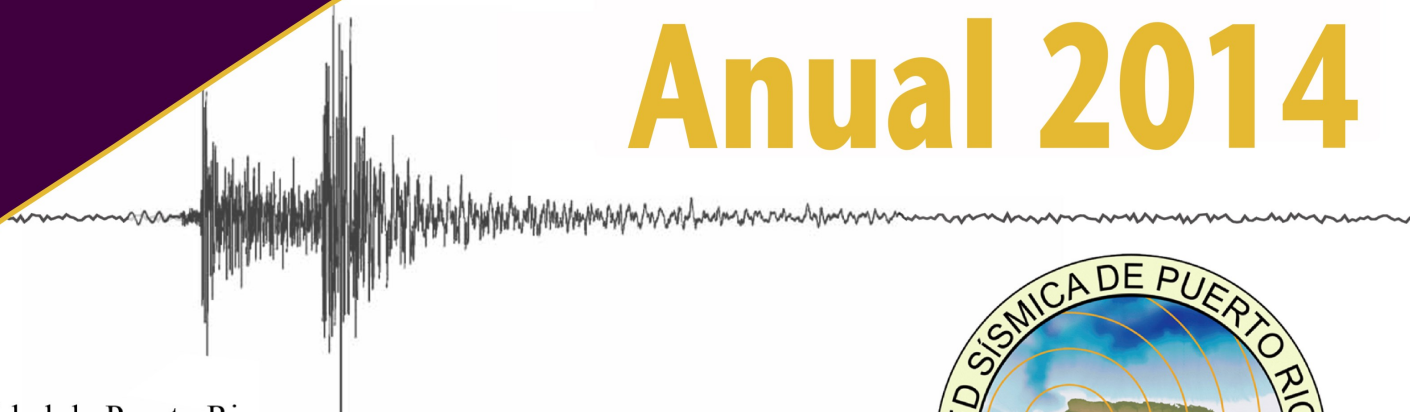




Informe Anual 2014



Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario de Mayagüez
Red Sísmica de Puerto Rico
Departamento de Geología, Facultad de Artes y Ciencias
redsismica.uprm.edu



TABLA DE CONTENIDO

Mensaje del director	1		
Operaciones	3	Programa Educativo.....	18
Sismicidad durante el 2014.....	3	Programa TsunamiReady	20
Sismos Sentidos	6	Proyectos Operacionales.....	22
Enjambres Sísmicos	8	Monitoreo de sistemas de detección	
Energía Liberada	10	automática.....	22
Sistemas de monitoreo sísmico y mareográfico		Catálogo Histórico y Base de datos Broadcast	
.....	12	22
Estaciones mareógraficas	12	Server y Shakemaps.....	22
Estaciones de GPS.....	14	Manual de Operaciones y Plan COOP	23
Investigaciones	15	Ejercicio CARIBEWAVE/LANTEX 2014.....	24
Una mirada a la investigación de la RSPR	15	Colaboración y Financiamiento	25
Estimado de daños en Puerto Rico utilizando		Redes Contribuyentes.....	26
Escenarios de Terremotos Históricos y		Personal.....	29
Potenciales.....	17		

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, Facultad de Artes y Ciencias 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).

INFORME ANUAL 2014
RED SÍSMICA
DE
PUERTO RICO

2014

INFORME ANUAL 2014
RED SÍSMICA
DE
PUERTO RICO



En el año 1918 un temblor de magnitud mayor a 7 afectó severamente a nuestra Isla del Encanto, generando un tsunami, dejando desolación, muerte y cuantiosas pérdidas económicas. En aquella época sólo existía en Puerto Rico un sensor sísmico, nuestra infraestructura era deficiente y la preparación, como pueblo, para enfrentar este tipo de fenómenos naturales era limitada. Hoy día, aunque nuestra exposición a ser afectados por este tipo de fenómenos (temblores y tsunamis) sigue latente, podemos resaltar logros en nuestra preparación, tanto a nivel de infraestructura, planes educativos, planes de respuesta y por su puesto por nuestras capacidades tecnológicas.

Este año 2014 nos permitió someternos a un riguroso proceso de evaluación, en dónde se puso a prueba nuestra capacidad de respuesta como Red Sísmica, se revisó nuestros protocolos de respuesta y nuestros métodos de análisis. Como resultado de lo anterior, puedo resaltar que hemos cumplido con lo más altos estándares, según lo requiere el Sistema Sísmico Avanzado Nacional (ANSS, por sus siglas en inglés). Responsabilidad que asumimos con la mayor humildad, con el único propósito de cumplir nuestra misión, tal cual indica que debemos “monitorear la actividad sísmica y de tsunamis en el archipiélago de Puerto Rico 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”. Durante este año reportamos la ocurrencia de 3,420 eventos sísmicos en nuestra área de responsabilidad, de los cuales 29 fueron reportados como sentidos por la ciudadanía. Este año, la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) mantuvo en todo momento su capacidad operacional, que incluye un funcionamiento continuo y en tiempo real de por lo menos el 75% de los equipos operados por la RSPR, que en el 2014 incluyeron (27) sismómetros, (20) acelerómetros, (16) mareógrafos y (11) GPS; y más importante aún, que la RSPR mantiene operaciones las 24 horas los 7 días de la semana.

Durante este año, instalamos la estación mareográfica de Caja de Muertos, la cual nos permitirá un mejor monitoreo del nivel del mar en la zona sur de la Isla, o en especial cualquier cambio abrupto que ocurra en el nivel del mar, como por ejemplo un tsunami que llegue por el sur. Durante el paso de la tormenta (Sandi, 2012), la estación mareográfica de Aguadilla fue destruida, y durante este año logramos reinstalarla, lo cual nos permite recuperar el monitoreo de cualquier perturbación del océano que proceda del noroeste. Se continuó apoyando los esfuerzos regionales de monitoreo y el sistema de alerta mediante la ayuda técnica a nuestras redes vecinas. Un logro que debo resaltar, fue la cooperación con la Agencia Estatal de Manejo de Emergencia y Administración de Desastres (AEMEAD), en el esfuerzo de llevar la educación a nuestros niños. Un total de 50,000 copias del currículo de tsunamis fue impreso y se realizó diferentes actividades para la entrega del mismo. Aunque este currículo fue aprobado de manera oficial por el Departamento de Educación, estamos enfocados en la implementación del mismo. Este año los ejercicios LANTEX (Tsunami) y SHAKEOUT (Terremoto) fueron un éxito, logrando la participación de miles de personas y la puesta a prueba del protocolo de comunicaciones y los planes de respuesta en caso de temblor o tsunami. Logramos que todos los 44 municipios costeros obtuvieran su reconocimiento como TsunamiReady por parte del Servicio Nacional de Meteorología (NOAA/NWS). Durante este año la RSPR impactó educativamente a 12,739 personas mediante conferencias, talleres, seminarios, etc.

En 2014, nuestro personal participó en importantes reuniones científicas como son las de *American Geophysical Union*, *Seismological Society of America* y *The Tsunami Society*. 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 diversos foros. Entendemos los tiempos difíciles por los que pasa nuestro querido Puerto Rico, y por eso agradecemos profundamente el aporte que para nuestro funcionamiento nos provee: 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) y el Servicio Geológico Federal (USGS).

Nada de todo lo anterior sería posible sin la dedicación y entrega de nuestro personal, al cual le estoy muy agradecido. A Puerto Rico, gracias por confiar en nosotros y tengan la seguridad que seguiremos proveyendo un servicio de excelencia.

Sinceramente,

Víctor A. Huérfano Moreno, PhD



OPERACIONES

Sismicidad durante el año 2014

Durante el 2014, la RSPR localizó un total de **3,420 sismos** (Figura 1) en el área de responsabilidad (ADR) 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 2013 (2,293 sismos), la sismicidad detectada y localizada aumentó en un 49%, estos son **1,127 temblores** más que el año anterior. En este año el mes de mayor sismicidad fue **enero** con **709 temblores** y el mes de menor sismicidad fue **noviembre** con **192 sismos** (Figura 2). Del total de la sismicidad del 2014, **29 temblores (0.85%)** fueron reportados como sentidos, todos fueron localizados dentro de nuestra AOR. Las magnitudes (Md) de los eventos sísmicos calculadas para este año por la RSPR variaron de **1.0 a 6.4** aunque para los eventos sentidos las mismas variaron de **2.53 Md a 6.4 Mwp**. Durante el 2014 las profundidades variaron entre **1 km a 182 km**, mientras que para los sismos sentidos fueron desde **6 km a 134 km**. Los sismos con profundidades de **0 a 25 km** fueron los más frecuentes con **1385 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 2014 fue la **Zona de la Falla de los 19°N** con **905 eventos sísmicos**, seguida por la **Zona Sísmica del Sombrero** con **483 sismos**.

