

Por: **Ing. Javier Rodríguez**, Vicepresidente de la SODOGEO



## Sismicidad y Tectónica del Canal de la Mona: Un repaso a los principales estudios publicados

### Resumen:

**Estudios de sismicidad, GPS, reflexión sísmica, batimetría y sonar llevados a cabo en los últimos 15 años sugieren que la zona del canal de la Mona es una franja compleja con mecanismo de extensión (este-oeste) separando la microplaca Hispaniola (HISP) de la Puerto Rico-Islas Vírgenes (PRVI) y en compresión (norte-sur) presionada por la placa norteamericana al norte y al sur por la placa del Caribe.**

**En los últimos 500 años sólo un terremoto provocó daños materiales y pérdidas humanas (1918) en el noroeste de Puerto Rico generándose un tsunami producto de un gran deslizamiento submarino en el cañón de la Mona. En la costa este de nuestra isla La Española hasta la fecha no se han reportado nunca ni pérdidas humanas ni daños materiales como resultado de la sismicidad en este período.**

El canal de La Mona es el paso marino que separa la isla de La Española de la isla de Puerto Rico en el Norte del Caribe, tiene una extensión aproximada de unos 100 km de este a oeste y unos 250 km de Sur a Norte limitado al Sur por la Trinchera de Los Muertos y al Norte con la Fosa de Puerto Rico. Al Sur, presenta profundidades de hasta 5,500 metros en la misma fosa de Los Muertos, en la región central un promedio de 500 a 1,000 metros y al norte hasta 8,000 metros.

Abundante información sísmica existe sobre la zona desde hace más de 25 años con la instalación de más de 20 sismógrafos tanto en Puerto Rico como en la República Dominicana. Así mismo varias estaciones de GPS (Sistemas de Posicionamiento Global) han sido instaladas en ambas islas de donde obtenemos los vectores de desplazamiento (Slip Vectors) de los diferentes terrenos geológicos y también estudios batimétricos, de sonar y sísmica de reflexión han sido llevados a cabo entre 1995 y 2004 al norte del canal. Información preliminar sobre el sur del canal proviene del proyecto GEOPRICO-DO donde en el 2005 se desplegaron 10 sismómetros en el fondo marino en tres líneas al Sur de La Española y también al Noreste de Puerto Rico además de batimetría, sonar, sísmica de reflexión, gravimetría y magnetometría.

