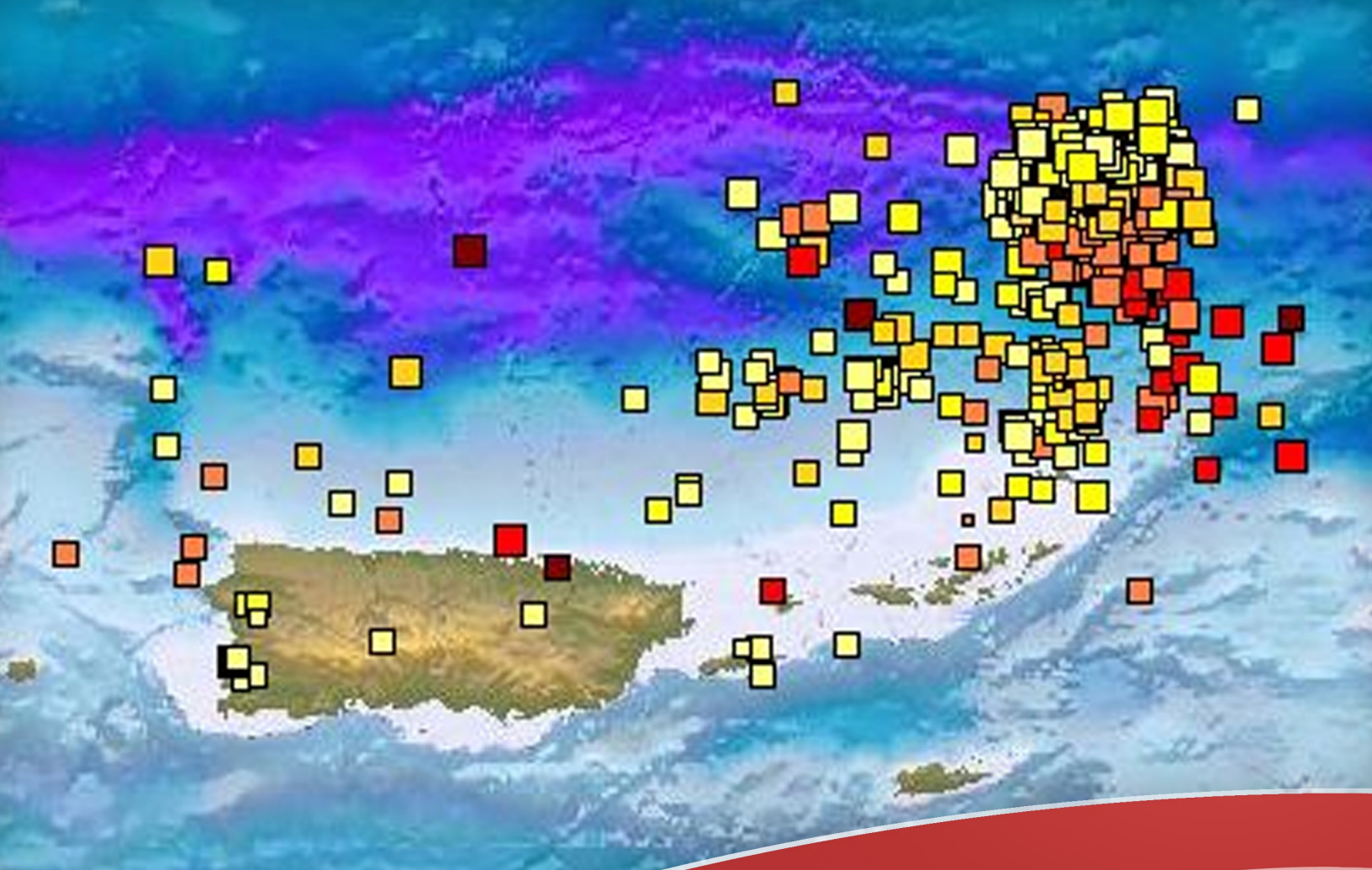
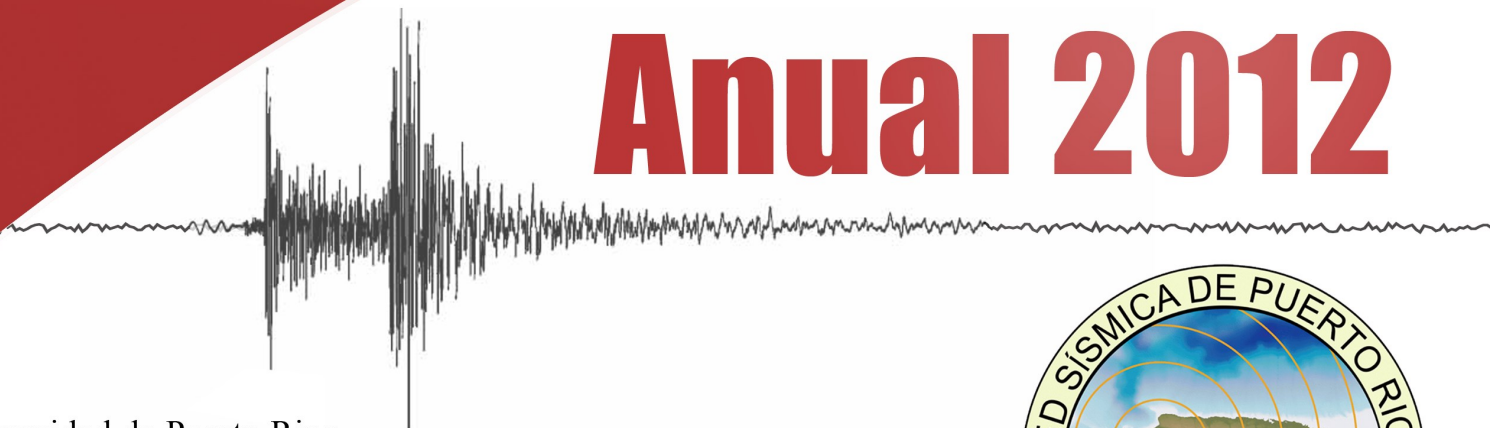




Informe Anual 2012



Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología
redsismica.uprm.edu



Tabla de Contenido

Mensaje del director	1	escenarios de terremotos históricos y Potenciales.....	23
Operaciones	2	Catálogo de Sismos para La Española.....	24
Sismicidad durante el 2012.....	2	Proyectos Operacionales	25
Sismos sentidos.....	5	Manual de Operaciones de la RSPR.....	25
Enjambres sísmicos.....	9	Plan de Continuidad de Operaciones.....	25
Energía liberada	11	Large Atlantic Tsunami Exercise.....	26
Sistemas de monitoreo sísmico y mareográfico	13	Bóvedas y Taller de Desalojo Vertical	28
Estaciones de GPS.....	14	Broadcast Server y Shakemaps	28
Estaciones mareográficas	16	Impacto Educativo	30
Investigaciones	18	Resumen Anual 2012	30
Una mirada a la investigación sismológica: tomografía sísmica, relocalizaciones sísmicas, deformación de la corteza, modelaje de Tsunamis	18	El Gran ShakeOut de Puerto Rico.....	31
Paleotsunamis en las Antillas.....	20	Programa TsunamiReady	32
Tomografía Sísmica Preliminar de Puerto Rico	22	Colaboración y Financiamiento	34
Estimado de daños en Puerto Rico utilizando		Personal	35
		Redes Contribuyentes.....	36

Visión

Ser el centro líder de monitoreo, alerta e información, investigación y educación de terremotos y tsunamis en el Caribe.

Misión

Informar de manera confiable y oportuna la generación y efectos de terremotos y tsunamis para Puerto Rico e Islas Vírgenes.

Breve historia de la Red Sísmica de Puerto Rico

La Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) es parte del Departamento de Geología del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico. En 1974 fue instalada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) para la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico (PREPA). El objetivo principal de la RSPR consistía en evaluar la sismicidad local con miras a la construcción de las plantas de energía nuclear de Aguirre e Islote. Estas metas fueron realizadas en 1979; entre 1982 y 1987 la RSPR fue operada por el Centro para la Investigación de Energía y Ambiente. Para ese mismo año fue transferida al Departamento de Geología de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez. La RSPR es responsable del monitoreo y detección de la actividad sísmica y de tsunamis en los archipiélagos de Puerto Rico e Islas Vírgenes (Americanas y Británicas).

Mensaje del Director

Es para mí un honor presentarles el Informe Anual del 2012 de la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR). La RSPR es responsable del monitoreo y detección de la actividad sísmica y de tsunamis en los archipiélagos de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Trabajamos hombro a hombro con colegas de la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (AEMEAD), la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA), la Administración Federal de la Atmósfera y el Océano (NOAA), el Servicio Nacional de Meteorología (NWS) en San Juan y por su puesto nuestros colegas de la Universidad de Puerto Rico (especialmente el Programa de Movimientos Fuertes del Departamento de Ingeniería Civil en Mayagüez, PMFPR). Además de la misión fundamental de informar de manera confiable y oportuna a las autoridades y a la población sobre la actividad sísmica y de tsunamis, la RSPR realiza investigación básica en sismología, oceanografía y geodesia. Nuestro Programa Educativo de Terremotos y Tsunamis, educa e informa a la población acerca del riesgo que representan para nuestra región los terremotos y los tsunamis y otros fenómenos asociados a estos. El 18 de octubre de 2012, realizamos por primera vez el ejercicio de terremoto Gran ShakeOut de Puerto Rico. Con una participación de sobre 750,000 personas logramos que nuestro pueblo siga las recomendaciones de los expertos sobre qué hacer cuando la tierra tiembla. Impactamos además a 14,917 personas en diversas comunidades, escuelas, iglesias, agencias de gobierno, entre otras. Nuestro programa de tsunami logró que 7 nuevos municipios fueran reconocidos como “*Tsunami Ready*” por el Servicio Nacional de Meteorología.



Durante el 2012, la RSPR mantuvo en todo momento su capacidad operacional. Esto incluye un funcionamiento continuo de por lo menos el 75% del equipo operado en nuestra región: sismómetros, acelerómetros, mareógrafos y GPS. Operacionalmente, nuestro mayor logro fue la instalación de cuatro estaciones sísmicas en la zona suroeste de Puerto Rico. Estas fueron financiadas a través de un proyecto con FEMA y servirán para aumentar la capacidad de monitoreo en esa zona, donde existe importante infraestructura como lo son las represas de Carite y Patillas. Así mismo participamos (junto a la Universidad de Hawaii) en la instalación de estaciones mareográficas en Colombia y la República Dominicana cuyos datos serán fundamentales para monitorear el nivel del mar, pieza fundamental en el programa de alerta de tsunamis. Durante este año nuestro personal participó en importantes reuniones científicas como las de *American Geophysical Union (AGU)* y *Seismological Society of America (SSA)*. Se publicaron importantes resúmenes y documentos científicos que presentan los resultados de nuestros trabajos. Se participó en importantes reuniones regionales bajo el Programa de Tsunamis de la UNESCO y el *National Tsunami Hazard and Mitigation Program (NTHMP)*. Aunque los años venideros lucen algo inciertos por la situación económica, Puerto Rico debe estar seguro de que todos los componentes de la RSPR estarán dando el 100% para mantener nuestras capacidades y no descansaremos un solo día para proveer la información y educación que nuestro pueblo se merece.

Sinceramente,

Victor A. Huérfano Moreno, PHD



Operaciones

Sismicidad durante el año 2012

Durante el 2012, la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) localizó un total de **2,851 sismos** en su área de responsabilidad (Figura 1), conocida como la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (latitud 17.00°a 20.00°N y longitud 63.50° a 69.00°O). En comparación con el año 2011 (2,266 sismos), la sismicidad detectada y localizada aumentó en un 26%, estos son **586 temblores** más que en el año anterior. Este año el mes de mayor sismicidad fue **septiembre** con **845 temblores** y el mes de menor sismicidad fue **enero** con **85 sismos** (Figura 2). Del total de la sismicidad del 2012, **40 temblores (1.40%)** fueron reportados como sentidos, de los cuales **37** fueron localizados en nuestra área de responsabilidad. Las magnitudes (Md) de los eventos sísmicos calculadas para este año por la RSPR variaron de **1.11** a **5.20**, aunque para los eventos sentidos las mismas variaron de **2.79** a **5.3**. Durante el 2012 las profundidades variaron entre **1 km** a **186 km**, mientras que para los sismos sentidos fueron desde **4 km** a **180 km**. Los sismos con profundidades de **0 a 25 km** fueron los más frecuentes con **1,177 temblores**, mientras que los sismos entre los **175 km** y **200 km** fueron los de menor ocurrencia este año (Figura 3). La región con mayor sismicidad registrada durante el 2012 fue la **Trinchera de Puerto Rico** con **953 eventos sísmicos**, seguida por la **Zona Sísmica del Sombrero** con **568 sismos**.

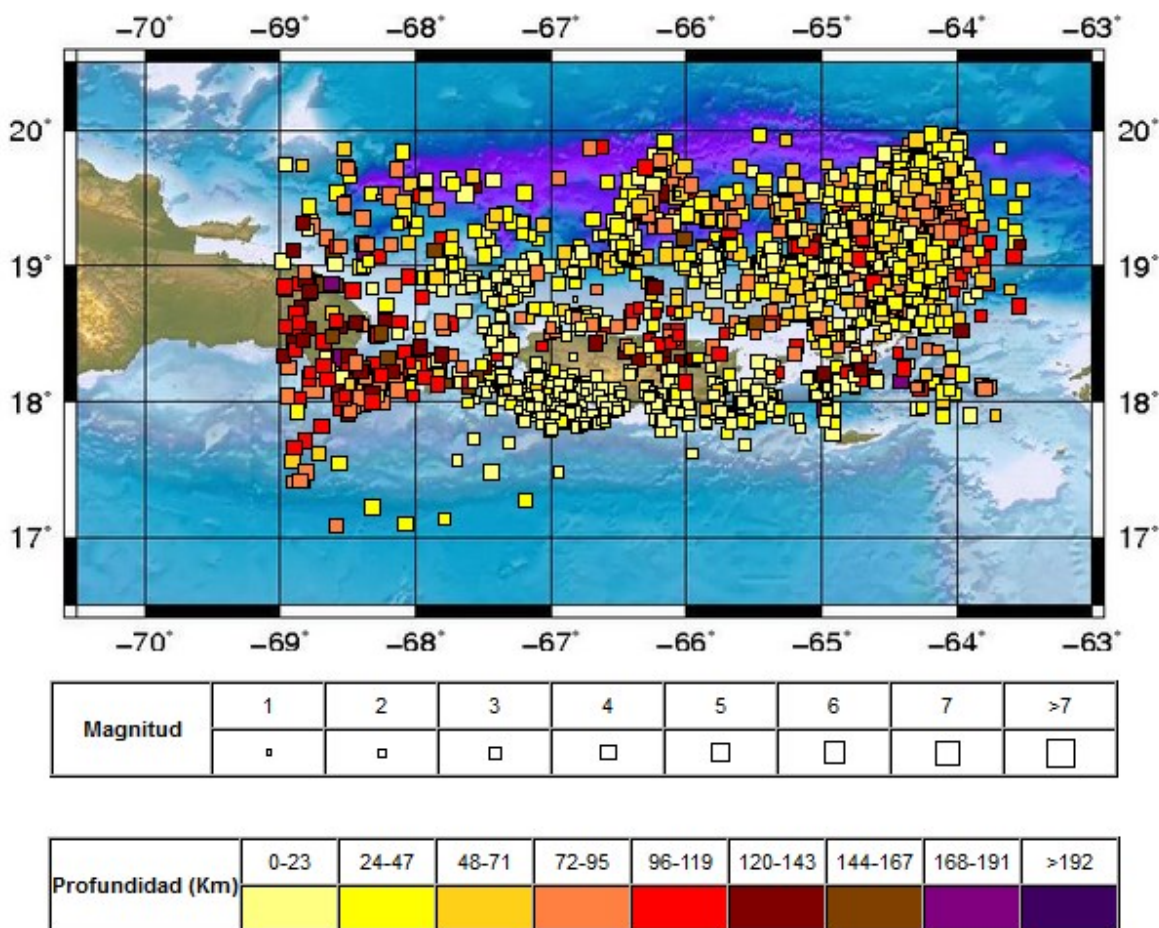


Figura 1. Mapa epicentral de los sismos localizados por la Red Sísmica de Puerto Rico para el año 2012 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

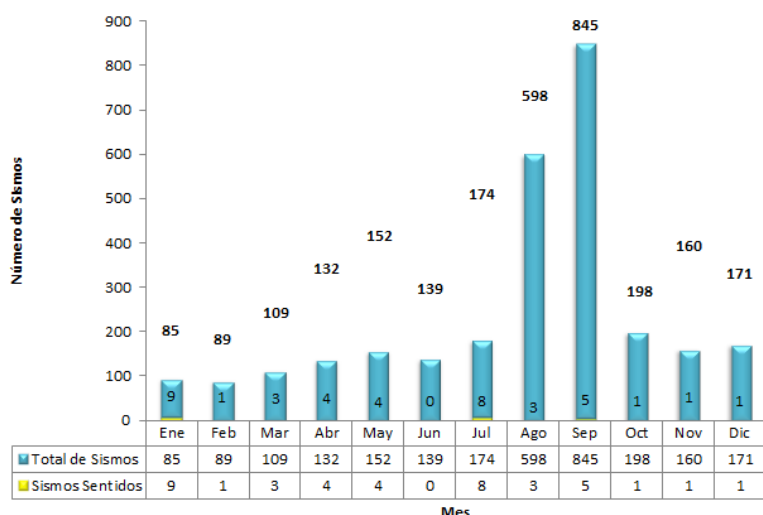


Figura 2. Distribución mensual de sismos localizados y reportados como sentidos durante el 2012 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

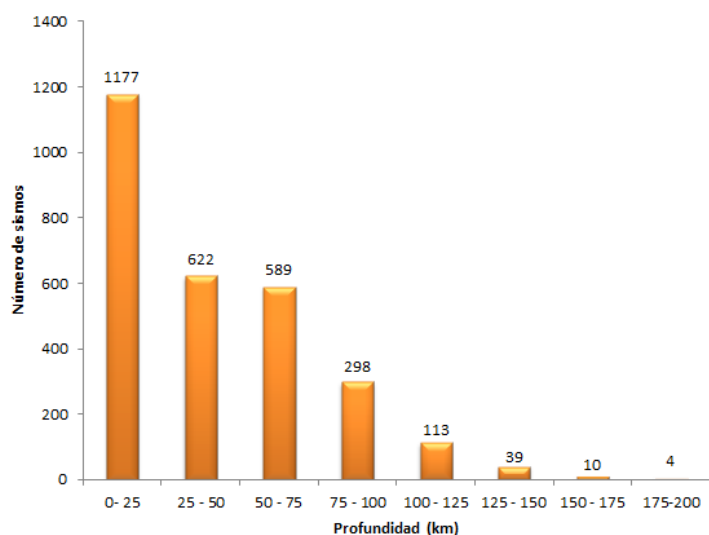


Figura 3. Distribución de sismos por profundidad para el 2012 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

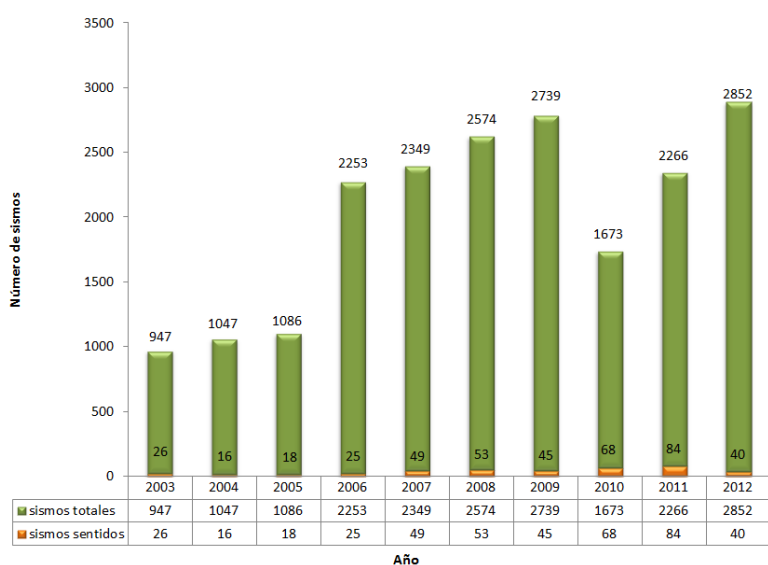


Figura 4. Distribución anual de sismos localizados y reportados como sentidos en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes desde el 2003 hasta el 2012 (RSPR - UPRM).

