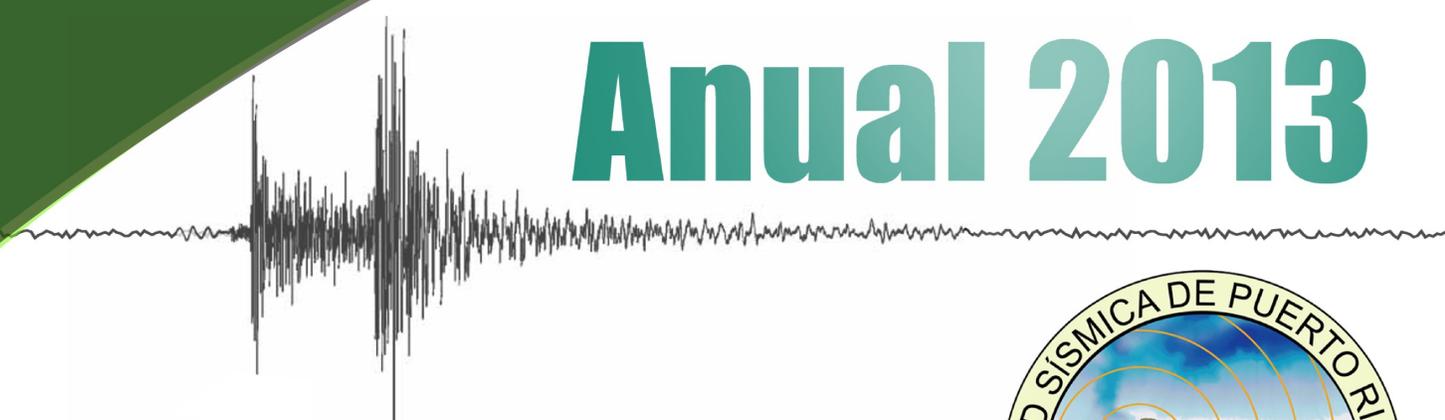




Informe Anual 2013



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



INFORME ANUAL 2013

RED SÍSMICA

DE

PUERTO RICO

2013

PUERTO RICO

DE

RED SÍSMICA

INFORME ANUAL 2013

TABLA DE CONTENIDO

Mensaje del director	1		
Operaciones	2	Paleotsunamis en las Antillas.....	16
Sismicidad durante el 2013.....	2	Programa Educativo.....	17
Sismos Sentidos	5	Programa TsunamiReady	18
Enjambres Sísmicos	7	Proyectos Operacionales.....	20
Energía Liberada	9	Monitoreo de sistemas de detección	
Sistemas de monitoreo sísmico y mareográfico		automática.....	20
.....	11	Broadcast Server y Shakemaps.....	21
Estaciones mareógraficas	11	Catálogo Histórico y Base de datos.....	21
Estaciones de GPS.....	13	Manual de Operaciones y Plan COOP	22
Investigaciones	14	Ejercicio CARIBEWAVE/LANTEX 2013.....	23
Una mirada a la investigación sismológica		Colaboración y Financiamiento	24
.....	14	Redes Contribuyentes.....	25
Estimado de daños en Puerto Rico utilizando		Personal.....	27
Escenarios de Terremotos Históricos y Potencia			
les.....	15		

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

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, detección e información de la actividad sísmica y de tsunamis en los archipiélagos de Puerto Rico e Islas Vírgenes (Americanas y Británicas).

MENSAJE DEL DIRECTOR



El 2013 fue un año lleno de retos, de expectativas y de cosas novedosas por parte de la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR). Cumpliendo con nuestra misión que es la de monitorear la actividad sísmica y de tsunamis en nuestra Isla del Encanto así como en las Islas Vírgenes, informar de manera confiable y oportuna a nuestras autoridades, a los medios de comunicación y por su puesto al público en general, nos planteamos diversos retos que se fueron cumpliendo a lo largo del año.

Durante este año reportamos la ocurrencia de 2,293 eventos sísmicos en nuestra área de responsabilidad, de los cuales 44 fueron reportados como sentidos por la ciudadanía, y debemos agradecer a nuestro Creador que no hubo daños que lamentar; sin embargo también son un recordatorio que estamos en una zona sísmicamente activa y que por lo tanto podríamos ser afectados por un evento sísmico mayor el día menos pensado. Este año, la RSPR mantuvo en todo momento su capacidad operacional, que incluye un funcionamiento continuo de por lo menos el 75% de los equipos operados por la RSPR, que incluyen sismómetros, acelerómetros, mareógrafos y GPS.

Operacionalmente, nuestro mayor logro fue la instalación de tres estaciones sísmicas de banda ancha, una en la Isla Virgen Gorda, otra en la Convento del Buen Pastor en Guaynabo y la otra en los alrededores de la represa Cerrillos en Ponce. Se continuó apoyando los esfuerzos regionales de monitoreo mediante la ayuda técnica a nuestras redes vecinas. Si bien el mantener un monitoreo las 24 horas del día los 7 días de la semana es parte de nuestro trabajo diario, en este año adelantamos múltiples esfuerzos para proveer materiales educativos y llevar el mensaje de preparación a nuestro pueblo. Ejemplo de ello podemos citar los ejercicios que se llevaron a cabo como: LANTEX que es un ejercicio de tsunami y SHAKEOUT que es un ejercicio de terremoto. En ambas actividades se cumplieron los objetivos tanto de la revisión y prueba de los planes y sistemas de comunicación oficiales, así como en la participación ciudadana. Igualmente se trabajó arduamente con el programa de tsunamis de Puerto Rico y logramos ayudar a 11 municipios para que logran su reconocimiento como TsunamiReady por parte del Servicio Nacional de Meteorología (NOAA/NWS). Durante este año la RSPR impactó educativamente a 14,099 personas mediante conferencias, talleres, seminarios, etc.

En 2013, nuestro personal participó en importantes reuniones científicas como son las de *American Geophysical Union* y *Seismological Society of America*. Además se publicaron importantes resúmenes y documentos científicos donde se presentan los resultados de nuestro trabajo. Se participó en importantes reuniones regionales bajo la bandera del programa de tsunamis de la UNESCO y bajo el Programa Nacional de Tsunamis NTHMP (*National Tsunami Hazard and Mitigation Program*), así mismo nuestros estudiantes tuvieron la oportunidad de presentar sus trabajos en el *Geological Society of America* en San Juan, Puerto Rico.

Nada de todo lo anterior sería posible sin la dedicación y entrega de nuestro personal, al cual le estoy muy agradecido. Igualmente mis reconocimientos para quienes nos apoyan técnica y financieramente como son el Gobierno Central del Estado Libre Asociado de Puerto Rico (ELA), la Universidad de Puerto Rico (UPR) y el Recinto de Mayagüez (UPRM), la Agencia Estatal de Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (AEMEAD), la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA), la Administración Nacional de la Atmósfera y los Océanos (NOAA), el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EEUU (USACE), el Servicio Geológico Federal (USGS), y a todas aquellas personas que nos ayudaron de manera desinteresada durante este año, que aunque no las mencione por nombre saben quiénes son. Finalmente a nuestro querido pueblo de Puerto Rico, gracias por su apoyo y por entendernos, hacemos nuestro mejor esfuerzo por informales, es nuestro norte y así seguirá con el favor de nuestro buen Dios.

Sinceramente,

Victor A. Huérfano Moreno, PhD



OPERACIONES

Sismicidad durante el año 2013

Durante el 2013, la RSPR localizó un total de **2,293 sismos** (Figura 1) en el área de responsabilidad (AOR) 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 2012 (2,852 sismos), la sismicidad detectada y localizada disminuyó en un 20%, estos son **559 temblores** menos que el año anterior. En este año el mes de mayor sismicidad fue **septiembre** con **272 temblores** y el mes de menor sismicidad fue **febrero** con **114 sismos** (Figura 2). Del total de la sismicidad del 2013, **44 temblores (1.92%)** fueron reportados como sentidos, todos fueron localizados dentro de nuestra AOR. Las magnitudes (M_d) de los eventos sísmicos calculadas para este año por la RSPR variaron de **1.0 a 5.12** aunque para los eventos sentidos las mismas variaron de **2.36 a 5.12**. Durante el 2013 las profundidades variaron entre **1 km a 182 km**, mientras que para los sismos sentidos fueron desde **4 km a 112 km**. Los sismos con profundidades de **0 a 25 km** fueron los más frecuentes con **971 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 2013 fue la **Zona Sísmica del Sombrero** con **504 eventos sísmicos**, seguida por la **Plataforma de las Islas Vírgenes** con **246 sismos**.

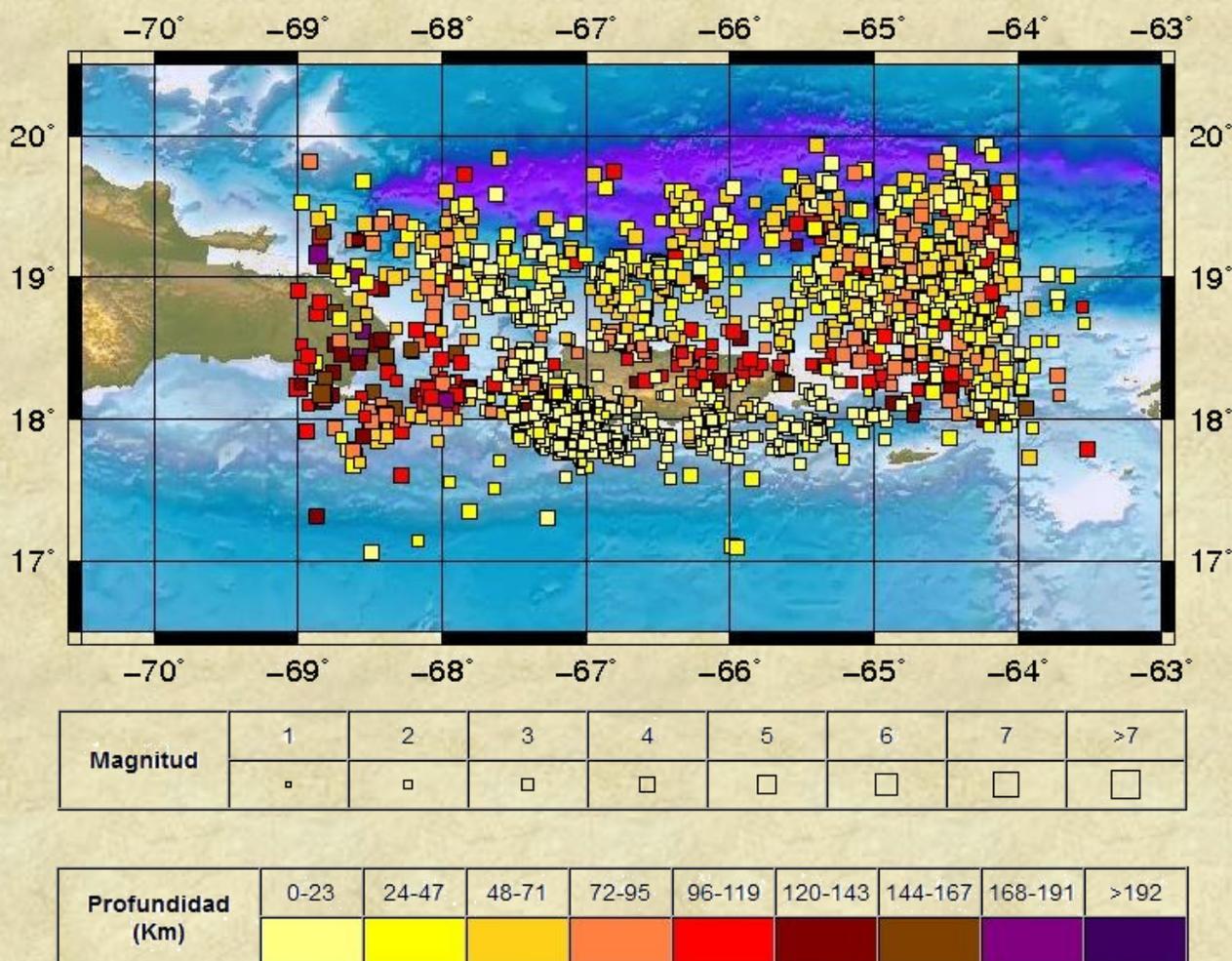


Figura 1. Mapa epicentral de los sismos localizados por la Red Sísmica de Puerto Rico para el año 2013 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