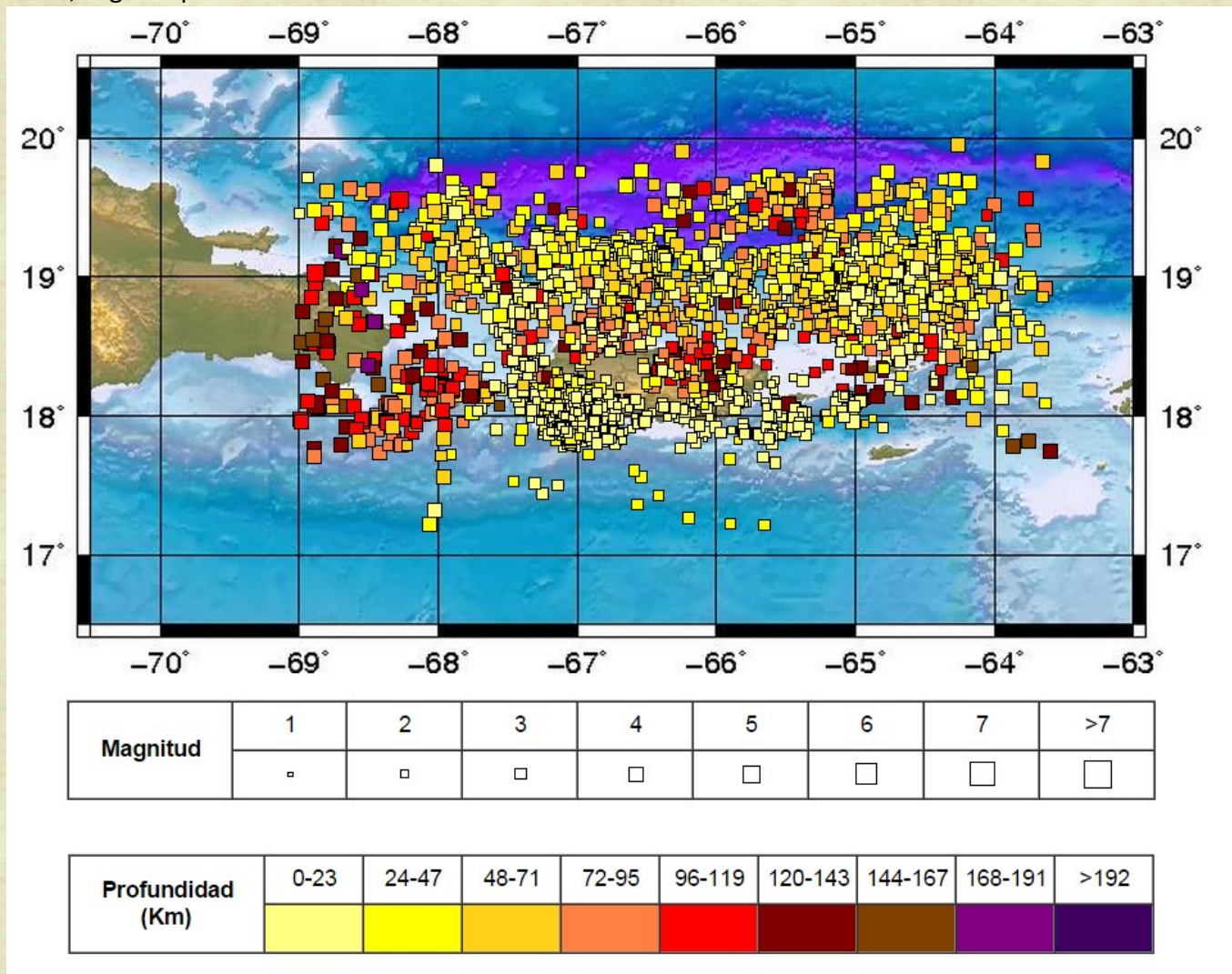


Figura 1. Mapa epicentral de los sismos localizados por la Red Sísmica de Puerto Rico para el año 2014 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

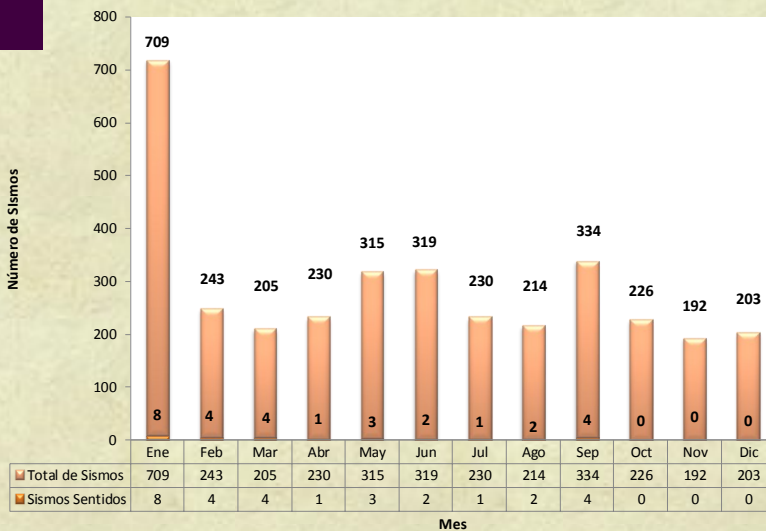


Figura 2. Distribución mensual de sismos localizados y reportados como sentidos durante el 2014 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

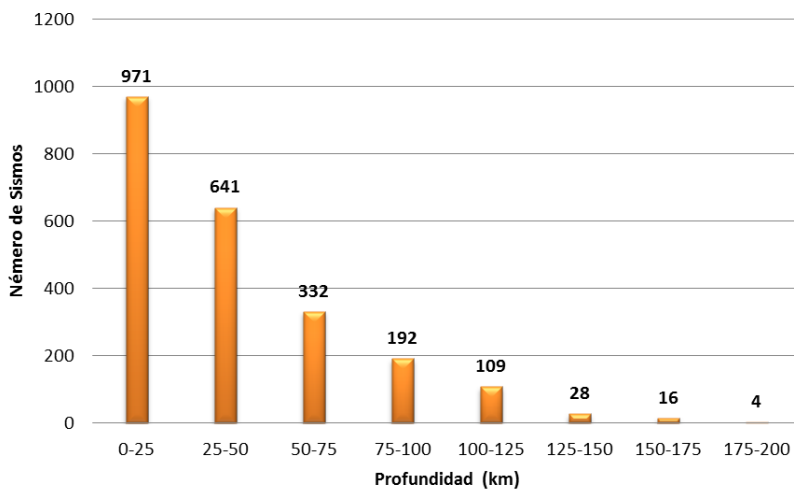
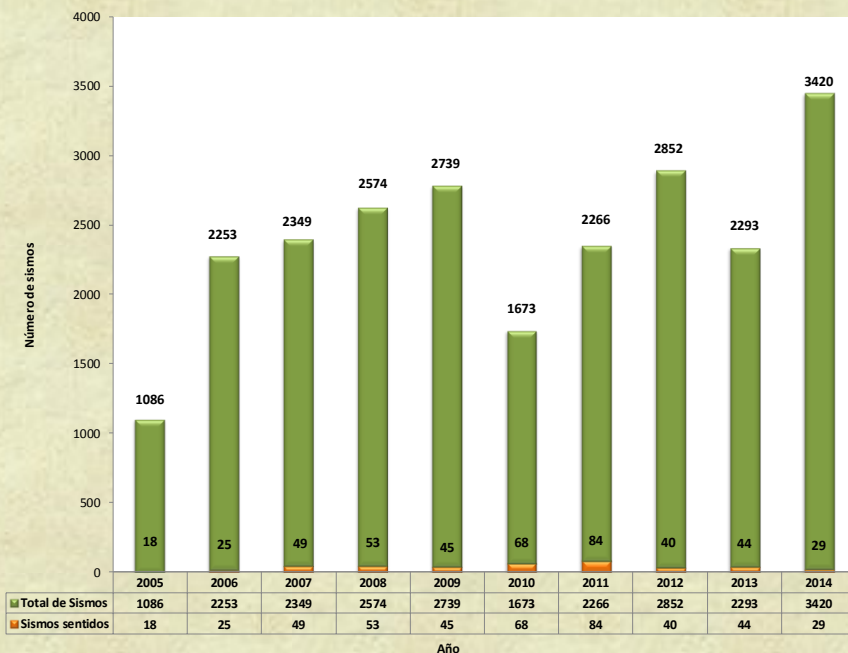


Figura 3. Distribución de sismos por profundidad para el 2014 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).



De los últimos 10 años, este es el año de mayor sismicidad con 3,420 temblores, mientras que el 2012 le sigue con un total de 2,852 sismos (Figura 4). El año de menor sismicidad es el 2005 con 1,086 temblores.

La distribución sísmica por magnitudes calculadas durante los últimos diez años (de 2005 al 2014), muestra que el rango de magnitudes (Md) con mayor número de sismos es de 2.0 a 3.0 (Md) con un total de 10,829 temblores (Figura 5). Este rango de magnitudes fue seguido por magnitudes de 3.0 a 4.0 (Md) con 8,470 sismos. Las magnitudes calculadas por la RSPR durante el 2014 variaron de 1.0 (Md) a 6.4 (Mwp) (Figura 6). Para los eventos sentidos las mismas variaron de 2.53 (Md) a 6.4 (Mwp). En el 2014 el rango de magnitudes calculadas con mayor número de sismos se mantuvo igual al del año anterior (2013). El mismo va de 2.0 a 3.0 (Md) con 2,102 sismos, seguido por magnitudes de 3.0 a 4.0 (Md) con 840 sismos.

La concentración de sismicidad para el 2014 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 de la Falla de los 19° N con 905 temblores, la Zona Sísmica del Sombrero con 483 temblores y la Plataforma de las Islas Vírgenes con 333 temblores (Tabla 1). Las regiones de menor actividad sísmica durante este año fueron: la Región Sureste de PR, y la Plataforma de Santa Cruz con un solo sismo localizado en cada una de ellas y Santa Cruz en la cual no se localizó ningún sismo. Las región con mayor número de sismos sentidos fue la Zona de la Falla de los 19°N con 7 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 2005 hasta el 2014 (RSPR - UPRM).

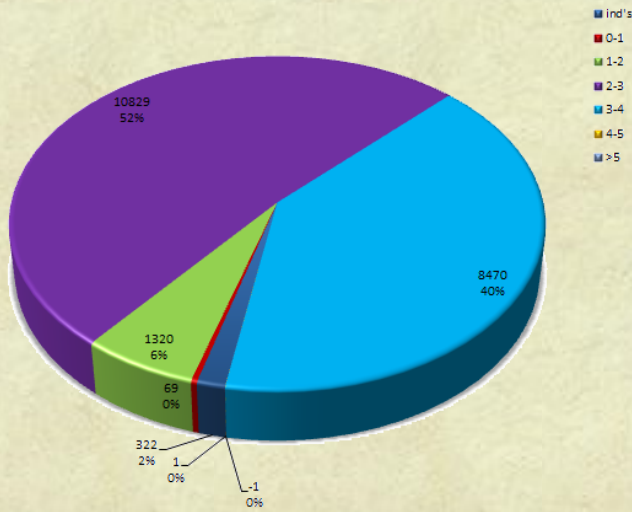


Figura 5. Distribución de magnitudes de los sismos localizados entre el 2005 y 2014 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

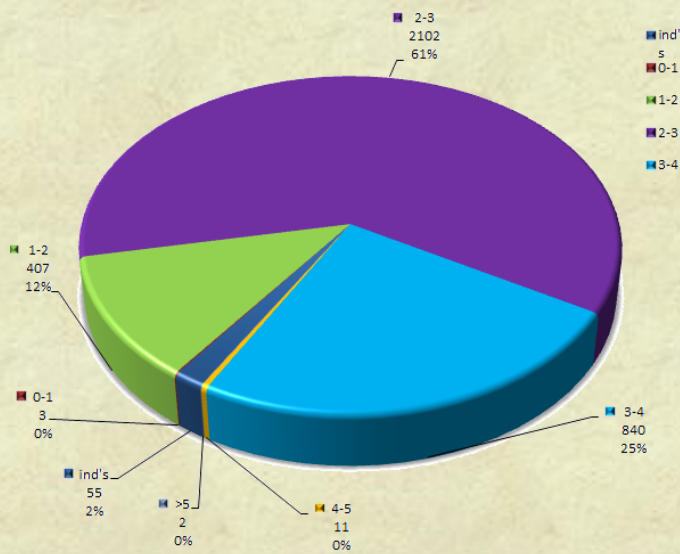


Figura 6. Distribución de magnitudes de los sismos localizados durante el 2014 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR- UPRM).