El aumento de sismicidad procesada durante este año se debe a una combinación de factores entre los cuales tenemos, la mejora en el sistema de acopio y análisis y la estabilización en la operación de las estaciones sísmicas. **De los últimos 10 años, este es el año de mayor sismicidad con 2,851 temblores**, mientras que el 2009 le sigue con un total de 2,739 sismos (Figura 4).

La distribución sísmica por magnitudes calculadas durante los últimos diez años (de 2003 a 2012), muestra que el rango de magnitudes (Md) con mayor número de sismos es de **2.0 a 3.0 (Md)** con un total de **9,460 temblores** (Figura 5). Este rango de magnitudes fue seguido por magnitudes de **3.0 a 4.0 (Md)** con **8,500 sismos**. Las magnitudes calculadas por la RSPR durante el **2012** variaron de **1.11 a 5.20 (Md)** (Figura 6). Para los eventos sentidos las mismas variaron de **2.79 a 5.3 (Md)**. El rango de **magnitudes calculadas con mayor número de sismos** se mantuvo igual al del año anterior (2011). El mismo va de **2.0 a 3.0 (Md)** con **1,242 sismos**, seguido por magnitudes de **3.0 a 4.0 (Md)** con **850 sismos**.

La concentración de sismicidad para el 2012 estuvo ampliamente distribuida en toda la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (Figura 7). Las regiones sísmicas con mayor actividad fueron la **Trinchera de Puerto Rico** con **953 temblores** y la **Zona Sísmica del Sombrero** con **568 temblores** (Tabla 1). Las regiones de menor actividad sísmica durante este año fueron: la Plataforma de Santa Cruz (en la cual no se localizó ningún sismo), la Región Noreste de Puerto Rico (con 1 sismo) y la Región de Santa Cruz (con 3 sismos). La región con mayor número de sismos sentidos fue la Trinchera de Puerto Rico con 7 eventos reportados, seguida por la Región al Oeste de Puerto Rico con 6 sismos sentidos.

Tabla 1. Distribución de sismicidad por regiones en el 2012 dentro de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR—UPRM).

Región Sísmica	Sismicidad Total	Sismos Sentidos
1. Región Central de PR	54	2
2. Región Sur de PR	64	4
3. Región Sureste de PR	5	0
4. Región Este de PR	15	1
5. Región Noreste de PR	1	0
6. Región Norte de PR	19	0
7. Región Noroeste de PR	5	0
8. Región Oeste de PR	27	0
9. Región Suroeste de PR	35	4
10. Región Al Sur de PR	40	0
11. Región Al Oeste de PR	58	6
12. Región Al Norte de PR	63	1
13. Región Al Este de PR	50	0
14. Trinchera de PR	953	7
15. Trinchera de Muertos	17	0
16. Islas de Barlovento	12	0
17. Plataforma de Santa Cruz	0	0
18. Dorsal de Santa Cruz	5	0
19. Región Oriental de RD	89	2
20. Zona de La Falla Septentional	60	1
21. Pasaje de la Mona	65	2
22. Cañón de la Mona	71	2
23. Zona Falla de los 19°N	201	0
24. Zona Sísmica del Sombrero	568	2
25. Plataforma de las Islas Vírgenes	278	2
26. Santa Cruz	3	0
27. Depresión de las Islas Vírgenes	64	1
28. Pasaje de Anegada	29	0
TOTAL DE SISMOS	2,851	37

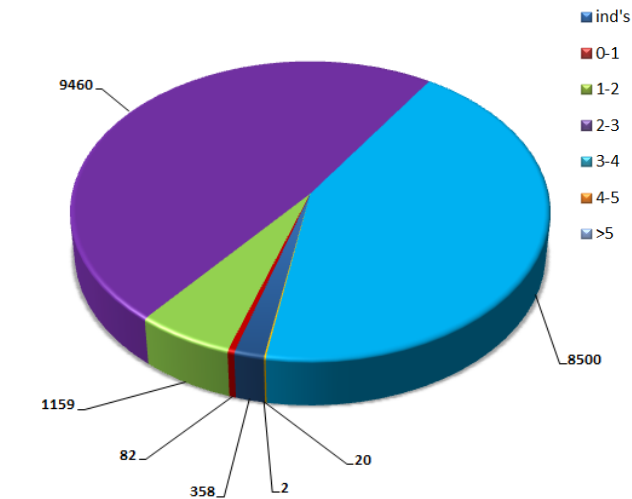


Figura 5. Distribución de magnitudes de los sismos localizados entre el 2003 y 2012 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

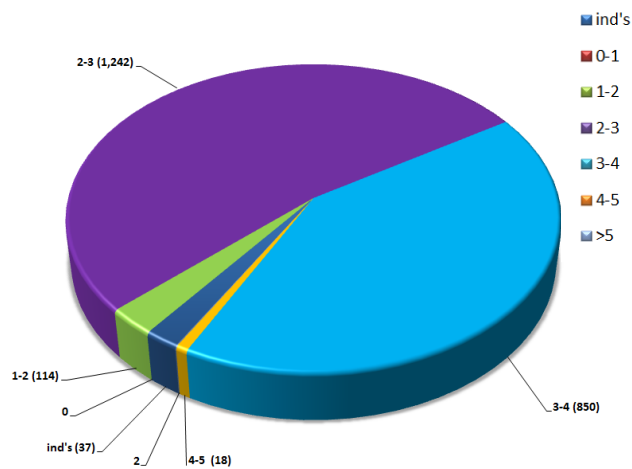


Figura 6. Distribución de magnitudes de los sismos localizados durante el 2012 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

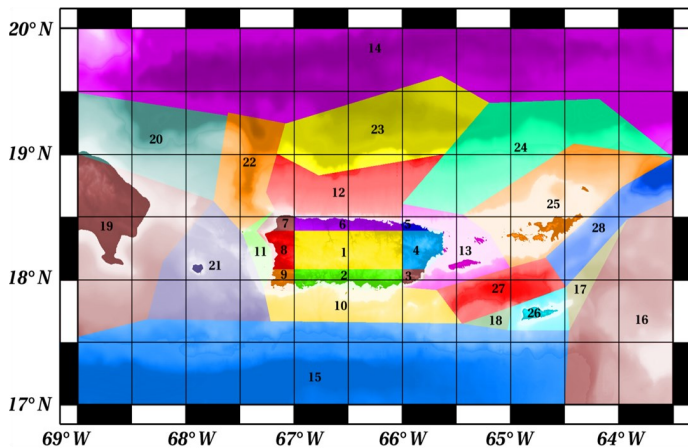


Figura 7. Mapa de las zonas sísmicas de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR-UPRM).



Ejercicio de Terremoto Gran ShakeOut de Puerto Rico 2012

Sismos sentidos

Durante el 2012, **40** temblores fueron reportados como sentidos en la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR). De estos, **37 sismos** fueron localizados dentro del área de responsabilidad de la RSPR, mientras que otros **3** fueron localizados fuera de la misma (Figura 8). El sismo sentido de **mayor magnitud** (5.2 Md) localizado **dentro de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes** ocurrió el **4 de septiembre a las 20:24:48** (hora local). El mismo fue localizado en la Trinchera de Puerto Rico a unos 107.19 Km al Norte-Noreste de Anegada, Islas Vírgenes Británicas (Latitud: 19.704°; Longitud: -64.257°), con profundidad de 28 km. Este sismo local moderado fue sentido en el norte y este de Puerto Rico, con intensidad máxima de IV (Escala Mercalli Modificada) en Carolina, Puerto Rico (Figuras 9a y 9b). Este evento fue sentido en los municipios de San Sebastián, Yabucoa, San Juan, Vega Alta, Isabela, Humacao, Bayamón, Trujillo Alto, Carolina, San Juan, Arecibo.

Por otro lado, el sismo sentido de **mayor magnitud (5.3 Mw) del año 2012** se localizó en la República Dominicana (fuera de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes). Este sismo



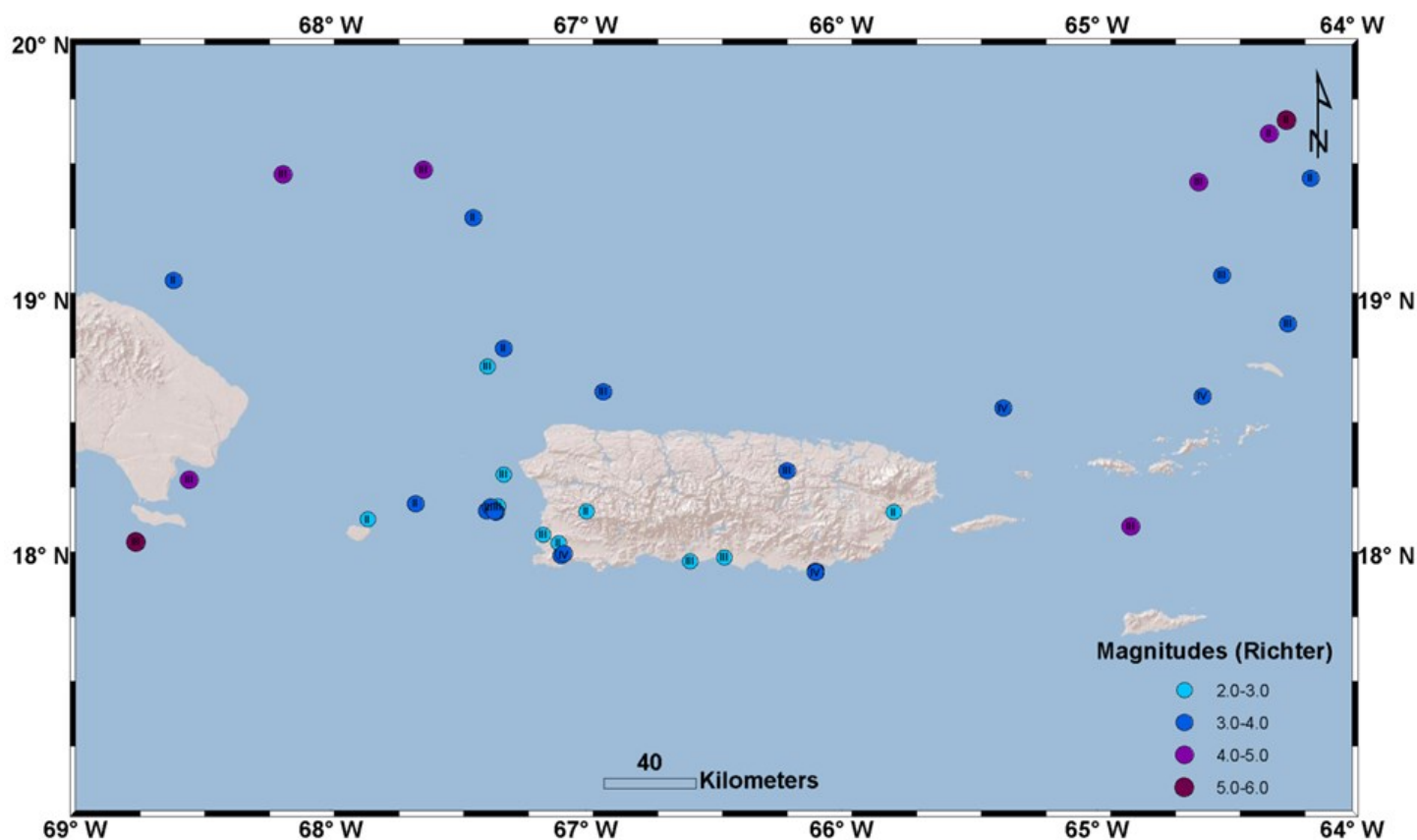
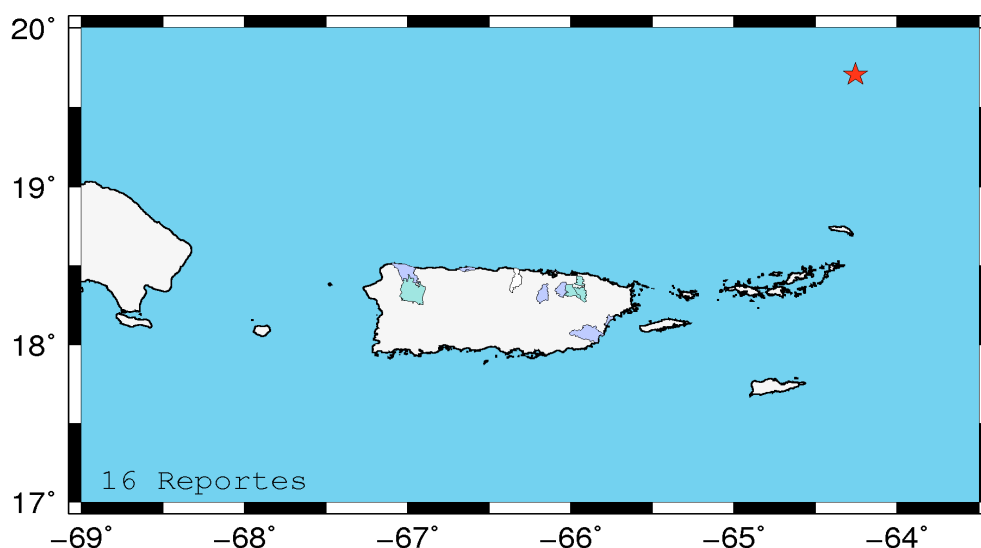


Figura 8. Mapa epicentral de los sismos sentidos (intensidad en Escala Mercalli dentro del círculo) en Puerto Rico e Islas Vírgenes durante el año 2012 en nuestra área de responsabilidad (latitud 17.00° a 20.00° y longitud -63.50° a -69.00°) (RSPR-UPRM).

regional ocurrió el 5 de enero de 2012 a las 05:35:29 (hora local). El mismo fue localizado a 57.18 Km al Oeste-Suroeste de Santo Domingo, República Dominicana (Latitud: 18.42°; Longitud: -70.42°), con una profundidad de 10 km. Este sismo moderado fue sentido en todo Puerto Rico, con intensidad máxima de III (Escala Mercalli Modificada) en Añasco, Puerto Rico (Figuras 10a y 10b). Este temblor, a pesar de estar localizado fuera de nuestra región de responsabilidad fue sentido en los municipios de Aguada, Añasco, San Sebastián, Adjuntas, Cidra, Moca, Camuy, Ciales, Corozal, Vega Baja, Morovis, San Germán, Las Marías, Mayagüez y Gurabo.

Para más información sobre sismos sentidos en nuestro Área de Responsabilidad (ADR), favor de referirse al Catálogo General de nuestra página de Internet:
<http://redsismica.uprm.edu/Spanish/catalogue/index.php>



GMD 2013 Feb 26 18:23:16

RED SISMICA DE PUERTO RICO - ESCALA DE MERCALLI MODIFICADA									
MOVIMIENTO PERCIBIDO	Ninguno	Debil	Ligero	Moderado	Fuerte	Muy Fuerte	Severo	Violento	Extremo
EFFECTOS ASOCIADOS	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Minimos	Ligeros	Apreciables	Significativos	Mayores	Muy Fuertes
INTENSIDAD	I	II - III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Figura 9-a. Mapa de intensidades reportadas por la población (CIIM, Community Internet Intensity Maps) para el sismo sentido el 4 de septiembre de 2012 (RSPR-UPRM).