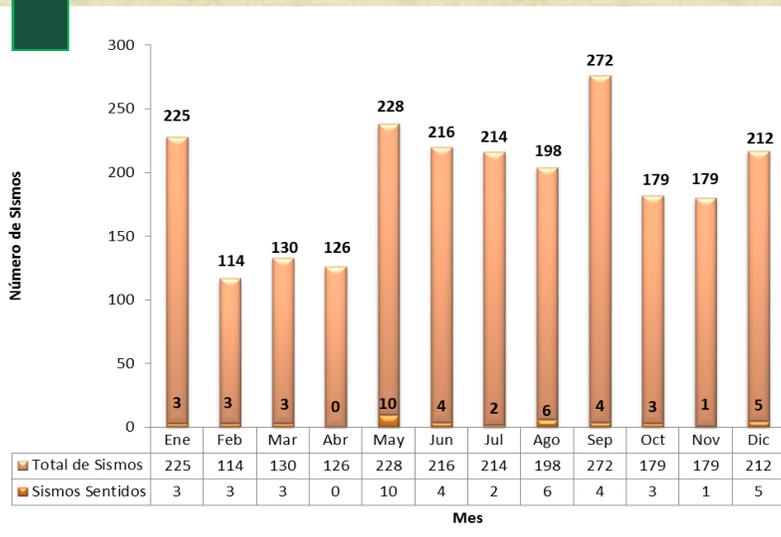


Figura 2. Distribución mensual de sismos localizados y reportados como sentidos durante el 2013 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

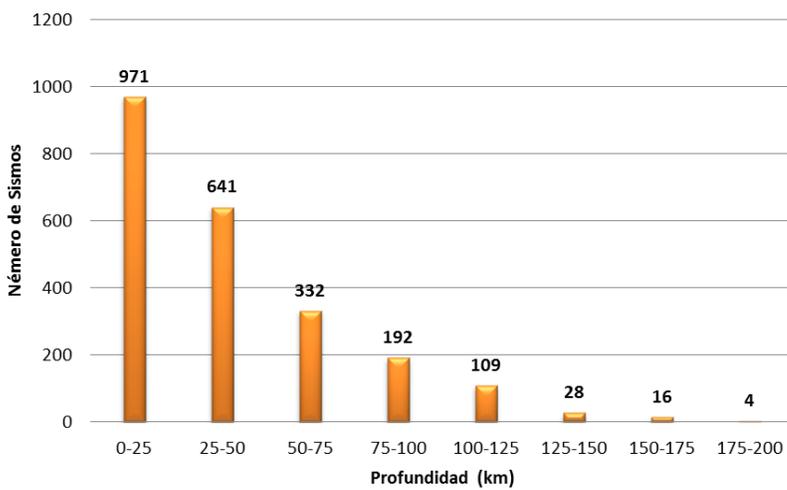
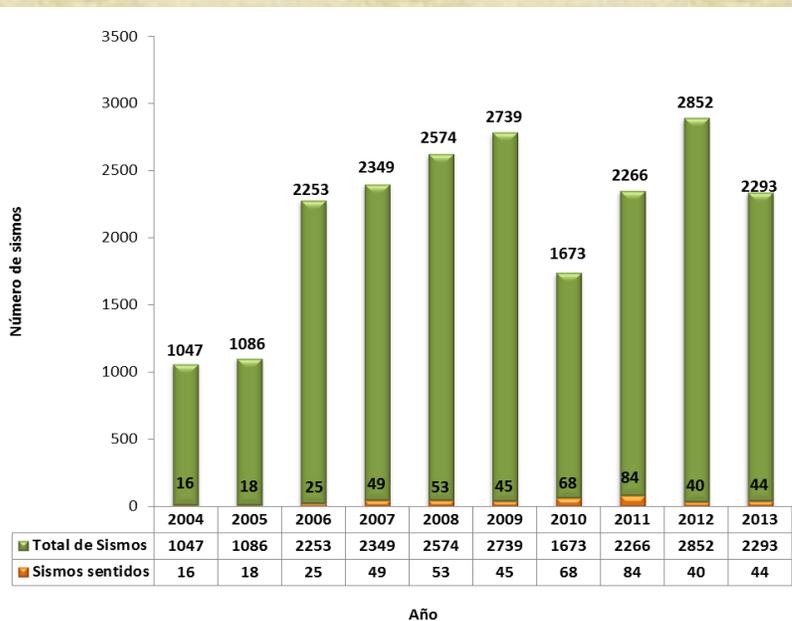


Figura 3. Distribución de sismos por profundidad para el 2013 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).



De los últimos 10 años, este es el 5^{to} año de menor sismicidad con **2,293** temblores, mientras que el 2011 le sigue con un total de 2,266 sismos (Figura 4). El año de menor sismicidad es el 2004 con 1,047 temblores.

La distribución sísmica por magnitudes calculadas durante los últimos diez años (de 2004 a 2013), muestra que el rango de magnitudes (Md) con mayor número de sismos es de **2.0 a 3.0 (Md)** con un total de **9,123 temblores** (Figura 5). Este rango de magnitudes fue seguido por magnitudes de **3.0 a 4.0 (Md)** con **8,063** sismos. Las magnitudes calculadas por la RSPR durante el **2013** variaron de **1.0 a 5.12 (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 (2012). El mismo va de **2.0 a 3.0 (Md)** con **1,353 sismos**, seguido por magnitudes de **3.0 a 4.0 (Md)** con **640** sismos.

La concentración de sismicidad para el 2013 estuvo ampliamente distribuida en toda la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (Figura 7). Las regiones sísmicas con mayor actividad fueron la **Zona Sísmica del Sombrero** con **504 temblores**, la **Plataforma de las Islas Vírgenes** con **246 temblores** y la **Zona de la Falla de los 19° N** con **236 temblores** (Tabla 1). Las regiones de menor actividad sísmica durante este año fueron: la Dorsal de Santa Cruz, Santa Cruz, Región Sureste de PR, en las cuales no se localizó ningún sismo. Les siguen la Región Noreste de PR con 1 sólo sismo y la Región Noroeste de PR con 3 sismos. Las regiones con mayor número de sismos sentidos fueron la Región Al Sur de Puerto Rico, la Zona de la Falla Septentrional y la Zona de la Falla de los 19°N, cada una con 5 sismos sentidos.

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 2013 (RSPR - UPRM).

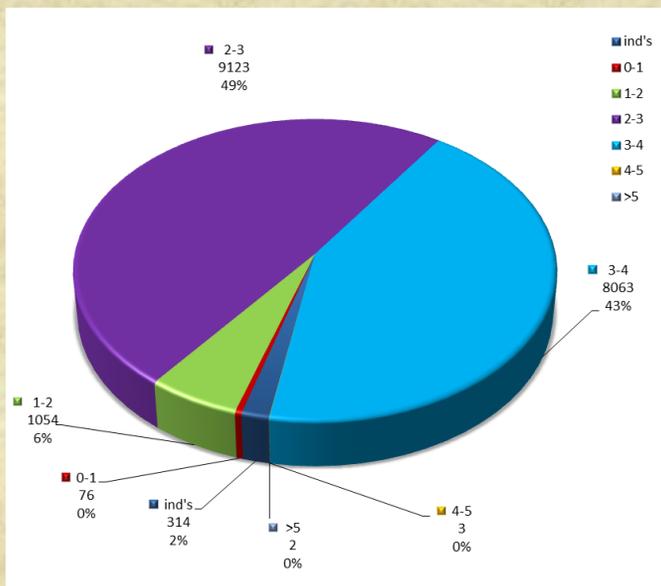


Figura 5. Distribución de magnitudes de los sismos localizados entre el 2004 y 2013 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

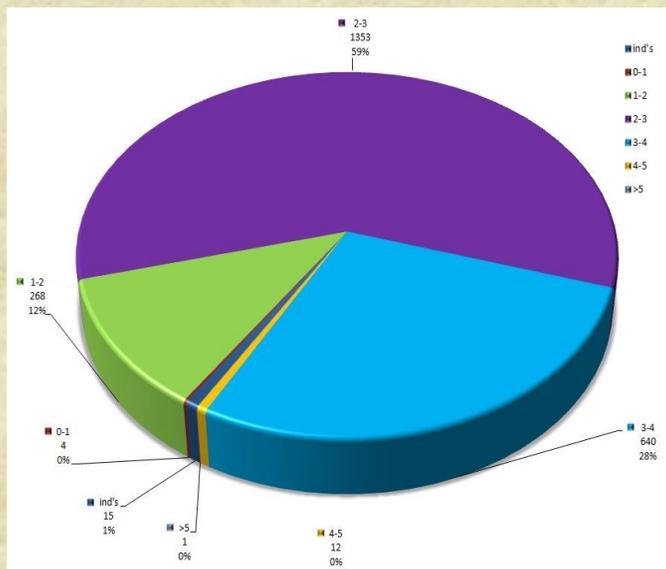


Figura 6. Distribución de magnitudes de los sismos localizados durante el 2013 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR- UPRM).

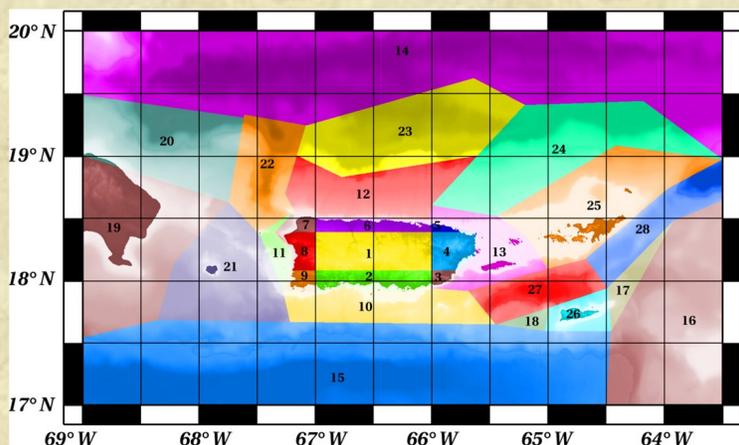


Figura 7. Mapa de las zonas sísmicas de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR-UPRM).

Tabla 1. Distribución de sismicidad por regiones en el 2013 dentro de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR—UPRM).

Región Sísmica	Sismicidad Total	Sismos Sentidos
1.Región Central de PR	77	2
2. Región Sur de PR	79	3
3. Región Sureste de PR	0	0
4. Región Este de PR	17	0
5. Región Noreste de PR	1	0
6. Región Norte de PR	10	2
7. Región Noroeste de PR	3	0
8. Región Oeste de PR	51	2
9. Región Suroeste de PR	54	1
10. Región AL Sur de PR	139	5
11. Región AL Oeste de PR	50	0
12. Región AL Norte de PR	70	2
13. Región AL Este de PR	36	1
14. Trinchera de PR	214	1
15. Trinchera de Muertos	15	1
16. Islas de Barlovento	18	0
17. Plataforma de Santa Cruz	7	0
18. Dorsal de Santa Cruz	0	0
19. Región Oriental de la RD	82	2
20. Zona de la Falla Septentrional	85	5
21. Pasaje de la Mona	105	4
22. Cañón de la Mona	100	2
23. Zona de la Falla de los 19°N	236	5
24. Zona Sísmica del Sombrero	504	3
25. Plataforma de las Islas Vírgenes	246	3
26. Santa Cruz	0	0
27. Depresión de las Islas Vírgenes	52	0
28. Pasaje de Anegada	42	0
TOTAL	2293	44

