



RED SÍSMICA DE PUERTO RICO
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO –
PO BOX 9017 | MAYAGÜEZ, PR 00681-9017
787-833-8433, 787-265-5452 | FAX: 787-265-1684



Secuencia sísmica agosto-septiembre 2012

Alberto M. López Venegas, Ph.D.

Red Sísmica de Puerto Rico

Departamento de Geología, Recinto Universitario de Mayagüez

Universidad de Puerto Rico

Mayagüez, Puerto Rico

17 de septiembre de 2012

1. Introducción

La Red Sísmica de Puerto Rico detectó y localizó eventos sísmicos asociados a una secuencia sísmica durante el periodo del 26 de agosto al 7 de septiembre de 2012. Esta actividad sísmica ocurrió en la zona sísmica del Sombrero y el extremo este de la región de la Trincheras de Puerto Rico (ver Figura 1). Los eventos están directamente relacionados a la interacción de las placas de América del Norte y el Caribe. La zona noreste del Caribe posee una convergencia oblicua entre estas dos placas, donde la placa de América del Norte choca contra la del Caribe y se sumerge por debajo de ésta. La interfase entre estas dos placas es áspera, pero la colisión al ser continua resulta en atascamientos frecuentes, los cuales son superados una vez ocurren los terremotos, que es la liberación de la energía acumulada a lo largo de los años.

La microplaca de Puerto Rico y las Islas Vírgenes se encuentra entre estas dos placas. La constante interacción entre las placas va acumulando energía que se libera en forma de terremotos y a su vez va deformando la microplaca como resultado de ese choque. Los enjambres y secuencias sísmicas son reflejo de la deformación que ocurre.

2. Tránsito histórico

Los enjambres y secuencias sísmicas ocurren con frecuencia en diversas partes del mundo. En la región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes se pueden detectar debido a la ubicación de instrumentos sismográficos sofisticados. Esta actividad sísmica se ha observado desde que la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) comenzó operaciones para mediados de la década de los 70. La instalación de mejores instrumentos y una mayor cantidad de los mismos en nuestra región ha garantizado un incremento en la detección de eventos más pequeños, y la localización de mayor cantidad de eventos sísmicos en los enjambres y secuencias.

Las figuras 2 a la 8 muestran evidencia de la ocurrencia de esta actividad a través de los años, donde la localización de los eventos y sus respectivas profundidades han variado dentro del área sísmica del Sombrero. A fines de la primera década del siglo 21 se observaron con mayor frecuencia, siendo en octubre 2008 la última instancia que se había observado. Se estima que la gran cantidad de eventos registrados ha sido resultado de cuatro años sin tener actividad significativa en el área desde octubre de 2008.

3. Actividad Sísmica Agosto - Septiembre 2012

Durante el periodo del 26 de agosto al 7 de septiembre de 2012 se observó en la Zona Sísmica del Sombrero y la parte oriental de la Trincheras de Puerto Rico un incremento en la actividad sísmica liberado a través de una secuencia sísmica. Aunque en esta ocasión se observó gran cantidad de eventos en la zona de la trincheras, regularmente es la zona sísmica del Sombrero la más activa.

Una secuencia sísmica se caracteriza por uno o varios eventos principales seguidos por réplicas en un periodo de tiempo de días y/o semanas. Este comportamiento contrasta con los enjambres sísmicos los cuales carecen de evento principal y se caracterizan por un incremento gradual o súbito de eventos sísmicos de menor magnitud que pueden alcanzar cientos de eventos en un periodo de pocos días y desaparece de la misma manera en que aparece. Las secuencias sísmicas son comunes y forman la norma del ciclo de los terremotos, sin embargo los enjambres, aunque han sido observados en diferentes partes del mundo, para nuestro caso, aun no está del todo definido y se desconoce la naturaleza de los mismos. En el corto tiempo geológico

que la RSPR ha monitoreado el área se ha observado que ninguna de las secuencias o enjambres pasados ha sido acompañado de otro evento de mayor magnitud. Sin embargo, que esta norma haya sido el caso en los treinta años que la RSPR ha estado operado no significa que un evento mayor no ocurra, ya que la energía liberada por cientos de eventos en un enjambre o secuencia menor no compara con un evento de gran magnitud con sus réplicas.

La actividad sísmica de este periodo de tiempo comprende de 742 eventos oficialmente localizados y 1317 eventos han sido clasificado como indeterminados. La figura 13 muestra dos histogramas para describir la distribución de eventos durante el periodo de actividad sísmica de las secuencias. Los eventos indeterminados son eventos pequeños que son registrados en una o dos estaciones, lo que resulta en poca información para poder localizarlos.

La secuencia sísmica comenzó con el evento de magnitud 4.14 del domingo 26 de agosto a las 14:37:51 UTC. Poco mas de 80 minutos después se registró un evento de magnitud 4.24, pero esta vez mucho mas llano que el anterior, a unos 9 kilómetros de profundidad. Estos dos eventos se consideran los eventos principales de la secuencia sísmica. La actividad sísmica continúa bajando en cantidad de eventos réplicas hasta mediados del día 29 de agosto cuando se vuelve a activar con dos eventos, uno de magnitud 4.70 y luego uno de magnitud 4.31 con 9 minutos de diferencia a 31 y 25 km de profundidad, respectivamente. Durante esta nueva etapa, que es mucho mas cuantiosa que la observada inicialmente, se registran alrededor de 200 eventos en el primer día como se ilustra en el histograma de la figura 11 (panel inferior). En la misma figura se puede apreciar la distribución de profundidad los eventos en la línea de tiempo desde el 26 de agosto al 7 de septiembre. Esta etapa se caracteriza por 4 días de eventos. El día 5 de septiembre se registra un nuevo evento de magnitud 5.20 a las 8:24 pm hora local, siendo el evento de mayor magnitud observado desde el comienzo de la actividad sísmica. Este evento vuelve a generar cantidad de réplicas de menor densidad como puede ser observado en la figura 11.

La figura 10 muestra la distribución de los eventos en el mapa y su dependencia de profundidad y magnitudes. La figura inferior que aparece en la figura 10 muestra el mapa y una caja rectangular ubicada en una orientación de 250° hacia el sudoeste, en donde se pueden observar los eventos que caen dentro de dicha región en la figura superior. Esta figura logra visualizar la distribución de estos eventos en la dirección de subducción de la placa de América del Norte con respecto a la del Caribe. En cambio, la figura 12 muestra la distribución de estos eventos en una dirección sub-paralela

al aparente rumbo de actividad de la secuencia, que es a 150° hacia el sudeste. La figura 11 muestra dos paneles; el inferior es un histograma que indica la frecuencia de eventos por día, y en el panel superior la magnitud (tamaño del círculo) y la profundidad (color) del evento correspondiente. Nótese los mismos gráficos para el último enjambre grabado en octubre de 2008 para comparación (figuras 8 y 9). Es notable que la distribución de los eventos es muy variado en profundidad, y no aparenta seguir una secuencia, indicando que una vez ocurre un evento, se ilumina la porción de la falla desde lo mas llano hasta lo mas profundo, indicando así un comportamiento aleatorio, pero similar con respecto a actividades sísmicas anteriores.