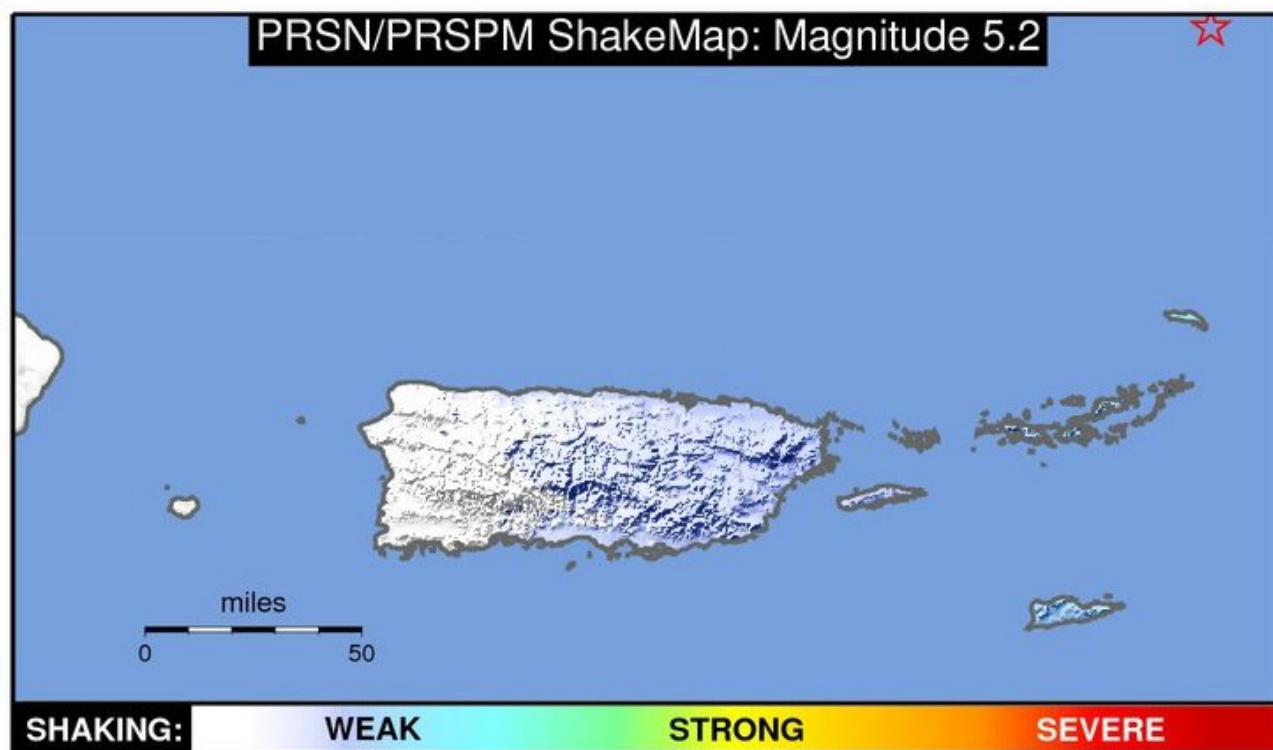


Figura 9-b. Mapa revisado de intensidades (ShakeMap) para el sismo sentido ocurrido el 4 de septiembre de 2012 (RSPR-UPRM).

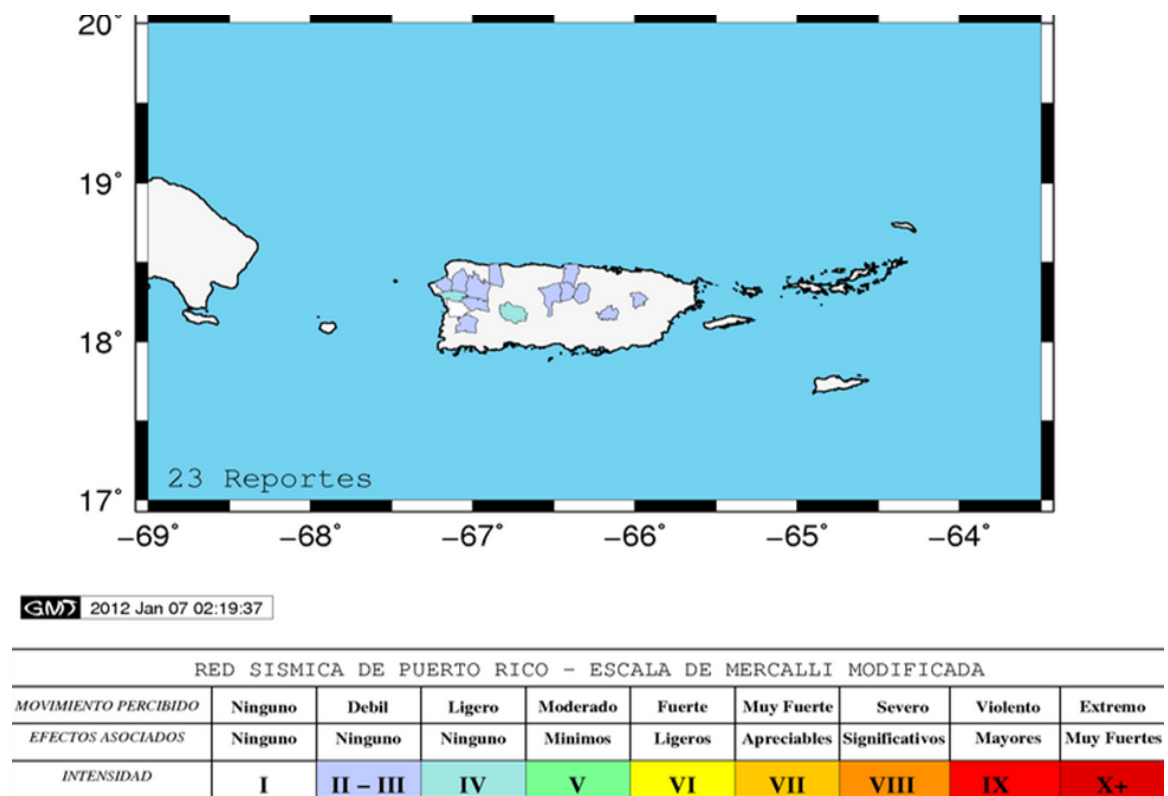


Figura 10-a. Mapa de Intensidades reportadas por la población (CIIM, Community Internet Intensity Maps) para el sismo regional sentido el 5 de enero de 2012 (RSPR-UPRM).

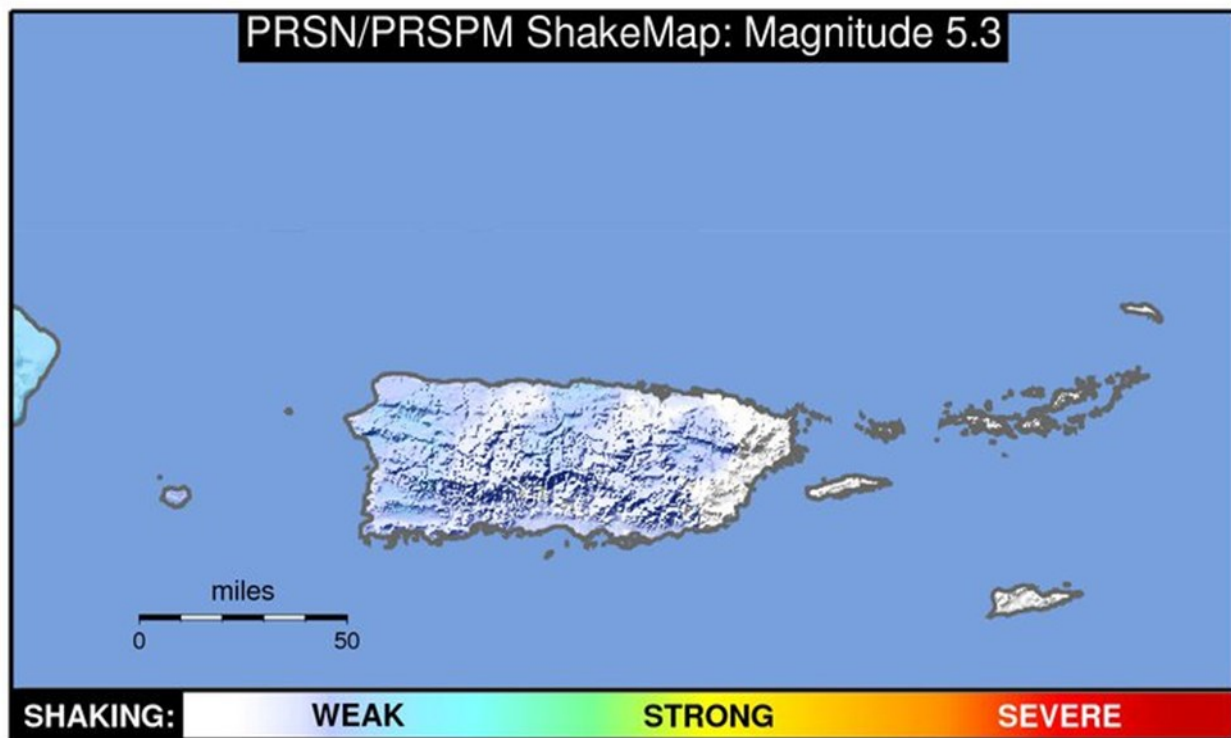


Figura 10-b. Mapa revisado de intensidades (ShakeMap) para el sismo regional sentido ocurrido el 5 de enero de 2012 (RSPR-UPRM).

Enjambres sísmicos

Un enjambre sísmico o una secuencia sísmica ocurre cuando se genera una serie de temblores dentro de la misma región, con las mismas características, en un lapso de pocas horas o días. Pueden ser o no ser generados por un sismo principal. En el 2012, se generaron **7 enjambres** de sismos en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Durante este año se registró una secuencia sísmica en el área al norte de las Islas Vírgenes que comprende las regiones de la Trinchera de Puerto Rico, la Zona Sísmica del Sombrero y la Plataforma de las Islas Vírgenes, en el periodo del 26 de agosto al 7 de septiembre de 2012. Durante esta secuencia sísmica, la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) localizó un total de **803 sismos** en un periodo de **13 días** (Figura 11, Tabla 2). De estos sólo un evento fue reportado como sentido. Estos eventos están directamente relacionados a la interacción de las placas de América del Norte y del Caribe. Luego de esta secuencia, el enjambre con mayor cantidad de sismos ocurrió entre los días 23 y 25 de septiembre. Este enjambre consistió de eventos sísmicos ubicados también en el área al norte de las Islas Vírgenes (Trinchera de Puerto Rico, la Zona Sísmica del Sombrero y Zona de la Plataforma de las Islas Vírgenes). Durante esos días, la RSPR localizó un total de **205 sismos** en un periodo de **72 horas** (Figura 12). De estos, sólo dos fueron reportados como sentidos. En comparación con el 2011 (12 enjambres), este año se registraron menos enjambres sísmicos en nuestra región. Esta variación en la cantidad de enjambres sísmicos entre un año y otro es normal para una zona de tanta actividad sísmica, como lo es la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Los enjambres sísmicos ocurridos durante el 2012 se describen en la tabla 2.

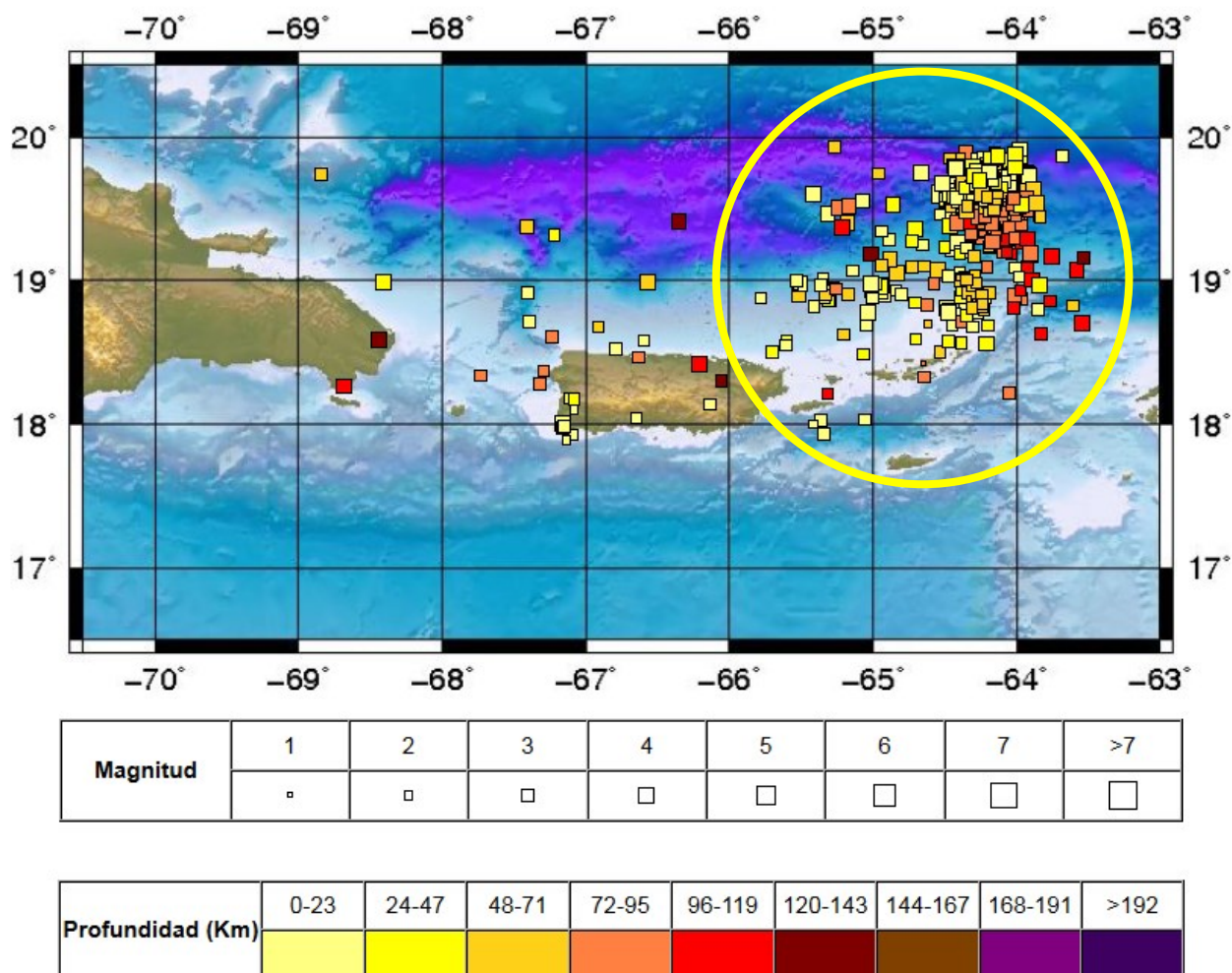


Figura 11. Mapa epicentral de los sismos asociados a la secuencia sísmica ocurrida entre los días 26 de agosto al 7 de septiembre de 2012 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

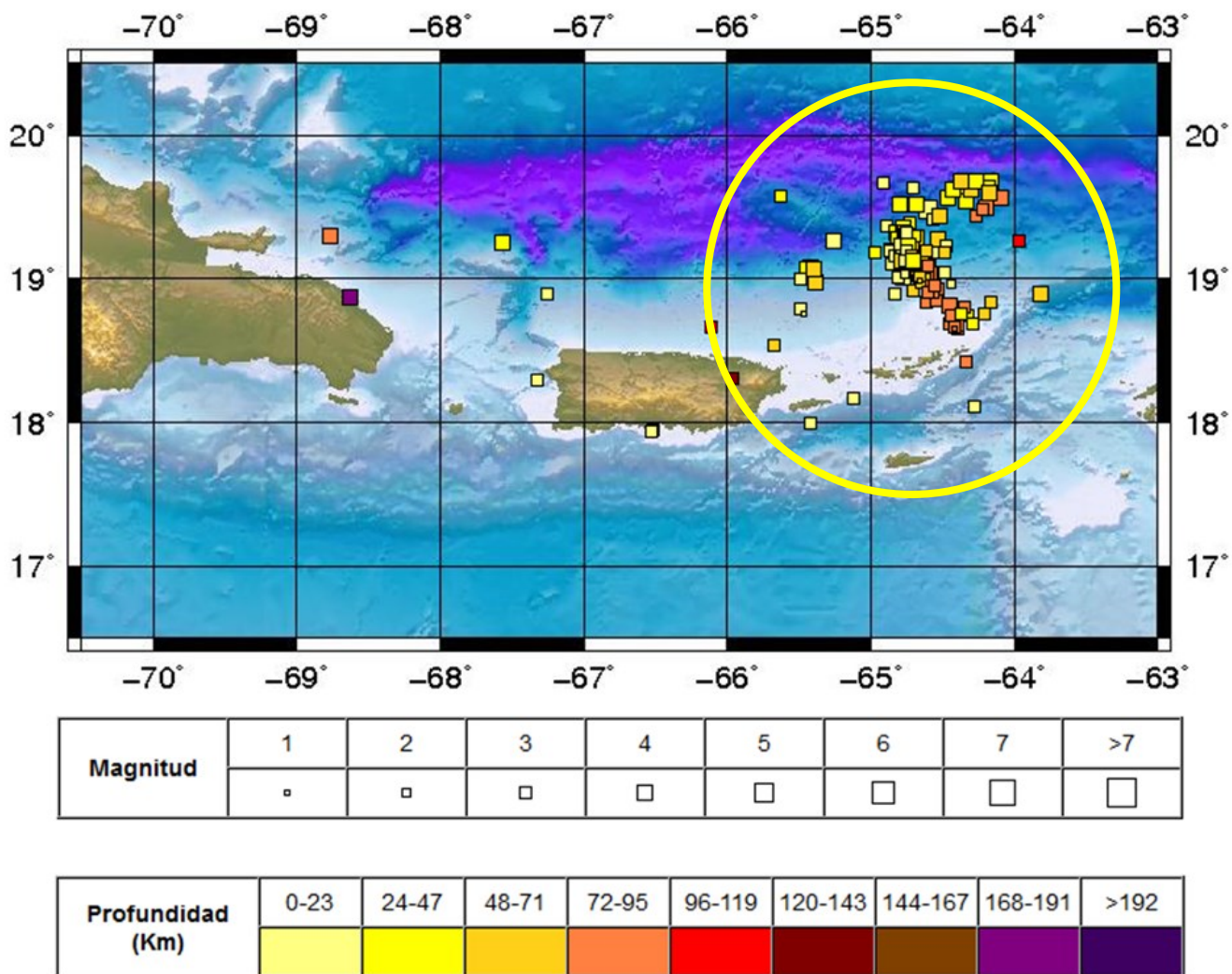


Figura 12. Mapa epicentral de los sismos asociados al enjambre sísmico ocurrido del 23 al 25 de septiembre de 2012 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

Tabla 2. Descripción de los enjambres sísmicos ocurridos durante el 2012 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR-UPRM).