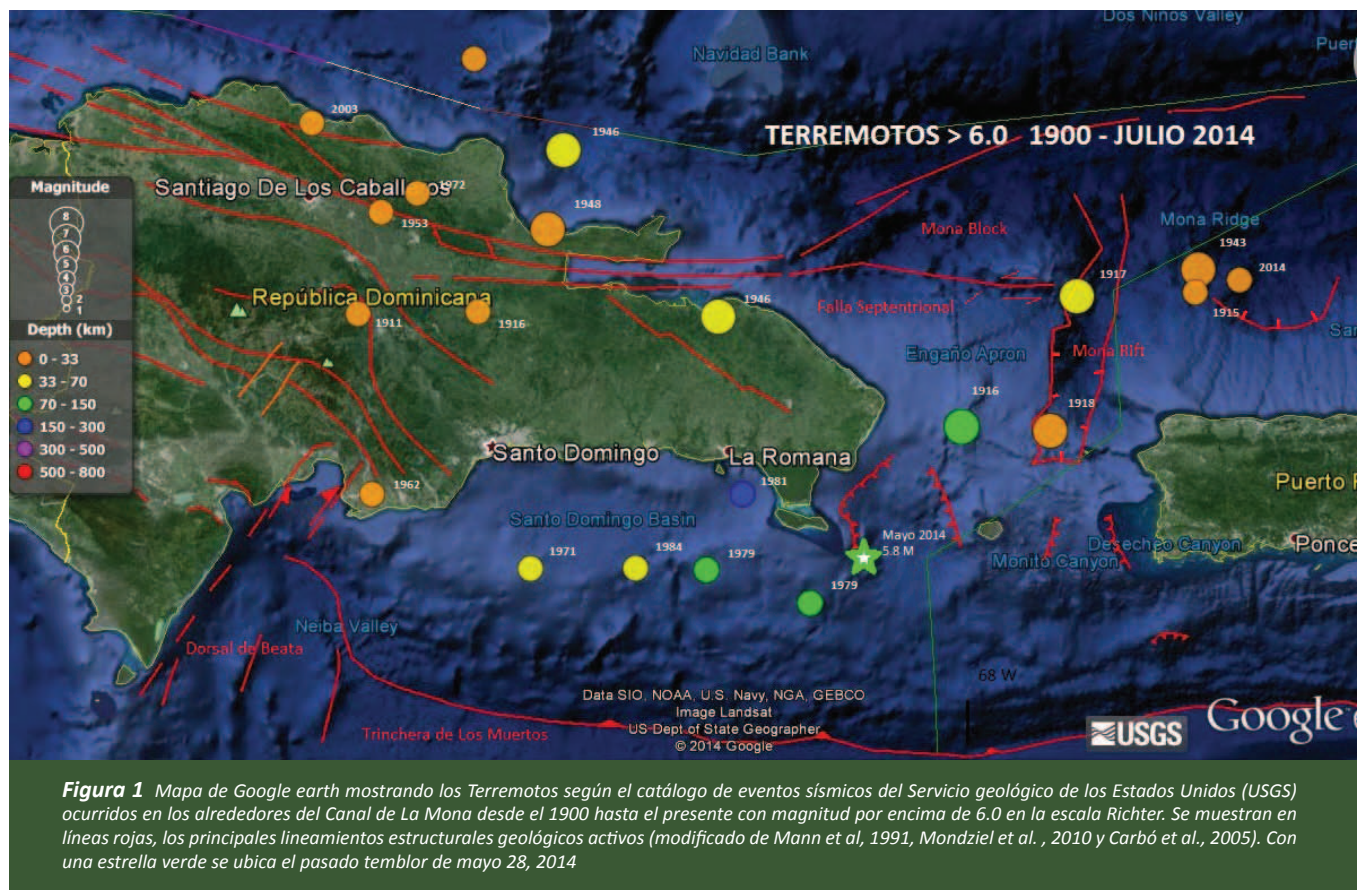
### Historial Sísmico

Según nuestras fuentes consultadas, ningún evento sísmico de relevancia tuvo lugar en la región del Canal de La Mona desde la llegada a América en 1492 por los colonizadores hasta el ocurrido en 1916 de magnitud 7.0 en la escala de Richter a 80 km de profundidad ubicado a 35 km al este de Cabo Engaño según el catálogo en la Web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) (Figura 1). Al año siguiente ocurrió un sismo de magnitud 7.0 en la intersección de la prolongación de la falla Septentrional con el cañón de La Mona (Mona Rift) ubicado a una profundidad de 50 km. En el 1918 tuvo lugar el terremoto que generó un tsunami con olas de más de 2 metros de altura que afectó el noroeste de Puerto Rico provocando más de 116 muertes. Este terremoto fue sentido en la región este de La Española donde se reportaron subidas en el nivel del río Ozama en su desembocadura de Santo Domingo de hasta 70 cm cada 15 minutos por espacio de 2 horas (Reid & Taber, 1919). La profundidad de este terremoto en principio fue reportada en 65 km según el Catálogo del International Seismological Center (ISC), luego reubicado a una profundidad de 20 km (Doser, Rodríguez, & Flores, 2005). El mecanismo focal de este evento sugiere que ocurrió a lo largo de una serie de cuatro fallas normales de dirección 185°-235° (Mercado & McCann, 1998). Y en 1943 un terremoto ubicado unos 35 km al este del Cañón de la Mona de magnitud 7.6 sacudió Puerto Rico sin daños de consideración, este sismo tuvo una profundidad de 35 km.

Se adjunta además en la Figura 1, el epicentro del temblor de magnitud 5.8 (USGS), 6.0 (ISU), 5.7 (OSPL) representado por una estrella verde al sureste de la Isla Saona, con una profundidad de 90 km y donde el mecanismo focal obtenido por la Base de datos de los Centroides Globales de Momento Tensor (CMT) nos da una solución con dos planos de falla posibles a 90° entre sí:

-Plano 1: Rumbo 27° Inclinación 31°  
Dirección deslizamiento 42°

-Plano 2: Rumbo 259° Inclinación 70°  
Dirección deslizamiento 114°



**Figura 1** Mapa de Google earth mostrando los Terremotos según el catálogo de eventos sísmicos del Servicio geológico de los Estados Unidos (USGS) ocurridos en los alrededores del Canal de La Mona desde el 1900 hasta el presente con magnitud por encima de 6.0 en la escala Richter. Se muestran en líneas rojas, los principales lineamientos estructurales geológicos activos (modificado de Mann et al, 1991, Mondziel et al. , 2010 y Carbó et al., 2005). Con una estrella verde se ubica el pasado temblor de mayo 28, 2014