Un listado de los eventos no se encuentra en este reporte, pero puede ser obtenido mediante la página internet de la Red Sísmica de Puerto Rico en <http://www.prsn.uprm.edu/Spanish/catalogue/index.php> creando una búsqueda desde el 26 de agosto de 2012 a las 12:00 am hora local hasta el 7 de septiembre de 2012 a las 23:59 am hora local. El rango de latitudes es 18° a 20° norte y $-63,50^\circ$ al $-64,6^\circ$ este.

4. Causas

La razón por la cual estos eventos ocurren es todavía incierto y es tema actual de estudio. Descifrar su naturaleza es aún difícil debido a que no poseemos estaciones sísmicas al norte de donde ocurre la actividad sísmica. Todas las estaciones existentes, limitadas a tierra firme, se ubican el sur de la zona sísmica. Para poder tener una mejor oportunidad de localizar los eventos es necesario poseer sismógrafos de fondo marino y una mejor descripción del modelo de velocidad bajo la trinchera. En el 2007, científicos del USGS y la RSPR desplegaron 5 sismógrafos de fondo marino por espacio de 6 meses. Casualmente se registró un enjambre durante el experimento y se pudo observar como los eventos, cuando se incorporan datos de sismógrafos mas cercanos y mejor ubicados geoméricamente los focos de los eventos indican una distribución vertical y concentrada (Figura 7). Este estudio basado en 200 eventos ayuda pero deja muchas preguntas por resolver, por lo que es necesario realizar despliegues adicionales de sismógrafos de fondo marino para contestar las preguntas que aún persisten. Lo que se puede concluir de los datos actuales es que la actividad sísmica en esta área no se debe a la subducción del “Main Ridge” (ver figura 1), una extinta falla transformante de los tiempos de la apertura del Océano Atlántico durante el Mesozoico. De

igual forma se puede descartar que los mismos ocurren en la interfase de la placa debido a que su distribución de profundidades no aparenta seguir la dirección estimada de la interfase (ver figura 10), mas bien posee una inclinación mayor, lo cual lo hace improbable que sea en la interfase de las placas. Otras sugerencias de la naturaleza de estos eventos es un falla en la placa de América del Norte ya subduccionada, que correría hacia el noreste aproximadamente, muy parecido a la distribución de eventos de enjambres de años anteriores. Esta hipótesis aún hay que probarla utilizando nuevos despliegues de sismógrafos de fondo marino para estudiar con mejor detenimiento su comportamiento y naturaleza.

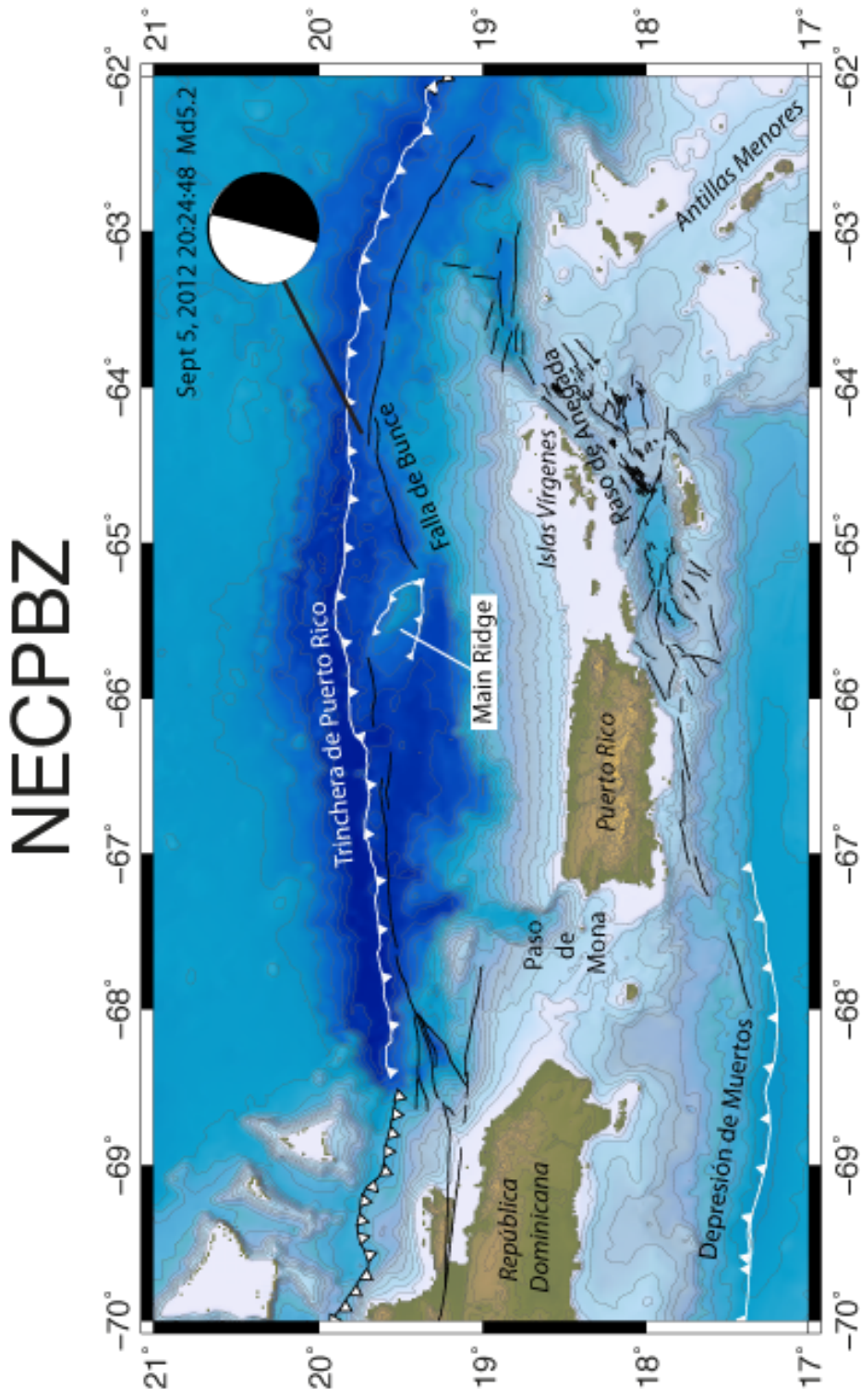
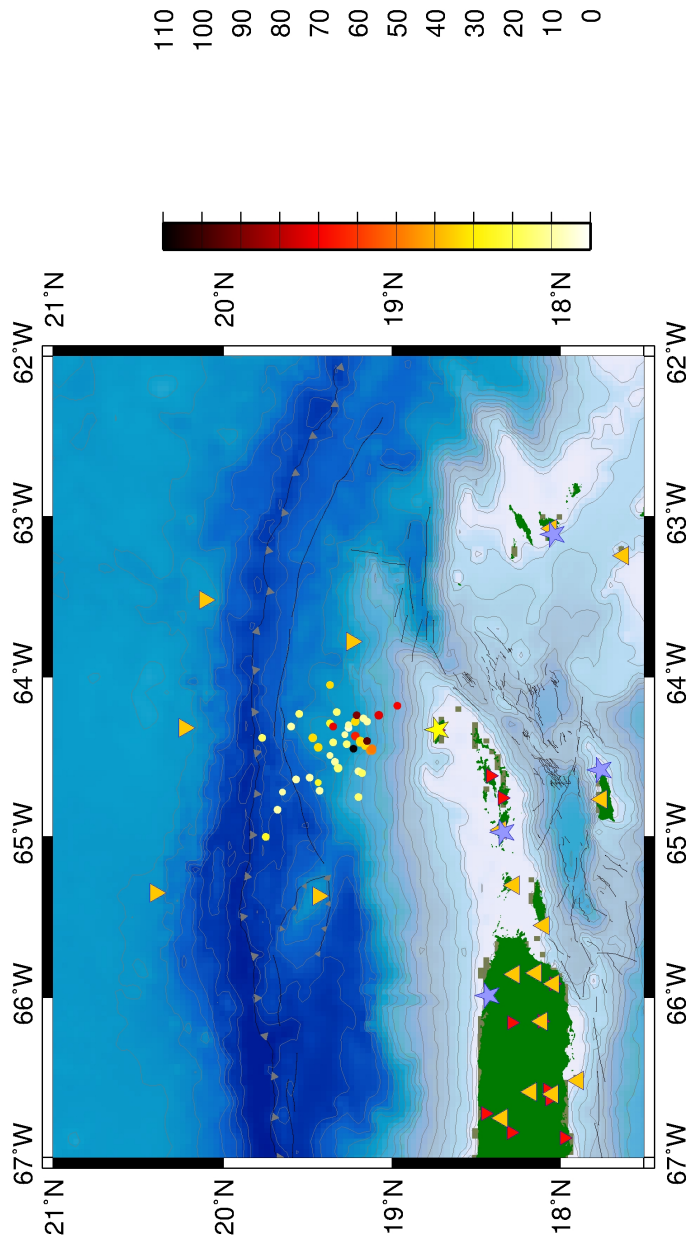