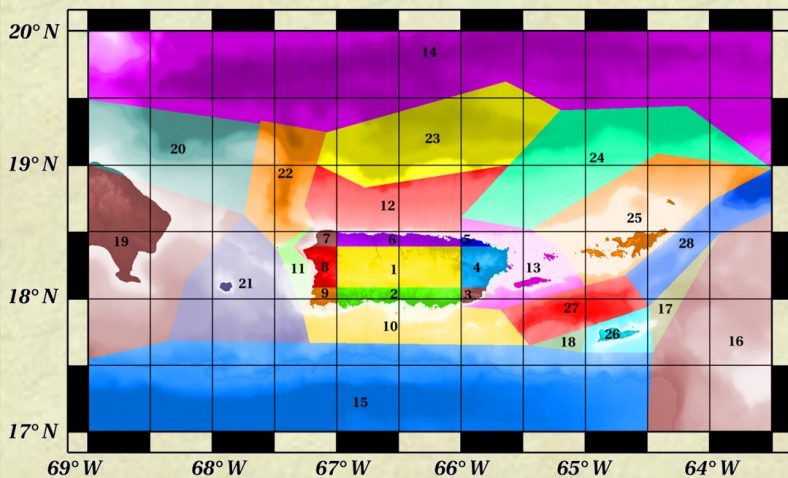


Figura 7. Mapa de las zonas sísmicas de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. El número corresponde al número en la región sísmica de la tabla 1 (RSPR-UPRM).

Tabla 1. Distribución de sismicidad por regiones en el 2014 dentro de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR—UPRM).

Región Sísmica	Sismicidad Total	Sismos Sentidos
1.Región Central de PR	109	2
2. Región Sur de PR	84	0
3. Región Sureste de PR	1	0
4. Región Este de PR	32	2
5. Región Noreste de PR	5	0
6. Región Norte de PR	27	0
7. Región Noroeste de PR	6	0
8. Región Oeste de PR	67	1
9. Región Suroeste de PR	121	2
10. Región AL Sur de PR	212	0
11. Región AL Oeste de PR	66	3
12. Región AL Norte de PR	180	1
13. Región AL Este de PR	39	0
14. Trinchera de PR	164	3
15. Trinchera de Muertos	14	0
16. Islas de Barlovento	12	0
17. Plataforma de Santa Cruz	1	0
18. Dorsal de Santa Cruz	2	0
19. Región Oriental de la RD	88	3
20. Zona de la Falla Septentrional	108	2
21. Pasaje de la Mona	85	0
22. Cañón de la Mona	155	1
23. Zona de la Falla de los 19°N	905	7
24. Zona Sísmica del Sombrero	483	1
25. Plataforma de las Islas Vírgenes	333	1
26. Santa Cruz	0	0
27. Depresión de las Islas Vírgenes	82	0
28. Pasaje de Anegada	39	0
TOTAL	3420	29

6 SISMOS SENTIDOS

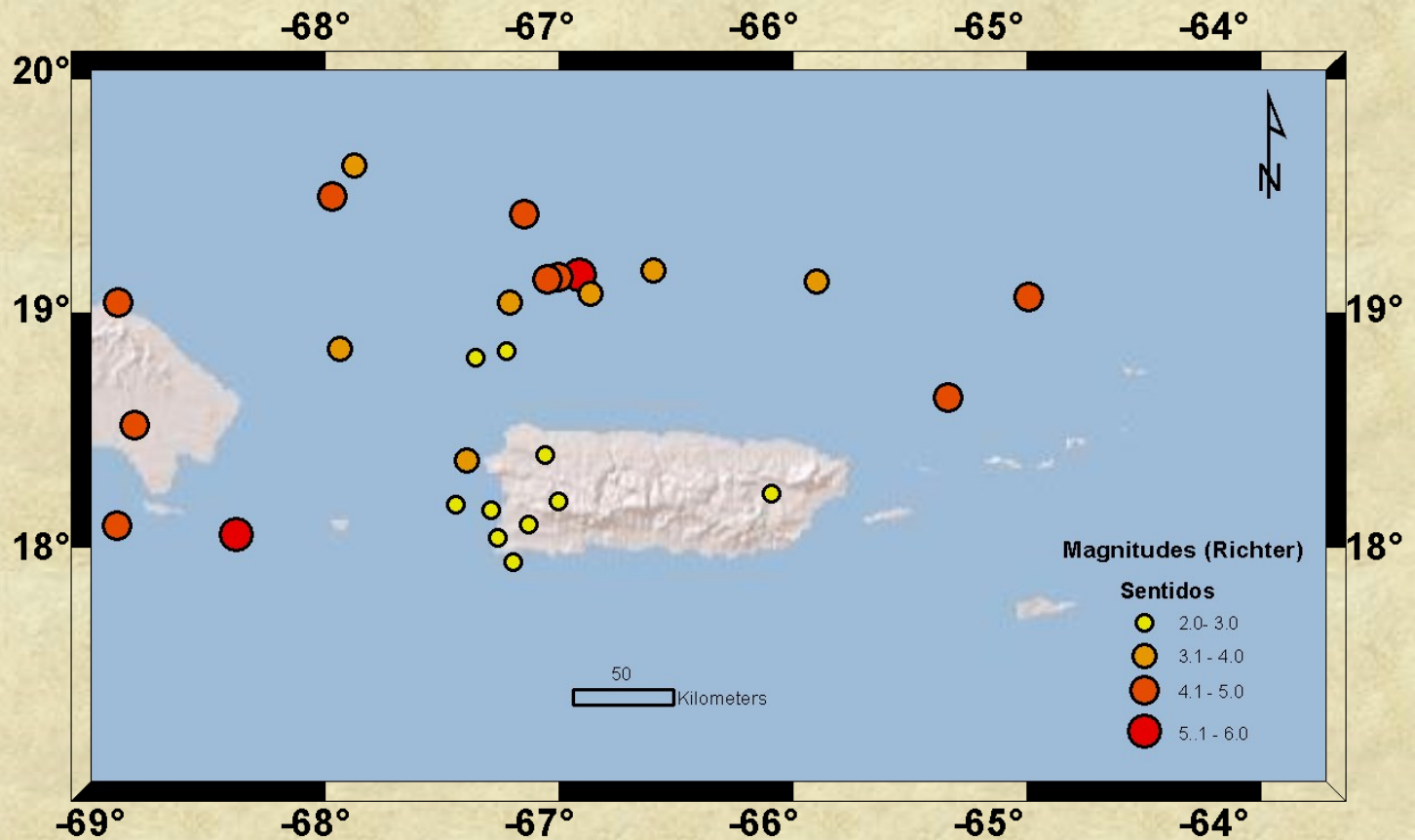


Figura 8. Mapa epicentral de los sismos sentidos en Puerto Rico e Islas Vírgenes durante el año 2014 en nuestra área de responsabilidad (latitud 17.00°a 20.00° y longitud -63.50°a -69.00°) (RSPR-UPRM).

Durante el 2014, **29** 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 2014 ocurrió el **13 de enero a las 00:01:05** (hora local de Puerto Rico). Este sismo local de magnitud 6.4 (Mwp) fue localizado en la Zona de la Falla de los 19°N a unos 77.5 Km al Norte-Noreste de Quebradillas, Puerto Rico (Latitud: 19.139°N; Longitud: -66.823°O), a una profundidad de 36 km. Este **sismo fuerte** fue sentido ampliamente en todo Puerto Rico, con intensidad máxima de V (Escala Mercalli Modificada) en Arecibo, Puerto Rico (Figuras 9a y 9b).

Por otro lado, el segundo sismo sentido de mayor magnitud (**5.8 MI**) del año 2014 se localizó en la Zona Oriental de la República Dominicana dentro de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (ADR). Este sismo ocurrió el **28 de mayo a las 17:15:06** (hora local de Puerto Rico). El mismo fue localizado a 46.4 Km al Oeste-Suroeste de Mona, Puerto Rico (Latitud: 18.045°N; Longitud: -68.351°O), a una profundidad de 90 km. Este **sismo moderado** fue sentido ampliamente en todo Puerto Rico, con intensidad máxima de V (Escala Mercalli Modificada) en la Región Oeste de Puerto Rico (Figuras 10a y 10b).

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>

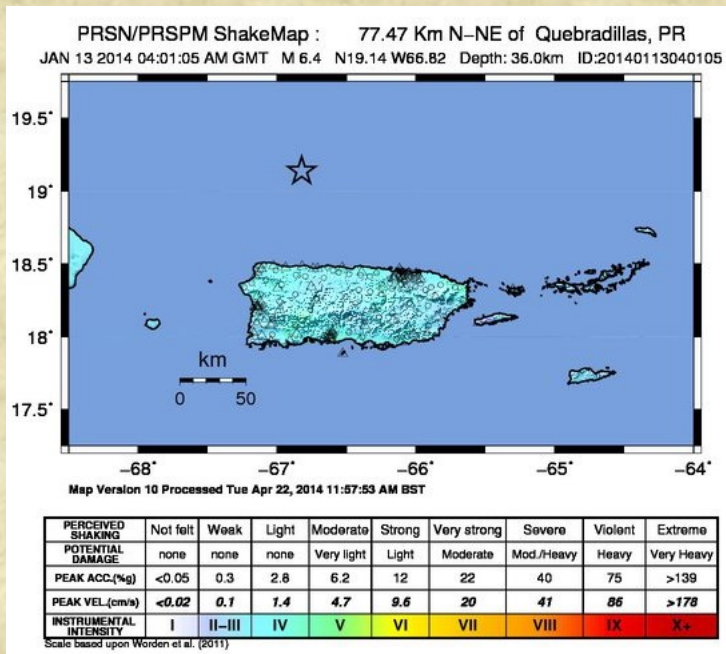


Figura 9-a. Shake Map para el sismo sentido el 13 de enero de 2014 (RSPR-UPRM).