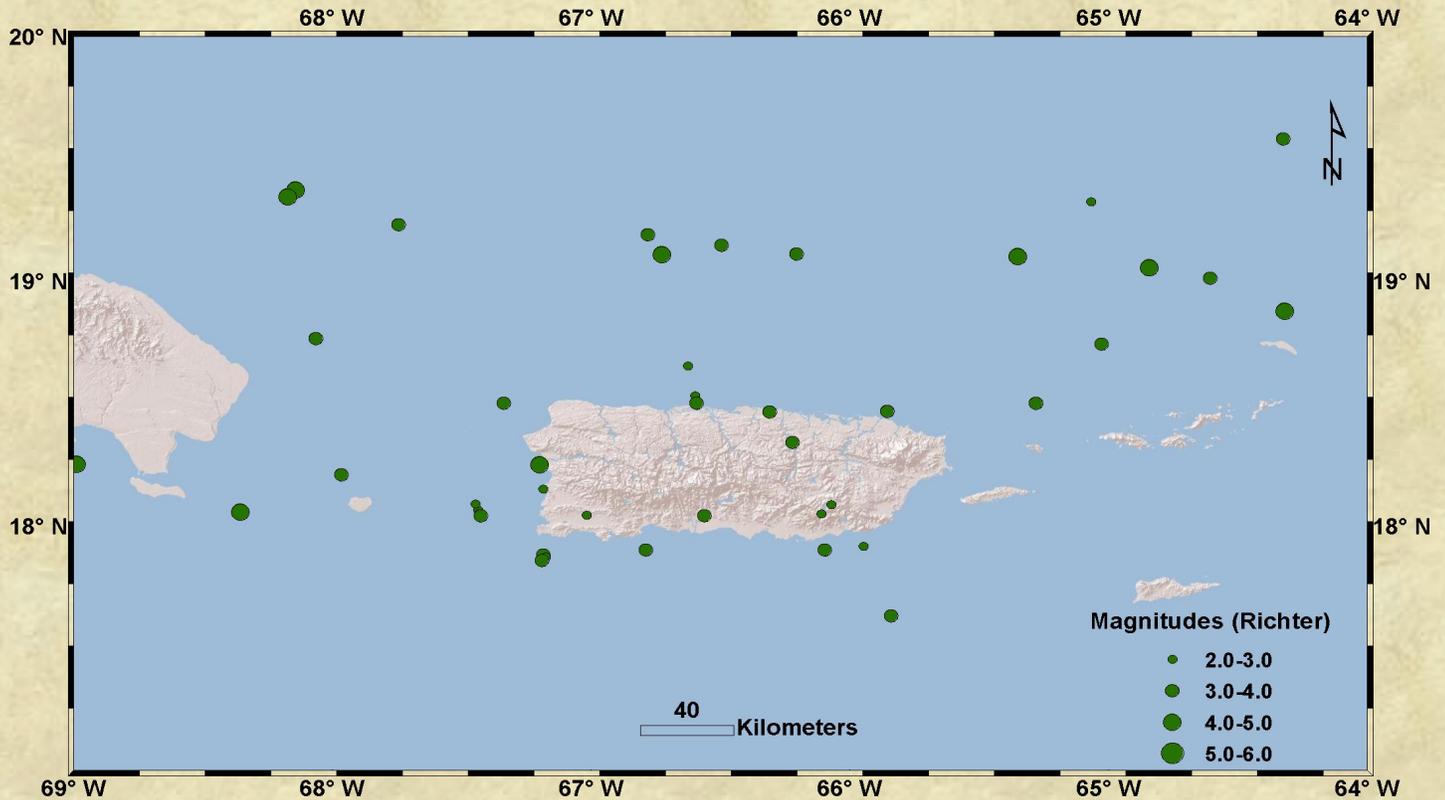


Figura 8. Mapa epicentral de los sismos sentidos (intensidad en Escala Mercalli dentro del círculo) en Puerto Rico e Islas Vírgenes durante el año 2013 en nuestra área de responsabilidad (latitud 17.00° a 20.00° y longitud -63.50° a -69.00°) (RSPR-UPRM).

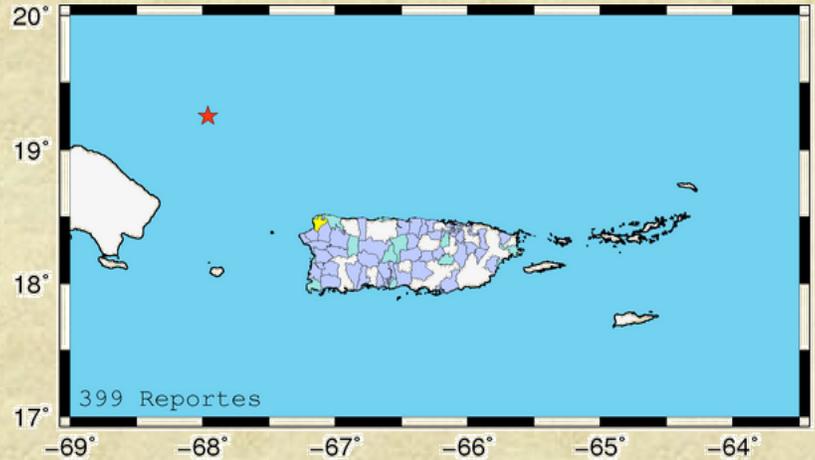
Durante el 2013, **44** temblores fueron reportados como sentidos a la RSPR (Figura 8). El **sismo sentido de mayor magnitud e intensidad** localizado dentro de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes para el año 2013 ocurrió el **26 de febrero a las 13:07:34** (hora local de Puerto Rico). Este sismo local de magnitud 5.1 (Md) fue localizado en la Zona de la Falla Septentrional a unos 85.5 Km al Noreste de Punta Cana, República Dominicana (Latitud: 19.25°; Longitud: -67.96°), a una profundidad de 8 km. Este sismo moderado fue sentido en el oeste y centro de Puerto Rico, con intensidad máxima de V (Escala Mercalli Modificada) en Aguadilla, Puerto Rico (Figuras 9a y 9b).

Por otro lado, el segundo sismo sentido de mayor magnitud (**4.4 Md**) del año 2013 se localizó en la Zona Sísmica del Sombrero dentro de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Este sismo ocurrió el 2 de octubre a las 11:26:35 (hora local de Puerto Rico). El mismo fue localizado a 85.9 Km al Norte de Culebra, Puerto Rico (Latitud: 19.09°; Longitud: -65.35°), a una profundidad de 13 km. Este sismo moderado fue sentido en todo Puerto Rico, con intensidad máxima de III (Escala Mercalli Modificada) en San Lorenzo, Puerto Rico (Figuras 9c y 9d).

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/Spanishcatalogue/index.php>



Figura 9-a. Shake Map para el sismo sentido el 26 de febrero de 2013 (RSPR-UPRM).



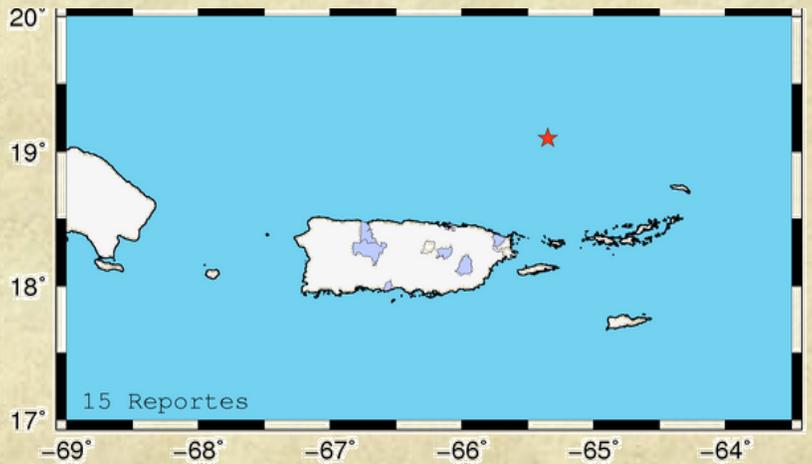
GM 2013 Apr 24 18:35:15

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-b. Mapa de intensidades reportadas por la población (CIIM, Community Internet Intensity Maps) para el sismo sentido el 26 de febrero de 2013 (RSPR-UPRM).



Figura 9-c. Shake Map para el sismo sentido el 2 de octubre de 2013 (RSPR-UPRM).



GM 2013 Oct 18 16:14:56

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-d. Mapa de intensidades reportadas por la población (CIIM, Community Internet Intensity Maps) para el sismo sentido el 2 de octubre de 2013 (RSPR-UPRM).

7 ENJAMBRES SÍSMICOS

Un **enjambre sísmico o secuencia sísmica** ocurre cuando hay una secuencia de temblores dentro de la misma región, con las mismas características (magnitud o profundidad, entre otras), en un lapso de pocas horas o días. Generalmente nos referimos a un enjambre sísmico cuando no hay un evento principal y utilizamos el concepto secuencia sísmica cuando los eventos han sido generados por un sismo principal (de mayor magnitud que sus réplicas). En el 2013, se generaron **18 enjambres** de sismos en nuestra AOR. De estos enjambres, 9 ocurrieron en la Zona Sísmica del Sombrero. El enjambre con mayor cantidad de sismos ocurrió el **12 de enero** de 2013 en la Trinchera de Puerto Rico (Tabla2, Figura 11), con un total de **35 sismos** localizados en un periodo de **15 horas**. Ninguno de estos eventos sísmicos fue reportado como sentido. Durante el 2013 solamente se registraron sismos sentidos en dos 2 de los enjambres. El primero de estos enjambres con sismos sentidos fue registrado el **22 de agosto** en el **Pasaje de Mona**, con un total de **18 temblores en 4 horas** de los cuales **2** fueron reportados como sentidos (Tabla 2, Figura 12). El segundo de estos enjambres se registró el **14 de septiembre** en la **Zona Sísmica del Sombrero** con **31 temblores en 14 horas** y tan sólo **1 sismo** reportado como sentido (Figura 13). En comparación con el 2012 (7 enjambres registrados), este año se registraron más 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 2013 se describen en la tabla 2.

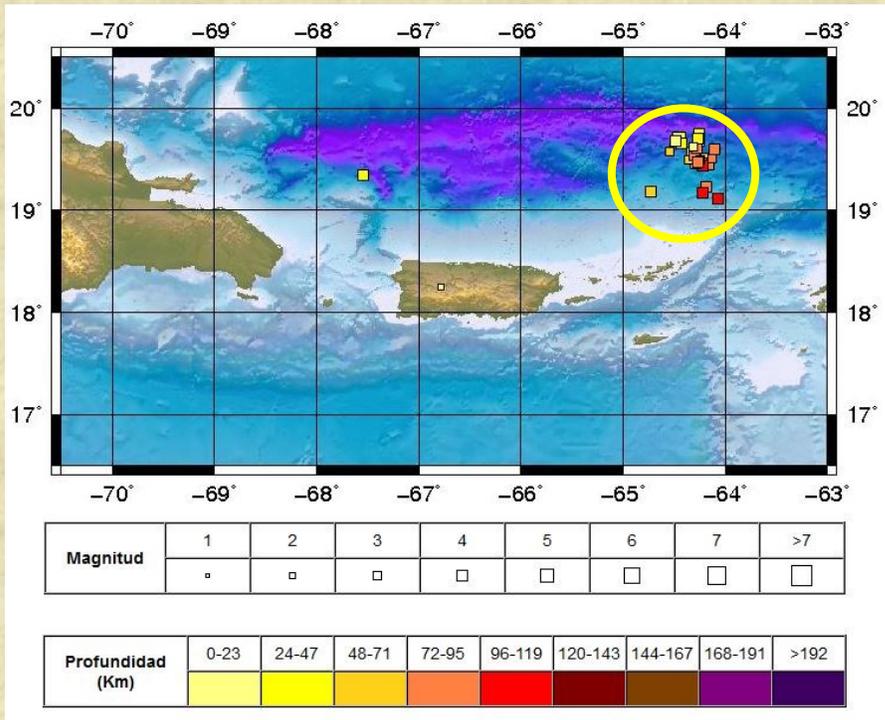


Figura 11. Mapa epicentral de los sismos asociados al enjambre sísmico ocurrido el 12 de enero de 2013 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