Figura 1: Mapa del noreste Caribeño con las fallas y características geológicas de la región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Mecanismo focal del evento mas significativo en la secuencia está ilustrado a mano derecha superior. “Main Ridge” es la extinta falla transformante en subducción hoy día en la Trinchera de Puerto Rico.

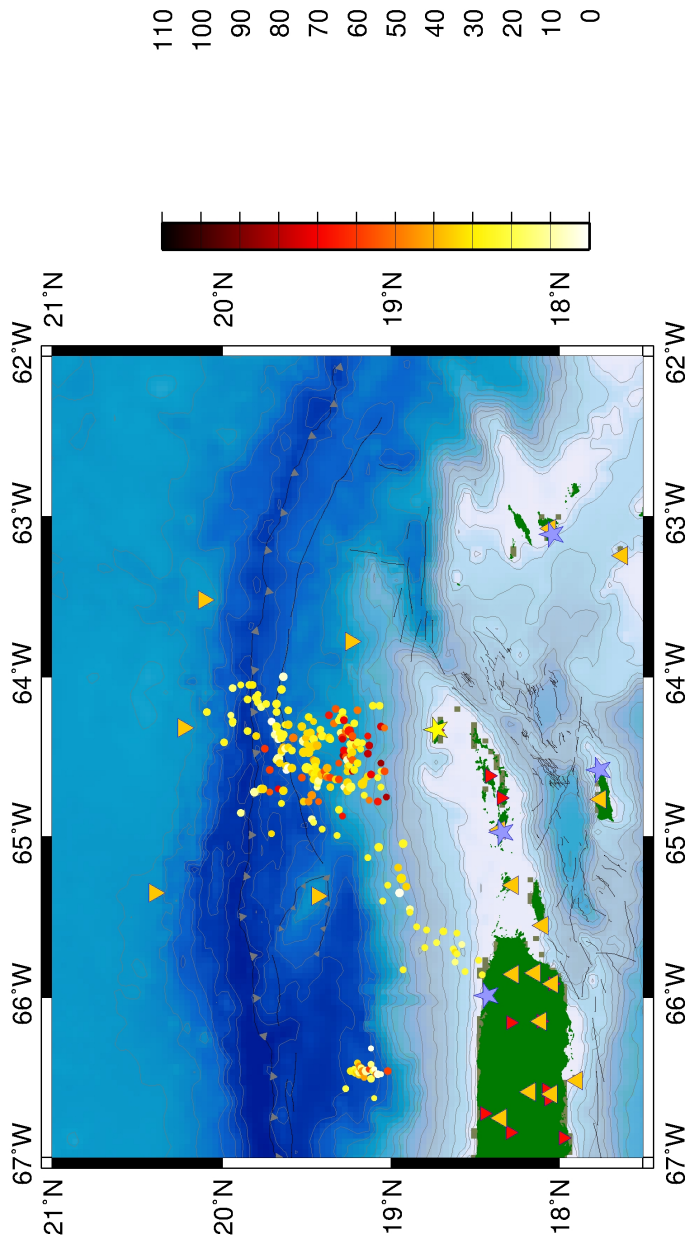
Swarm 1988



GMT 2008 May 14 13:40:19 generated by script PRVieqplotter.gmt

Figura 2: Enjambre sísmico observado en el 1988.