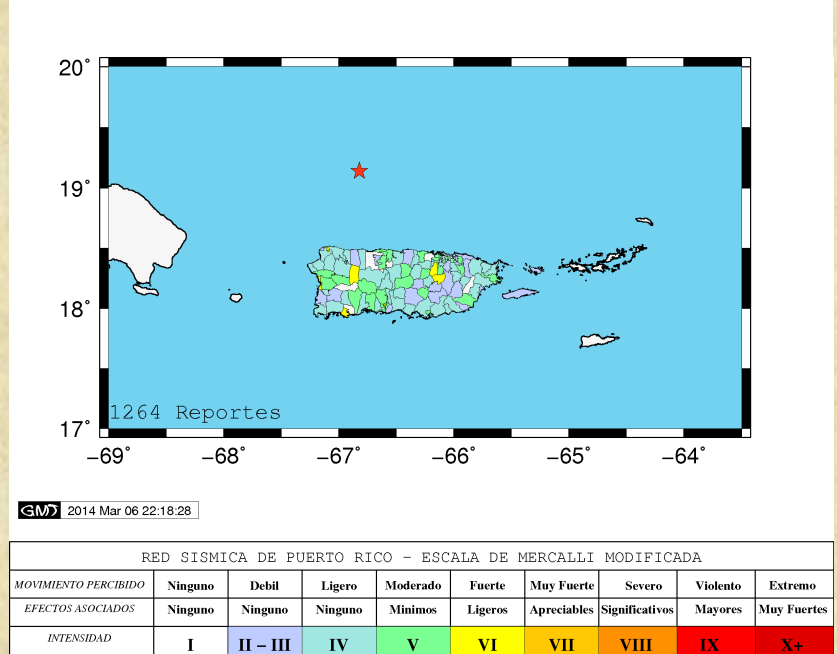


Figura 9-b. Mapa de intensidades reportadas por la población (CIIM, Community Internet Intensity Maps) para el sismo sentido el el 13 de enero de 2014 (RSPR-UPRM).

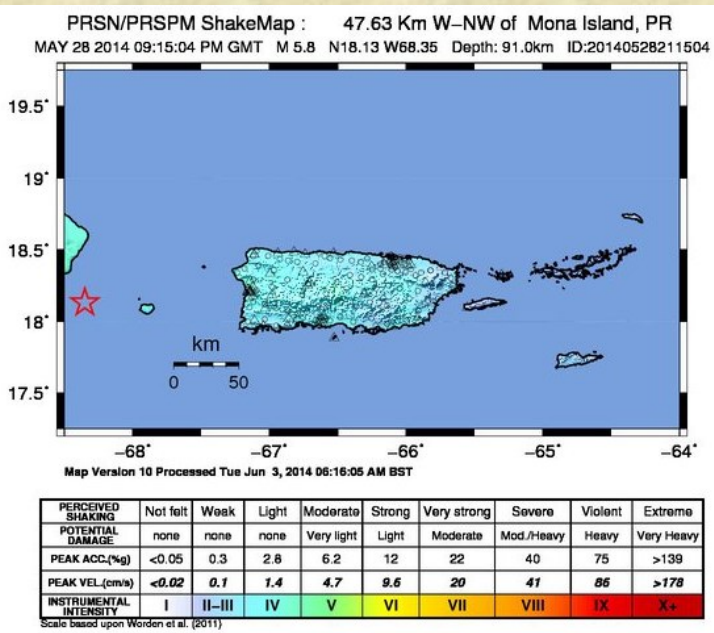


Figura 10-a. Shake Map para el sismo sentido el 28 de mayo de 2014 (RSPR-UPRM).

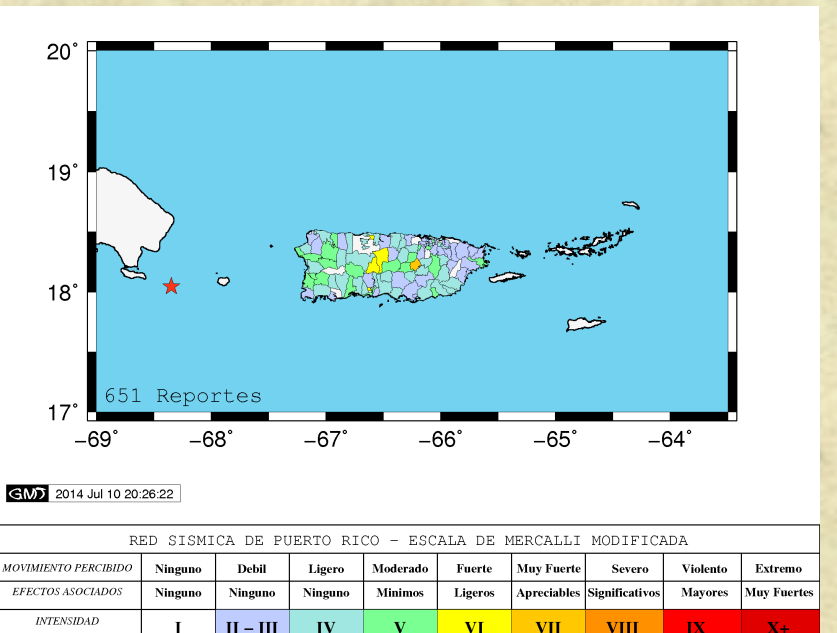


Figura 10-b. Mapa de intensidades reportadas por la población (CIIM, Community Internet Intensity Maps) para el sismo sentido el 28 de mayo de 2014 (RSPR-UPRM).

8 ENJAMBRES SÍSMICOS

Un **enjambre sísmico o secuencia sísmica** ocurre cuando hay una generación o detección 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 precedidos por un sismo principal (de mayor magnitud que sus réplicas). En el 2014, se generaron **33 enjambres** de sismos en nuestra ADR. De estos enjambres, 13 ocurrieron en la Zona de la Falla de los 19°N, y 10 en la Zona Sísmica del Sombrero. La secuencia sísmica con mayor cantidad de sismos ocurrió en **enero** de 2014 en la **Zona de la Falla de los 19°N** (Tabla 2, Figura 11), con un total de **466 sismos** localizados en un periodo de **18 días**, a partir del evento principal de magnitud 6.4 ocurrido el 13 de enero. Tres de los eventos de esta secuencia fueron reportado como sentidos. Durante el 2014 solamente se registraron sismos sentidos en cuatro (4) de los enjambres. El primero de estos enjambres con sismos sentidos fue la secuencia sísmica del **13 de enero** en el **Zona de la Falla de los 19°N** (como se ha mencionado anteriormente). El segundo de estos enjambres se registró el **6 de mayo** en la **Zona de la Falla de los 19°N** con **40 temblores en 40 horas** y tan sólo **1 sismo** reportado como sentido (Figura 12). El tercero de estos enjambres se registró el **6 de septiembre** en la **Zona de la Falla de los 19°N** con **54 temblores en 9 horas** y **1 sismo** reportado como sentido. El cuarto de estos enjambres se registró el **11 de septiembre** en la **Suroeste de Puerto Rico** con **3 temblores en 40 minutos** y **1 sismo** reportado como sentido.

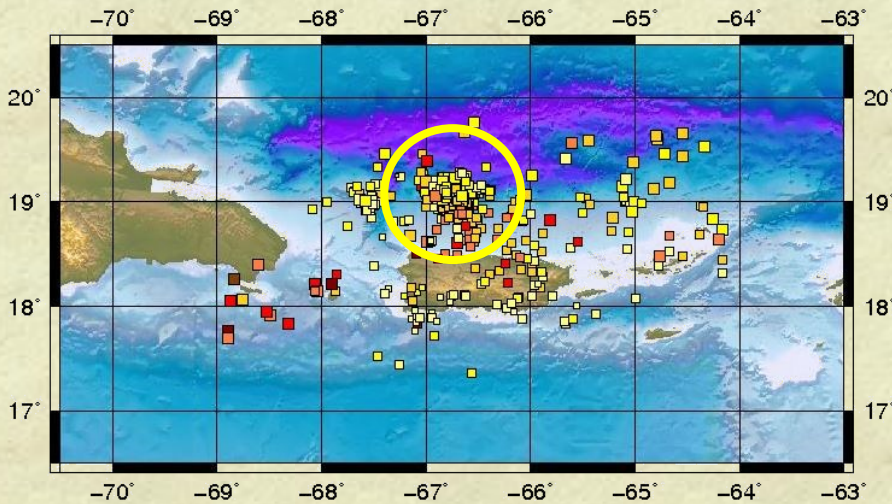


Figura 11. Mapa epicentral de los sismos asociados a la secuencia sísmica ocurrida el 13 de enero de 2014 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

Magnitud	1	2	3	4	5	6	7	>7
	o	□	□	□	□	□	□	□

Profundidad (Km)	0-23	24-47	48-71	72-95	96-119	120-143	144-167	168-191
	o	□	□	□	□	□	□	□

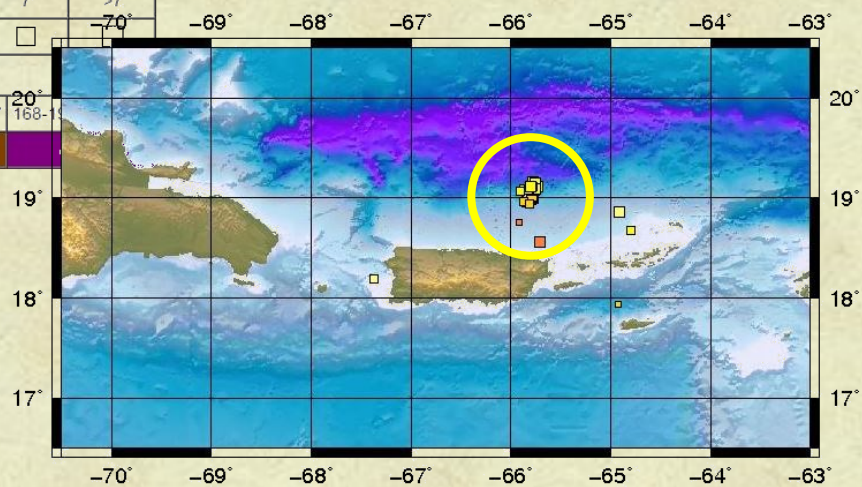


Figura 12. Mapa epicentral de los sismos asociados al enjambre sísmico ocurrido el 6 de septiembre de 2014 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

Magnitud	1	2	3	4	5	6	7	>7
	o	□	□	□	□	□	□	□

Profundidad (Km)	0-23	24-47	48-71	72-95	96-119	120-143	144-167	168-191	>192
	o	□	□	□	□	□	□	□	□

En comparación con el 2013 (18 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 2014 se describen en la tabla 2.

Tabla 2. Descripción de los enjambres sísmicos ocurridos durante el 2014 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR-UPRM).