Localización del Enjambre (Zona Sísmica dentro de ADR)	Periodo (Fecha)	Número de Sismos y Duración
Trinchera de Puerto Rico	17 de marzo	5 en 11 horas
Zona Sísmica del Sombrero	10 de abril	5 en 1 hora
Zona Sísmica del Sombrero	25 de mayo	10 en 17 horas
Zona Sísmica del Sombrero	28 y 29 de mayo	29 en 9 horas
Zona Sísmica del Sombrero	31 de julio	5 en 1 hora
Trinchera de Puerto Rico, Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de las Islas Vírgenes	26 de agosto- 7 de septiembre	803 en 312 horas
Trinchera de Puerto Rico, Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de las Islas Vírgenes	23 - 25 de septiembre	205 en 72 horas

Energía liberada

Durante el 2012 la mayor liberación de energía ocurrió en el mes de **septiembre** con un equivalente de **2.13** kilotones (Figura 13). Esta liberación de energía se asocia al temblor de magnitud 5.20 ocurrido el 4 de septiembre, sumado a que este fue el mes del año 2012 con mayor cantidad de sismos registrados y procesados para nuestra región, con 845 sismos. Le siguió el mes de agosto con 0.98 kilotones liberados, aún cuando en este mes no ocurrió ningún evento de magnitud mayor de 5.0, fue el mes con la segunda mayor ocurrencia de sismos (598) en el año 2012. Esto se debe al hecho de que, el 29 de agosto, ocurrió un temblor moderado de magnitud 4.7. Aún cuando aumentó en un 26 % la sismicidad, la energía liberada disminuyó porque sólo tuvimos en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes dos temblores de magnitud mayor a 5.0 (el 19 de enero y el 4 de septiembre). Aunque en el mes de enero ocurrió el otro evento con magnitud mayor de 5.00 (M5.03) se liberaron sólo 0.69 kilotones de energía, esto se debe a que en este mes se localizaron

Septiembre tuvo la mayor sismicidad del año 2012, liberando un total de 2.13 kilotones de energía.

sólo 85 sismos (siendo el mes con menor cantidad de sismos localizados). En este año, con 5.43 kilotones, hubo una disminución de 3.87 kilotones comparada con el año anterior (2011, 9.3 kilotones). La distribución de la energía liberada durante los pasados 10 años muestra que el año con mayor liberación de energía fue el 2008 con 30.8 kilotones (Figura

14). Esto se debe a la ocurrencia del sismo de magnitud 6.1 el mes de octubre de ese mismo año, el sismo de magnitud mayor en los últimos 5 años. El total de la energía liberada durante el 2012 es equivalente a aproximadamente 43.44 % de la energía liberada por la bomba de Hiroshima.

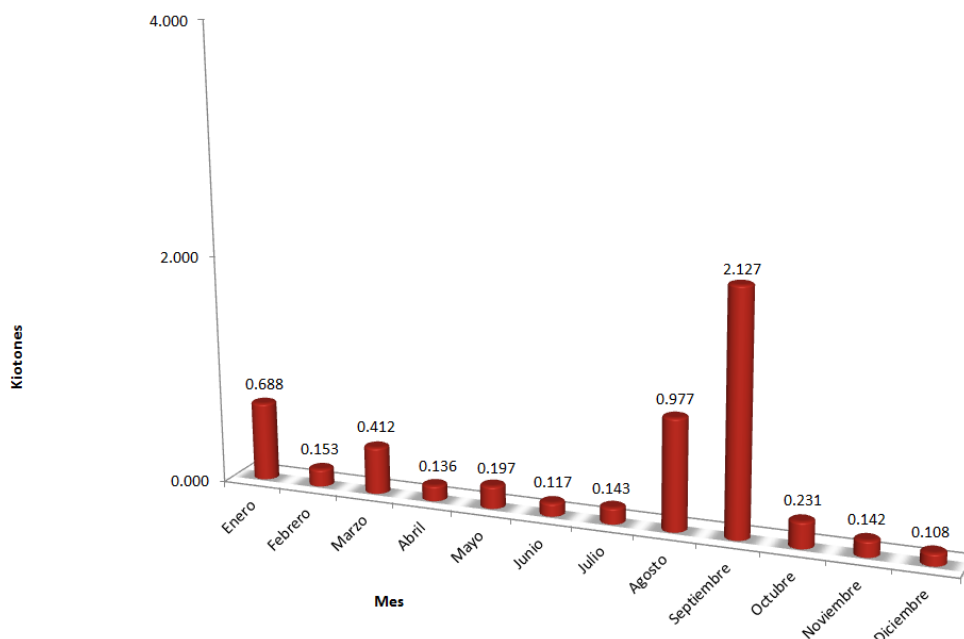


Figura 13. Energía sísmica liberada en la Región de Puerto Rico durante el 2012 (RSPR-UPRM).

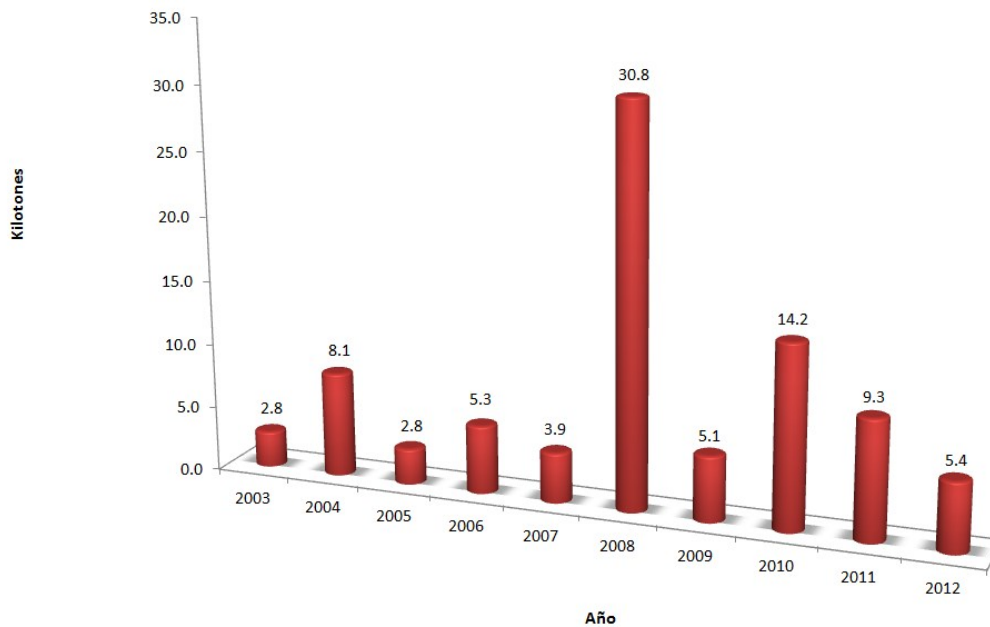
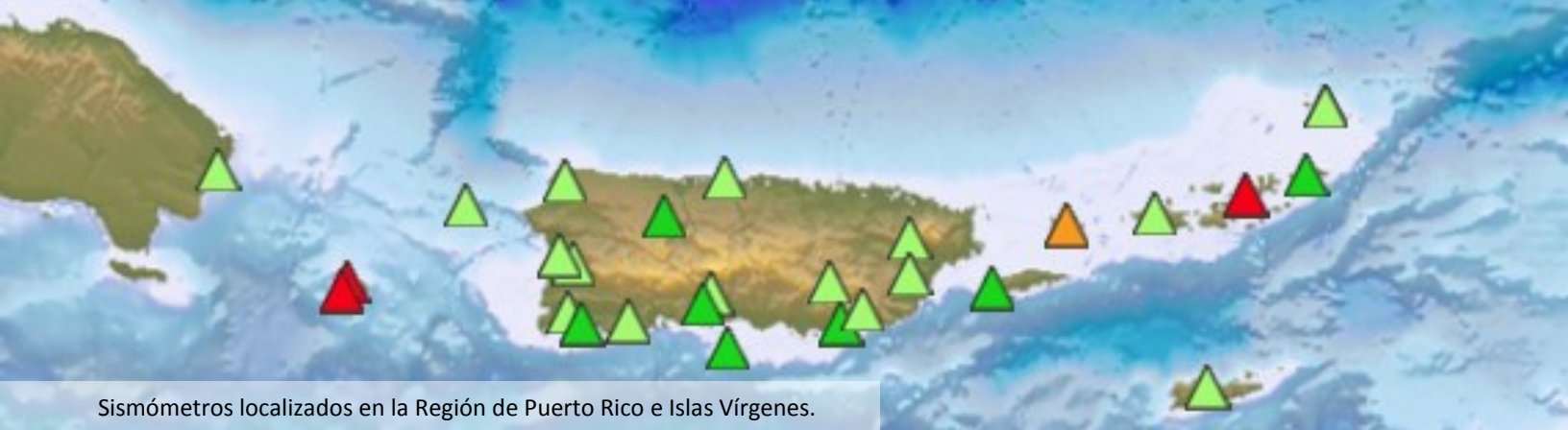


Figura 14. Energía sísmica liberada en la Región de Puerto Rico desde 2003 hasta 2012 (RSPR- UPRM).

Analizando los datos anuales procesados por la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR), consideramos que desde el 2006 la RSPR posee un sistema de monitoreo homogéneo que nos ha permitido comparar la densidad de actividad sísmica en nuestra región con años anteriores. Este monitoreo uniforme es importante particularmente para los enjambres sísmicos y secuencias sísmicas en función del tiempo. Como se ha mencionado anteriormente los eventos sísmicos ocurridos durante enjambres o secuencias sísmicas están directamente relacionados a la interacción de las placas de América del Norte y del Caribe y son reflejo de la deformación que ocurre entre ellas. 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 subduce por debajo de ésta. El bloque 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 temblores y a su vez va deformando la microplaca de Puerto Rico e islas Vírgenes como resultado de ese choque.

La secuencia sísmica del 26 de agosto al 7 de septiembre de 2012 fue caracterizada por tres focos de liberación de energía, los días 26 de agosto, 30 de agosto y 4 de septiembre. Los focos de liberación de energía de finales de agosto fueron los de mayor cantidad de eventos, superando los 200 eventos localizados. Sin embargo, es septiembre el mes de mayor energía liberado para el año 2012. Esto se debe a la ocurrencia del evento sísmico registrado el día 4 de septiembre a las 8:24 pm hora local, con magnitud 5.2 y cuyo hipocentro se localizó en la Trinchera de Puerto Rico a 28 km de profundidad, resultó en una intensidad de II en Bayamón.



Sismómetros localizados en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes.

Sistemas de monitoreo sísmico y mareográfico

En el 2012 la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) operó 27 estaciones sísmicas de las cuales 22 son de banda ancha y 5 son estaciones de periodo corto. Este año se añadieron cuatro estaciones nuevas para mejorar nuestro sistema de monitoreo sísmico en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Dos estaciones de banda ancha financiadas con fondos ARRA, a través del USGS, del gobierno federal. Una de ellas fue instalada en Virgen Gorda en las Islas Vírgenes Británicas (Figura 15) y la segunda estación fue instalada en la Isla de Magueyes de la Universidad de Puerto Rico. Otras dos estaciones de banda ancha se instalaron como parte de un proyecto con la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA). Una de ellas fue instalada en las facilidades de la Universidad Interamericana en Guayama (Figura 16) y la segunda en la represa de Patillas (Figura 17). Durante este año se le brindó mantenimiento de rutina a estas estaciones dentro y fuera de Puerto Rico. También se terminó la instalación de la red de GPS, la cual incluye 9 estaciones permanentes. Por otro lado, se le brindó mantenimiento a la red de mareógrafos. Cada una de estas estaciones consta de dos sensores de nivel de agua y equipo meteorológico. La red de mareógrafos actualmente consta de 16 estaciones de las cuales 10 son operadas por la *National Ocean Service* (NOS), *National Oceanic Atmospheric Administration* (NOAA) y 6 por la RSPR. Esta red tiene la capacidad de detectar tsunamis (*TsunamiReady Tide Gauges*). Estas estaciones fueron financiadas por FEMA y operadas con fondos de NOAA. Los datos de estas estaciones se incorporaron a los procesos rutinarios de la RSPR.



Figura 15. Estación de Virgen Gorda(VGBI), Islas Vírgenes Británicas (BVI) (RSPR-UPRM).



Figura 16. Estación sísmica instalada en las facilidades de la Universidad Interamericana en Guayama (IGPR) (RSPR-UPRM).



Figura 17. Estación sísmica instalada en la represa de Patillas (PDPR) (RSPR-UPRM).

Estaciones de GPS

La Red de estaciones de posicionamiento global (GPS) permanente de la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) (Figura 18, Tabla 3) opera a modo continuo desde sus comienzos en el año 2008 como un proyecto financiado por la *National Science Foundation* (NSF) y la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez (UPRM). En el 2012 el *United States Geological Survey* (USGS) proveyó equipo para mejorarla. Nuestra red de GPS, con estaciones operadas por *University NAVSTAR Consortium* (UNAVCO), monitorea movimientos de la corteza terrestre en Puerto Rico e Islas Vírgenes. Los datos se transmiten en tiempo real desde la estación hasta el centro de acopio y procesamiento de datos en la RSPR. La base fundamental de la utilización de los datos de GPS para el monitoreo de grandes terremotos ha sido demostrada recientemente en varias ocasiones ya que estos datos proveen rápidamente la verdadera magnitud de un terremoto fuerte utilizando el desplazamiento estático de las estaciones durante el evento sísmico.

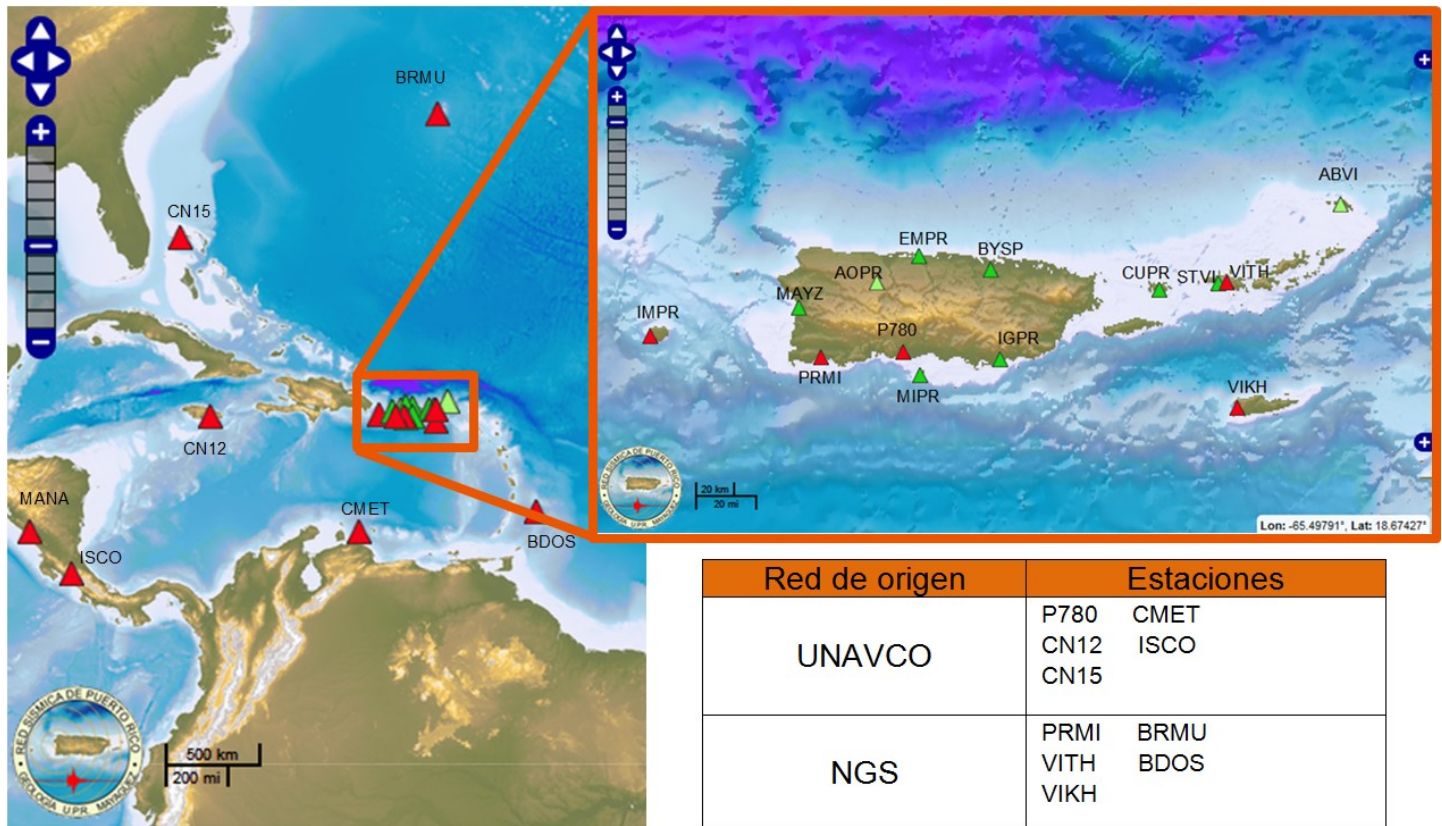


Figura 18. Distribución de estaciones de GPS a través del Caribe utilizadas por la RSPR (RSPR-UPRM).

Tabla 3. Estaciones de GPS en Puerto Rico e Islas Vírgenes utilizadas por la RSPR (RSPR-UPRM).

La red de estaciones GPS permanente a tiempo real (RTGPS - Real Time GPS) incluye 11 estaciones distribuidas entre Puerto Rico e Islas Vírgenes. Además de las estaciones de la RSPR existen otras estaciones operadas por UNAVCO, como parte del proyecto de COCONet, y las del *National Geodetic Survey* (NGS). Una ventaja de las estaciones de la RSPR es que están ubicadas conjuntamente con la instrumentación sísmica-acelerográfica de esta institución. Además de la transmisión a tiempo real (mediante el NTRIP Caster), cada receptor de GPS en el campo almacena en una memoria interna dos tipos de archivos: (a) un archivo diario con tasa de muestreo de 30 segundos y (b) un archivo cada media hora con una tasa de muestreo de 1 segundo (frecuencia de 1 Hz). Estos archivos permiten completar los datos si falla la transmisión a tiempo real (Figura 19). Los archivos son extraídos de los receptores mediante una rutina de transmisión de datos por el protocolo FTP, y se almacenan en un servidor de la RSPR. Los datos están disponibles bajo libre acceso, tanto en la base de datos de la RSPR como en el portal de UNAVCO. Las posiciones de cada estación en los tres componentes (este-oeste, norte-sur, y vertical) son calculadas al momento de recibir los datos a tiempo real. Éstos se corrigen mediante el programa de código abierto RTKLIB que toma como base las efemérides del Sistema Internacional de Navegación Global por Satélite (IGS, por sus siglas en inglés) y despliega al final un gráfico con las posiciones precisas que son evaluadas las 24 horas de los 7 días de la semana, por nuestros analistas en caso de terremotos grandes.