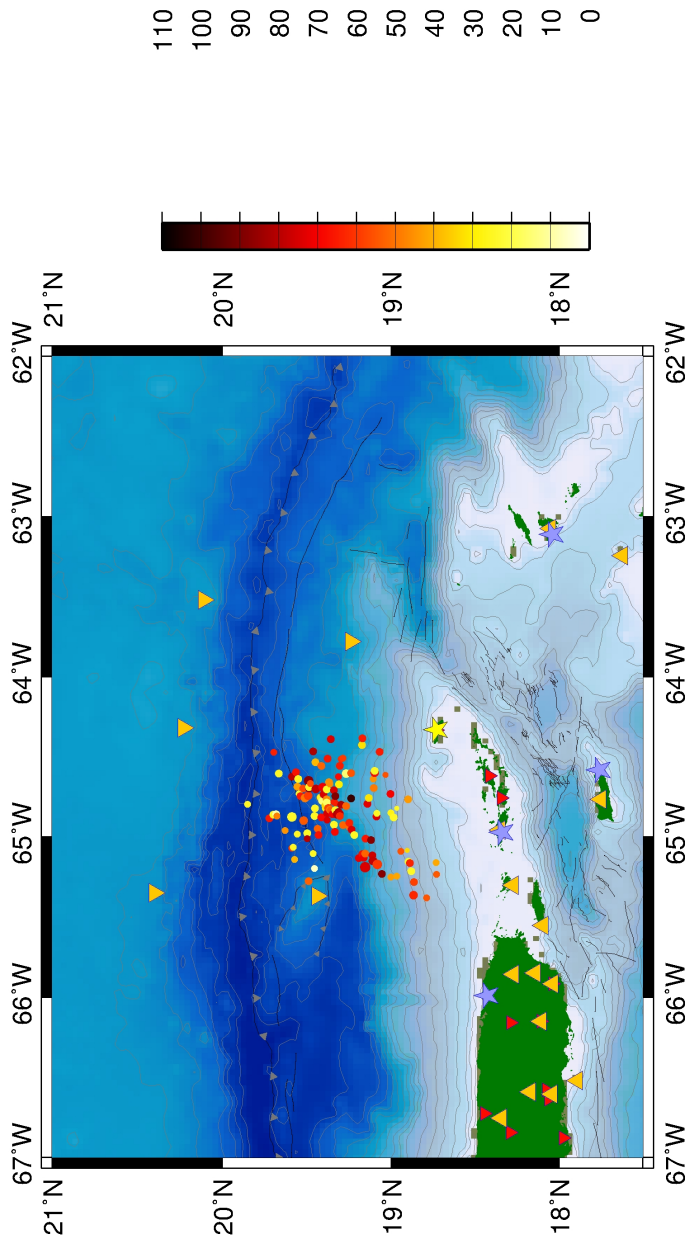
Swarm 1992



GMT 2008 May 14 13:40:19 generated by script PRViewplotter.gmt

Figura 3: Enjambre sísmico observado en el 1992.

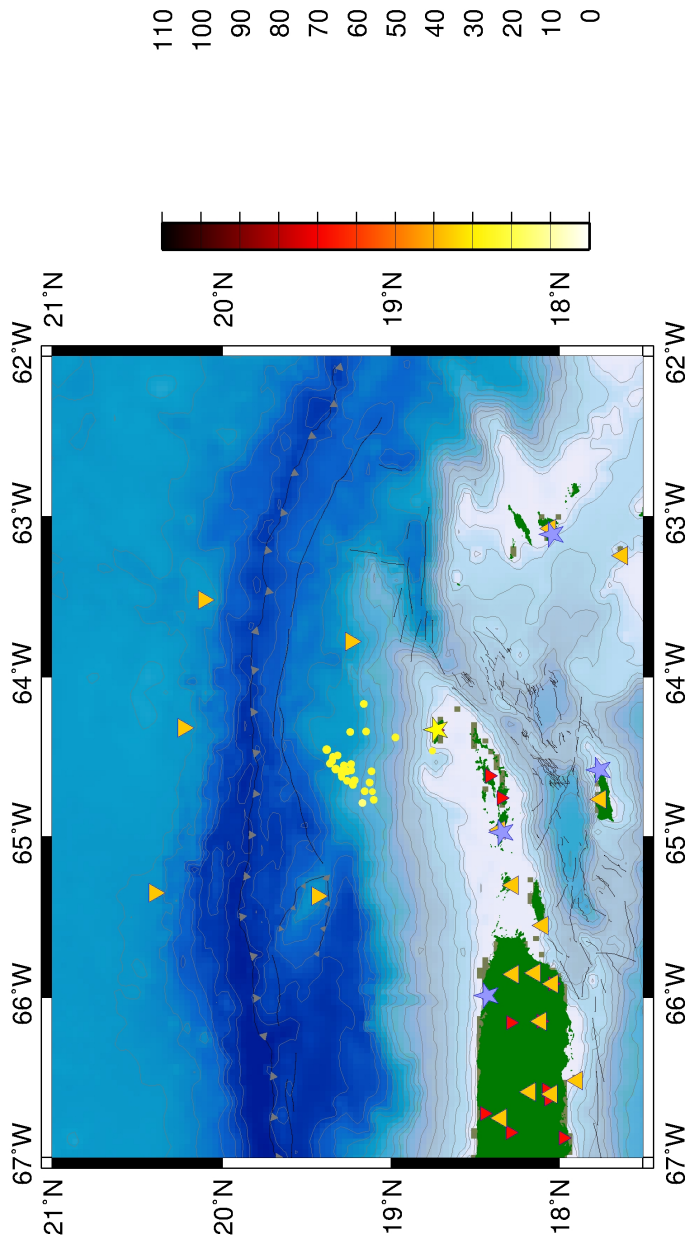
Swarm 2001



GM 2008 May 14 13:40:21 generated by script PRViewplotter.gmt

Figura 4: Enjambre sísmico observado en el 2001.

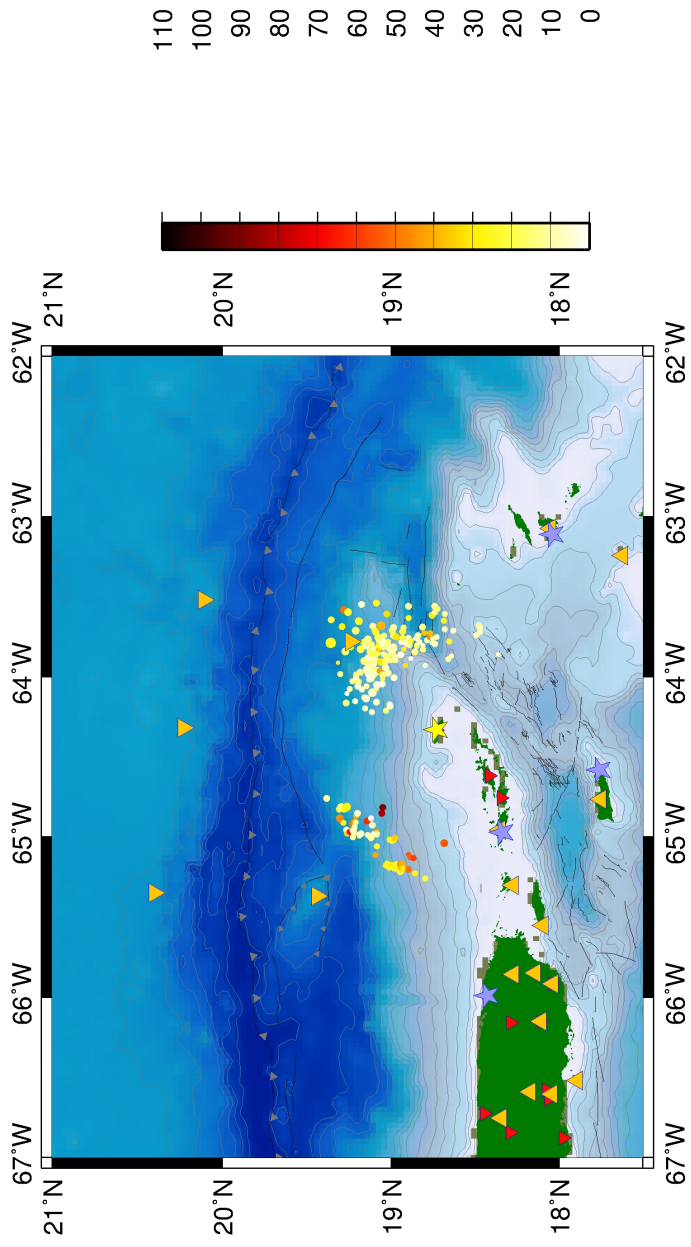
Swarm 2004



GM 2008 May 14 13:40:22 generated by script PRViewplotter.gmt

Figura 5: Enjambre sísmico observado en el 2004.