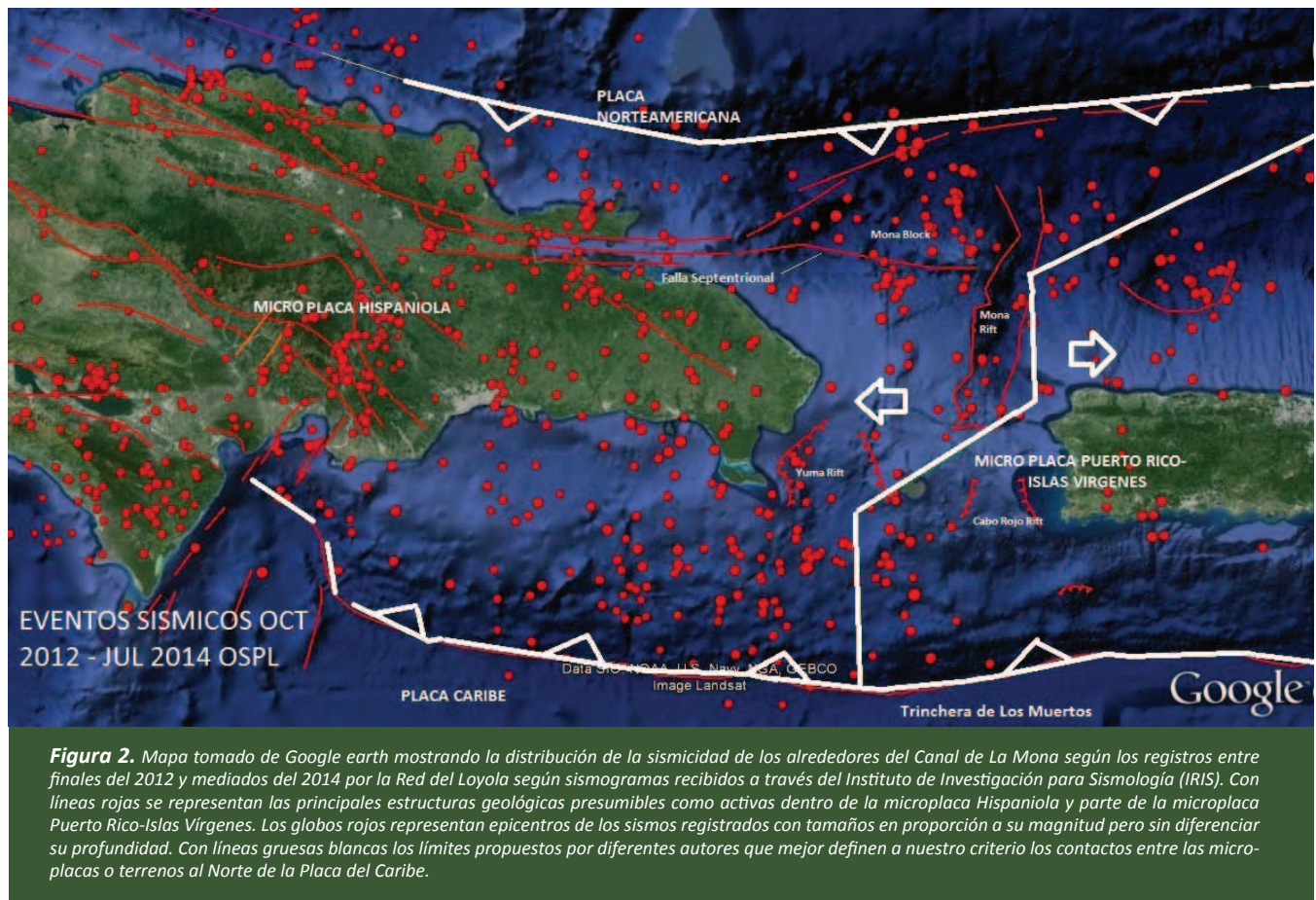
Ambos mecanismos posibles son fallas inversas. Sugerimos el plano 2 que va más acorde con el tipo de tectonismo del lugar: Aparente empuje en dirección Sur del cabalgamiento de la Trinchera de Los Muertos.