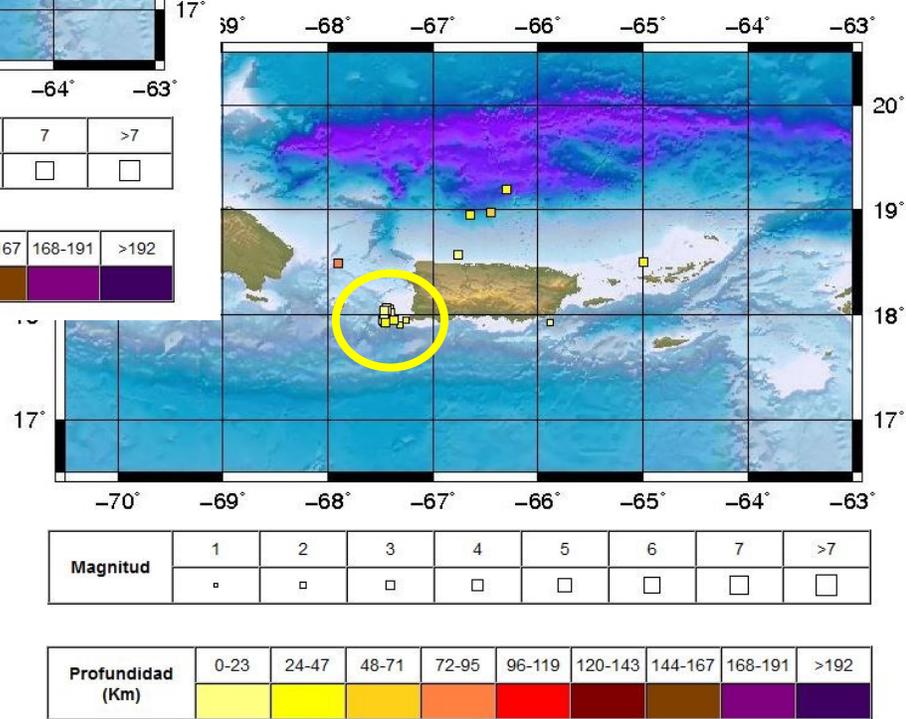


Figura 12. Mapa epicentral de los sismos asociados al enjambre sísmico ocurrido el 22 de agosto de 2013 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

Tabla 2. Descripción de los enjambres sísmicos ocurridos durante el 2013 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
Zona de la Falla de los 19° N	10 de enero	6 en 2 horas
Trinchera de Puerto Rico	10 de enero	14 en 7 hora
Trinchera de Puerto Rico	12 de enero	35 en 15 horas
Zona de la Falla de los 19° N	19 de mayo	11 en 1 hora
Zona Sísmica del Sombrero	24 de mayo	10 en 1.5 horas
Zona Sísmica del Sombrero	10 de junio	12 en 4 horas
Zona Sísmica del Sombrero	18 de junio	20 en 9 horas
Zona Sísmica del Sombrero	19 de junio	21 en 7 horas
Zona Sísmica del Sombrero	9 de julio	6 en 7 horas
Al Sur de Puerto Rico	14 de julio	6 en 38 minutos
Zona Sísmica del Sombrero	20 de julio	14 en 6 horas
Zona Sísmica del Sombrero	27 de julio	6 en 30 minutos
Pasaje de Mona	22 de agosto	18 en 4 horas , 2 sentidos
Al Sur de Puerto Rico	27 de agosto	8 en 1 hora
Zona Sísmica del Sombrero	14 de septiembre	31 en 14 horas, 1 sentido
Zona Sísmica del Sombrero	28 de septiembre	32 en 12 horas
Zona de la Falla de los 19° N	30 de septiembre	25 en 5 horas
Zona de la Falla de los 19° N	25 de diciembre	23 en 9 horas

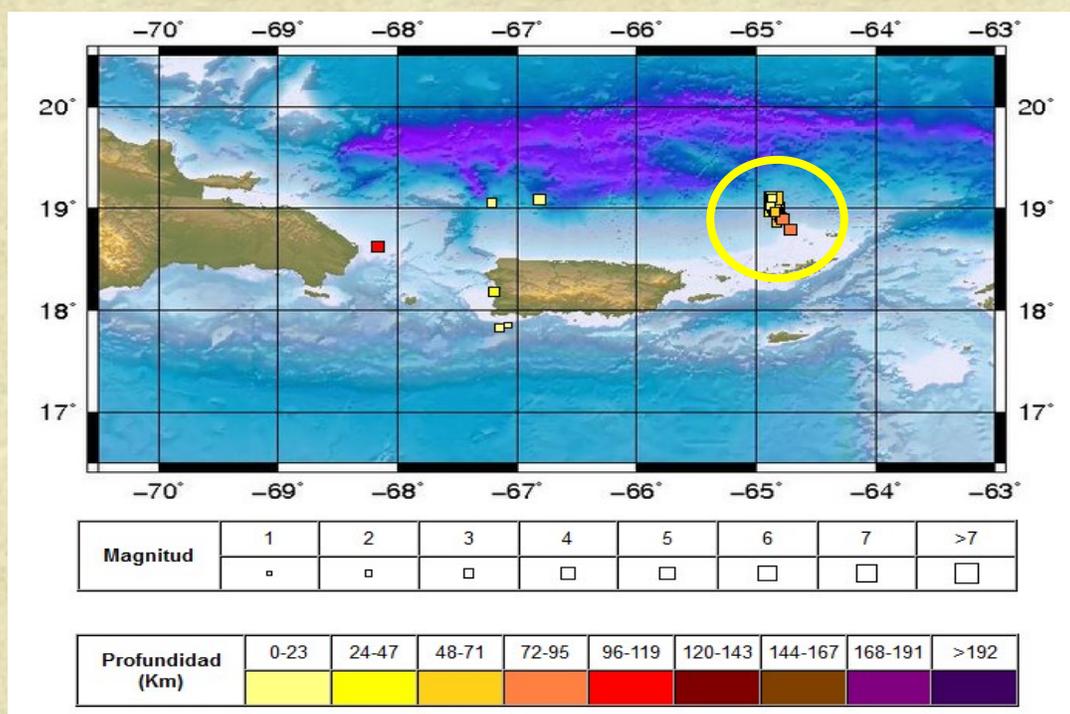


Figura 13. Mapa epicentral de los sismos asociados al enjambre sísmico ocurrido el 14 de septiembre de 2013 en la Zona Sísmica del Sombrero dentro de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

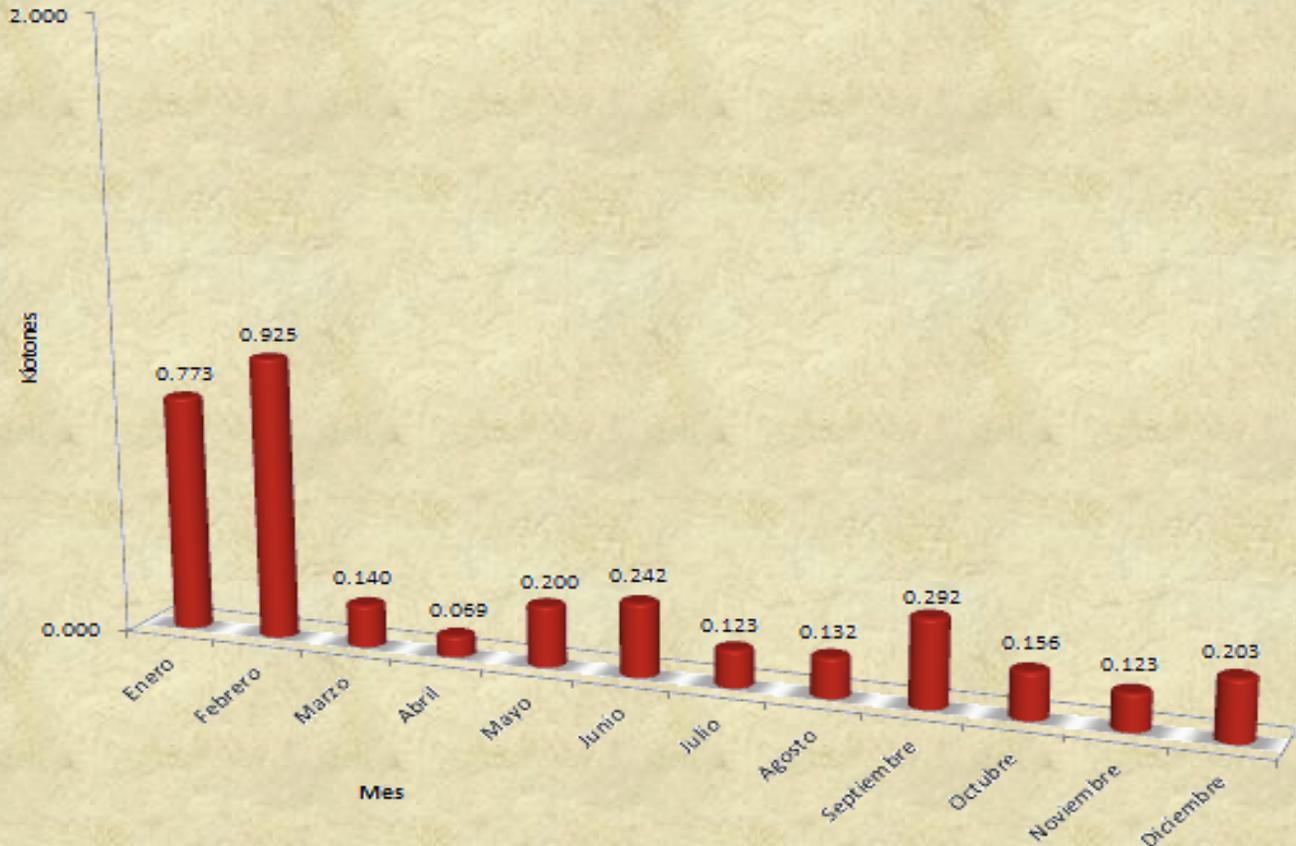


Figura 14. Energía sísmica liberada en la Región de Puerto Rico durante el 2013 (RSPR-UPRM).

Durante el 2013 la mayor liberación de energía ocurrió en el mes de **febrero** con un equivalente de **0.925** kilotones (Figura 14). Esta liberación de energía se asocia al temblor de magnitud **5.12 Md** ocurrido el 26 de febrero, aún cuando este mes fue el de menor actividad sísmica del año 2013, con 114 sismos (Figura 2). El mes de enero fue el segundo mes con mayor energía liberada con 0.773 kilotones y el tercer mes con mayor sismicidad en el 2013 (con 225 sismos). Esto se debe al hecho de que en enero ocurrió el segundo y tercer evento de mayor magnitud del año. Estos eventos ocurrieron el 10 de enero (4.94 Md) y el 12 de enero (4.53 Md), ninguno de estos eventos fue reportado como sentidos por la población. Por otro lado, septiembre y mayo, los dos meses de mayor actividad sísmica en el 2013, liberaron sólo 0.29 kilotones y 0.20 kilotones de energía, respectivamente.

En el año 2013, con 3.4 kilotones, hubo una disminución de la energía liberada de 2.0 kilotones comparada con el año anterior (2012, 5.4 kilotones). Esto se debe a la disminución en la sismicidad para la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes, así como al hecho de que sólo ocurrió un evento de magnitud mayor a 5.0 (el 26 de febrero, 5.12 Md).

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 15). 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 6 años. El total de la energía liberada durante el 2013 es equivalente a aproximadamente **22.7%** de la energía liberada por la bomba de Hiroshima. Además, es comparable con la energía liberada por un terremoto de magnitud 5.6, como el ocurrido en Oklahoma en el 2011.

Analizando los datos anuales procesados por la 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 terremotos y a su vez va deformando la microplaca de Puerto Rico e Islas Vírgenes como resultado de ese choque.

Febrero tuvo la menor sismicidad del año 2013, sin embargo fue el mes de mayor energía liberada con un total de 0.925 kilotones de energía.