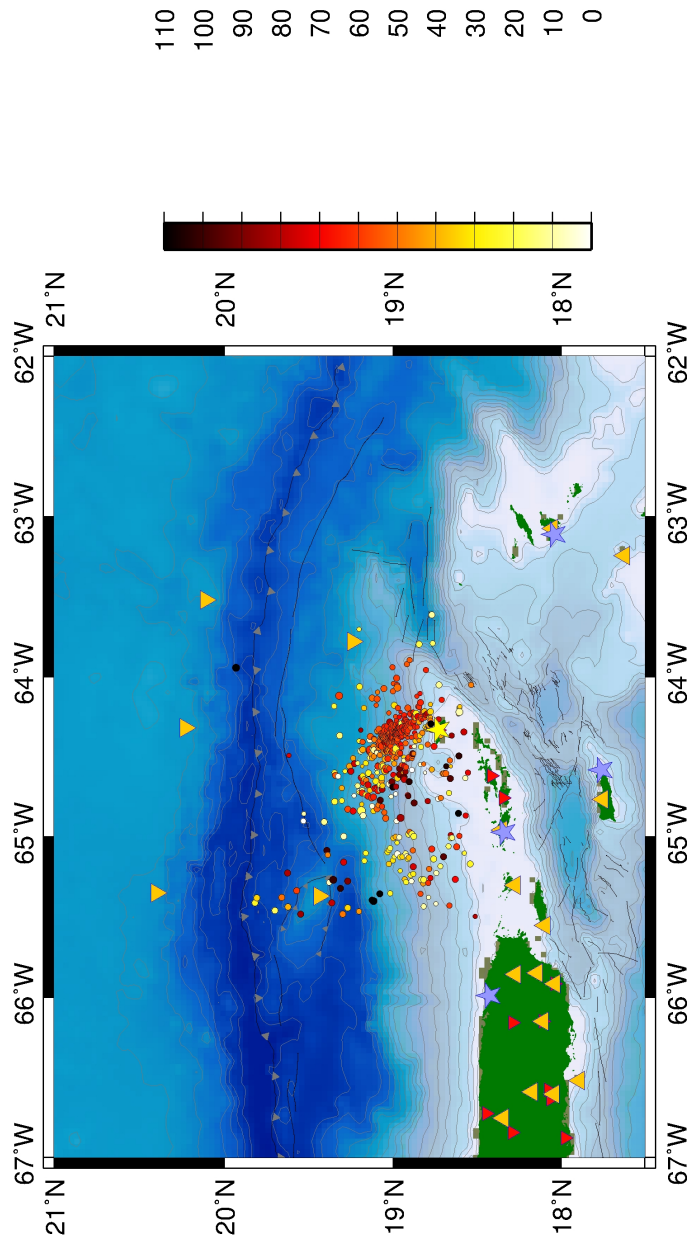
Swarm 2006



GM 2008 May 14 13:40:24 generated by script PRVieqplotter.gmt

Figura 6: Enjambre sísmico observado en el 2006.

Swarm 2007



GM2 2008 May 14 18:29:13 generated by script PRViewplotter.gmt

Figura 7: Actividad sísmica de 2007 en donde un enjambre de algunos 600 eventos se registró por sismógrafos de fondo marino en un espacio de 6 meses.

Oct2008

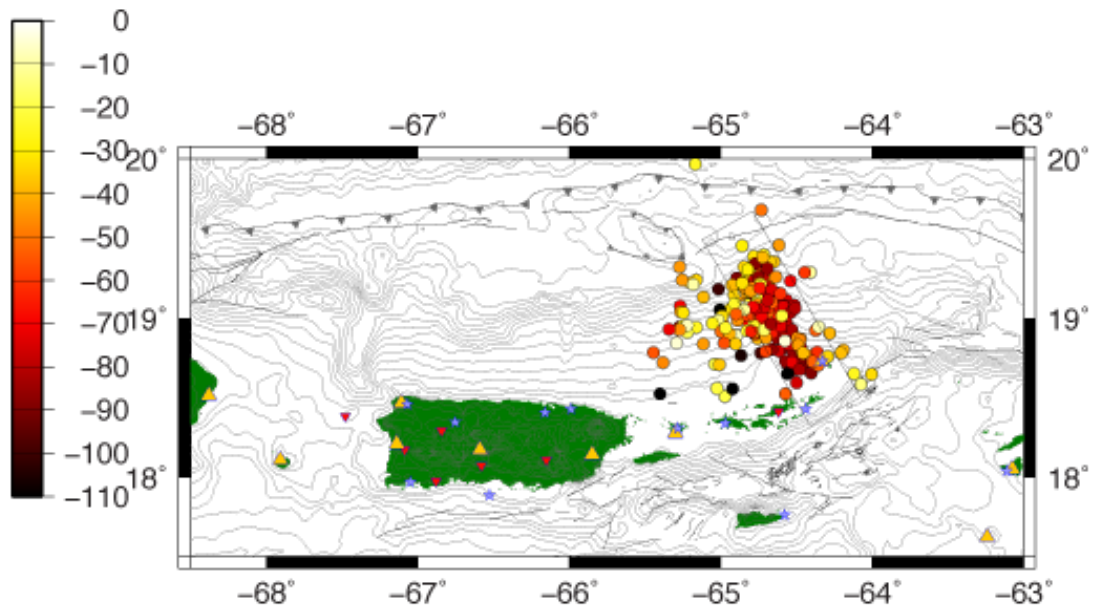
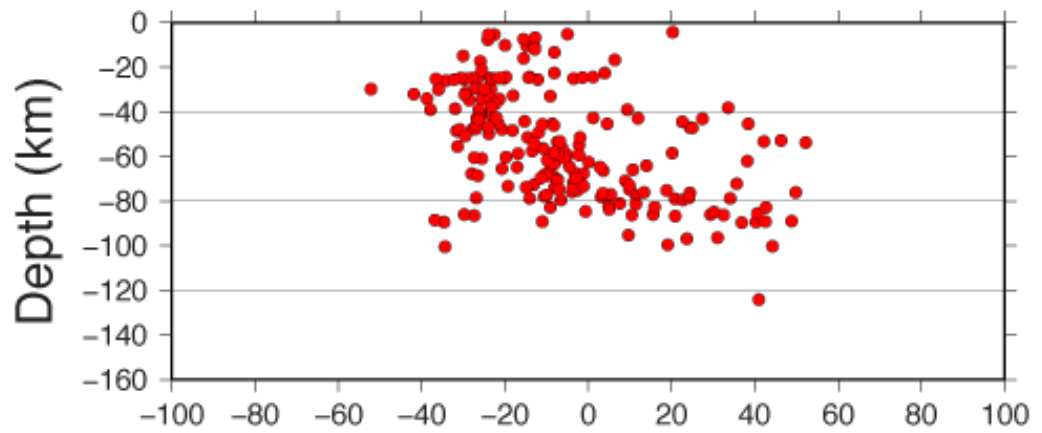


Figura 8: Ubicación y perfil longitudinal de la secuencia sísmica de octubre de 2008.