### Sismicidad Actual

En la región del Canal de La Mona tienen lugar diariamente un promedio de 2 a 3 sismos en su mayoría de magnitud 2.0 a 3.0 . En la Figura 2 mostramos una recopilación de los sismos detectados por la Red del Observatorio Sismológico Politécnico Loyola (OSPL) (<http://ospl.ipl.edu.do/>) desde su inicio en octubre 2012 hasta principios de julio del 2014. Debido a que la Red OSPL en principio fue diseñada para monitorear el Suroeste de la República Dominicana, sólo se reciben registros de 3 sismógrafos de la región del canal: Punta Cana (RD), Mayagüez y Aguadilla (PR) de la Red Sismológica de Puerto Rico (PRSN) además de los del Instituto Sismológico Universitario de la UASD (ISU) como son el de Santo Domingo, Bonaó, Baní y Santiago entre otros. Nótese la cantidad de sismos bien

distribuidos sobre la Trinchera de Los Muertos entre la Dorsal de Beata y el Canal de La Mona en contraste con la porción al este del canal. Así mismo, algunos enjambres al norte del canal, como en el Bloque de la Mona (Mona Block), Rift de La Mona (Mona Rift) y al sur, al sureste de la isla Saona y al sur de la isla de La Mona.

En el mapa, se muestran con líneas gruesas blancas las principales estructuras geológicas que dividen lo que se entiende como microplacas o terrenos tectónicos independientes a las que nos referiremos más adelante en el capítulo de tectónica. Los globos rojos representan los epicentros de los diferentes sismos sin importar su profundidad y en tamaño proporcional a su magnitud. La mayoría de los sismos registrados por nuestra red en la zona central del canal son de profundidades superior a los 75 km y por el contrario, los que se aproximan a la placa Norteamericana y a la Trinchera de Los Muertos tienen por lo general menos de 35 km de profundidad, evidenciando un claro patrón de doble polaridad en la subducción de la placa Norteamericana por debajo de la microplaca Hispa-



**Figura 2.** Mapa tomado de Google earth mostrando la distribución de la sismicidad de los alrededores del Canal de La Mona según los registros entre finales del 2012 y mediados del 2014 por la Red del Loyola según sismogramas recibidos a través del Instituto de Investigación para Sismología (IRIS). Con líneas rojas se representan las principales estructuras geológicas presumibles como activas dentro de la microplaca Hispaniola y parte de la microplaca Puerto Rico-Islas Vírgenes. Los globos rojos representan epicentros de los sismos registrados con tamaños en proporción a su magnitud pero sin diferenciar su profundidad. Con líneas gruesas blancas los límites propuestos por diferentes autores que mejor definen a nuestro criterio los contactos entre las microplacas o terrenos al Norte de la Placa del Caribe.