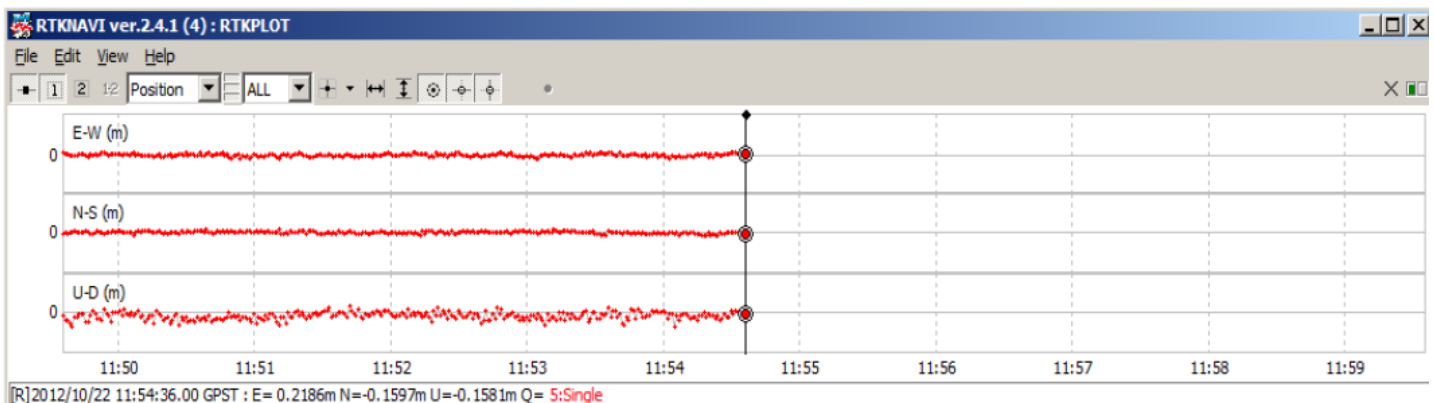


Figura 19. Posiciones producidas a tiempo real en la RSPR utilizando los datos de GPS (RSPR-UPRM).





Participantes del 3er Curso de Entrenamiento para Operadores de Estaciones de Nivel del Mar como parte del IOC-GLOSS-IOCARIBE-CARIBE-EWS. Yucatán, México (RSPR-UPRM).

Estaciones mareográficas

Actualmente el sistema de monitoreo para la detección de tsunamis de la RSPR consta de múltiples estaciones de mareógrafos y boyas DARTS (operadas por NOAA). Para estos sistemas se utilizan estaciones locales (en Puerto Rico), a nivel regional e internacional. Para el año 2012 se continuó trabajando para mejorar nuestro sistema. Como parte de este trabajo se añadieron 4 estaciones nuevas que fueron instaladas en el área del Caribe. Estas estaciones se encuentran localizadas en Panamá, República Dominicana y dos en Colombia (Figura 20).

Por otra parte durante el periodo del 3 al 10 de junio, participamos del curso *Third Caribbean Training Course for Operators of Sea Level Stations* en Mérida Yucatán, México,



Benjamín Colón, analista de datos geofísicos de la RSPR, presentando el sistema de monitoreo del nivel del mar utilizado por la RSPR en Yucatán, México (RSPR-UPRM).

organizado por la *Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC)* de UNESCO en conjunto con la NOAA y el Servicio Mareográfico Nacional de la Universidad Autónoma de México. En este curso se ofreció la conferencia *Multipurpose Sea Level Monitoring System and ongoing efforts in Puerto Rico and Caribbean* en donde explicamos los detalles de nuestros sistemas de monitoreo en la RSPR. Del curso nos beneficiamos al realizar ejercicios teóricos e instrumentales en relación a procesos de mantenimiento, nivelación, transmisión de datos, decodificación de datos, entre otros para estaciones de mareógrafos. Finalmente, se continúa trabajando en la generación de datos de mareas teóricas y el mantenimiento de las bases de datos.

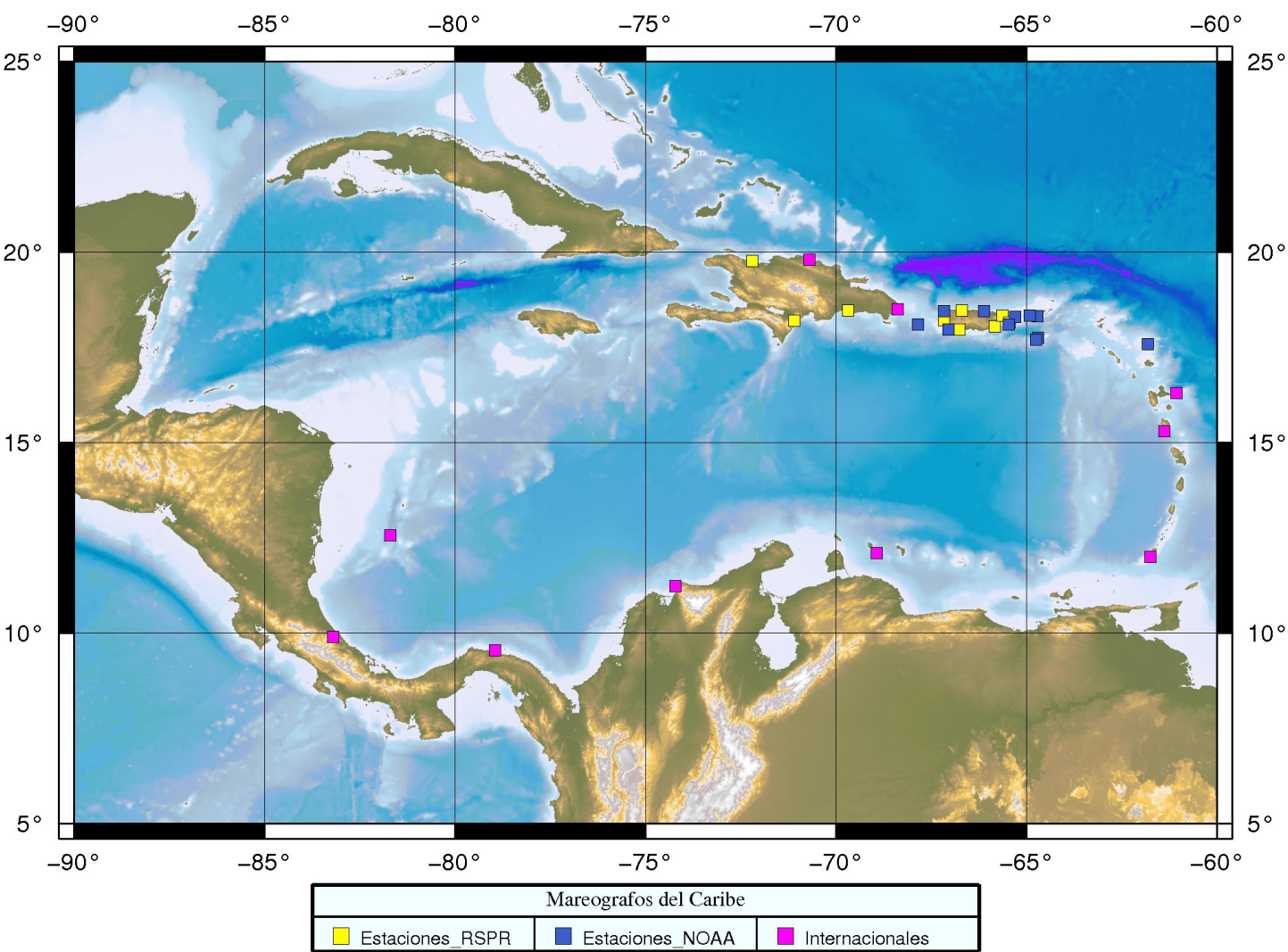


Figura 20. Localización de los mareógrafos utilizados por la RSPR para el monitoreo de tsunamis en el Caribe (RSPR-UPRM). El grupo de estaciones internacionales está compuesto por estaciones mareográficas pertenecientes a: la Universidad de Hawaii, Instituto de Física del Globo de Paris y el Observatorio Volcanológico y Sismológico de Guadalupe, Oficina Nacional de Meteorología de Republica Dominicana, Unidad para el Manejo de Zonas Costeras de Barbados, y el Departamento de Meteorología de Curazao.



Evento significativo del 5 de septiembre de 2012 con una magnitud de 5.2 localizado en la Trinchera de Puerto Rico.

Investigaciones

Una mirada a la investigación sismológica: tomografía sísmica, relocalizaciones sísmicas, deformación de la corteza, modelaje de tsunamis

Alberto López Venegas, PhD

Este año las investigaciones científicas en la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) se han enfocado en estudios tomográficos, relocalizaciones sísmicas, deformación de la corteza, respuestas a la naturaleza de ruptura de los eventos significativos en nuestra área de responsabilidad y modelaje de tsunamis. Además, se ha prestado particular atención a los diferentes instrumentos que operamos, sacando provecho de las cualidades de obtención de datos en tiempo real. A continuación, se describen varios de los proyectos más avanzados y de mayor importancia.

Si bien utilizamos los datos sísmicos a tiempo real para la localización de eventos sísmicos en Puerto Rico e Islas Vírgenes, el registro a tiempo completo de nuestras estaciones, en unión a registros de estaciones de toda la cuenca Caribeña están siendo utilizados para realizar estudios tomográficos del área del Caribe*. Este estudio nos permitirá entender las primeras decenas de kilómetros de la estructura de la corteza de la placa del Caribe utilizando los métodos de interferometría aplicados a dos años de datos continuos. De igual forma, un estudio centrado en la isla de Puerto Rico utiliza una selección de eventos moderados dentro del área de Puerto Rico que le permite analizar y mejorar el modelo de velocidad que emplea la RSPR actualmente para sus localizaciones y operaciones diarias**.

Durante el verano de 2012, se realizó un estudio en el cual se relocalizaron los eventos de un enjambre en la Zona Sísmica del Sombrero ocurrido en junio de 2007***. La relocalización de cerca de 400 eventos fue llevada a cabo utilizando el programa HypoDD, que emplea la técnica de diferenciamiento doble. Los resultados indican una distribución vertical bien aglomerada que puede indicar flujo a través de una ruptura en la litósfera de la placa de América del Norte, resultados que apoyan las teorías expuestas en el pasado por varios investigadores.

Los más recientes estudios de deformación de la corteza fueron publicados en un artículo de la revista *Geophysical Research Letters* (ten Brink y López-Venegas, GRL, vol. 39, 2012) el cual muestra los

* Francisco Hernández, estudiante subgraduado, Departamento de Geología

** Denny Mariana Torres, estudiante graduada, Departamento de Ingeniería Civil

*** Rolf Vieten, estudiante subgraduado de intercambio, Departamento de Geología

resultados de un modelaje de segmentos en la interacción de placas por medio de los valores obtenidos por el procesamiento de las posiciones de estaciones de GPS en Puerto Rico e Islas Vírgenes. Este estudio sugiere los diferentes valores de movimiento entre placas según los datos de GPS y parecen indicar una combinación de extensión y movimiento lateral para la zona oeste de la Trinchera de Puerto Rico, mientras que la zona noreste indica una cantidad similar de desplazamiento lateral pero esta vez con una pequeña contribución de colisión (Figura 21).

Mejores estudios de deformación de la corteza dentro de Puerto Rico se nutren de nuevas instalaciones y mejoras a las estaciones existentes de GPS. Estaciones nuevas han sido ubicadas en Guayama y Patillas como parte de un proyecto de FEMA. Mientras, que las estaciones que antes no figuraban como disponibles a tiempo real han sido mejoradas. Entre las mismas se encuentran las estaciones en el sistema de la Universidad de Puerto Rico en los Recintos de Río Piedras y Humacao. Estas estaciones nos permiten ver con mayor resolución si existe deformación interna en el bloque de Puerto Rico e Islas Vírgenes. Como ejemplo, existe el desarrollo de un proyecto en conjunto con los municipios de Lajas y Guánica para instrumentar con GPS la falla de Punta Montalva, recientemente identificada como potencialmente activa y puesta en el mapa por estudios recientes (de Addarich, Roig, Rivera, Joyce y Asencio).

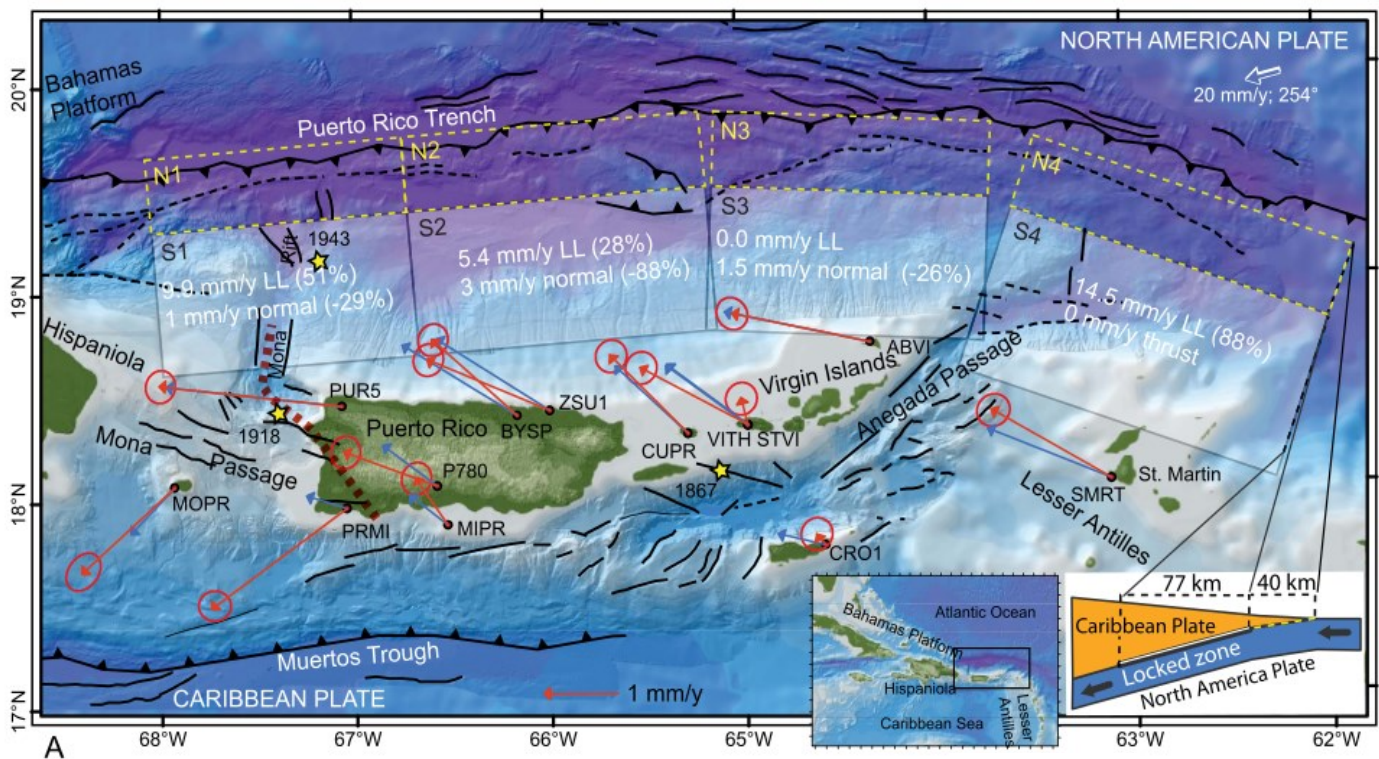


Figura 21. Figura tomada de la publicación de ten Brink y López-Venegas (2012) la cual muestra los resultados de un estudio realizado mediante el modelaje de 4 segmentos de la zona de subducción de la Trinchera de Puerto Rico en base a los datos de las estaciones de GPS continuas de la RSPR. Los cuatro segmentos muestran la cantidad de movimiento paralelo (LL='Left-lateral' o desplazamiento lateral) y perpendicular (normal) a la Trinchera de Puerto Rico que debe de ocurrir para que las estaciones reflejen el mejor ajuste (flechas azules) a los vectores de velocidad de las estaciones (flechas rojas). Basado en estos datos el modelaje sugiere que existe transtensión en la zona de interacción de las placas de América del Norte y el Caribe, un concepto contrario a lo estimado en el pasado de transpresión. Mas información y detalles sobre este estudio se encuentran disponibles en el artículo publicado en la revista *Geophysical Research Letters* (Volumen 39, 2012).

Estudios de desplazamiento en fallas, datación numérica y su eventual recomendación de recurrencia están en proceso de ser desarrollados con la colaboración de expertos en el área de paleosismología.

Finalmente, los estudios de modelaje de tsunami han tomado auge y sus productos han sido utilizados en la publicación de mapas de inundación en formato digital y de desalojo para los pueblos costeros de Puerto Rico mediante el programa *TsunamiReady* (NOAA y NWS , por sus siglas en inglés). Todas las fuentes de tsunami propuestas, fueron modeladas y exitosamente proyectadas en los mapas para aplicarle el factor social y económico de las áreas afectadas (ver estudios del Dr. Víctor Huérfino y el Profesor Aurelio Mercado en la página: <http://poseidon.uprm.edu/>). Aún falta por incluir el efecto por deslizamientos submarinos, sin embargo se ha logrado un gran avance en la computación de tsunamis por parte de estas fuentes, las cuales incluye deslizamientos en la costa norte cerca de los anfiteatros de Arecibo y Loíza. Con este propósito, el programa Tsunami3D está siendo utilizado para desarrollar la evolución de las olas a medida que el deslizamiento progresa bajo el agua y luego la información de las alturas de olas se coloca en el programa NEOWave (en dos dimensiones) para la propagación y remonte en la costa. Este estudio está pautado para culminar a mediados del año 2013.