Localización del Enjambre	Periodo (Fecha)	Número de Sismos	Duración
Zona de Falla de los 19°N	13 de enero	466	18 días
Cañón de Mona	22 de enero	19	5 horas
Zona de Falla de los 19°N	14 al 15 de marzo	24	36 horas
Depresión de las Islas Vírgenes	15 de abril	8	9 minutos
Zona de la Falla de los 19° N	16 de abril	11	1 horas
Zona de la Falla de los 19° N	5 de mayo	5	10 minutos
Zona de la Falla de los 19° N	6 de mayo	40	4 horas
Zona de la Falla Septentrional	13 de junio	4	15 minutos
Zona Sísmica del Sombrero	14 de junio	3	1 horas
Zona de la Falla Septentrional	18 de junio	7	2 hrs. y 30 min.
Zona de la Falla de los 19° N	28 de junio	3	25 minutos
Región Al Norte de Puerto Rico	10 de julio	4	1 hora
Zona de la Falla de los 19° N	19 de julio	3	8 minutos
Zona Sísmica del Sombrero	12 de agosto	6	3.5 horas
Zona de la Falla de los 19°N	6 de septiembre	54	9 horas
Suroeste de Puerto Rico	11 de septiembre	3	~40 minutos
Región Al Sur de Puerto Rico	15 de septiembre	5	2 horas
Zona de la Falla de los 19°N	20 al 21 de septiembre	5	~45 minutos
Zona Sísmica del Sombrero	22 de septiembre	10	~40 minutos
Región Norte de Puerto Rico	4 de octubre	3	36 minutos
Zona Sísmica del Sombrero	8 de octubre	3	45 minutos
Zona Sísmica del Sombrero	22 de octubre	3	8 minutos
Zona Sísmica del Sombrero	26 de octubre	4	5 minutos
Zona Sísmica del Sombrero	29 de octubre	7	1 hora y 21 minutos
Plataforma de Islas Vírgenes	31 de octubre	3	52 minutos
Zona de la Falla de los 19°N	3 de noviembre	4	50 minutos
Zona Sísmica del Sombrero	24 de noviembre	6	53 minutos
Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de las Islas Vírgenes	30 de noviembre	4	14 minutos
Zona Sísmica del Sombrero	21 al 22 de diciembre	34	28 horas
Zona de la Falla de los 19°N	23 de diciembre	3	1 minuto
Zona de la Falla de los 19°N	26 de diciembre	7	16 minutos
Zona Sísmica del Sombrero	30 de diciembre	3	30 minutos
Zona de la Falla de los 19°N	31 de diciembre	3	53 minutos

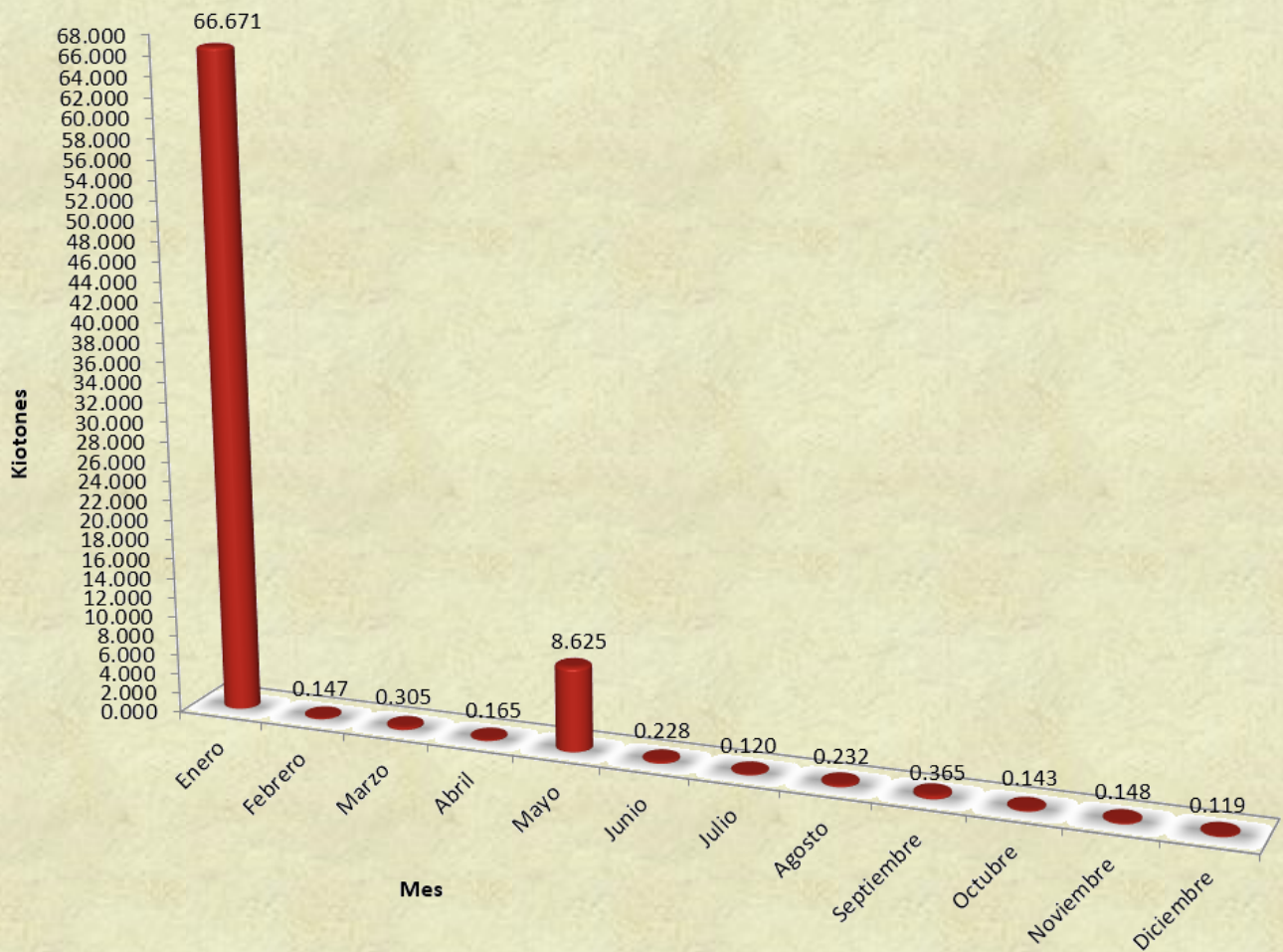


Figura 13. Energía sísmica liberada en la Región de Puerto Rico durante el 2014 (RSPR-UPRM).

Durante el 2014 la mayor liberación de energía ocurrió en el mes de **enero** con un equivalente de **66.67** kilotones (Figura 13). Esta liberación de energía se asocia al temblor de magnitud **6.4 Mwp** ocurrido el 13 de enero y sus réplicas. Además, enero fue el mes de mayor actividad sísmica del 2014, con 709 sismos (Figura 2). El mes de mayo fue el segundo mes con mayor energía liberada con 8.63 kilotones (sin embargo fue el tercer mes en sismicidad con 315 sismos). Esto se debe al hecho de que en los meses de enero y mayo ocurrieron los eventos de mayor magnitud del año. En el mes de enero la liberación de energía estuvo dominada por el evento principal de magnitud 6.4 Mwp y la secuencia sísmica de 466 temblores que le siguieron. Por otro lado, para el mes de mayo la liberación de energía estuvo dominada por el evento de magnitud 5.4 MI y sus réplicas. Ambos eventos fueron sentidos ampliamente en todo Puerto Rico. Por otro lado, en el 2014, septiembre

fue el segundo mes de mayor actividad sísmica con 366 temblores, con una liberación de energía de sólo 0.365 kilotones.

En el año 2014, con 77.3 kilotones, hubo un aumento de la energía liberada de 71.9 kilotones comparada con el año anterior (2013, 3.6 kilotones). Esto se debe al aumento en la sismicidad para la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes, pero principalmente al hecho de que ocurrieron dos evento de magnitud mayor a 5.0 en el año. La distribución de la energía liberada durante los pasados 10 años muestra que el año con mayor liberación de energía fue el 2014 con 77.3 kilotones (Figura 14). Esto se debe a la ocurrencia del sismo de magnitud 6.4 Mwp el mes de enero de ese mismo año, (el sismo de magnitud mayor en los últimos 6 años) y el sismo de 5.4 MI del mes de mayo. El total de la energía liberada durante el 2014 es equivalente a aproximadamente **517%** de la

energía liberada por la bomba de Hiroshima. Esto es 5 veces la energía liberada por tal bomba.

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.

Durante el 2014 ENERO fue el mes de mayor energía liberada con un total de 66.67 kilotones de energía.