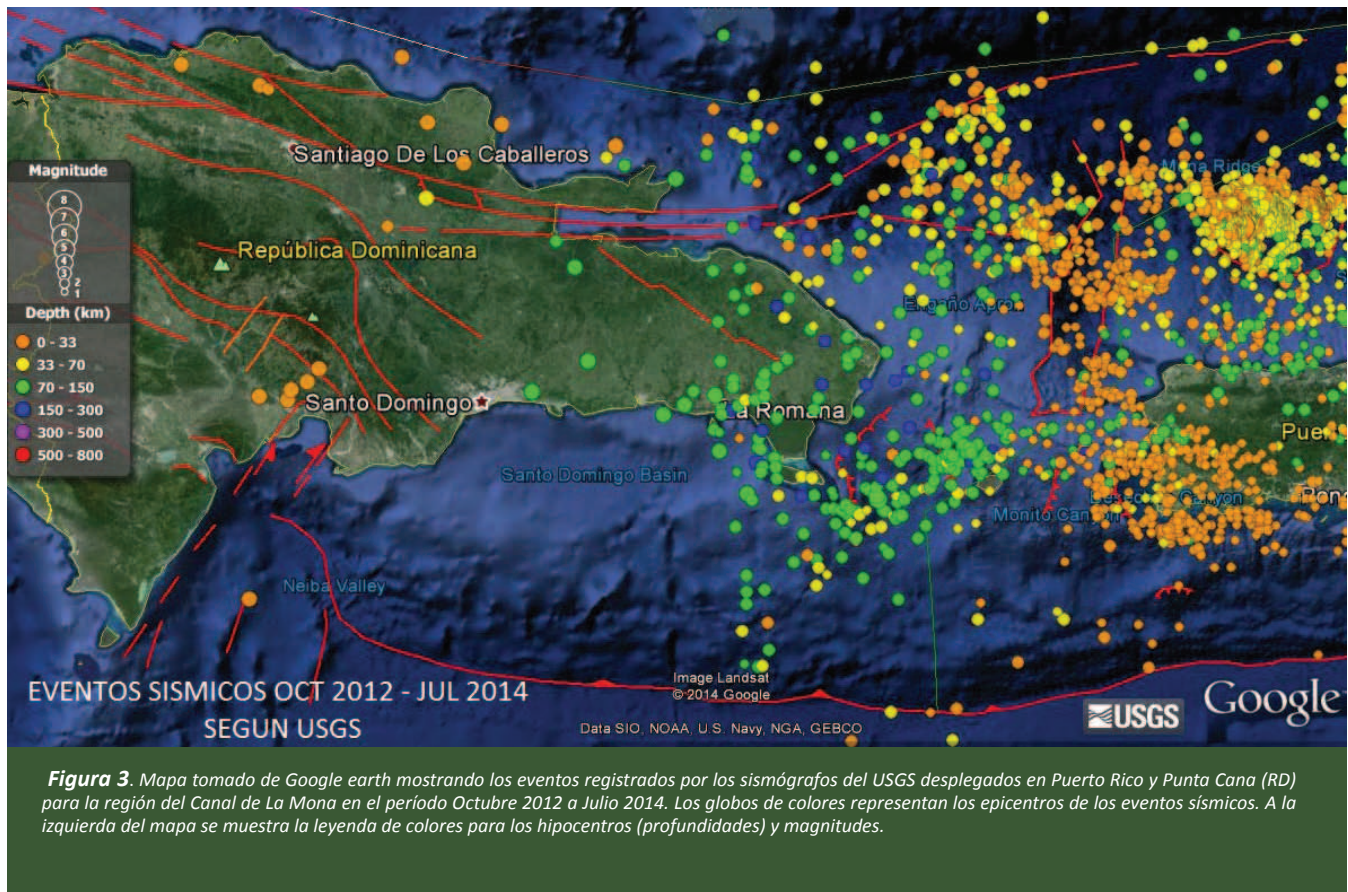
niola al norte y al sur por la subducción de la Placa Caribe por debajo de la microplaca Hispaniola.

Un mapa del USGS se adjunta como Figura 3 sobre la misma región de la Figura 2 y con el mismo período de tiempo, esta vez con los epicentros coloreados según profundidad registrados por los sismógrafos instalados en Puerto Rico y Punta Cana (RD) solamente. Nótese como los eventos de más de 70 km de profundidad predominan en la zona central del canal (globos verdes y azules) y los de poca profundidad (amarillo y naranja) se encuentran asociados a la plataforma sureste de Puerto Rico, al Rift de La Mona, Mona Block y a las cercanías del contacto con la placa Norteamericana al norte. No obstante, pocos eventos sísmicos son observados sobre la Trinchera de Los Muertos específicamente al este del canal. Asumimos que el vacío de sismicidad al oeste del canal se debe a la falta de alcance de los sismógrafos de Puerto Rico para detectar eventos menores y no a su ausencia.

### Tectónica

Se resumen en este trabajo los estudios que consideramos más significativos en los últimos años realizados por (Mann, Calais, Ruegg, DeMets, & Jansma, 2002), (Carbó, Córdoba, Martín Dávila, Ten Brink, Herranz, & Otros, 2005), (Doser, Rodríguez, & Flores, 2005) y (Mondziel, Grindlay, Mann, Escalona, & Abrams, 2010).

Mediante el despliegue de una red de GPS entre Puerto Rico y la Hispaniola, Mann y sus colaboradores concluyen que existen dos regiones con diferentes comportamientos mecánicos: El bloque Puerto Rico-Islas Vírgenes-Islas Aves (Microplaca Puerto Rico-Islas Vírgenes) que se mueve de forma rígida y junto a la placa del Caribe a una velocidad de 2-3 mm por año (Ver figura 2) y el bloque de la Hispaniola (Micro Placa Hispaniola) que se mueve en la misma dirección que la placa del Caribe pero a una velocidad menor, y deduce la creación de una zona o límite entre estos bloques que se mueven a velocidad diferente



**Figura 3.** Mapa tomado de Google earth mostrando los eventos registrados por los sismógrafos del USGS desplegados en Puerto Rico y Punta Cana (RD) para la región del Canal de La Mona en el período Octubre 2012 a Julio 2014. Los globos de colores representan los epicentros de los eventos sísmicos. A la izquierda del mapa se muestra la leyenda de colores para los hipocentros (profundidades) y magnitudes.