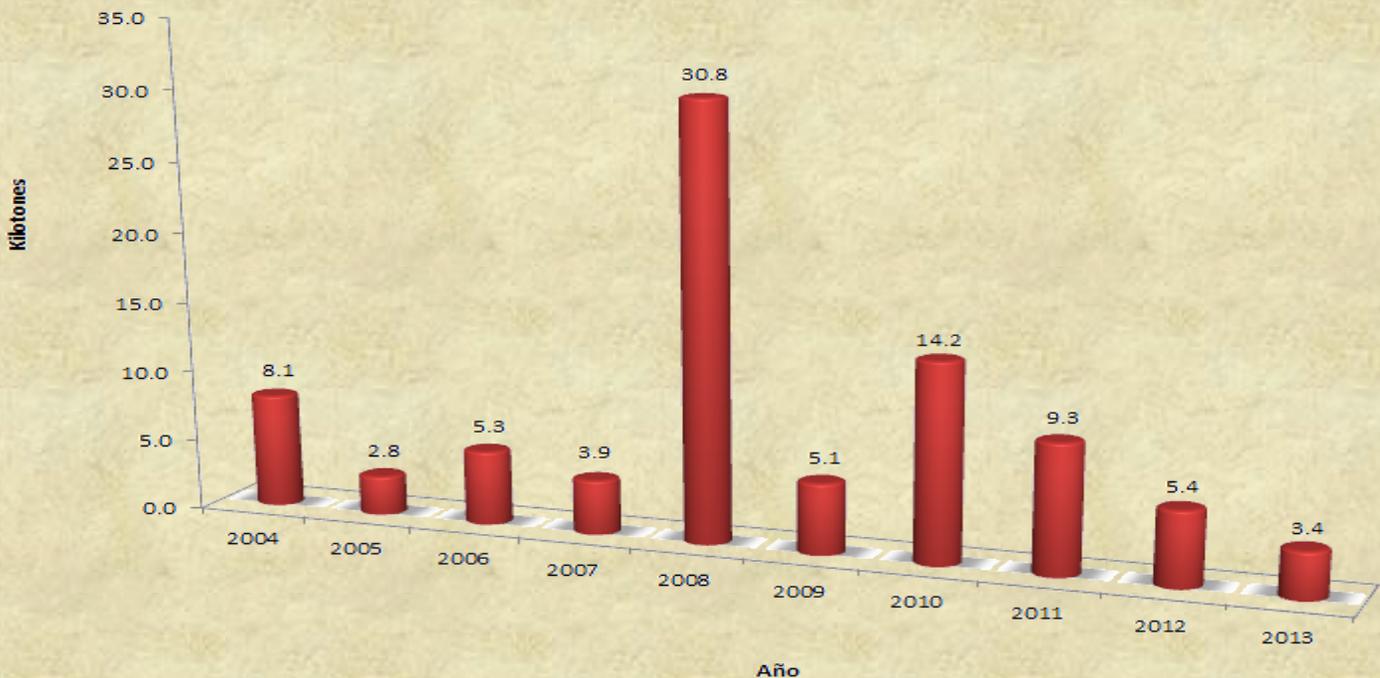


Figura 15. Energía sísmica liberada en la Región de Puerto Rico desde 2004 hasta 2013 (RSPR- UPRM).



En el 2013 la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) operó 28 estaciones sísmicas, de las cuales 23 son de banda ancha y 5 estaciones de periodo corto. Este año se añadieron tres estaciones nuevas para mejorar nuestro sistema de monitoreo sísmico en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. La primera de estas estaciones se instaló en Virgen Gorda (Islas Vírgenes Británicas), financiada con fondos ARRA del gobierno federal (a través del USGS). La segunda estación fue instalada en el Convento El Buen Pastor en Guaynabo (PR), financiada con fondos de Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés). La tercera de estas estaciones se instaló en Cerrillo en Ponce (PR) con fondos ARRA del gobierno de Estados Unidos y locales. Además se actualizó la estación de Vieques, se reemplazó la estación de Santa Cruz y se instalaron 2 estaciones experimentales, una en Yabucoa (PR) y una en Juana

Díaz (PR). Durante este año se le brindó mantenimiento de rutina a las estaciones sísmicas 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 cuenta con 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.



Benjamín Colón Rodríguez

Actualmente el sistema de monitoreo para la detección de tsunamis de la RSPR consta de múltiples estaciones de mareógrafos y boyas DARTS (*Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis*). Para estos sistemas se utilizan estaciones locales (de Puerto Rico), a nivel regional e internacional. En el año 2013 se continuó trabajando para mejorar nuestro sistema. Como parte de este trabajo se añadieron sobre 35 estaciones instaladas en el área del Caribe y el Atlántico para un total de sobre 50 sensores que miden los cambios en el nivel del mar. (Figura 16a y 16b).

Como parte de este trabajo y mejoras a nuestros sistemas, se ha actualizado nuestra página web en el enlace de monitoreo de estaciones, en la pestaña de Estaciones Mareográficas (<http://www.prsn.uprm.edu/Spanish/EstacionesV3/mareografos.php>). En este enlace estará disponibles la mayoría de estas estaciones. La data adquirida de las estaciones mareográficas es utilizada con diferentes fines. En la Red Sísmica de Puerto Rico la data es utilizada principalmente para el monitoreo de tsunamis y generación de tiempos estimados de arribo de tsunamis (o Tsunami ETAs). Por otra parte, la data es utilizada por: puertos o muelles, agencias de embarcaciones comerciales, en investigaciones científicas, pescadores, agencias de meteorología, etc. Finalmente, se continúa trabajando en la generación de datos de mareas teóricas y mantenimiento a bases de datos de nuestros sistemas.

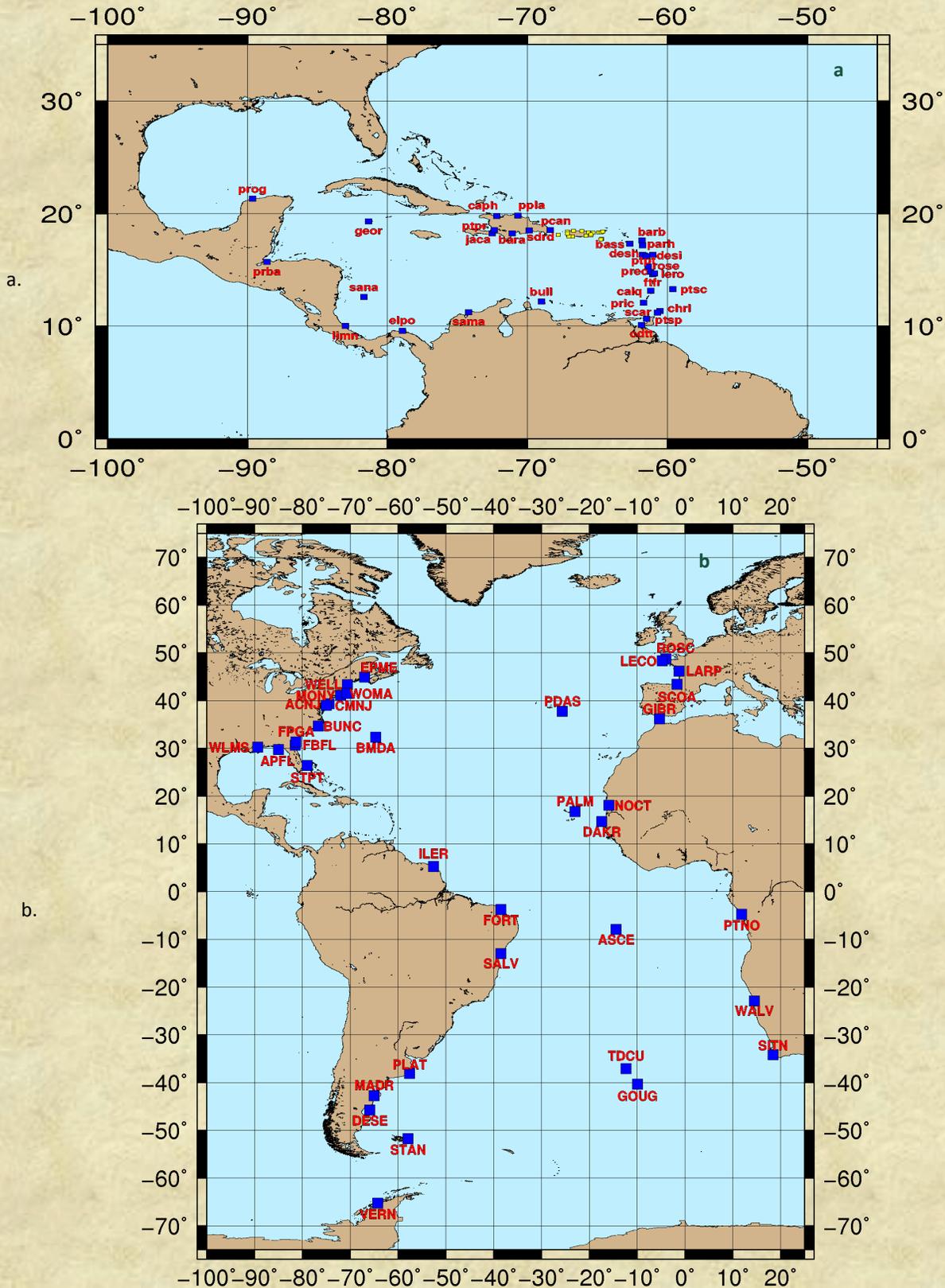


Figura 16a y 16b. Localización de los mareógrafos utilizados por la RSPR para el monitoreo de tsunamis en el Caribe y regiones adyacentes(RSPR-UPRM). El grupo de estaciones internacionales está compuesto por estaciones mareográficas pertenecientes a: la Universidad de Hawaii, Instituto de Física Global de Paris y Observatorio Volcanológico y Sismológico de Guadalupe, Oficina Nacional de Meteorología de Republica Dominicana, Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, Unidad para el Manejo de Zonas Costeras de Barbados, y el Departamento de Meteorología de Curazao. Figura A Mapa de estaciones locales y del Caribe. Figura b Mapa Estaciones del Atlántico.

Estaciones de GPS

Felix O. Rivera Santiago

La **Red de Estaciones de Posicionamiento Global (GPS)** permanente de la RSPR (Figura 17) opera a modo continuo desde sus comienzos en el año 2008. Esta red monitorea movimientos de la corteza terrestre en Puerto Rico e Islas Vírgenes y es financiada por varias agencias como la Fundación Nacional para las Ciencias (NSF, por sus siglas en inglés), el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés), y la Administración Nacional para los Océanos y la Atmósfera (NOAA, por sus siglas en inglés). Los datos se transmiten en tiempo real desde la estación hasta el centro de acopio y procesamiento de datos en la RSPR. Recientemente, la eficacia de los datos provenientes de los GPS para el monitoreo de grandes terremotos fue demostrada en varias ocasiones (como por ejemplo en el Terremoto de Japón de 2011). Ya que proveen la verdadera magnitud de un terremoto fuerte muy rápidamente utilizando el desplazamiento estático de las estaciones durante el evento sísmico.

La Red de Estaciones GPS Permanente a Tiempo Real (RTGPS - Real Time GPS) incluye 11 estaciones distribuidas por todo Puerto Rico e Islas Vírgenes (Figuras 17 y 18). Además de las estaciones de la RSPR existen varias otras estaciones operadas por UNAVCO, como parte del proyecto de COCONet, y las del Servicio Geodésico Nacional (NGS, por sus siglas en inglés).

La gran ventaja de las estaciones de la **Red de GPS Permanente** de la RSPR es que están ubicadas conjuntamente a la instrumentación sísmica y acelerográfica. Además de la transmisión a tiempo real, 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 (graba dos medidas por minuto), y (b) un archivo cada media hora con una tasa de muestreo de 1 segundo (1 medida cada segundo o frecuencia de 1 Hz). Estos archivos permiten completar los datos si falla la transmisión a tiempo real. 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 24/7 por nuestros analistas en caso de terremotos grandes.

Durante el 2013 se instalaron 2 nuevas estaciones en Humacao y Patillas (HUPR y PDPR) que también transmiten datos en tiempo real a la RSPR. Del proyecto de COCONet se añadieron 14 nuevas estaciones que transmiten información a tiempo real (BARA, CN22, CN23, CN38, ISCO, LVEG, NWBL, OLVN,

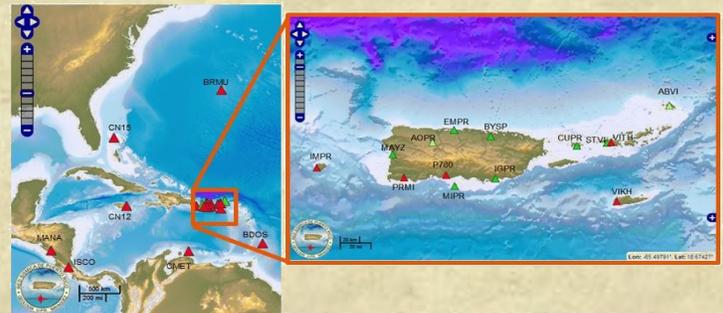


Figura 17. Mapa de las estaciones permanentes de GPS de la RSPR y UNAVCO que se reciben en tiempo real en las instalaciones de la RSPR.