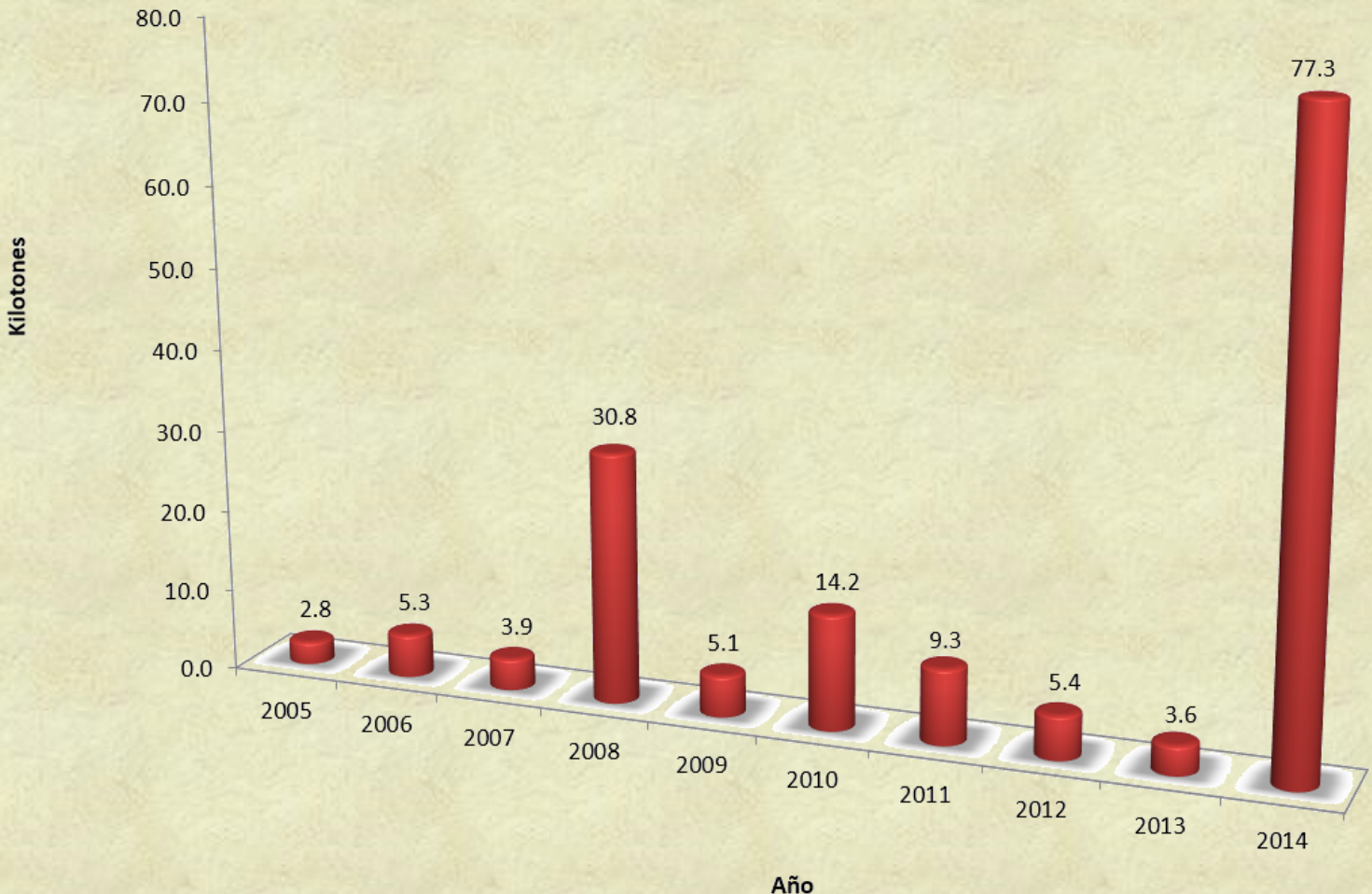
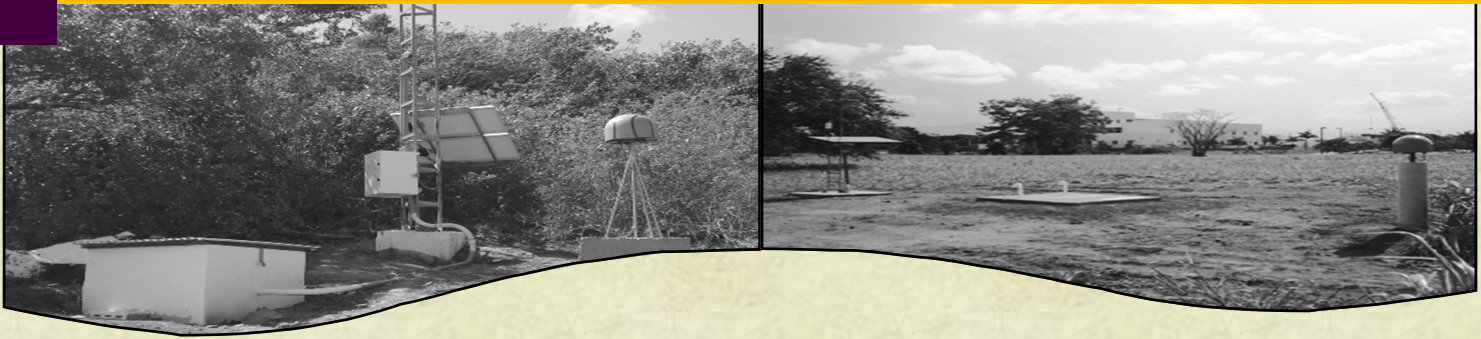


Figura 14. Energía sísmica liberada en la Región de Puerto Rico desde 2005 hasta 2014 (RSPR- UPRM).



En el 2014 la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) operó 28 estaciones sísmicas (27 en nuestra área de responsabilidad y la estación en la Isla de Aruba), de las cuales 24 son de banda ancha y 4 estaciones de periodo corto. Este año se continuó con la instalación de estaciones y el mejoramiento de las estaciones ya existentes. Durante el 2014 en la estación de Cerrillo en Ponce (PR) se instaló un sensor (sismómetro) de banda ancha (colocalizado con el sismómetro de periodo corto ya existente). Durante este año se le brindó mantenimiento de rutina a las estaciones sísmicas dentro y fuera de Puerto Rico.

También se continuó la instalación de la red de GPS, la cual incluye 11 estaciones permanentes. Por otro lado, se le brindó mantenimiento a la red de

mareógrafos. Durante el año 2014 la estación mareográfica de Peñuelas se reubicó en la Isla de Caja de Muertos, permitiendo una mejor cobertura en el área sur de Puerto Rico. Además se reinstaló la estación mareográfica de Aguadilla. Cada una de estas estaciones mareográficas 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 la NOAA y locales. 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 2014 se continuó trabajando para mejorar nuestro sistema. Como parte de este trabajo se realizaron actualizaciones a los sistemas y se añadieron sobre 5 estaciones de mareógrafos instalados en el área del Caribe y el Atlántico para un total de sobre 12 sensores que miden los cambios en el nivel del mar (Figura 15a y 15b).

Como parte de este trabajo y mejoras a nuestros sistemas, se actualiza constantemente 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 están disponibles la mayoría de estas estaciones. La data adquirida de las estaciones mareográficas es utilizada con diferentes fines. En la RSPR 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, 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.

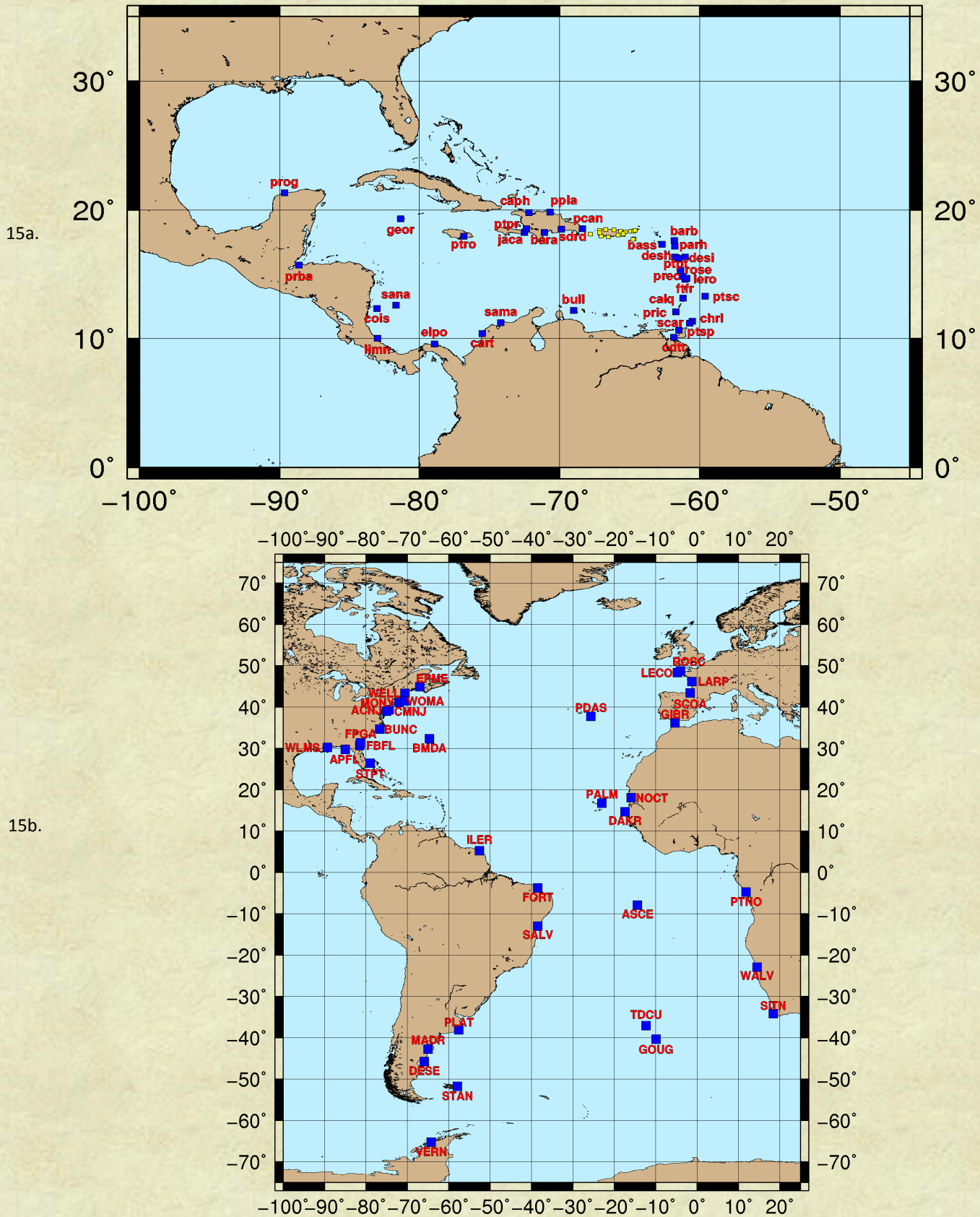


Figura 15a y 15b. Localización de los mareógrafos utilizados por la RSPR para el monitoreo de tsunamis en el Caribe y regiones adyacentes (RSPR-UPRM). El grupo de estaciones internacionales está compuesto por estaciones mareográficas pertenecientes a: la Universidad de Hawaii, Instituto de Física Global 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. La figura 15a ilustra el mapa de estaciones locales y del Caribe. Figura b Mapa Estaciones del Atlántico.

Felix O. Rivera Santiago

La **Red de Estaciones de Posicionamiento Global (GPS)** permanente de la RSPR (Figura 16) 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 16 y 17). 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 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 2014 se le brindó mantenimiento a las estaciones de GPS ya existentes de la RSPR. Del proyecto COCONet se continúan recibiendo los datos de las estaciones que transmiten en tiempo real.



Figura 16. Mapa de las estaciones permanentes de GPS de la RSPR y UNAVCO que se reciben en tiempo real en las instalaciones de la RSPR.