Depth-time dependency

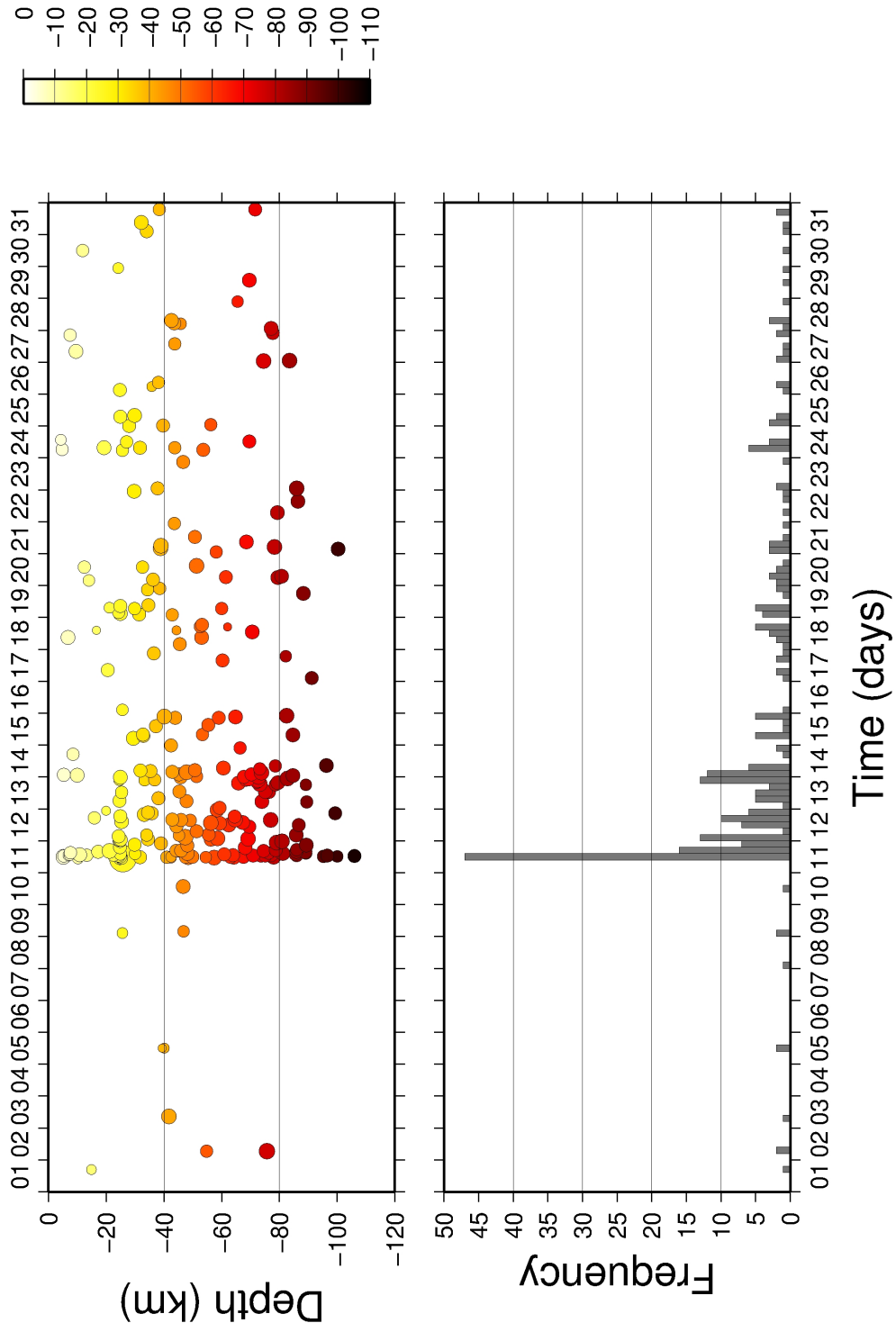


Figura 9: Histograma y relación tiempo-profundidad de la secuencia sísmica de octubre de 2008.

Aug26–Sept7

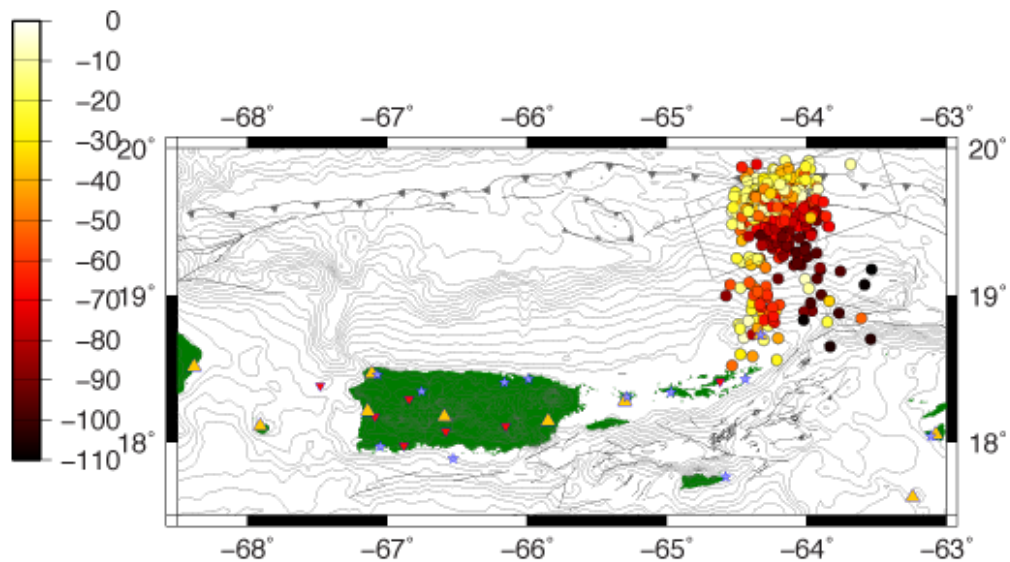
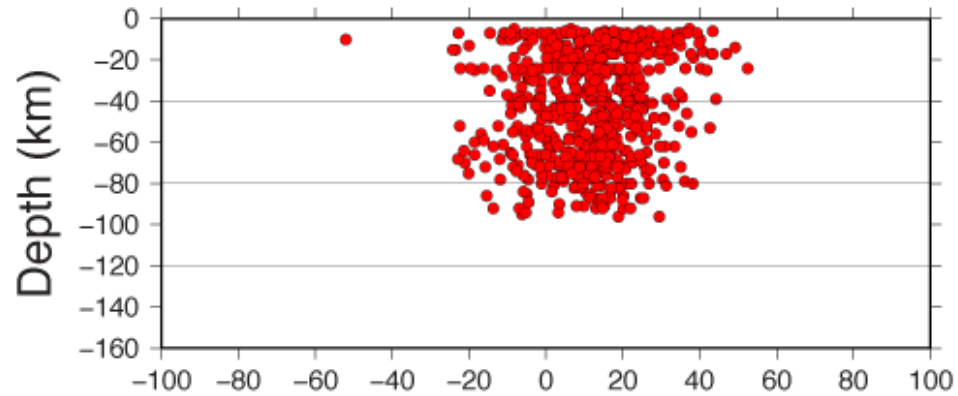


Figura 10: Ubicación y perfil longitudinal de la secuencia sísmica agosto-septiembre de 2012. Esta figura muestra una caja rectangular que representa los eventos para esa área vistos en esa dirección que corresponde a 250° o una dirección sub-paralela a la dirección de convergencia entre las placas de América del Norte y el Caribe.