Paleotsunamis en las Antillas

Zamara Fuentes Figueroa, MSc

El enfoque principal de esta investigación envuelve la evaluación, caracterización e interpretación de depósitos traídos por el agua, específicamente depósitos de tsunami localizados a través del Caribe oriental (en Puerto Rico, Saint Thomas (USVI), Anegada (BVI) y la República Dominicana). Los depósitos de tsunamis son aquellos sedimentos que un tsunami encuentra a su paso a medida que se acerca a la costa y deposita tierra adentro. Una vez la ola de tsunami inunda y se aleja de la costa, deja a su paso gran cantidad de sedimentos de diferentes tamaños que van desde arcillas hasta rocas de varios metros de diámetro. Después de cientos y hasta miles de años algunos depósitos se pueden encontrar como parte del record sedimentario. Algunas veces se puede encontrar materia orgánica, así como fragmentos de hojas dentro, sobre o debajo del depósito de interés. Un análisis de radiocarbono pueden ayudar a establecer un rango de fechas para la cual ese evento se pudo haber originado.

Durante el 2012 se completó el trabajo de campo en San Thomas, Anegada y la República Dominicana. El trabajo en St. Thomas fue llevado a cabo a través de una beca aprobada por el programa *National Earthquake Hazards Reduction Program* (NEHRP, por sus siglas en inglés) junto a la investigadora Martitia Tuttle. Este fue inspirado por un trabajo previo realizado en Anegada por el investigador del USGS Brian Atwater y otros investigadores, quienes identificaron dos eventos significativos que datan de la edad Medieval y de tiempos del Renacimiento (Terremoto de Lisboa, Portugal). El evento Medieval fue capaz de mover grandes rocas de cabezas de coral hacia el interior de la isla y aparenta que el evento pudiera haber sido local, quizás originado en la Trinchera de Puerto Rico. El trabajo de campo en St. Thomas, se realizó con el fin de encontrar un registro similar al de Anegada. En St. Thomas se encontraron depósitos que datan de los períodos antes mencionados y de otro aún más antiguo (Figura 22).

También, se llevó a cabo trabajo de campo en el sur de la República Dominicana para investigar si el terremoto del 1751, que destruyó la ciudad de Azua, produjo un tsunami que afectara la zona costera. Se tomaron muestras en varias lagunas costeras, se identificaron y caracterizaron depósitos de sedimentos. Se tomaron muestras orgánicas y se espera por análisis de radiocarbono para entender el marco de tiempo para estos depósitos.

Aún quedan trabajos por realizarse en el 2013, estos ayudarán a disminuir el rango de fechas para así tener una mejor delimitación de los tiempos de los eventos tsunamigénicos. Además, se estará haciendo trabajo de campo en Anegada (BVI), St. Thomas (USVI) y Puerto Rico para entender la distribución de estos depósitos y poder deducir un origen para el evento que los formó.

La información sobre terremotos pasados y tsunamis que ocurrieron durante registros prehistóricos e históricos es esencial para la preparación sobre riesgos costeros. Esta data se tomaría en consideración al crear modelos de inundación costera y será de beneficio para el público y oficiales de manejo de emergencias en la evaluación de áreas costeras que pudieran afectarse adversamente durante un tsunami.



Figura 22. Esta figura muestra una sección del récord sedimentario extraído en Bumber Well Pond en Anegada (BVI) (el tope del sedimento a mano izquierda, aumentando en profundidad hacia la derecha). Se observa depósito de tsunami en los primeros 7 cm (caracterizado por conchas sueltas con arena, sobre capa de lo que se interpreta como sedimento de ambiente marino formado in situ). De acuerdo a la correlación estratigráfica con otros depósitos en la isla, este depósito parece haber sido dejado por el tsunami de Lisboa, Portugal de 1755. Se tomaron muestras orgánicas para fechar el depósito con más precisión (Escala: una raya negra=1cm). Foto: ZFF (RSPR-UPRM)

Tomografía sísmica preliminar de Puerto Rico

Denny Mariana Torres Ortiz

La tomografía sísmica actualmente está siendo utilizada por muchos investigadores, dado que sus resultados ayudan a obtener información de las propiedades de la estructura interna de la tierra a diferentes profundidades. Este análisis ayuda a identificar y visualizar las velocidades de las ondas sísmicas a medida que se propagan en el interior de la tierra. Esta investigación se realizó utilizando los datos de ondas sísmicas registradas en las estaciones de la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR).

Actualmente la RSPR obtiene la localización revisada de los eventos sísmicos mediante sistemas especializados como *Earlybird* (EB), *EarthWorm* (EW) y PRDANIS (Huérfano, V., 2004). Primero se registran los arribos de todas las ondas sísmicas y con estas fases se obtiene la localización final de los eventos sísmicos, esto se realiza mediante el programa PRDANIS a partir de un modelo de velocidad de cinco capas horizontales en 1D. Los primeros tiempos de llegada a las estaciones, así como el error obtenido en la localización (es decir la diferencia entre el tiempo de arribo teórico y el observado) e información de la corteza es utilizada en el proceso de inversión.

Se identificó las fases secundarias y sus tiempos teóricos y observados de la onda primaria (P) utilizando las reflexiones en distintas capas superiores de la tierra acorde al modelo de velocidad en 1D de Puerto Rico. Para obtener el modelo de velocidad se utilizó el Programa de Tomografía de Marcha Rápida conocido por sus siglas en inglés como FMTOMO (Rawlinson, N., 2007).

La tomografía realizada para Puerto Rico (Figura 23) generó un estimado de las variaciones de las velocidades de las ondas sísmicas primarias que viajan en la capa superior de la tierra a profundidades no mayores de 30 km, por lo cual se obtuvo mayor conocimiento de la corteza y estructura terrestre en distintas áreas bajo Puerto Rico y se identificaron las anomalías de velocidad para Puerto Rico e Islas Vírgenes (Británicas y Estadounidenses) en diferentes zonas, donde se compararon con los errores promedios dados por el modelo de velocidad inicial.

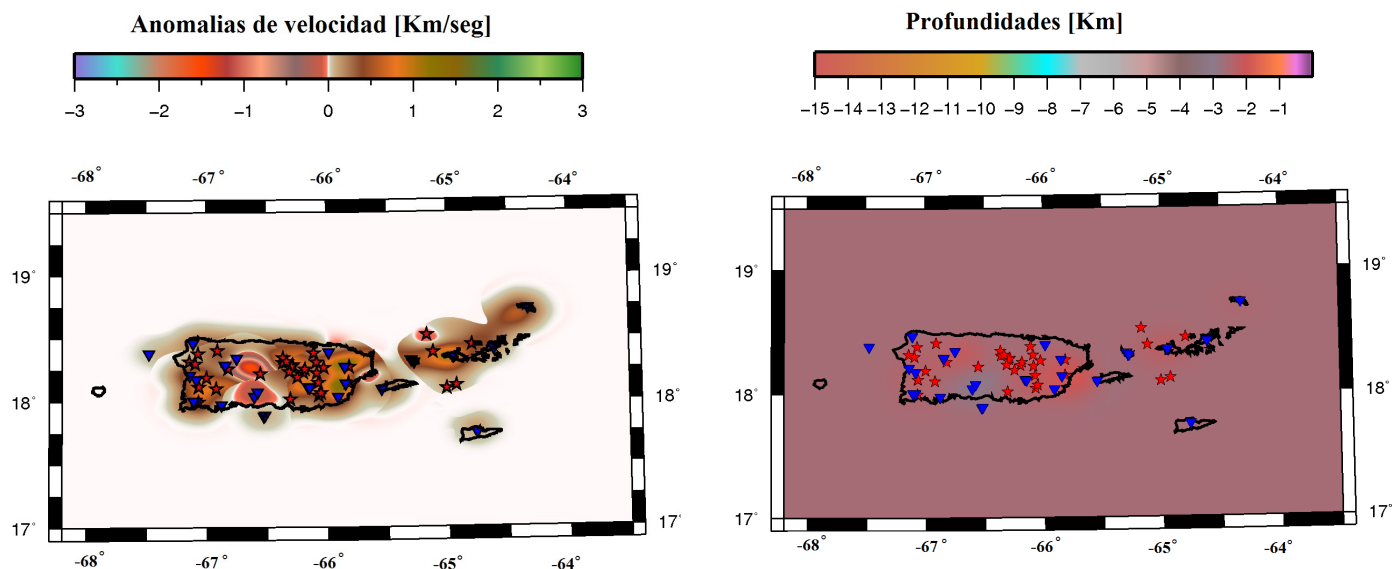


Figura 23. Mapa mostrando anomalías de velocidad a 2.6 km de profundidad (a la derecha). Mapa mostrando las perturbaciones en profundidad a 5km (a la izquierda) (RSPR-UPRM).

Estimado de daños en Puerto Rico utilizando fuentes de terremotos históricos y posibles escenarios

Arlenys Ramírez Rivera

Puerto Rico está localizado en una zona activa donde ocurren cientos de eventos sísmicos al año. El archipiélago de Puerto Rico ha sido afectado en el pasado por varios terremotos fuertes (1787, 1867 y 1918), es por eso que los terremotos son una gran amenaza para Puerto Rico. El más reciente de estos eventos tuvo lugar en el Cañón de la Mona en 1918, afectando las costas de Aguadilla y Mayagüez. Este factor en conjunto con áreas altamente pobladas, con estructuras pobremente construidas pudieran ocasionar un escenario trágico. Debido a que la localización y tamaño de un terremoto son impredecibles, al menos sus daños potenciales podrían ser estimados para tener una imagen de para qué debemos prepararnos. Es por eso que son necesarios los estudios de estimaciones de daños, para poder identificar estos posibles impactos, minimizar el peligro existente y así tomar futuras medidas de mitigación. Se está trabajando con el modelo de Terremotos de HAZUS que es una metodología para estudiar los impactos de escenarios de terremotos, lo cual será aplicado en Mayagüez y San Juan (Figura 24). Este modelo de terremotos llamado HAZUS, es una metodología federal estandarizada compuesta por seis módulos que estiman el peligro sísmico, la respuesta de las estructuras y las pérdidas directas e indirectas que puedan surgir luego de un evento sísmico mayor. Confiamos en que los resultados de esta investigación sean de gran interés y ayuda para las agencias federales y locales, para poder desarrollar mejores planes de mitigación para Puerto Rico.



Figura 24. Mapa de la microplaca de Puerto Rico e Islas Vírgenes. Las estrellas de color fucsia indican los diferentes escenarios a ser analizados (RSPR-UPRM).

Catálogo de Sismos para La Española

Fatima Alexa Zevallos

La RSPR en conjunto con varias instituciones caribeñas y universidades españolas participaron en el estudio “Nueva Evaluación del Riesgo Sísmico en América Central y La Española”. En este se obtuvieron resultados de análisis de riesgo sísmico realizados en la región de América Central y la isla de La Española. En ambos casos se siguió el método de Evaluación Probabilística de Riesgo Sísmico (PSHA, por sus siglas en inglés) y fueron desarrollados en término de la aceleración pico del suelo (PGA) y las aceleraciones espectrales (PSA) para

distintos periodos. Se consideró además modelos híbridos de zona, integrados por fallas y zonas sismológicas en donde estuvieran disponible los datos de tiempo de recurrencia y tasa de desplazamiento. Los resultados permitieron realizar un análisis de sensibilidad comparando los valores obtenidos considerando y sin considerar fallas. En la segunda parte, se presentaron los resultados del PSHA para La Española (como parte del proyecto cooperativo SISMO-HAITI*, el cual comenzó unos pocos meses después del terremoto del 2010 en respuesta al requerimiento de ayuda por el gobierno de Haití a la Universidad Politécnica de Madrid). Este estudio tuvo como objetivo obtener resultados confiables para propósitos de diseño sísmico. El proyecto comenzó con la elaboración de un catálogo sísmico para La Española en el que trabajamos desde la RSPR. El mismo requirió una revisión exhaustiva de todos los datos reportados por la RSPR, el ISU y alrededor de otras 30 agencias de información sísmicas, para la isla de La Española desde 1492 hasta el 2011. El catálogo final contiene 83 terremotos históricos y 1,703 eventos registrados por instrumentos (Figura 25), los cuales fueron homogeneizados a magnitud de momento (Mw). Utilizando este catálogo sísmico (junto a otros factores: datos geológicos, mecanismos focales y observaciones de GPS) se revisaron los modelos sismo-tectónicos propuestos para la región y se incorporó una nueva zonificación regional. En paralelo, también fueron revisados modelos de atenuación para zonas de subducción y de corteza y se calibró el más adecuado con datos de movimiento fuerte grabados en América Central. Como resultado de la estimación de riesgo, se generaron diferentes mapas de riesgo junto con el Espectro Uniforme de Riesgo para Puerto Príncipe y las ciudades principales de Haití. Los resultados de este estudio son la base para la realización del primer código de construcción de Haití.

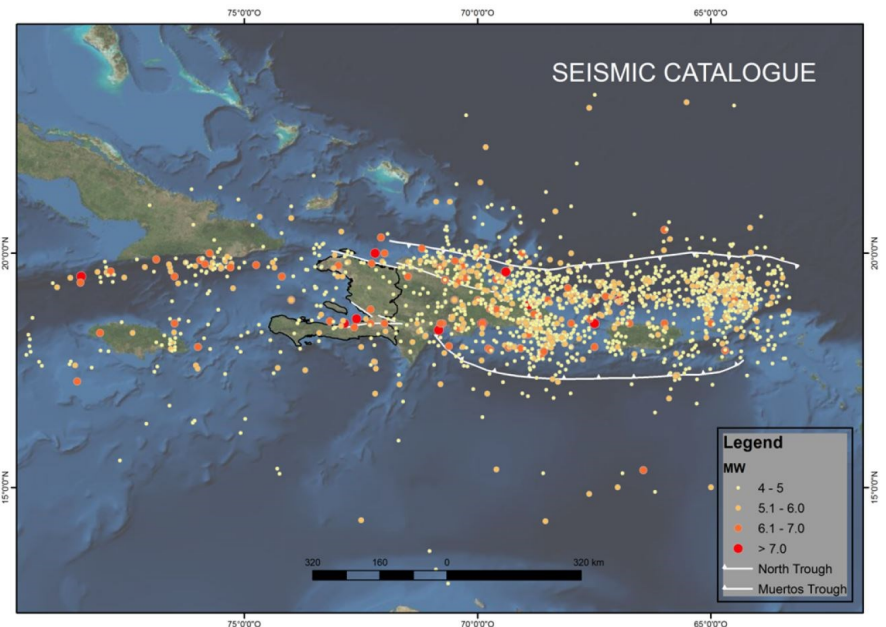


Figura 25. Mapa que representa el catálogo sísmico elaborado para el Proyecto SISMO-HAITI (ONEV, UPM, RSPR et ISU).

*Universidad Politécnica de Madrid (España), Instituto de Geociencias (Panamá), Escuela Centroamericana de Geología (Costa Rica), Instituto Costarricense de Electricidad (Costa Rica), Servicio Nacional de Estudios Territoriales (El Salvador), Universidad Mariano Gálvez (Guatemala), Instituto Nacional de Estudios Territoriales (Nicaragua), National Observatory of the Environment and Vulnerability (Haiti), Red Sísmica de Puerto Rico (Puerto Rico) e Instituto Sismológico Universitario (República Dominicana).



Proyectos operacionales

Manual de Operaciones y Procedimientos de la RSPR

Gisela Báez Sánchez

Durante este año se ha continuado optimizando y trabajando el Manual de Operaciones y Procedimientos de la RSPR. Este manual es pieza fundamental de la RSPR ya que describe la historia, los trabajos de las distintas áreas de la RSPR, los trabajos de seguridad para el cumplimiento cabal de nuestra misión y los objetivos como institución de monitoreo sísmico y de tsunamis. El Manual es una guía que describe todas las operaciones de la RSPR, según planteados en nuestros objetivos, que incluyen desde la instalación de estaciones sísmicas, mareográficas y de GPS, la arquitectura de sistemas de información y comunicaciones, planes de respuesta a emergencias, protocolos y procedimientos en el análisis y procesamiento de datos geofísicos, y por último la diseminación de productos de terremotos y tsunamis. Iniciativas recientes han buscado optimizar los protocolos para hacerlos más comprensibles e inclusivos a las diversas áreas de la RSPR. En este último año se ha enfatizado además en la planificación para mantener continuidad de operaciones luego de ocurrida una emergencia, como parte del programa federal Plan COOP.

Plan de Continuidad de Operaciones

Gisela Báez Sánchez

El requisito de la Continuidad de Operaciones o Plan COOP (por sus siglas en inglés) se estableció a través de una directiva presidencial que persigue la preparación de las agencias federales, estatales y privadas, en los Estados Unidos y sus territorios, para que estas puedan continuar realizando sus operaciones críticas luego de la ocurrencia de una emergencia. Estas ordenes ejecutivas federales están contenidas en las siguientes directrices presidenciales: “*National Security Presidential Directive-51*” (NSPD-51), la “*Homeland Security Presidential Directive-20*” (HSPD-20) y la “*National Continuity Policy*”. La RSPR ha trabajado intensamente durante este último año en el cumplimiento de dicha directiva con el objetivo de poder mantener una continuidad de nuestras operaciones y servicios en una eventual emergencia causada tanto

por fenómenos naturales como por el ser humano. Como parte del Plan COOP se participó junto a personal de otras agencias de Puerto Rico en el ejercicio MAREMOTO II y un sinnúmero de seminarios en línea a cargo de FEMA (que cubren los distintos aspectos necesarios para la preparación de un plan de continuidad de operaciones).

Large AtlaNtic Tsunami EXercise

Gisela Báez Sánchez

Como parte del mejoramiento continuo de nuestras operaciones y respuesta a emergencias coordinamos el ejercicio de tsunamis LANTEX12, con las agencias de respuesta a emergencias dentro de nuestra área de responsabilidad. Al igual que en años anteriores la RSPR es la agencia líder en la implementación de este ejercicio de comunicaciones para Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Para el mismo trabajamos en conjunto con el WCATWC (Centro de Alerta de Tsunamis de Alaska y la Costa Oeste por sus siglas en inglés), Programa de Alerta de Tsunamis del Caribe, NWS-NOAA, AEMEAD y FEMA, entre otras agencias.