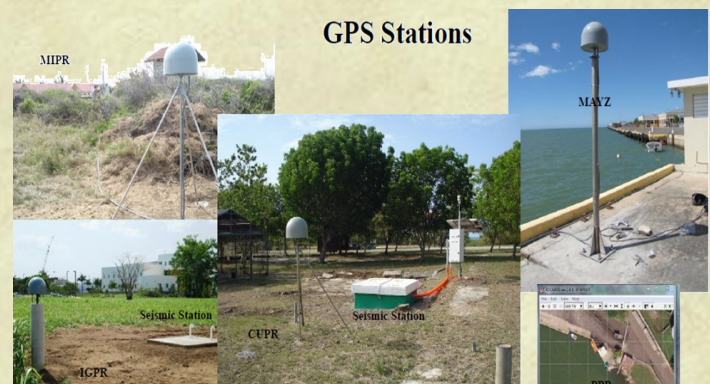


Figura 17. Algunas de las estaciones de GPS permanente. Todas las estaciones (excepto MAYZ) tienen un sensor sísmico y acelerómetro co-localizados para crear estaciones completas de monitoreo. La antena de GPS se encuentra protegida por una cubierta especial y montada, ya sea en una base de metal o en pilar de concreto.

INVESTIGACIONES

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

Alberto M. López Venegas

Los trabajos investigativos llevados a cabo en la RSPR durante el año 2014 fueron marcados principalmente por el evento de mayor magnitud jamás registrado en la RSPR ocurrido el 13 de enero de 2014. El evento sísmico de magnitud 6.4 ocurrido al norte de Puerto Rico sirvió de ejercicio para la computación de magnitudes, mecanismos focales y estimación de área de ruptura y desplazamiento co-sísmico mediante datos geodésicos. En el ámbito de la mitigación de efectos de tsunamis, se logró publicar un artículo en la revista *"Pure and Applied Geophysics"* sobre las simulaciones del tsunami observado en Puerto Rico el 11 de octubre de 1918 (Figura 18). Con el tema *"Advanced Tsunami Numerical Simulations and Energy Considerations by use of 3D-2D Coupled Models: The October 11, 1918, Mona Passage Tsunami"*, el artículo presenta una técnica novel en la metodología de acoplamiento entre modelos numéricos y cuantificación del presupuesto energético durante la generación de un deslizamiento submarino. Además, se continuaron las simulaciones de tsunamis por deslizamientos submarinos potenciales alrededor de Puerto Rico.

Entre los proyectos que aún continúan, se encuentran: (1) estimación de mecanismos focales mediante la computación de tensores de momento, (2) tomografía por ruido sísmico ambiental, (3) cuantificación del deslizamiento ocurrido en la urbanización Cerca del Cielo en Ponce utilizando datos de GPS, y (4) análisis de depósitos de tsunami en la Isla de Anegada (Islas Vírgenes Británicas), por tsunamis locales y telesísmicos pasados, y (5) actualización del Estudio de Cuantificación de Deformación de la Corteza del Bloque de Puerto Rico e Islas Vírgenes mediante métodos de GPS.

En cuanto al estudio de la computación de tensores de momento, el estudiante graduado Fernando Martínez ha utilizado la metodología en cinco eventos significativos de la región. El estudio se

encuentra en la fase final y en preparación de la publicación. El estudio de tomografía del área Caribeña mediante el uso de ruido sísmico del estudiante graduado Francisco Hernández ha sido re-evaluado gracias a la contribución de la Dra. Elizabeth Vanacore, sismóloga que recién se incorporó al equipo científico de la RSPR a mediados del 2014. La Dra. Vanacore sugirió cambios según su pericia en el campo de tomografía por ruido sísmico ambiental. Por lo que la tesis ahora se concentrará únicamente para la región de Puerto Rico e Islas Vírgenes.

El proyecto del estudiante de maestría Félix Rivera Santiago ha sido completado y está pautado a ser presentado durante la primera mitad del 2015. El estudio logró cuantificar la velocidad y deformación del deslizamiento de tierra a través del tiempo y la correlación positiva entre la cinemática del deslizamiento con la precipitación pluvial de la región. Este estudio se realizó en la Urbanización Cerca del Cielo en Ponce y utilizó un método novel de estimación cinemática mediante la tecnología de GPS. En cuanto al estudio doctoral de la estudiante Zamara Fuentes, el mismo continúa su curso con estudios de depósitos en la Isla de Anegada para determinar el historial de ocurrencia de tsunamis que han afectado la región noreste del Caribe.

La estudiante graduada Margarita Solares comenzó a reocupar las estaciones de GPS de campaña en Puerto Rico que fueron instaladas para fines de la década de los noventa. Dos equipos portátiles de GPS fueron enviados en calidad de préstamo por el Dr. Glen Mattioli de la Universidad de Texas en Arlington para obtener medidas para este año y poder establecer un campo de velocidades dentro de Puerto Rico y por ende estimar la amenaza sísmica. Como resultado de la estimación de velocidades del bloque de Puerto Rico, se podrá determinar el desplazamiento en las fallas, el cual se utiliza para determinar la coherencia del bloque de Puerto Rico y establecer correlaciones con las zonas de alta actividad sísmica. Este estudio fue clave en sugerir por primera vez, en el 2011, 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. Las medidas de las estaciones (las cuales suman a 15) se estarán recolectando hasta mediados del 2015, para luego procesar los datos y establecer las implicaciones del estudio.

Entre los proyectos que comenzaron en el 2014, se encuentra la viabilidad de la implementación del método de la Fase W para eventos regionales en la cuenca del Caribe. Este estudio estará siendo desarrollado por el estudiante de maestría Iván Casallas, y estará colaborando en el proyecto el Dr. Luis Rivera, investigador del Observatorio Sismológico de la Universidad de Strasbourg, quien co-desarrolló el método de la Fase W junto al Dr. Hiro Kanamori. El propósito de este estudio es determi-

nar el uso de este método para la región Caribe y de funcionar, explorar su implementación a modo automático y rutinario en las operaciones diarias de la RSPR.

Además se ha comenzado a desarrollar metodologías computacionales y su implementación en las operaciones rutinarias de las tres áreas críticas de la RSPR; sísmico, geodésico y mareográfico. Entre los mismos se encuentran desarrollar productos para diseminación pública sobre parámetros de los eventos significativos, herramientas de accesibilidad de datos geofísicos al público, implementación de métodos de estimación de desplazamientos corticales en tiempo real por la unión de datos acelerográficos y geodésicos, y rutinas automáticas para alertar cambios significativos en los datos mareográficos que puedan ser diagnósticos en el monitoreo de tsunamis.

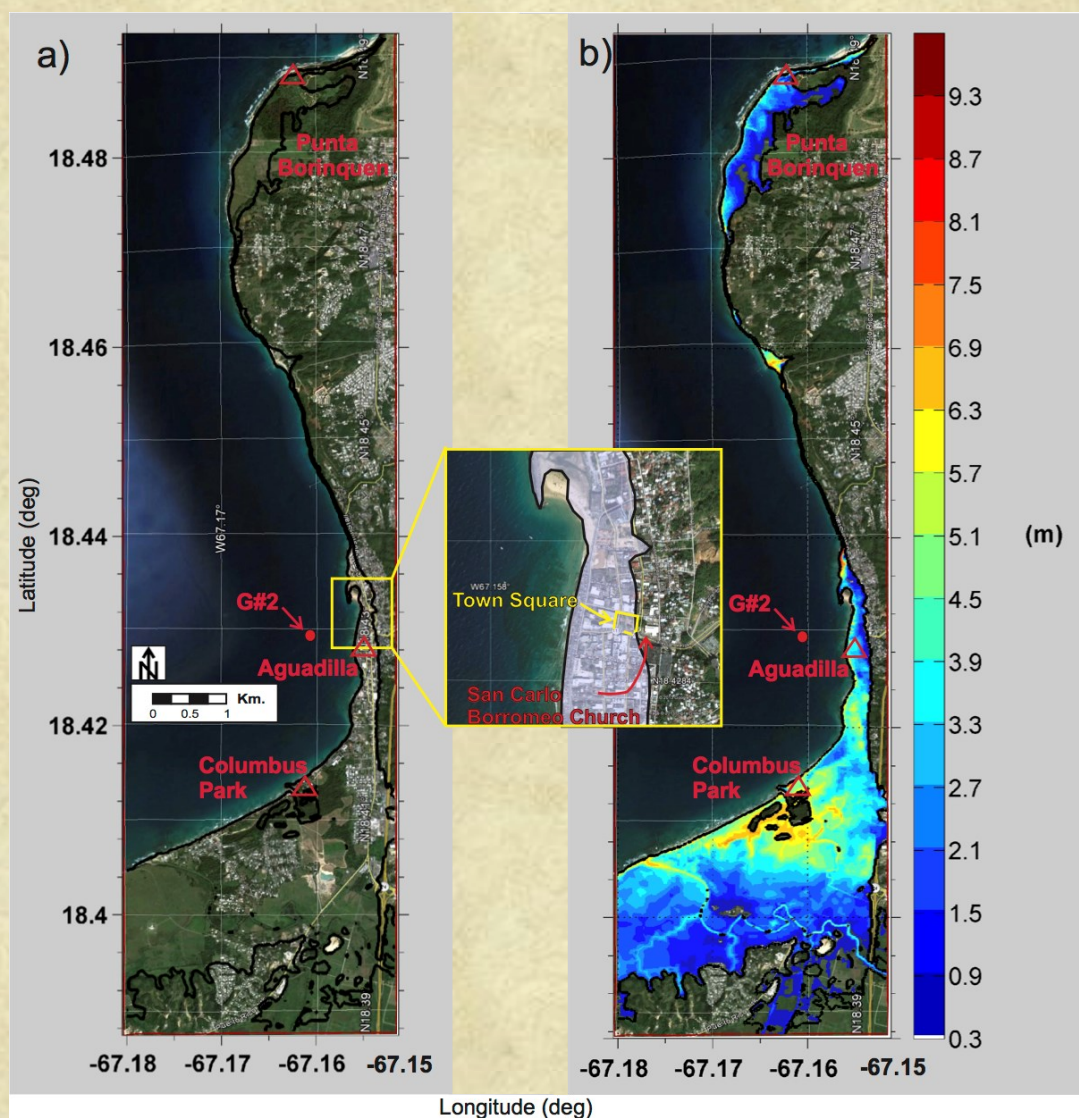


Figura 18. Simulación del tsunami de 1918 del artículo "Advanced Tsunami Numerical Simulations and Energy Considerations by use of 3D-2D Coupled Models: The October 11, 1918, Mona Passage Tsunami" publicado en la revista científica *Pure and Applied Geophysics*. (A. López)

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 sísmicamente activa en donde ocurren cientos de eventos sísmicos al año. Este factor en conjunto con áreas altamente pobladas y con estructuras pobremente construidas pudieran ocasionar un escenario trágico. Debido a que la localización y tamaño de un terremoto son impredecibles al menos sus efectos potenciales pueden 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. En esta investigación utilizamos y trabajamos con la implementación del modelo de terremoto de HAZUS que es una metodología federal 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 se utilizó para estudiar los efectos de 4 escenarios de terremotos potenciales en los municipios de Mayagüez y San Juan (Figura 19). Los resultados de esta investigación podrán ser utilizados como base por las agencias federales y locales para poder desarrollar mejores planes de respuesta y 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).