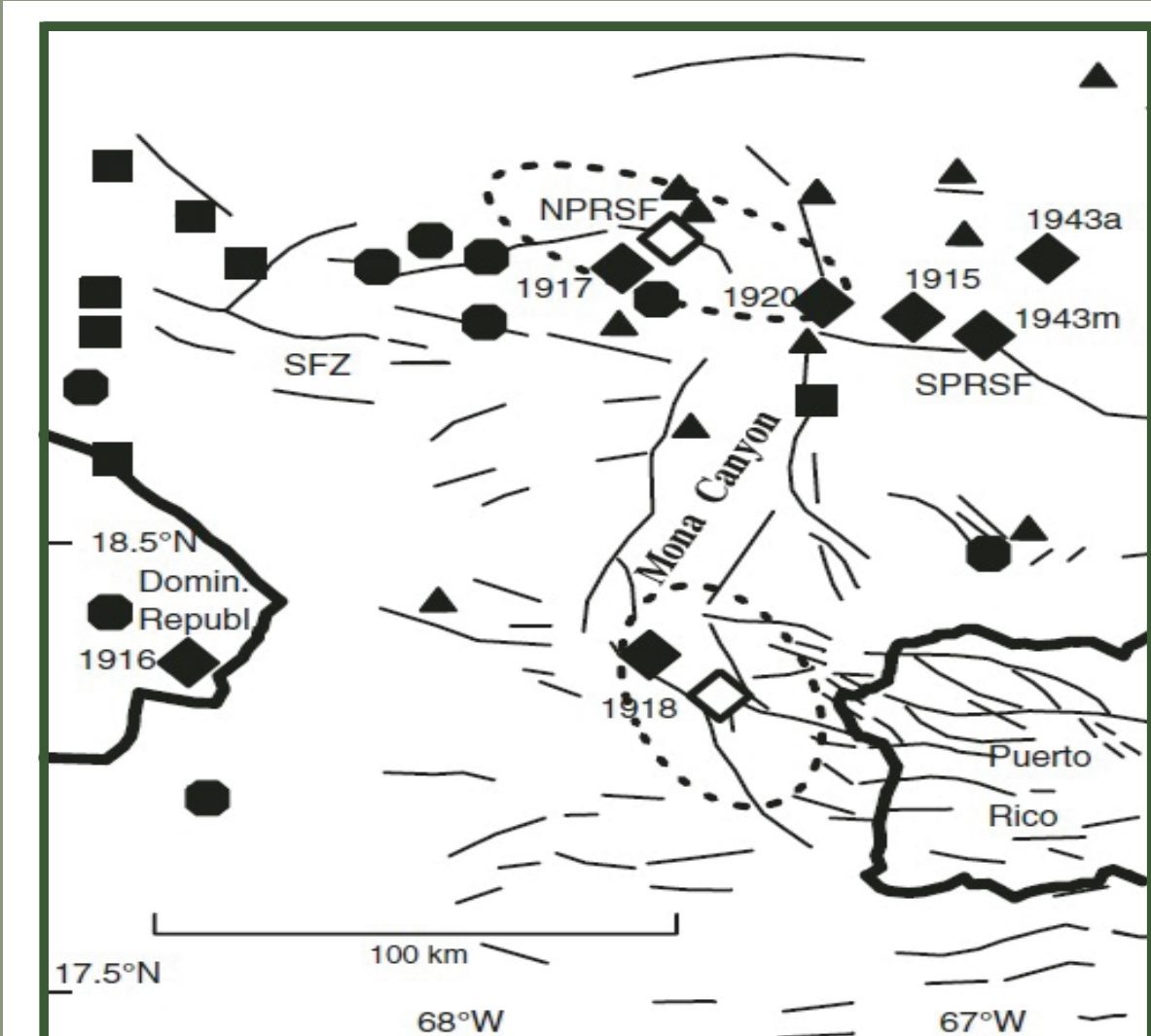
que resulta ser la región del Canal de La Mona donde se reportan fallas normales y oblicuas con desplazamiento a lo largo de su dirección que deforman la plataforma calcárea del Oligoceno y principios del Plioceno. Parte del freno que evita que el bloque de la Hispaniola avance en sintonía con las demás resulta de la colisión oblicua de la plataforma de las Bahamas (Parte de la Placa Norteamericana) contra el límite Norte de la Hispaniola en dirección Sur-suroeste.