Depth-time dependency

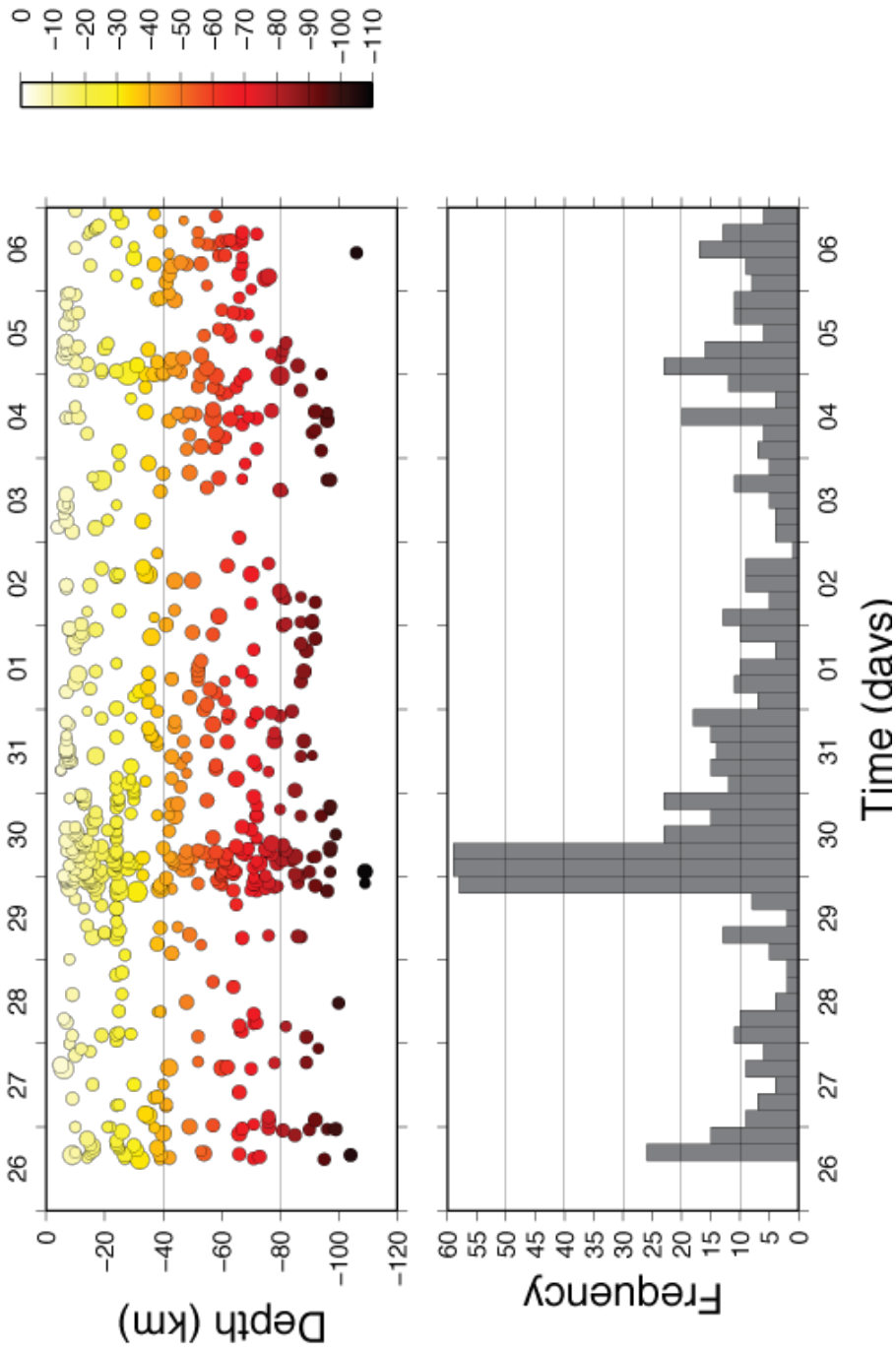


Figura 11: Histograma y relación tiempo-profundidad de la secuencia sísmica de agosto-septiembre 2012. Panel inferior muestra un histograma de la frecuencia de eventos sísmicos desde el 26 de agosto al 5 de septiembre. El panel superior muestra la distribución de las profundidades de los eventos a medida van pasando los días. La distribución focal es variada y su distribución temporal indica una variación aleatoria en su secuencia.

Aug26–Sept7

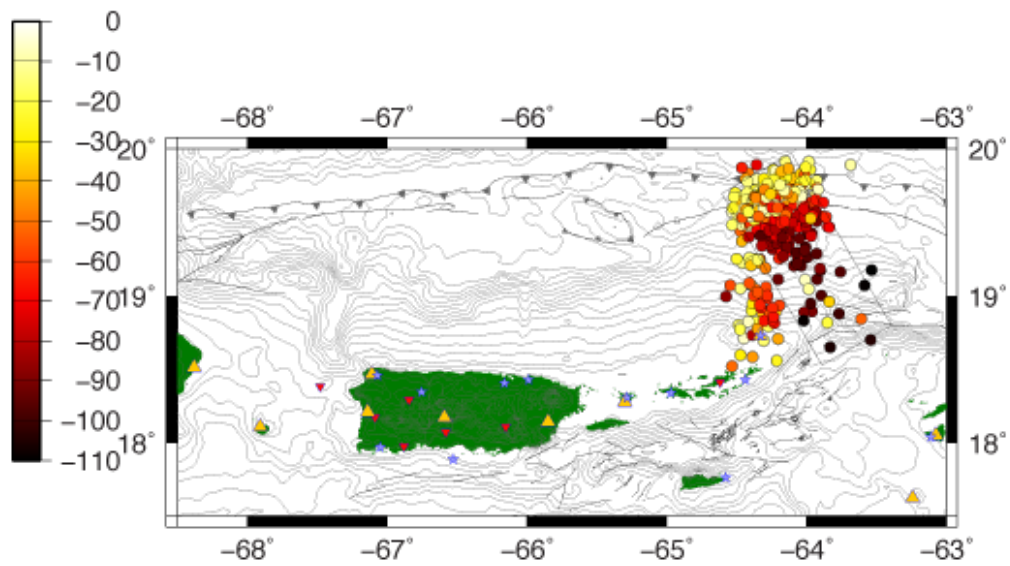
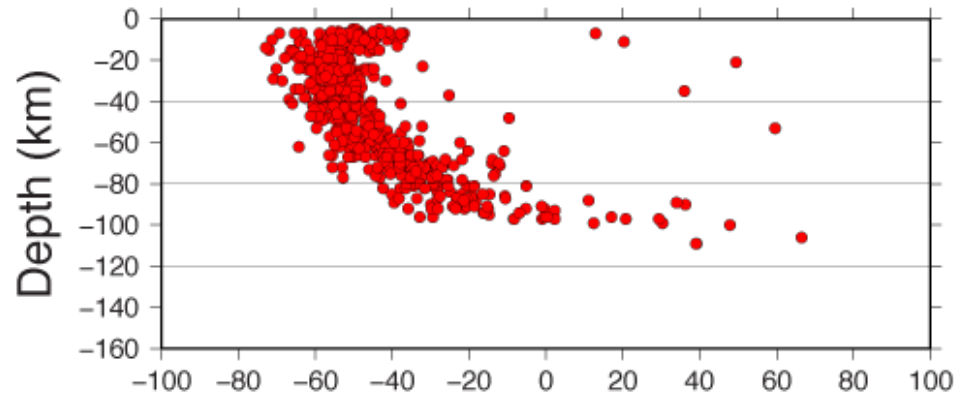


