillo-Plantain Garden (Fig. 3B).

En la zona de falla Septentrional-Oriente se podría producir en el futuro un terremoto de magnitud 7.5 o mayor, como indican los estudios paleosismológicos. La elevada peligrosidad sísmica de esta falla se debe a que no ha producido un terremoto con ruptura superficial desde hace más de 800 años.

La falla de Enriquillo-Plantain Garden es relativamente tranquila desde el punto de vista sísmico, ya que no ha producido terremotos importantes en las últimas décadas. Sin embargo podría haber sido la causante de algunos de los grandes terremotos históricos documentados en la región y que causaron grandes daños en la zona de Puerto Príncipe y sur de República Dominicana, como el del 18 de octubre de 1751, el de magnitud 7.5 del 21 de noviembre de 1751, el del 3 de junio de 1770 y el del 8 de abril de 1860 (Fig. 1).

La sismicidad histórica muestra que los terremotos más devastadores, posiblemente relacionados con zona de falla de Enriquillo-Plantain Garden, tuvieron lugar en una progresión espacio-temporal de este a oeste (Fig. 1): 18 de octubre de 1751 en el sur de la Española, 21 de noviembre de 1751 en el sur de Puerto Príncipe, en 1770 en el centro de la Península de Tiburón, en 1860 en el oeste de la Península de Tiburón, en 1907 en el este de Jamaica y en 1957 en el oeste de Jamaica. Además, la sismicidad histórica indica que la actividad sísmica podría tener una cierta transferencia cíclica entre ambos sistemas mayores



de fallas de desgarre: la zona de falla de Enriquillo-Plantain Garden produjo terremotos significativos en los siglos XVII y XVIII; la zona de falla Septentrional-Oriente en los siglos XIX y XX; y de nuevo la falla de Enriquillo-Plantain Garden en el siglo XXI, con el evento de Haití de 2010. Si esta transferencia cíclica se cumple es muy posible esperar nuevos eventos destructores asociados con la falla de Enriquillo-Plantain Garden en el presente siglo.

En las últimas dos décadas fracasaron varios intentos de financiar una red sísmica permanente en Haití con financiación externa, principalmente porque el país tenía prioridades mayores, como defenderse de los huracanes y del hambre. En el Caribe y otras regiones similares donde los grandes terremotos son menos frecuentes la concienciación social respecto al peligro sísmico topa una realidad: la ventana temporal de la vida humana es más corta que el periodo de recurrencia de esos grandes eventos que pueden ser de varios siglos. Esto lleva al olvido y la complacencia de la población, los gobiernos e incluso de la comunidad científica en lo que respecta al peligro de terremotos. El evento del 12 de enero de 2010 cuestiona los mapas previos de peligrosidad sísmica de la región, que no señalaban la zona como extremadamente peligrosa, por no haber producido terremotos destructivos durante los dos últimos siglos. La evaluación de la peligrosidad debe considerar la existencia de posibles fallas sísmicas ocultas y eventos

Fig. 3. A. Vista 3D del relieve hacia el oeste de la zona del epicentro tomada de Google Earth. Escala vertical exagerada tres veces. B. Corte esquemático mostrando las geometrías de la falla de Enriquillo-Plantain Garden (en amarillo) y de las posibles fallas sísmicas (en rojo) responsables del evento.

que, como el del 12 de enero de 2010, no han generado registro paleosismológico y sin embargo han sido devastadores.

Los habitantes de Haití y de la República Dominicana tienen que desarrollar su vida en una isla con fallas con alto potencial sísmico, pero necesitan una mayor concienciación e instrucción sobre el peligro que suponen los terremotos. Los terremotos son una realidad geológica y no se puede escapar de ella. De hecho la existencia de la propia isla de la Española se debe a estas fallas y terremotos. Ahora Haití y la República Dominicana deben priorizar la implantación de un código sismoresistente que evite construcciones tan vulnerables a las sacudidas del terremoto y evite o palie futuros daños materiales y personales. La predicción de ocurrencia de terremotos sigue siendo uno de los mayores retos geo-científicos de nuestros tiempos.

Agradecimientos

Los autores pertenecen al grupo de trabajo NORCARIBE financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (Proyecto CGL2010-17715), y que colabora en las investigaciones del norte del Caribe con el U. S. Geological Survey y con el Institute for Geophysics at Austin. ●

Referencias

Para ampliar la información sobre el terremoto del 12 de enero de 2010 en Haití y de las fuentes usadas en esta noticia y en la elaboración de las figuras pueden consultarse:

Nature Geoscience. Vol.3, No.11, Noviembre 2010.

<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2010/us2010rja6/>

<http://web.ics.purdue.edu/~ecalais/haiti/>

<http://www.jsg.utexas.edu/news/rels/022310.html>

¹ En Alfaro et al. (2007), páginas 119 y 120, se explica e ilustra detalladamente el proceso de transpresión, y cómo una falla de salto en dirección produce relieves positivos a lo largo de su trazado. Alfaro, P., Andreu, J.M., González, M., López, J.A. y Pérez, A. (2007). Un estudio integrado del relieve terrestre. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 15.2, 112-123.