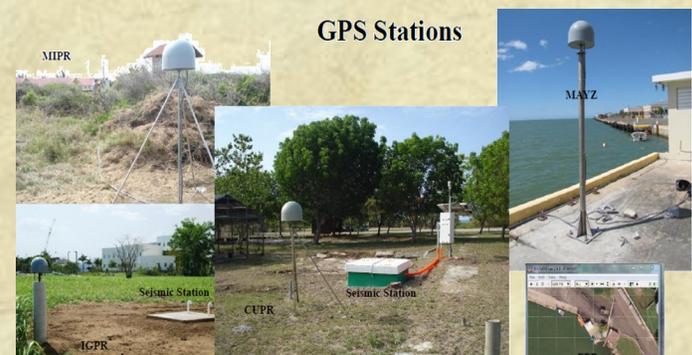


Figura 18. Fotos de algunas de nuestras estaciones de GPS permanente. Todas las estaciones (excepto MAYZ) tienen un sensor sísmico y acelerómetro co-localizados para crear estaciones completas de monitoreo. La antena de GPS se encuentra protegida por una cubierta especial y montadas, ya sea en un base de metal o en pilar de concreto.

INVESTIGACIONES

Una mirada a las investigaciones de la Red Sísmica de Puerto Rico

Alberto M. López Venegas

Las investigaciones científicas en la RSPR alcanzadas durante el año 2013 incluyen proyectos continuados desde el año anterior y proyectos nuevos. Entre los proyectos que continuaron se encuentran la culminación del estudio de la estudiante de maestría Denny Mariana Torres (Departamento de Ingeniería Civil), en dónde demostró los resultados del estudio tomográfico para la Isla de Puerto Rico. El estudio, consistió en analizar los arribos de las diferentes fases sísmicas de eventos selectos demarcados por zonas geográficas en Puerto Rico, demostró que las capas de los estratos rocosos que componen el interior de la isla es muy variado y se aleja considerablemente de una estructura estratificada simple. El hecho de que los estratos rocosos del interior de la corteza de la isla sean muy variados implica que las velocidades en uso actualmente para realizar las localizaciones de los eventos sísmicos dentro de Puerto Rico tengan una pequeña variación.

Entre los proyectos que aún continúan, se encuentran: (1) estudio de estimación de inundaciones por maremotos inducidos por deslizamientos del suelo marino, (2) estimación de mecanismos focales mediante la computación de tensores de momento, (3) estudio de tomografía del área Caribeña mediante el uso de ruido sísmico, (4) cuantificación del deslizamiento ocurrido en la urbanización Cerca del Cielo en Ponce utilizando datos de GPS, y (5) análisis de depósitos de tsunami en la isla de Anegada (Islas Vírgenes Británicas), por tsunamis locales y telesísmicos pasados.

El primero de estos estudios se basa en el análisis de inundaciones por medio de maremotos causados por deslizamientos en la zona norte de Puerto Rico. Aunque se encontró una dificultad técnica en la implementación del modelo, el mismo fue modificado y las simulaciones se encuentran en progreso. El estudio de la computación de tensores de

momento se encuentra en uso y en fase de prueba de validación con eventos conocidos del área. Este estudio lo lleva a cabo el estudiante de maestría Fernando Martínez, mientras que el estudio tomográfico del Caribe lo lleva a cabo el estudiante de maestría Francisco Hernández, ambos del Departamento de Geología. El progreso de ambos estudios han sido presentados en conferencias nacionales e internacionales. El estudio de determinar la estructura interna del Caribe utilizando datos continuos y analizando el ruido sísmico, está en la fase de modificación de códigos. Esto es necesario para analizar los 4 años de datos continuos de estaciones sísmicas de toda la cuenca Caribeña. Esta compilación de datos alcanza los 20 Gb. Los mismos serán procesados sistemáticamente por códigos modificados y/o desarrollados por el estudiante.

El proyecto del estudiante de maestría Félix Rivera Santiago está en su etapa final con miras a culminar el año entrante. Este estudio cuantifica la velocidad y deformación del deslizamiento de tierra a través del tiempo y presenta la relación existente con la precipitación. Este estudio se realiza en la Urbanización Cerca del Cielo en Ponce y se utiliza tecnología de GPS para monitorear la estabilidad del terreno. Finalmente, la estudiante doctoral Zamara Fuentes, ha realizado varios viajes de investigación al campo en la isla de Anegada para determinar el historial de depósitos de tsunamis.

La RSPR ayudó a organizar el *Pan-American Advanced Studies Institute* (PASI) en Santo Domingo, República Dominicana, que se llevó a cabo en el mes de julio de 2013. Este taller de dos semanas fue auspiciado por la *National Science Foundation* y organizado por el Consorcio Internacional para la Investigación en la Sismología (IRIS, por sus siglas en inglés). En el mismo se trabajó el tema de la microzonificación sísmica y consistió en una semana de instrucción a los participantes en los temas de respuesta de suelos, métodos sísmicos activos y pasivos, y ruido ambiental. La segunda semana consistió de salidas al campo para poner en práctica lo

aprendido utilizando equipo sofisticado y novedoso para llevar a cabo investigaciones relacionadas al tema. De este tema surgió un proyecto de investigación que lideró el Dr. Norberto Rojas y que presentó junto a un grupo de trabajo en el congreso anual de la Sociedad Geofísica de América (AGU) en diciembre de 2013 en San Francisco, California. Este estudio consistió en la determinación de los periodos naturales de respuesta en varios lugares de Santo Domingo.

Entre los proyectos que comenzaron en el 2013, se encuentra la actualización del Estudio de Cuantificación de Deformación de la Corteza del bloque de Puerto Rico e Islas Vírgenes mediante métodos de GPS. Este estudio estará siendo desarrollado por la estudiante de maestría Margarita Solares, y estará visitando las estacio-

nes de campaña de GPS en todo Puerto Rico para actualizar el estudio que se presentó en diciembre de 2011 en AGU. El propósito de este estudio es determinar con mayor precisión el campo de velocidades en Puerto Rico, para así identificar las fallas activas y estimar las razones de acumulación de esfuerzos. Además de permitir establecer el riesgo sísmico, el estudio ayuda a determinar la coherencia del bloque de Puerto Rico y establecer correlaciones con las zonas de alta actividad sísmica. Este estudio sugirió, en el 2011, por primera vez que la zona suroeste de Puerto Rico se mueve independientemente del resto del bloque de Puerto Rico e Islas Vírgenes. El realizar nuevas mediciones aumenta la precisión de las medidas por lo que permite confirmar los hallazgos con mayor certeza.

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

Arlenys Ramírez Rivera

En el pasado Puerto Rico ha sido afectado por varios terremotos fuertes (1867, M7.5 y 1918, M7.3). Es por eso que los terremotos son una gran amenaza para la isla. El evento mayor más reciente tuvo lugar en 1918 en el Cañón de la Mona, afectando las costas oeste y norte de Puerto Rico, en especial de Aguadilla y Mayagüez. Puerto Rico está localizado en una zona activa en donde ocurren cientos de eventos sísmicos al año. 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 idea de la gravedad de los daños. Es por eso que los estudios de estimaciones de daños son necesarios para poder identificar estos posibles impactos, minimizar el peligro existente y así tomar futuras medidas de mitigación. Actualmente estamos utilizando y trabajando con la implementación del modelo de terremoto de HAZUS que es una metodología fede-

ral estandarizada para estudiar los impactos de escenarios de terremotos, 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. Esta herramienta será aplicada para los municipios de Mayagüez y San Juan (Figura 19). 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 19. Mapa de la microplaca de PR e Islas Vírgenes. Las estrellas color fucsia indica los diferentes escenarios que están siendo analizados (PRSM-RUM).

Paleotsunamis en las Antillas

Zamara Fuentes Figueroa

Los terremotos fuertes que ocurren en mar abierto o cerca de la costa pueden generar maremotos que lleguen a las costas de Puerto Rico. Es por esto que el estudio del record sedimentario, en particular la identificación y distribución de sedimentos que hayan sido dejados por un maremoto, es imprescindible para poder conocer cuándo y con cuanta frecuencia, Puerto Rico e islas vecinas han sido afectadas por maremotos en el pasado. Esta información es muy útil para determinar si los terremotos generadores de maremotos han ocurrido cerca de la costa o si estos han ocurrido muy lejos, pero han producido un maremoto que ha viajado a través de la cuenca oceánica. Este es el caso del terremoto de 1755 en Lisboa, Portugal. Este terremoto produjo un maremoto que viajó a través del Atlántico y de acuerdo a registros históricos llegó a varias islas del Caribe, entre estas la isla de Saba (de las Antillas Holandesas). Esta isla está localizada a 165 millas al suroeste de Fajardo (Puerto Rico) en las Antillas menores y es de origen volcánico, caracterizada mayormente por altos escarpados. El maremoto, al llegar a la costa de Saba alcanzó una altura de 21 pies sobre el nivel del mar (*National Geophysical Data Center*). Otra isla que fue afectada por el maremoto fue Aneгада (Islas Vírgenes Británicas), localizada a 87 millas al noreste de Puerto Rico. Esta es la isla británica más al noreste del Caribe y no se encontraba poblada para ese entonces. Estudios recientes en Aneгада (Atwater, 2014) demuestran que sedimentos encontrados como parte del record sedimentario a lo largo de la isla fueron depositados por el maremoto de 1755 y por lo tanto extienden

los efectos costeros del maremoto más hacia el Norte de la Antillas menores. A diferencia de Saba, Aneгада es una isla mayormente plana, caracterizada por arrecifes del Pleistoceno y lagunas salinas. Esta topografía permite que se preserven depósitos movidos por un maremoto en áreas de lagunas.

Durante la primavera del 2013 regresamos a Aneгада para estudiar la distribución de depósitos sedimentarios a lo largo y ancho de *Bumberwell Pond* (Figura 20), una laguna llana alargada de norte a sur. Se hicieron tres transectos perpendiculares al eje trans-axial. Se tomaron varias muestras de sedimentos a lo largo de cada transecto para describir e identificar la estratigrafía para cada una de las muestras y correlacionar transectos. También se tomaron muestras orgánicas para datar los depósitos. Todas las muestras se estarán procesando, describiendo y analizando para poder entender dirección y estimar velocidad de flujo dentro del canal.



Figura 20. A. Isla de Aneгада, BVI, cuadro amarillo muestra la laguna Bumber Well, la cual fue estudiada durante el 2013. B. Transectos a través de la laguna Bumber Well, se tomaron muestras de sedimento a lo largo de estos transectos para estudiar variación de tamaño de grano imágenes modificada de Google Earth.

PROGRAMA EDUCATIVO

Glorimar Gómez Pérez

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

Durante el año 2013, el Programa Educativo de la RSPR ofreció un total de **173 actividades educativas** tanto en nuestras facilidades como en diferentes municipios de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. La RSPR impactó un total de **14,099 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 **204 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, continuamos con el contrato de 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 realizó la traducción en español, con la colaboración de NOAA, del video de caricaturas sobre tsunamis: **Tsunami ¡Listo debo estar!**. Este video es una versión criolla del video original preparado por la Oficina de Manejo de Emergencias del Condado de San Diego, California. Este trabajo se realizó completamente con la

colaboración de las diferentes entidades del Recinto Universitario de Mayagüez. Nuestra agencia preparó y desarrolló material exclusivo para turistas, el cual se presentó en la Convención Anual de la Asociación de Hoteles y Turismo de Puerto Rico. Igualmente, participamos en la presentación de WAPA y el recorrido del simulador de terremotos Zona 4.7 por los mayores centros comerciales de la Isla. Al igual que en años pasados, continuamos con nuestra sección de Preguntas Frecuentes en nuestra página oficial las cuales se responden por expertos de la RSPR. Además, trabajamos activamente en el Ejercicio Lantex 2013, el 20 de marzo de 2013. En donde miembros de nuestra área viajaron a varios municipios costeros en el rol de observadores durante los respectivos simulacros realizados.

El 17 de octubre de 2013, celebramos por segunda vez consecutiva 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



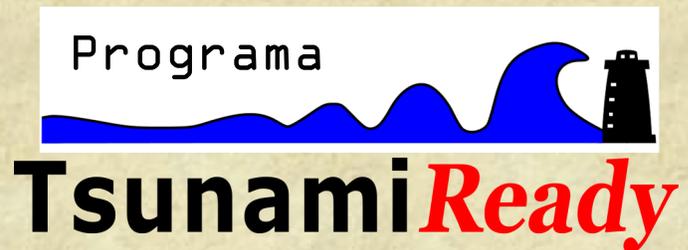
Emergencias y Administración de Desastres, se diseminó y promovió la participación de toda la ciudadanía en dicho ejercicio. A las 10:17 a.m. del 17 de octubre, miles de puertorriqueños practicaron

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 650,000 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 y el Sistema de Alerta de Emergencia de Puerto Rico (EAS).