Figura 12: Ubicación y perfil longitudinal de la secuencia sísmica de agosto-septiembre de 2012. Esta figura muestra una caja rectangular que representa los eventos para esa área vistos en esa dirección que corresponde a 150° o una dirección sub-paralela a la trayectoria de los eventos hacia el sudeste.

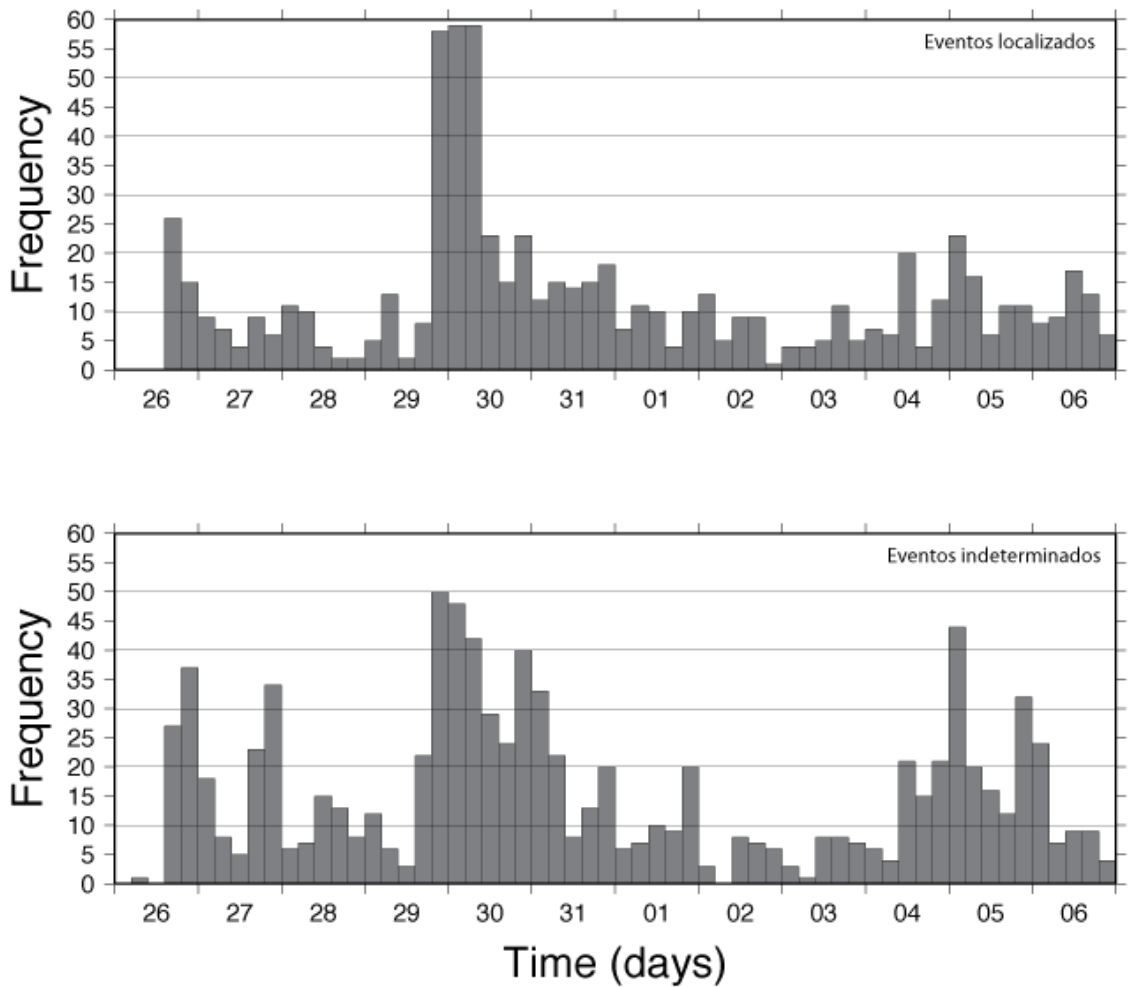


Figura 13: Histogramas para la actividad sísmica desde el 26 de agosto al 7 de septiembre. Arriba histograma de eventos localizados. Abajo histograma de eventos indeterminados. Los eventos indeterminados siguen un patrón parecido al de los eventos localizados pero en mayor cantidad.

$$\varphi = 15^\circ \quad \delta = 88^\circ \quad \lambda = -94.^\circ$$

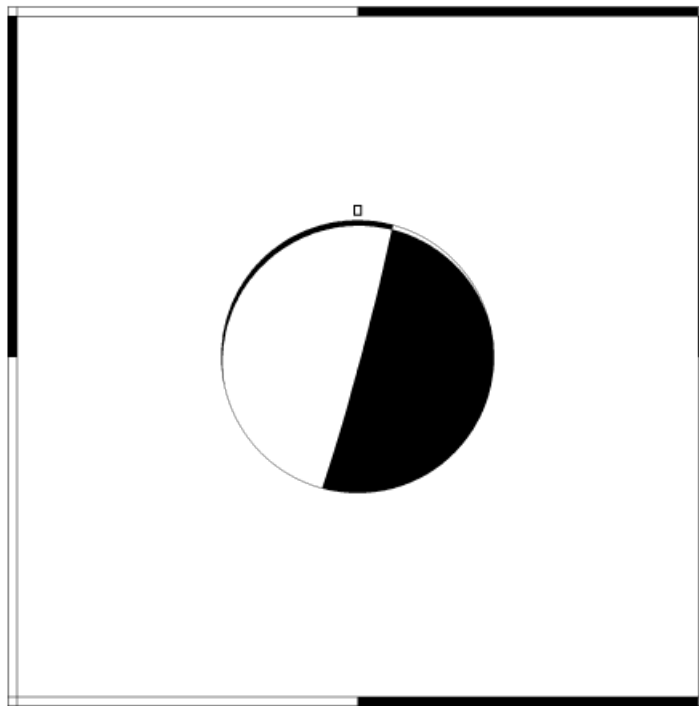


Figura 14: .Mecanismo focal del evento del 5 de septiembre de 2012 a las 8:24:49 PM hora local. El plano de falla aparenta ser vertical ($\delta = 85^\circ$) con rumbo hacia el norte ($\phi = 15^\circ$). Vea la figura 1 para la ubicación geográfica de este evento.