En la región de responsabilidad de la RSPR la participación en el ejercicio LANTEX12 fue exitosa. A nivel de comunicaciones se detectaron fallas menores, se trabajó en la corrección de dichas fallas detectadas en sus sistemas de comunicaciones y diseminación de información (sistema de emisión de faxes). Cabe destacar la exitosa prueba al sistema de comunicación interagencial llamado EMNet del Cuerpo de Bomberos de Puerto Rico, la misma permite la comunicación simultánea con múltiples agencias mejorando así los tiempos de recibo de información de emergencia. Participaron agencias de Puerto Rico, Islas Vírgenes Estadounidenses y Británicas y la República Dominicana. A través de AEMEAD y sus 11 zonas se estableció comunicación con los 78 municipios durante el ejercicio, ya fuera vía fax, telefónica



Figura 26. Participación de agencias o entidades en el ejercicio LANTEX 12. En el mismo participaron 69 agencias estatales, 4 agencias federales y 25 empresas privadas (RSPR-UPRM).



Figura 27. Participación de entidades educativas en el ejercicio LANTEX 12. En el mismo participaron 288 escuelas públicas y 11 escuelas privadas y 6 universidades (RSPR-UPRM).

comunicaciones se detectaron fallas menores, se trabajó en la corrección de dichas fallas detectadas en sus sistemas de comunicaciones y diseminación de información (sistema de emisión de faxes). Cabe destacar la exitosa prueba al sistema de comunicación interagencial llamado EMNet del Cuerpo de Bomberos de Puerto Rico, la misma permite la comunicación simultánea con múltiples agencias mejorando así los tiempos de recibo de información de emergencia. Participaron agencias de Puerto Rico, Islas Vírgenes Estadounidenses y Británicas y la República Dominicana. A través de AEMEAD y sus 11 zonas se estableció comunicación con los 78 municipios durante el ejercicio, ya fuera vía fax, telefónica

o por radio. A nivel educativo y civil se generó muchísimo interés en el tema de los tsunamis y los municipios costeros han mostrado la necesidad de convertirse en *TsunamiReady*. Según el registro de participación de la RSPR para el ejercicio LANTEX12 participaron 69 agencias estatales, 4 agencias federales y 25 empresas privadas (Figuras 26 y 27). Los municipios con más participación según el registro fueron San Juan y Mayagüez. El Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico (nuestra sede) participó activamente del ejercicio LANTEX12, activando al Comité Operacional de Emergencias (COE) y realizando varios simulacros en sus facilidades (Figura 28). El EAS se activó efectivamente a las 9:05 am, probando el código de alerta real de tsunami, TSW, durante el ejercicio. Por otro lado, también se probó positivamente la utilización de los *billboards* en las carreteras principales de Puerto Rico (Figura 29).



Figura 28. Participación activa del COE del Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico durante el ejercicio LANTEX12 (RSPR-UPRM).



Figura 29. Utilización de los billboards en las carreteras principales de Puerto Rico como parte del ejercicio LANTEX12 (RSPR-UPRM).

Bóvedas y Taller de Desalojo Vertical

Javier Charón Ramírez, ME

Durante el año 2012, se presentó el diseño de las futuras bóvedas para equipos sísmicos. Este diseño fue utilizado para la construcción de las bóvedas en los pueblos de Patillas y Guayama. Ambas bóvedas tienen una profundidad de 7 pies, con respecto al nivel del terreno natural. Estas bóvedas han demostrado con éxito que son capaces de impedir el flujo de escorrentías al interior de las mismas, además su fácil acceso para el personal técnico y la instalación de equipos, sin sacrificar la seguridad, han resultado muy convenientes.

Para el mes de junio el Ing. Javier Charón y el Ing. José Roberto Ramírez (estudiante graduado) fueron parte del grupo de profesionales que presentaron conferencias en el Taller de Desalojo Vertical organizado por la RSPR y el PMFPR, en el Colegio de Ingenieros y Agrimensores de Puerto Rico (CIAPR) (Figura 30). El tema presentado fue “Método de Evaluación Rápida de Estructuras Existentes para ser Utilizadas en Desalojo Vertical”. Este método se basa en el FEMA 154 y fue traducido y adaptado a las condiciones generales que debe tener una estructura candidata a ser utilizada para desalojo vertical.



Figura 30. El Ingeniero Charón durante su presentación en el Taller de Desalojo Vertical en el CIAPR, San Juan (Puerto Rico) (RSPR-UPRM).

Broadcast Server y Shakemaps

María Torres Vega, MSc

Durante el año 2012 se continuó trabajando con la documentación del nuevo sistema *Broadcast Server* el cual es utilizado para diseminar toda la información de terremotos y tsunamis que es enviada a las agencias de emergencia y al público en general. A este sistema se le han añadido las opciones de RSS y FAX, las cuales fueron probadas en los simulacros de Lantex12 y Shakeout 2012 para ver su efectividad. También se incorporó la herramienta de *ShakeMap* que incluye la generación de mapas utilizando los reportes de sismos sentidos enviados por la ciudadanía en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes y la utilización de los datos de los acelerómetros y sismómetros que son generados cuando estos detectan un evento sísmico. Se espera que con estos nuevos sistemas implementados mejore la respuesta de la RSPR ante un evento sísmico.

Los *Shakemaps* o mapas de movimiento fuerte son una representación gráfica del movimiento del suelo producidos cuando ocurre un evento sísmico. Se implementaron los *ShakeMaps* y *Shake Info* utilizando

Did You Feel it (DYFI), que es un sistema automático el cual recolecta la información de reportes de daños e intensidades que las personas reportan por Internet (Figura 31). Esto ayuda a crear un mapa o *Community Intensity Map* (CIIM) (Figuras 31 y 32) de un evento sísmico donde se muestra la intensidad y el “shaking” de ese temblor según reportados por las personas. Según los datos que las personas reportan (las respuestas a las preguntas del cuestionario DYFI) el programa realiza un promedio de las respuestas y calcula una intensidad basada en la Escala Mercalli Modificada (Figura 32). Actualmente, se encuentra bajo prueba un programa desarrollado en la RSPR, el cual ayudará a generar los mapas utilizando las velocidades y aceleraciones de los sismómetros y acelerómetros respectivamente. Este programa utiliza los datos de *Peak Ground Velocity*, *Peak Ground Acceleration* y *PSA*. Se espera durante que para el año 2013 estos mapas estén implementados en su totalidad.

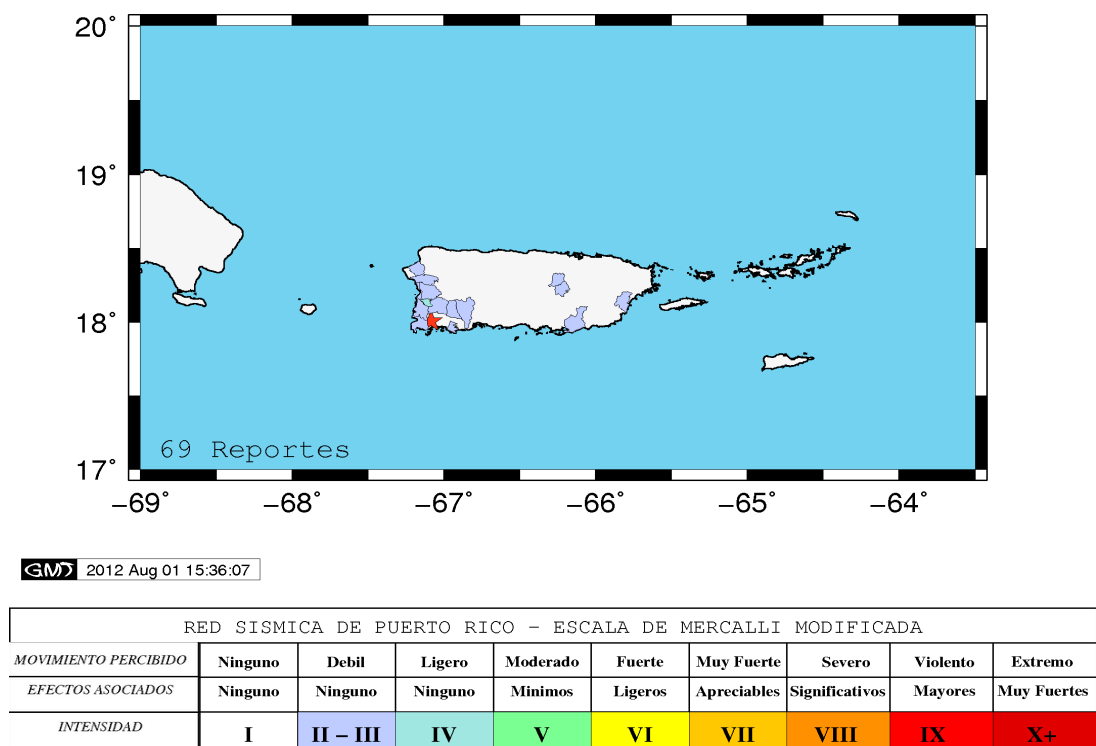


Figura 31. Mapa “*Did You Feel It*” ilustra las zonas que reportaron el evento del 24 de julio de 2012 (RSPR-UPRM).

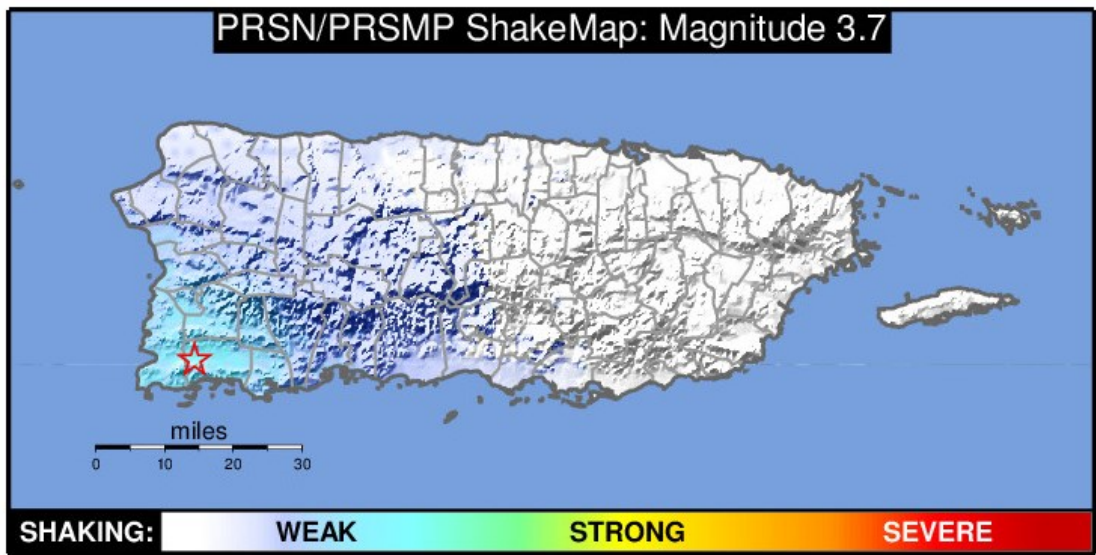


Figura 32. *Shakemap* del evento sentido del 24 de julio de 2012 (RSPR-UPRM).



Conversatorio con la Red Sísmica de Puerto Rico—charla ofrecida por Mariana León Pérez en el Taller de Fotoperiodismo.

Impacto educativo

Resumen anual 2012

Glorymar Gómez Pérez

Nuestro Programa Educativo es una iniciativa conjunta de la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) con el Programa de Movimiento Fuerte de Puerto Rico (PMFPR) y recibe además la aportación de NOAA a través del Programa “Tsunami Ready” y del Programa Nacional de Amenaza y Mitigación de Tsunamis (NTHMP, por sus siglas en inglés).

Durante el año 2012, el Programa Educativo de la RSPR ofreció un total de **380 actividades educativas** (Tabla 4) y continuó ofreciendo actividades tanto en nuestras facilidades como en diferentes municipios de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. La RSPR impactó un total de **14,917 personas** en comunidades, escuelas públicas, escuelas privadas, iglesias, agencias públicas (estatales y federales), agencias privadas, oficinas de manejo de emergencias, hospitales, entre otros. Igualmente se ofrecieron 156 entrevistas a través de diferentes medios masivos de comunicación. Continuamos con nuestra pauta radial semanal en Radio Casa Pueblo de Adjuntas (todos los viernes). Recibimos además una gran cantidad de estudiantes solicitando ayuda para sus proyectos de feria científica y asignaciones. Participamos en varios programas a nivel universitario como lo es, Foro Colegial (radio y TV). Los mismos se transmiten a través de Radio Universidad de Puerto Rico y WORA TV, respectivamente.



En este año, se hizo una alianza con la Asociación de Radiodifusores de Puerto Rico para la emisión de pautas radiales educativas diarias a través de las emisoras adscritas a dicha asociación. Se ofrecieron igualmente varias charlas educativas en forma virtual para el beneficio de mayor cantidad de personas. Entre estos seminarios en línea (webinars) destacamos los realizados para maestros de Puerto Rico en colaboración con la compañía GWorks. La RSPR impactó a niños de cuarto grado de diversas escuelas públicas de Puerto Rico en aspectos de prevención de emergencias mediante el **Programa Aprendo y Prevengo**. De este programa participaron agencias como la AEMEAD, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA), OMME de los diferentes municipios, FEMA, Departamento de Bomberos de Puerto Rico, Policía de Puerto Rico, entre otros. Además, trabajamos activamente en el Ejercicio Lantex 2012, el 28 de marzo de 2012. Miembros de nuestra área viajaron a varios municipios costeros en el rol de observadores durante los respectivos simulacros realizados durante dicho ejercicio.

Tabla 4: Actividades de educación y promulgación realizadas durante el 2012 por la RSPR.

Actividades	Cantidad
Escuelas públicas y privadas	58
Charlas y talleres a OMME y AEMEAD	14
Conferencias a Agencias Federales, Estatales, Privadas y Municipales	71
Charlas a Iglesias, centros geriátricos y/o cárceles	25
Charlas a comunidades y/o urbanizaciones	21
Ferias (incluyendo mesas informativas)	17
Charlas en Hospitales	3
Talleres de Tsunami Ready	6
Charlas a Universidades	9
Entrevistas en radio, televisión y prensa escrita (incluyendo la participación de la pauta radial con la Emisora Casa Pueblo)	156
Total	380

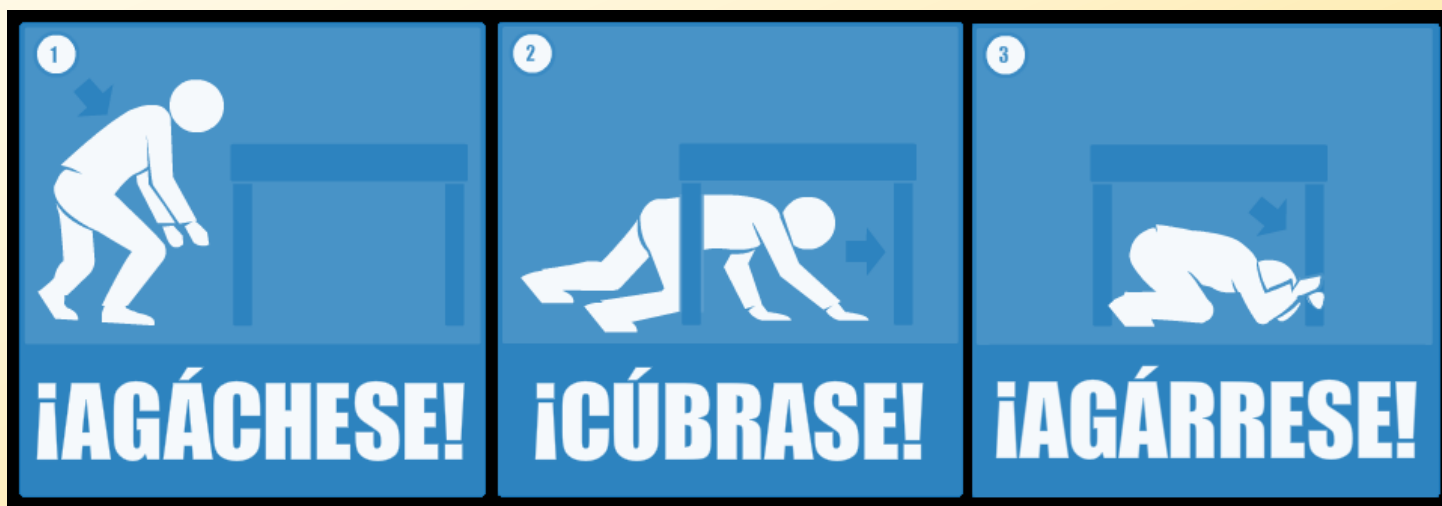


El Gran ShakeOut de Puerto Rico

El 18 de octubre de 2012, se celebró por primera vez en Puerto Rico el ejercicio de protección en caso de terremotos “**El Gran Shakeout de Puerto Rico**”, financiado por FEMA. Con la ayuda y aportación de la Asociación de Radiodifusores, el Departamento de Educación de Puerto Rico y la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres, se diseminó y promovió la participación de toda la ciudadanía en dicho ejercicio. A las 10:18 a.m. del 18 de octubre, miles de puertorriqueños practicaron el método sugerido para protegerse de un terremoto fuerte: **agacharse, cubrirse debajo de un**

objeto resistente y sujetarse del mismo por un minuto. A los interesados en participar (comunidades, escuelas públicas y privadas, iglesias, agencias públicas y privadas, manejadores de emergencias, hospitales, etc.) se les orientó para que visitaran y se registraran en la página oficial de internet del Gran ShakeOut de Puerto Rico (<http://shakeout.org/puertorico/>). El simulacro fue todo un éxito y se registraron más de 750,000 personas en todo Puerto Rico. Simultáneamente, se realizaron pruebas de los diversos sistemas de comunicaciones en caso de terremotos y tsunamis, en colaboración con AEMEAD, la Oficina de Pronósticos de San Juan del Servicio Nacional de Meteorología (NWS-SJ) y el Sistema de Alerta de Emergencia de Puerto Rico (EAS). A raíz del éxito del ShakeOut, la RSPR presentó dos afiches informativos sobre la participación y estrategias de dicho ejercicio en la conferencia anual del *American Geological Union (AGU)* en San Francisco, California.