Wildomaris González Ruiz y Carolina Hincapié Cárdenas

Durante el 2013 los trabajos se concentraron en el seguimiento a los municipios de Patillas, Maunabo, Yabucoa, Luquillo, Culebra, Vieques, Camuy y Hatillo y la discusión de los mapas de desalojo por tsunami de otros 10 municipios costeros del norte de Puerto Rico (Arecibo, Barceloneta, Vega Baja, Vega Alta, Toa Baja, Cataño, Guaynabo, San Juan, Loíza y Río Grande). Los talleres, foro donde se discuten los mapas de desalojo con las comunidades en riesgo y agencias de respuesta, se realizaron con la participación de líderes comunitarios, industria privada y agencias gubernamentales (Figuras 21 y 22).

De otra parte, once municipios cumplieron con los requerimientos establecidos por el programa y fueron reconocidos por el Servicio Nacional de Meteorología como municipios *TsunamiReady* (Tabla 3). En Puerto Rico, para el 2013, un total de 38 municipios han adoptado las guías del programa *TsunamiReady* como la base para preparar sus planes de respuesta ante eventos de tsunami. Durante el verano del 2014, los 6 municipios restantes de los 44 pueblos costeros de la isla (Hatillo, Vega Baja, Cataño, San Juan, Loíza y Río Grande) completarán los requisitos. Durante el 2013, cuatro ceremonias de reconocimiento se efectuaron con la presencia de alcaldes y otros funcionarios locales y estatales. La Convención Anual de la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (AEMEAD), sirvió de escenario para una ceremonia colectiva donde 12 municipios del sur y este de Puerto Rico celebraron públicamente su reconocimiento (Figura 23).



Los municipios de Camuy, Barceloneta y Vega Alta oficiaron sus respectivas ceremonias en actividades locales (Figuras 24 a 26).

Reconociendo que los medios de comunicación necesitan prepararse para informar a los ciudadanos de manera verídica y oportuna sobre eventos naturales como los tsunamis, en el mes de junio se dio la última conferencia sobre la Tsunami Guía para los Medios de Puerto Rico (*Tsunami Media Kit*). Dicha actividad se realizó en las facilidades del Taller de Fotoperiodismo, en el Viejo San Juan, San Juan Puerto Rico. (Figura 27).

Tabla 3: Municipios reconocidos durante el año 2013

Municipio	Fecha de reconocimiento
Maunabo	24 enero
Yabucoa	24 enero
Patillas	18 marzo
Luquillo	8 mayo
Camuy	14 junio
Culebra	12 julio
Barceloneta	7 agosto
Vieques	12 septiembre
Vega Alta	13 septiembre
Guaynabo	25 noviembre
Arecibo	6 diciembre



Figura 21. Taller TsunamiReady en Loíza, PR.(RSPR - UPRM).



Figura 22. Taller TsunamiReady en Toa Baja, PR.(RSPR - UPRM).



Figura 23. Actividad de reconocimiento colectivo en la Convención Anual de AEMEAD (RSPR - UPRM).



Figura 24. Actividad de reconocimiento de Camuy con el Hon. Edwin García Feliciano (RSPR - UPRM).



Figura 25. Actividad de reconocimiento de Barceloneta con la Hon. Wanda Soler Rosario.

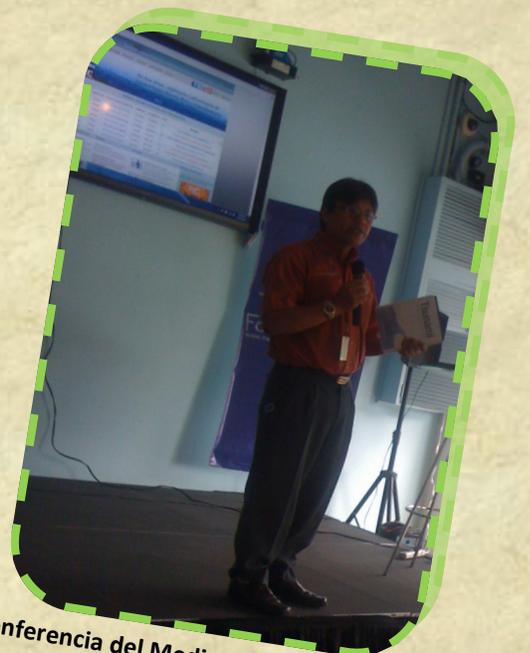


Figura 27. Conferencia del Media Kit en el Taller de Fotoperiodismo en el Viejo San Juan, PR (RSPR - UPRM).



Figura 26. Actividad de reconocimineto de Vega Alta con el Hon. Isabelo Molina Hernández (RSPR - UPRM).

PROYECTOS OPERACIONALES

Monitoreo de sistemas de detección automática

José F. Martínez Colón

Con el objetivo de asegurar un mejor funcionamiento de la RSPR, se ha estado llevando a cabo un monitoreo mensual de las detecciones realizadas automáticamente por los sistemas Earthworm y EarlyBird. Cada sistema tiene una programación particular, por lo que se necesita una revisión periódica de los parámetros característicos de eventos sísmicos (i.e. hora de detección, magnitud estimada, profundidad y localización). Los supuestos eventos detectados son comparados con los eventos procesados a diario por el personal de análisis, y mediante este procedimiento se confirma el funcionamiento adecuado, o se procede a realizar los ajustes necesarios a la programación de tales sistemas (Figura 28). Una configuración acertada nos permite responder a sismos con mayor rapidez, sean locales, regionales o tele-sismos, según estipulado en los protocolos de RSPR.

Por otra parte, se ha continuado la colaboración con nuestra división de Educación en la diseminación de cápsulas a través de la emisora de Radio Casa Pueblo. Estas intervenciones contienen información de sismos recientes, al igual que un dato educativo. Nuevas cápsulas son ofrecidas todos los viernes a las 9:25 am por la frecuencia 1020 AM y actualizadas a nuestra página de Facebook a través del Dato Sísmico Semanal.

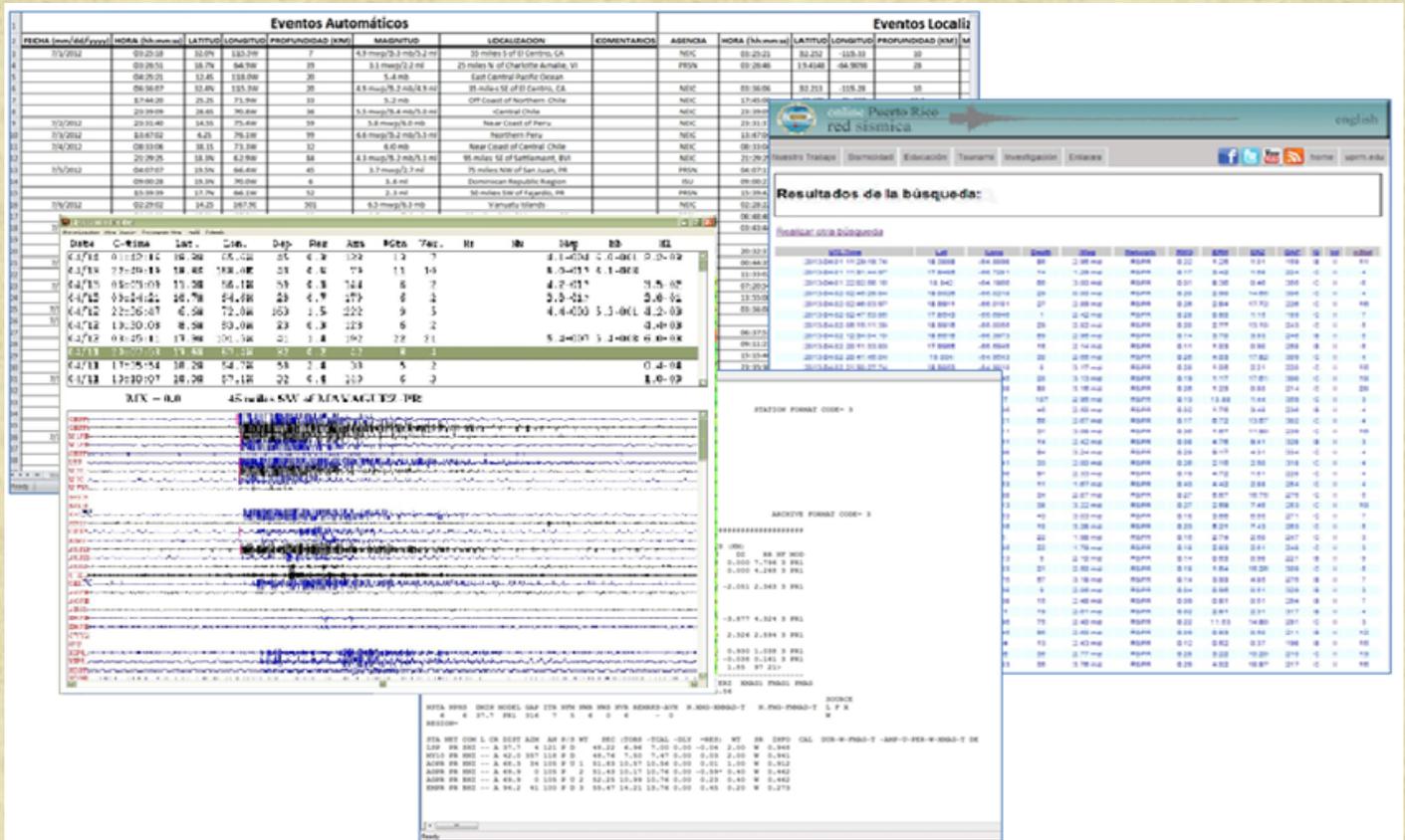


Figura 28. Monitoreo de sistemas de detección automática y eventos procesados (RSPR - UPRM).

Broadcast Server y Shakemaps

María Torres Vega

Durante el año 2013 se continuó con la documentación del **EARLYBIRD-PRSN DANIS Broadcast System Server** el cual es utilizado para diseminar la información de eventos sísmicos a las agencias de emergencia y al público en general. Además se estuvo modificando la opción de mensajería de texto (SMS) para que añadir la opción de enviar mensajería a los *Tsunami Warning Focal Points (TWFP)* en Puerto Rico, tan pronto ocurra un evento mayor de magnitud 6.0 que active el protocolo de tsunami de la RSPR (eventos tsunamigénicos, locales o regionales). Esto ayudará a que las oficinas de Manejo de Emergencia que operan 24 horas puedan recibir la información rápida y tomar la acción correspondiente. Todas estas herramientas ayudarán a tener una mayor efectividad en el envío de la información de eventos sísmicos sentidos.

Por otro lado, los *Shakemaps* o mapas de movimiento fuerte son una generación gráfica del movimiento de la tierra producidos cuando ocurre un evento sísmico sentido. Durante este año se implementaron a cabalidad los *Shakemaps* y *Shake Info* utilizando los "Did You Feel it" (DYFI). DYFI es un sistema automático que recolecta la información de daños e intensidades que las personas reportan a través de la página de internet oficial. Se continuó realizando pruebas de los *Shakemap* Instrumentales, que utilizan los *peak ground accelerations (pga)* and *peak ground velocity (pgv)* de una estación sísmica, la información del epicentro y la magnitud del evento. La RSPR diseñó un programa para obtener los valores instrumentales y poder generar los *Shakemaps* utilizando esos valores (Figura 29). Estos mapas nos ayudan a determinar los daños en los edificios y en la infraestructura.

Durante el mes de marzo 2013 se presentaron los datos obtenidos y las mejoras que se le han estado realizando a los mapas de movimiento fuerte o *Shakemaps* en el Geological Society of America (GSA) (Figura 30).



Figura 29. Ejemplo de Shakemap Instrumental para un evento de magnitud 6.4 (RSPR - UPRM).