Mann y su grupo hacen comparaciones sobre el comportamiento del noreste del Caribe con áreas tectónicamente similares como los extremos norte y sur del Arco de Las Marianas donde pudiera estarse desarrollando un “punto pivote” o “Pinning point” sobre el extremo oriental de la colisión de la plataforma de Las Bahamas con la micro placa Hispaniola (HISP) y la Puerto Rico-Islas Vírgenes (PRVI) que corresponde a los alrededores del Mona Block y el Rift de La Mona al norte del Canal de La Mona (Figura 2).

Resultados preliminares del Proyecto GEOPRICO-DO

(Carbó, Córdoba, Martín Dávila, Ten Brink, Herranz, & Otros, 2005) llevado a cabo durante marzo y abril del 2005 muestran que la Trinchera de Los Muertos y su cinturón deformado acrecional relacionado están asociados con una zona de cabalgamiento y subducción activa (Ver Figura 2) y que el frente de deformación en la base del cabalgamiento está más claramente definido al oeste del canal de la Mona (68°W) que hacia el este donde la profundidad de la trinchera es más baja. Perfiles realizados del Sub-fondo marino generados con un “echo-sounder” en el cinturón deformado en sedimentos, posiblemente de periodos Holocénicos, indican actividad reciente. También fue identificado un gran deslizamiento submarino sobre este cinturón de Los Muertos al suroeste de la isla de Puerto Rico el cual se muestra en la Figura 2.

En 2005 Diane Doser, Christina Rodríguez y Claudia Flores de la Universidad de Texas en El Paso, USA re-trabajaron y modelaron los terremotos de más de 6.0 M en el Canal de La Mona ocurridos entre 1915 y 1963. (Doser, Rodríguez, & Flores, 2005)



**Fig 4.** Sismicidad histórica y reciente (> 4.8 Mw al 2005) del Norte del Canal de La Mona según Doser y otros, 2005). La ubicación de los eventos históricos están tomados de Russo y Bareford (1993) y R. M. Russo (com. Verbal con Doser). Las elipses intermitentes y símbolos abiertos tienen un 90% de exactitud para los eventos del 1918 y 1920, relocalizados según la técnica de Petroy y Wiens (1989). Los triángulos son las réplicas del terremoto del 1943. Los Cuadros, son réplicas del terremoto del 1946 del Este de La Española y los rombos son los sismos estudiados en el artículo de Doser y otros (2005). Los octógonos representan eventos sísmicos del 2005 de magnitud superior a Mw 4.8. SFZ-Zona de Falla Septentrional; NPRSF-Zona de falla ladera norte de Puerto Rico; SPRSF-Zona de falla ladera sur de Puerto Rico.

Para los eventos del 1915, 1920 (no reportado por USGS en Fig. 1) y 1943 (ver Fig. 4) se interpretan como productos de la ruptura a lo largo de la zona o interface del límite de la Placa Norteamericana con la microplaca HISP y PRVI con profundidades o hipocentros de 20 a 30 km. El sismo del 1917 como producto de fallamiento con desplazamiento lateral (strike-slip) presumiblemente dentro de la

placa Norteamericana en subducción debajo de la HISP y PRVI. El del 1918, previamente comentado, resultado de fallamiento normal oblicuo a 20 km de profundidad como parte de una compleja ruptura de varios segmentos de fallas. Y finalmente, el sismo del 1916 que relocalizan tanto su epicentro como profundidad hasta la costa de la Republica Dominicana, a una profundidad de 16 km y con

mecanismo de fallamiento inverso similar a la secuencia de sismos del 1946 en el este de La Española.