Programa Tsunami Ready

Wildomarís González Ruiz y
Carolina Hincapié Cárdenas, MSc

Durante el año 2012, los trabajos del Programa *TsunamiReady* se concentraron en la realización de talleres en donde se discutieron los mapas

de desalojo por tsunami para cada municipio costero de Puerto Rico. Todos los pueblos costeros del área Este de Puerto Rico, desde Maunabo hasta Luquillo incluyendo las islas municipio de Vieques y Culebra, celebraron las actividades con la participación de representantes de la comunidad, la industria, agencias municipales y estatales (Figura 33). Hacia finales del 2012 se visitaron a las autoridades municipales de Hatillo, Camuy, Loíza



Figura 33: Taller conjunto de Humacao y Naguabo (RSPR - UPRM).

y Río Grande para recibir su visto bueno y compromiso de iniciar los esfuerzos para completar los requisitos del programa. Antes de finalizar el año, Camuy y Hatillo lograron discutir en público su mapa de desalojo. Por otra parte, siete municipios costeros fueron reconocidos como *TsunamiReady* por el Servicio Nacional de Meteorología, ya que cumplieron con los requisitos establecidos por el programa (Tabla 5). Así pues, para el 2012, Puerto Rico contaba con 26 municipios reconocidos como *TsunamiReady* y 11 municipios en proceso, de los cuales, Patillas, Maunabo, Yabucoa, Humacao, Luquillo, Vieques y Culebra trabajaban arduamente para culminar exitosamente. Se efectuaron tres ceremonias de reconocimiento durante el año con la presencia de los

respectivos alcaldes de los municipios de Guayanilla (Figura 34), Guánica (Figura 35) y Ceiba (Figura 36).

Parte importante del aspecto educativo dentro del programa *TsunamiReady* es el impacto que se genera en las comunidades y fundamentalmente en las escuelas. El material desarrollado, tal como los Currículos de Tsunamis, se expuso particularmente en tres actividades para educadores. La primera de ellas fue para los facilitadores del área de Ciencias del Departamento de Educación de Puerto Rico, quienes se comprometieron a difundir la información a los maestros de las escuelas que tienen bajo su cargo. Los otros



Tabla 5: Municipios reconocidos Tsunami Ready durante el año 2012 (RSPR-UPRM).

Municipio	Fecha de reconocimiento
Yauco	27 de enero
Santa Isabel	2 de abril
Salinas	24 de mayo
Guánica	7 de agosto
Fajardo	26 de septiembre
Naguabo	4 de octubre
Ceiba	8 de octubre



Figura 34. Actividad de reconocimiento de Guayanilla con el Hon. Edgardo Arlequín Vélez (RSPR-UPRM).



Figura 36. Actividad de reconocimiento de Ceiba con el Hon. Pedro Colón Osorio (RSPR-UPRM).

dos talleres fueron dirigidos a maestros de las regiones Norte y Este de la isla. Aproximadamente, se logró reunir a un total 180 educadores. Con el propósito de facilitar el uso de los Currículos, se desarrolló el portal electrónico de Currículo de Tsunamis (Figura 37): <http://www.prsn.uprm.edu/Spanish/tsunami/curriculo/index.php>, donde el público general puede encontrar los manuales, guías, herramientas educativas y un espacio donde las personas comparten sus experiencias utilizando el material disponible.



Figura 35. Actividad de reconocimiento de Guánica con el Hon. Martín Vargas Morales (RSPR-UPRM).



Figura 37. Página de internet del Currículo de Tsunamis (RSPR-UPRM).

Colaboración y financiamiento de la RSPR

Durante el año 2012, el funcionamiento de 24 horas los siete días de la semana, las mejoras y los proyectos realizados en la RSPR, fueron posibles gracias a la asignación de fondos de las siguientes agencias:

Fondos locales

Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez (UPRM)

Estado Libre Asociado de Puerto Rico (ELA, Ley 106 de 2002)

Gobierno Central (ELA, Oficina de Gerencia y Presupuesto)

Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (AEMEAD)

Fondos federales

National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP)

National Tsunami Hazard and Mitigation Program (NTHMP)

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA)

National Science Foundation (NSF)

United States Geological Survey (USGS)

University of Hawaii Sea Level Center (UH SLC)

* Las investigaciones han sido financiadas tanto por fondos locales como federales.

Instalaciones de Equipos y Servicios

Universidad de Puerto Rico (UPR) - Recintos de Mayagüez, Aguadilla, Humacao y Ponce

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico (DRNA)

Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico (AEE)

United States Fish and Wildlife (USFW)

Hacienda La Esperanza, Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico

Sistema Universtario Ana G. Méndez Fundación Angel Ramos (Observatorio de Arecibo)

Universidad Interamericana de Puerto Rico - Recinto de Guayama

Universidad de las Islas Vírgenes - Recinto de Saint Thomas

Centro Residencial de Oportunidades Educativas de Mayagüez (CROEM - DE, Puerto Rico)

El Obispado, Iglesia Católica de Ponce

Colegio Católico San Antonio Abad, Humacao

Convento Hermanas Misionera del Buen Pastor, Guaynabo

Department of Disaster Management (DDM, British Virgin Islands)

Instituto Sismológico Universitario (ISU, República Dominicana)

Personal

Administración e Investigación

Victor Huérfano Moreno, PhD	Director e Investigador Asociado
Alberto López Venegas, PhD	Catedrático Auxiliar (Geología)
Jeanette López Matos	Asistente Administrativa III
Yamillette Vargas Rivera, MBA	Secretaria Administrativa III
Dalixza Irizarry Martínez	Secretaria Administrativa I
Annie Plaza Rodríguez	Estudiante Graduado
Christie Silva Feliciano	Estudiante Subgraduado

Programa Educativo

Glorymar Gómez Pérez	Oficial de Programas
Aimeé Montero Arce	Estudiante Graduado
Mariana León Pérez	Estudiante Graduado
Lorena Vázquez Arbelo	Estudiante Graduado
Jesenia Figueroa Nieves	Estudiante Subgraduado

Programa Tsunami Ready

Carolina Hincapié Cárdenas, M. Sc.	Auxiliar de Investigación I
Wildaomaris González Ruiz	Auxiliar de Investigación I

Instrumentación

Juan Lugo Toro	Especialista en Instrumentación Científica
José Cancel Casiano	Especialista en Instrumentación Científica
Javier Santiago Acevedo	Especialista en Instrumentación Científica
Celestino Lucena Cabassa	Trabajador

Computación y Telecomunicaciones

Angel Feliciano Ortega	Especialista en Computación y Telecomunicaciones
Yasel Morales García	Programador de Sistemas Electrónicos II
Ricardo Rivera Nieves	Programador de Sistemas Electrónicos II
Ranfys Valle Simmons	Estudiante Subgraduado
Kermel Ruperto Justiniano	Estudiante Subgraduado
Angel H. Camelo Vázquez	Estudiante Subgraduado

Análisis de Datos Geofísicos

Gisela Báez Sánchez	Auxiliar de Investigación III
Harold J. Irizarry Muñoz	Auxiliar de Investigación II
Lillian Soto Cordero M. Sc.	Asociada de Investigación
Fernando Ferrer Vargas	Auxiliar de Investigación I
Benjamín Colón Rodríguez	Auxiliar de Investigación II
María Torres Vega, M. Sc.	Auxiliar de Investigación II
Javier Charón Ramírez, M. E.	Auxiliar de Investigación II
Francis Pérez Ramos	Auxiliar de Investigación I
José F. Martínez Colón, M. Sc.	Auxiliar de Investigación I
Marianela Mercado Burgos	Estudiante Graduado
Zamara Fuentes Figueroa, M. Sc.	Estudiante Graduado
José R. Hernández Ramírez	Estudiante Graduado
Cristina M. López Ramos	Estudiante Graduado
Felix O. Rivera Santiago	Estudiante Graduado
Denny M. Torres Ortiz	Estudiante Graduado
Arlenys Ramírez Rivera	Estudiante Graduado
Sully A. Lebrón Rivera	Estudiante Graduado
Daniel J. Mercado Rosario	Estudiante Subgraduado
Fatima A. Zevallos Jean-Louis	Estudiante Subgraduado

INFORME ANUAL 2012

Gisela Báez Sánchez
Arlenys Ramírez Rivera
Daniel J. Mercado Rosario
Norberto Rojas Mercedes
Editores

Daniel J. Mercado Rosario
Diseño gráfico y de portada

El informe anual es una publicación de la
Red Sísmica de Puerto Rico.



Parte del personal y estudiantes que laboran en la Red Sísmica de Puerto Rico.

En la fila posterior (de izquierda a derecha): Wildaomaris González, José Cancel, Angel Bruno, Javier Santiago, Juan Lugo, Lorena Vázquez, Harold J. Irizarry, Jose F. Martínez, Norberto Rojas y Javier Charón. En la primera fila (de izquierda a derecha): Angel Feliciano, Yamilette Vargas, Benjamín Colón, Arlenys Ramírez, María del C. Torres, Dalixza Irizarry, Gisela Báez-Sánchez y Víctor Huérfano. Arrodillados al frente: Ricardo Rivera y Daniel Mercado (PRSN-UPRM).

Redes Contribuyentes de Datos Sísmicos

Centro de Investigaciones Sísmicas, Universidad de las Indias Occidentales (Trinidad y Tobago)

Departamento de Recursos Naturales de Canadá

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas - FUNVISIS (Venezuela)

Incorporated Research Institutions for Seismology - IRIS (Estados Unidos)

Instituto Meteorológico de los Países Bajos

Instituto Nicaraguense de Estudios Territoriales - INETER (Nicaragua)

Instituto Sismológico Universitario, Universidad Autónoma de Santo Domingo - ISU (República Dominicana)

International Deployment of Accelerometers - IDA (Universidad de California, Recinto de San Diego)

Lamont- Doherty Earth Observatory (Estados Unidos)

Observatorio GEOSCOPE (Francia)

Observatorio GEOFON (Alemania)

Observatorio Volcanológico y Sismológico de Costa Rica - OVSICORI

Observatorio Volcanológico y Sismológico de Guadalupe y Martinique (Antillas Francesas)

Red Sísmica de Chiriquí (Panamá)

Red Sísmica de las Islas Caimán

Red Sísmica Nacional de Colombia (Instituto Colombiano de Geología y Minería) - INGEOMINAS (Colombia)

Red Sísmica Nacional de Estados Unidos - NEIC

Servicio Nacional de Estudios Territoriales - SNET (El Salvador)

Servicio Sismológico Nacional (México)

Universidad de Colima (México)

Universidad de Querétaro, Universidad Nacional Autónoma de México



Mensajería de tsunami

Estos son los distintos *banners* que se actualizarán en nuestro portal cibernético oficial (<http://redsismica.uprm.edu>) según el mensaje de alerta de tsunami emitido para el área de responsabilidad de la RSPR.



Un AVISO de tsunami está en efecto para Puerto Rico e Islas Vírgenes

Boletín
Emitido (Hora Local): 2012-12-26 21:42:15
Tiempos Estimados de Arribo de Tsunami



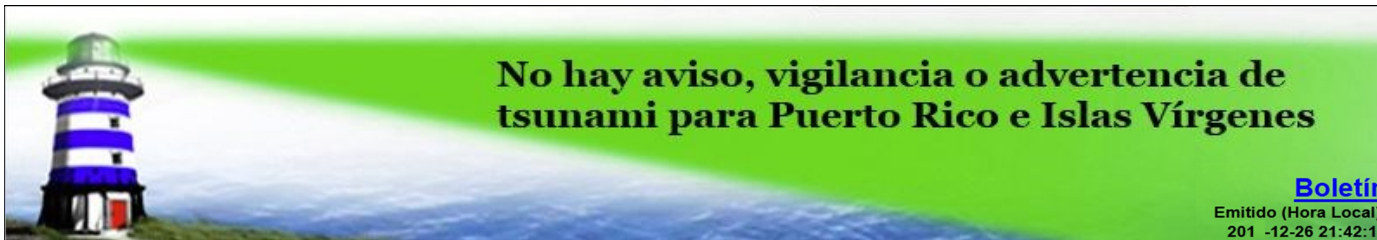
Una ADVERTENCIA de tsunami está en efecto para Puerto Rico e Islas Vírgenes

Boletín
Emitido (Hora Local): 2012-12-26 21:42:15
Tiempos Estimados de Arribo de Tsunami



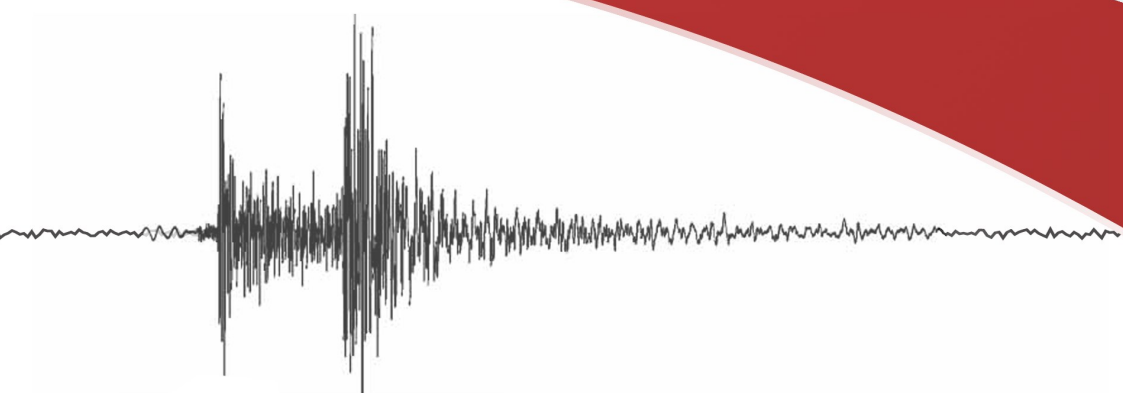
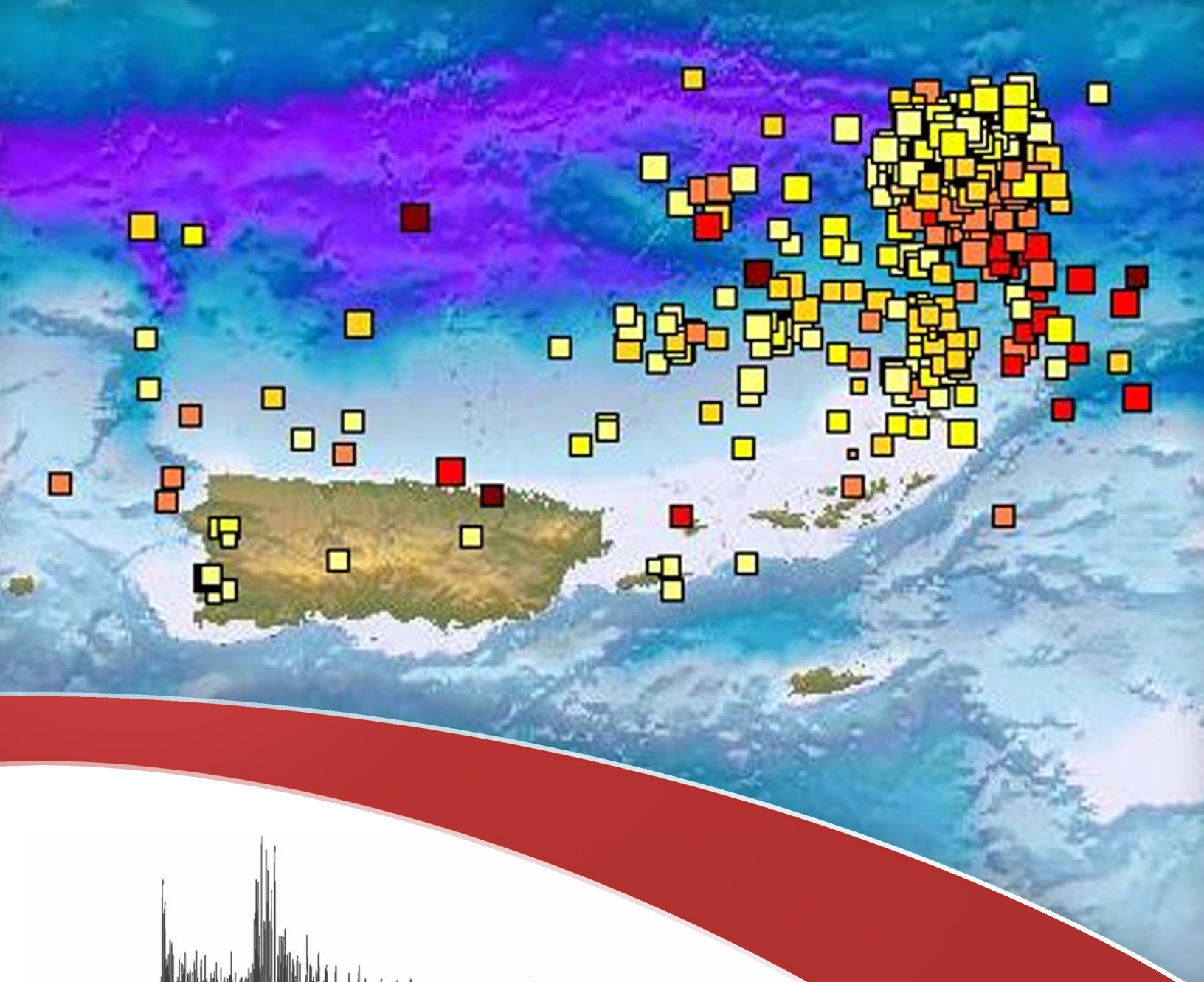
Una VIGILANCIA de tsunami está en efecto para Puerto Rico e Islas Vírgenes

Boletín
Emitido (Hora Local): 2012-12-26 21:42:15
Tiempos Estimados de Arribo de Tsunami



No hay aviso, vigilancia o advertencia de tsunami para Puerto Rico e Islas Vírgenes

Boletín
Emitido (Hora Local):
201 -12-26 21:42:15



Dirección Postal:

Departamento de Geología,
Recinto de Mayagüez,
Universidad de Puerto Rico, Call Box 9000,
Mayagüez, Puerto Rico, 00681 - 9000

E-mail: staff@prsn.uprm.edu
Teléfono: 787 - 833 - 8433