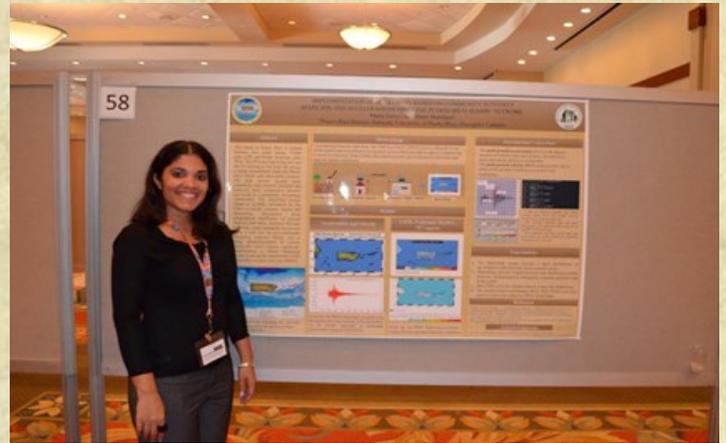


Figura 30. Presentación Shakemaps en el Geological Society of America (RSPR - UPRM).

Catálogo histórico y Base de datos

Francis Pérez Ramos

Como parte de los trabajos operacionales en la RSPR se están trabajando dos proyectos importantes, el catálogo histórico y la corrección de la base de datos de sismos. Para el Proyecto del catálogo histórico se estará trabajando con un documento digital en dónde se recopilarán todos los datos de los eventos sentidos históricos. Estos datos incluyen magnitud, profundidad, intensidad, pueblo en los que fueron sentidos, entre otra información relevante. El objetivo principal es crear una base de datos en línea de los eventos históricos de los cuales tenemos registros en la RSPR, que permita al usuario hacer una búsqueda detallada de dichos eventos. Además se estará

comparando nuestro catálogo histórico con otros catálogos históricos publicados.

Por otro lado, se estará trabajando con la corrección de la base de datos de la RSPR de los eventos significativos ocurridos en Puerto Rico e Islas Vírgenes durante los años 2007 a 2009. Se estará revisando y corrigiendo la información que se encuentra en los **Boletines de Evento Sísmico/Tsunami** para luego importar las correcciones a la base de datos en línea conocida como Catálogo de Eventos Significativos. Se espera para finales del 2014 tener un avance significativo en ambos proyectos y para el 2015 tener ambas bases de datos totalmente funcionales y disponibles para el público general.

Manual de Operaciones y Plan COOP

Gisela Báez-Sánchez

Durante este año se continuó optimizando y trabajando el Manual de Operaciones y Procedimientos de la RSPR. El manual describe entre otras cosas la historia de la RSPR, los trabajos de las distintas áreas de la RSPR como lo son: Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos, Educación, Administración, Instrumentación e Investigación. Incluye además los trabajos de seguridad para el cumplimiento cabal de nuestra misión y los objetivos como institución de monitoreo sísmico y de tsunamis. Utilizando como base nuestros objetivos, el Manual describe todas las operaciones de la RSPR, 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 a las diversas áreas de la RSPR, en especial aquellos relacionados al Sistema *Broadcast*, así como la implementación de los *Shakemaps* Instrumentales. Se trabajó además en la mejora de los sistemas de comunicación y diseminación de nuestros datos y productos de emergencia. Al igual que en el

año anterior se ha enfatizado en la planificación para mantener continuidad de operaciones luego de una emergencia, como parte del programa federal Plan COOP. El 17 de octubre realizamos una prueba de sistema de comunicaciones durante el Ejercicio ShakeOut 2013. Esta prueba nos permitió probar los protocolos y procedimientos vigentes en la RSPR para la emisión de mensajería de Terremotos y Tsunamis. Se probaron efectivamente las comunicaciones con la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres, las OMME's y los TWFP de Puerto Rico.

Como parte de las tareas operacionales hemos continuado trabajando en el Plan COOP de la RSPR. El requisito de la Continuidad de Operaciones 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 órdenes ejecutivas federales están contenidas en 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 III** en febrero de 2013, así como en el *FEMA Program Managers Course*, el *FEMA Cyber Security Table Top Exercise* en diciembre de 2013, así como otros 17 seminarios en línea a cargo de FEMA de la serie sobre el Plan Coop (que cubren los distintos aspectos necesarios para la preparación de un plan de continuidad de operaciones). Este año, apoyamos a FEMA con la creación del escenario del *Blue Surge Exercise* y participamos además en la serie de conferencias en línea *IPAWS PMO Alert Origination Service Provider*.

Large AtlAntic Tsunami EXercise/CaribeWave 2013

Gisela Báez-Sánchez



Como parte del mejoramiento continuo de nuestras operaciones y respuestas a emergencia, coordinamos el ejercicio conjunto de tsunamis CARIBEWAVE/LANTEX13, con todas las agencias de respuesta a emergencias dentro de nuestra AOR (Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes). 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 Centro Nacional de Alerta de Tsunamis en Alaska (NTWC, por sus siglas en inglés), el Programa de Alerta de Tsunamis del Caribe (CTWP, por sus siglas en inglés), NWS-NOAA, AEMEAD, FEMA, el Comité EAS de Puerto Rico y la Asociación de Radiodifusores de Puerto Rico, entre otras agencias. Este ejercicio se llevó a cabo el 20 de marzo de 2013.

En la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes la participación en el ejercicio CARIBEWAVE/LANTEX13 fue exitosa. Se probaron las comunicaciones con: Agencia Estatal para el Manejo de Emergencia y Administración de Desastres (AEMEAD, Puerto Rico), Servicio Nacional de Meteorología Oficina de Pronósticos de San Juan (SNM-SJ, Puerto Rico), *Department of Disaster Management* (DDM, British Virgin Islands), *Virgin Islands Territorial Emergency Management Agency* (VITEMA, US Virgin Islands), *Oficina Nacional de Meteorología* (ONAMET, República Dominicana) y el *Instituto Sismológico Universitario* (ISU, República Dominicana). Entre los medios de comunicación de la RSPR probados están: el sistema Broadcast (Sistema de Diseminación de Información de Terremotos y Tsunamis), teléfonos dedicados, teléfonos satélites, radio frecuencia de AEMEAD, RSS News (RSPR), mensajería de texto, listas de correos electrónico, fax y redes sociales. Trabajamos arduamente en el diseño y actualización de la página oficial del Ejercicio LANTEX de la RSPR (<http://www.prsn.uprm.edu/lantex/>). En ese portal el público y las agencias podían encontrar todos los materiales desarrollados por la RSPR para el ejercicio, así como la Guía de Respuesta de la RSPR. En total emitimos un anuncio de comienzo del ejercicio a las 9:00 am y los 9 Boletines de Aviso de Tsunami y Cancelación de la RSPR en español e inglés, estos se diseminaron a manejadores de emergencias por Radio Frecuencia de AEMEAD, y teléfonos dedicados, además de a todas nuestras listas de servicio (emergencias, prensa y público) por emails, mensaje de texto, RSS News, Facebook y Twitter.



Figura 31. Conferencia de Prensa LANTEX2013 en San Juan, PR (RSPR-UPRM).

A nivel de comunicaciones se detectaron fallas menores, se trabajó en la corrección de dichas fallas detectadas en los sistemas de comunicación y diseminación de información. Para este ejercicio se activó el sistema de EAS, en coordinación con la Asociación de Radiodifusores, a través de los medios de comunicación de radio, televisión y radios NOAA (Figura 31). Se utilizó el código de alerta real de tsunami, TSW. El mensaje fue emitido a partir de las 9:03 AM el 20 de marzo de 2013, por el Servicio Nacional de Meteorología Oficina de Pronósticos de San Juan anunciando el comienzo del ejercicio. En la RSPR monitoreamos tanto la activación del EMWIN, de los Radios NOAA como del EAS para Puerto Rico.

Según el registro de participación de la RSPR para el ejercicio CARIBEWAVE/LANTEX13 participaron 354 agencias (internacionales, estatales, federales y empresas privadas) y 116 entidades educativas para un total de 77,972 participantes. En Puerto Rico participaron 66 de los 78 municipios, siendo San Juan y Mayagüez los de mayor participación. El Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico (nuestra sede) participó activamente del ejercicio CARIBEWAVE/LANTEX13, activando al Comité Operacional de Emergencias (COE) y realizando varios simulacros en sus facilidades.

Durante el año 2013, 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 Mayaguez (UPRM)
Estado Libre Asociado de Puerto Rico (ELA, Ley 106 de 2002)
Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (AEMEAD)

FONDOS FEDERALES

National Earthquake Hazard Reduction Program (NTHMP)
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés)
National Science Foundation (NSF)
United States Geological Survey (USGS)

* 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 de Humacao
Colegio de Saint Thomas
Convento Hermanas Misionera del Buen Pastor, Guaynabo
Department of Disaster Management (DDM, British Virgin Islands)

25 REDES CONTRIBUYENTES

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

Departamento de Recursos Naturales de Canadá

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (Venezuela)

Incorporated Research Institutions for Seismology (Estados Unidos)

Instituto Meteorológico de los Países Bajos

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (Nicaragua)

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

International Deployment of Accelerometers (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

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) (Colombia)

Red Sísmica Nacional de Estados Unidos (NEIC)

Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS)

Servicio Nacional de Estudios Territoriales (El Salvador)

Servicio Sismológico Nacional (México)

Universidad de Colima (México)

Universidad de Querétaro (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



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



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



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

Personal

Administración e Investigación

Victor Huérfano Moreno, PhD	Director e Investigador Asociado
Alberto López Venegas, PhD	Catedrático Auxiliar (Geología)
Norberto Rojas, PhD	Catedrático Auxiliar (RSPR)
Yamillette Vargas Rivera, MBA	Secretaria Administrativa III
Dalixza Irizarry Martínez	Secretaria Administrativa I
Annie Plaza Rodríguez	Estudiante Graduado

Programa Educativo

Glorymar Gómez Pérez	Oficial de Programas
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
Angel Bruno	Estudiante Subgraduado

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

Análisis de Datos Geofísicos

Gisela Báez Sánchez	Auxiliar de Investigación III
Harold J. Irizarry Muñoz	Auxiliar de Investigación II
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
Arlenys Ramírez Rivera	Estudiante Graduado
Zamara Fuentes Figueroa, M. Sc.	Estudiante Graduado
Felix O. Rivera Santiago	Estudiante Graduado
Denny M. Torres Ortiz	Estudiante Graduado
Sully A. Lebrón Rivera	Estudiante Graduado
Daniel J. Mercado Rosario	Estudiante Graduado
Fatima A. Zevallos Jean-Louis	Estudiante Graduado

INFORME ANUAL 2013

Gisela Báez-Sánchez
Arlenys Ramírez Rivera
Editoras

Daniel J. Mercado Rosario
Diseño de portada

El informe anual es una publicación de la Red Sísmica de Puerto Rico. Aprobado por el Director Interino, Dr. Víctor Huérfano Moreno.



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

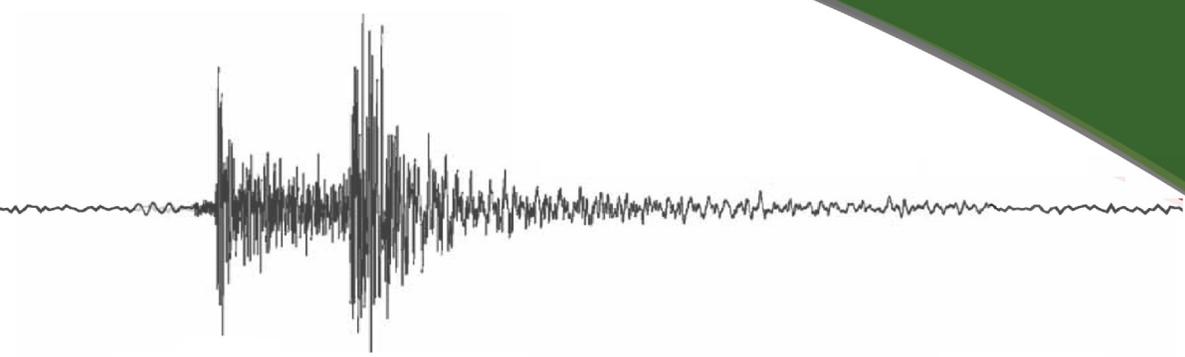
En la fila posterior (de izquierda a derecha): Wildaomaris González, José Cancel, Angel Bruno, Javier Santiago, Juan Lugo, Lorena Vázquez, Harold J. Irizarry, Jose F. Martínez, Norberto Rojas y Javier Charón. En la primera fila (de izquierda a derecha): Angel Feliciano, Yamilette Vargas, Benjamín Colón,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

INFORME ANUAL 2013

RED SÍSMICA DE

PUERTO RICO

2013



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