**Doser concluye sugiriendo que, basado en los vectores de deslizamiento (Slip vectors) de los estudios de GPS recopilados en la zona y por la liberación de momento sísmico calculado en su trabajo, las estructuras geológicas localizadas al noroeste de Puerto Rico absorben un aproximado del 85% del movimiento entre la placa Norteamericana y el Caribe.**

En el 2010, Steven Mondziel y sus colaboradores (Mondziel, Grindlay, Mann, Escalona, & Abrams, 2010) realizaron un conjunto de estudios geofísicos que incluía batimetría, sísmica de reflexión y sonar en el Rift de La Mona (Cañón de La Mona). Ellos concluyen que el Cañón de La Mona está tectónicamente controlado por una falla principal que corre al este y norte del cañón y por fallas antitéticas (buzantes en sentido contrario a la principal) sobre el sur y el lado oeste produciendo una estructura tipo “medio-graben”. Sugieren que el Bloque de La Mona (Mona Block) es parte del PreArco levantado en periodos post pliocénicos producto de la subducción oblicua de la plataforma de Las Bahamas sobre el Caribe, esto basado en evidencias de pliegues con dirección NE-SW en los sedimentos superiores, fallas de cabalgamiento en el basamento metamórfico y enjambres de sismos poco profundos. Las fallas activas dominantes de la región de estudio son del tipo Normal con tendencia Norte-Noroeste así como también de desplazamiento lateral izquierdo con presencia de desplazamiento de unos 3.5 km en la vertical para la falla principal del Cañón de La Mona.

Esta deformación con características de extensión para el Norte del Canal de La Mona se presume anterior al Pleistoceno según estudios de velocidad derivada de los GPS, sin embargo datos de geofísica marina indican que la sección sur y central del Cañón de La Mona empezó a separarse a mediados del Oligoceno hace unos 30 millones de años y continúa hasta el presente. La separación mínima estimada para la zona central del cañón de La Mona es de unos 6.1 km, de los cuales, 4.4 km se separaron desde el Plioceno temprano. Hay buena documentación para sugerir una lenta fase inicial (0.09mm/año) de extensión entre el Oligoceno Medio y el Plioceno Temprano pero difícil de justificar. Tan pronto la “Flotante” sección sureste de la plataforma de las Bahamas se acopló en subducción con el norte de la Hispaniola y el norte del Canal de La Mona se seccionó este Pre-Arco y

degeneró en una segunda fase más rápida de extensión a través de la longitud del Cañón de La Mona (0.4mm/año) en los últimos 11 millones de años.

Estos resultados apoyan los modelos cinemáticos que proponen que el Cañón de La Mona (Mona rift) forma parte del límite oeste del Bloque o micro placa Puerto Rico-Islas Vírgenes en movimiento hacia el este con relación al Bloque o micro placa Hispaniola que se encuentra anclada “pinned”.

El surco más profundo al norte del Cañón de La Mona (Mona reentrant) se sugiere que es el límite este de una pequeña dorsal (Mona Block) con movimiento en dirección oeste acunada por cabalgamiento al norte (Subducción del Norte de La Hispaniola) y el desplazamiento lateral izquierdo de la prolongación de la Falla Septentrional al sur .

### Bibliografía

- Carbó, A., Córdoba, D., Martín Dávila, J., Ten Brink, U., Herranz, P., & Otros, y. (2005). Survey Explores Active Tectonics in Northeastern Caribbean. *Eos*, 86, 537-540.
- Doser, D., Rodríguez, C., & Flores, C. (2005). Historical earthquakes of the Puerto Rico-Virgin Islands region (1915-1963). *Geological Society of America Special Papers* 385, 103-114.
- Mann, P., Calais, E., Ruegg, J.-C., DeMets, C., & Jansma, P. (2002). Oblique Collision in the Northeastern Caribbean from GPS measurements and geological observations. *Tectonics*, 21 (6).
- Mercado, A., & McCann, W. (1998). Numerical simulation of the 1918 Puerto Rico tsunami. *Natural Hazards*, 18, 57-76.
- Mondziel, S., Grindlay, N., Mann, P., Escalona, A., & Abrams, L. (2010). Morphology, structure and tectonic evolution of the Mona canyon (northern Mona passage) from multibeam bathymetry, side-scan sonar and seismic reflection profiles. *Tectonics*, 29.
- Reid, H., & Taber, S. (1919). The Porto Rico earthquakes of October-November 1918. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 9, 95-127.
- Russo, R., & Bareford, C. (1993). Historical seismicity of the Caribbean region, 1933-1963. *Caribbean Conference on Volcanism, Seismicity and Earthquake Engineering*. Trinidad: University of the West Indies.