PROGRAMA EDUCATIVO

Glorymar 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 2014, el Programa Educativo de la RSPR ofreció un total de **194 actividades educativas** tanto en nuestras facilidades como en diferentes municipios de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. La RSPR impactó un total de **12,739 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 **83 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. 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 2014, el 26 de marzo de 2014. Como parte de nuestra iniciativa educativa, para promover fuera de nuestras áreas de responsabilidad la seguridad y la preparación en caso de terremotos, planificamos un taller de tres días en el mes de junio, para el personal de la agencia

ONESVIE (Oficina Nacional de Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Infraestructura y Edificaciones) de la República Dominicana. En este taller se les proveyó entrenamiento e información sobre: el programa *Tsunami Ready*, entrenamiento *Community Emergency Response Team* (CERT), labor y protocolos de la RSPR, *National Incident Management System* (NIMS), *Incident Command System* (ICS), entre otros. El taller incluyó visitas al Servicio Nacional de Meteorología (Figura 20), Oficina Estatal para el Manejo de Emergencias de Puerto Rico (Figura 21), la Oficina Municipal de Manejo de Emergencias de Rincón y las facilidades de la RSPR.

Igualmente colaboramos en una iniciativa conjunta con AEMEAD para la preparación y entrenamiento de las iglesias, con el propósito de que sirvan como enlaces y recursos en caso de un desastre nacional. Esta iniciativa incluía entrenamientos CERT y conferencias informativas. La RSPR también colabora activamente con el Comité creado por AARP (*American Association of Retired Persons*) y el Departamento de Salud en una alianza para desarrollar e implementar en Puerto Rico, el registro de Poblaciones con Necesidades Funcionales y de Acceso con el propósito de crear una base de datos confiables de esta comunidad especial para recibir la ayuda necesaria en caso de un desastre. Además, la RSPR impartió dos talleres educativos e informativos a los reporteros del Periódico El Nuevo Día. En el mes de abril de 2014, la RSPR recibió la visita de 17



Figura 20. Visita al Servicio Nacional de Meteorología San Juan, PR. (RSPR-UPRM).

representantes de la Región del Caribe, a los cuales les proveyó una charla educativa sobre Tsunamis y otros temas relacionados con la Gestión de Riesgo de Desastres. Esta visita fue coordinada por la Oficina de Estados Unidos para Asistencia por Desastres en el Extranjero para Latinoamérica y el Caribe (USAID/OFDA).

El 16 de octubre de 2014, celebramos por tercera vez consecutiva en Puerto Rico el ejercicio de protección en caso de terremotos “El Gran ShakeOut de Puerto Rico”, auspiciadas por FEMA. Con la ayuda 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 10:16 a.m. del 16 de octubre, miles de puertorriqueños practicamos el método sugerido para protegerse de un terremoto fuerte: agacharse, cubrirse debajo de un objeto resistente y sujetarse del mismo por un minuto (Figuras 22 y 23). 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 595,000 personas en todo Puerto Rico. Simultáneamente, se realizaron pruebas de los diversos sistemas de comunicaciones en caso de terremotos y tsunamis (Figura 24), en colaboración con AEMEAD y el Sistema de Alerta de Emergencia de Puerto Rico (EAS).



Figura 21. Visita a la Oficina Estatal para el Manejo de Emergencias de Puerto Rico - San Juan, PR. (RSPR - UPRM).



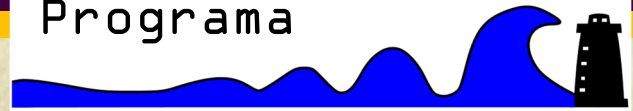
Figura 22. Participantes del ejercicio ShakeOut en la RSPR (RSPR -UPRM).



Figura 24. Analistas de Datos Geofísicos durante la prueba de comunicaciones del ShakeOut (RSPR-UPRM).



Figura 23. Práctica del ShakeOut (RSPR-UPRM).



TsunamiReady

**Wildaomaris González Ruiz y
Carolina Hincapié Cárdenas**

Para el 2014, los seis municipios que estaban pendientes por completar los requisitos establecidos por el programa *TsunamiReady*, fueron reconocidos por el Servicio Nacional de Meteorología como se define en la Tabla 3. Para el mes de junio de 2014, todos los municipios costeros de Puerto Rico (44) adoptaron las guías del programa *TsunamiReady* como la base para preparar sus planes de respuesta ante eventos de tsunami. Ocho municipios celebraron sus actividades de reconocimiento en presencia de sus alcaldes, funcionarios locales, del estado y público en general (Figuras 25 a la 28).

Dado que el reconocimiento otorgado por el Servicio Nacional de Meteorología como Municipio *TsunamiReady* es por tres años, a partir del mes de agosto se comenzaron los trabajos de seguimiento con los pueblos que se acercaban a su fecha de vencimiento: Isabela, Quebradillas, Guayanilla, Guayama, Juana Díaz, Arroyo, Toa Baja, Peñuelas y Lajas. Durante el 2014 también se dio soporte a los municipios de Dorado y Cabo Rojo quienes perdieron el reconocimiento por descuidar el programa pero, trabajaron arduamente para estar nuevamente en la lista de municipios *TsunamiReady* en Puerto Rico. Municipios como Aguadilla y Ponce recibieron igualmente apoyo de parte de la Red Sísmica para completar los compromisos adquiridos en el 2013 al ser renovados por el Comité *TsunamiReady*.

Como parte del trabajo educativo, el Currículo de Tsunamis desarrollado por la Red Sísmica de Puerto Rico se socializó en 9 talleres que cubrieron las diferentes Regiones Educativas del Departamento de Educación de Puerto Rico (Figuras 29 y 30). Se logró impactar un total 275 maestros de todos los niveles educativos K-12. Se distribuyeron 50,200 manuales (50,000 reproducidos por AEMEAD y 200 por RSPR) y se ofrecieron 3 conferencias de prensa alrededor de la isla.

Reconociendo que la preparación ante un tsunami es clave para evitar un desastre, otros sectores como el turístico y hotelero se impactaron durante el 2014. Se ofreció un taller al personal de seguridad

del Hotel Meliá en Río Grande para reforzar y revisar conceptos sobre terremotos y tsunamis.

Personal del hotel practicó su plan de respuesta durante el ejercicio Lantex (Figura 31). De otra parte, el grupo hotelero del área de Isla Verde recibió una charla sobre el mapa de desalojo para el municipio de Carolina y la importancia del Desalojo Vertical como opción ante una emergencia por tsunami.

En el mes de octubre, un adiestramiento organizado por Parques Nacionales reunió a salvavidas y personal de seguridad de varios pueblos alrededor de la isla para recibir el material desarrollado en conjunto con el CTWP. Se tocaron conceptos básicos sobre tsunamis, mapas y rutas de desalojo, procedimientos estándares para planes de desalojo y un ejercicio práctico con un posible escenario local. Los participantes mostraron gran interés en el tema dado que laboran en áreas altamente vulnerables y son conscientes del compromiso adquirido por mantener la seguridad de quienes visitan nuestras playas, preservar su vida y propiedad (Figuras 32 y 33).



Figura 25. Actividad de reconocimiento de Vega Baja con el Hon. Marcos Cruz Molina. (RSPR - UPRM).

Tabla 3: Municipios reconocidos durante el año 2014 (RSPR-UPRM)

Municipio	Fecha de reconocimiento
Vega Baja	Enero-30-2014
Hatillo	Febrero-7-2014
Cataño	Marzo-3-2014
Río Grande	Marzo-26-2014
Loíza	Mayo-8-2014
San Juan	Junio-26-2014



Figura 26. Actividad de reconocimiento de Hatillo con nutrida participación de diferentes sectores del Municipio. (RSPR - UPRM).



Figura 27. Actividad de reconocimiento de San Juan Municipio en Plaza de las Américas. (RSPR - UPRM).



Figura 28. Actividad de reconocimiento de Guaynabo con el Hon. Héctor O'Neill García. (RSPR - UPRM).



Figura 29. Taller Currículo de Tsunamis niveles K-6. (RSPR - UPRM).



Figura 30. Taller Currículo de Tsunamis niveles 7-12. (RSPR - UPRM).



Figura 31. Participación del Hotel Meliá, Río Grande P.R durante el ejercicio CARIBEWAVE/LANTEX 2014. (RSPR - UPRM).



Figura 32. Adiestramiento Salvavidas (RSPR - UPRM).



Figura 33. Salvavidas discutiendo los procedimientos estándares de operación en caso de tsunami. (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 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 34). Una configuración acertada nos permite responder a sismos con mayor rapidez, sean locales, regionales o tele-sismos, según estipulado en los protocolos de la RSPR.

Catálogo histórico y Base de datos

Francis Pérez Ramos

Como parte de los trabajos operacionales en la RSPR se está trabajando dos proyectos importantes, el catálogo histórico y la corrección de la base de datos de sismos. Para el Proyecto del catálogo histórico se trabaja con un documento digital en dónde se

recopilan todos los datos de los eventos sentidos históricos y sus efectos. 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 trabaja 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 está revisando y corrigiendo la información que se encuentra en los **Boletines de Evento Sísmico/Tsunami** para luego actualizar la base de datos en línea conocida como Catálogo de Eventos Significativos. Se espera tener un avance significativo en ambos proyectos y para el 2015 tener ambas bases de datos totalmente funcionales y disponibles para el público general.

Broadcast Server y Shakemaps

María Torres Vega

Durante el año 2014 se continuó con la documentación del **EARLYBIRD-PRSN DANIS BroadCast Server** el cual es utilizado para diseminar la información de eventos sísmicos a las agencias de emergencia y al público en general. LA RSPR diseñó e implementó el **Rapid Earthquake Alert (REA)** como parte de la

respuesta rápida o *early warning* de la RSPR y afecta todos los protocolos existentes (Sismo Sentido, Tsunami y Sismos Significativos) y es sólo para enviar información rápida de Terremotos a través de email de Emergencia, SMS *Warning Points*, RSS Significativo, la página de internet y el CLOUD. Esto ayudará a que las oficinas de Manejo de Emergencia que operan 24 horas puedan recibir la información rápida y tomar la ac-

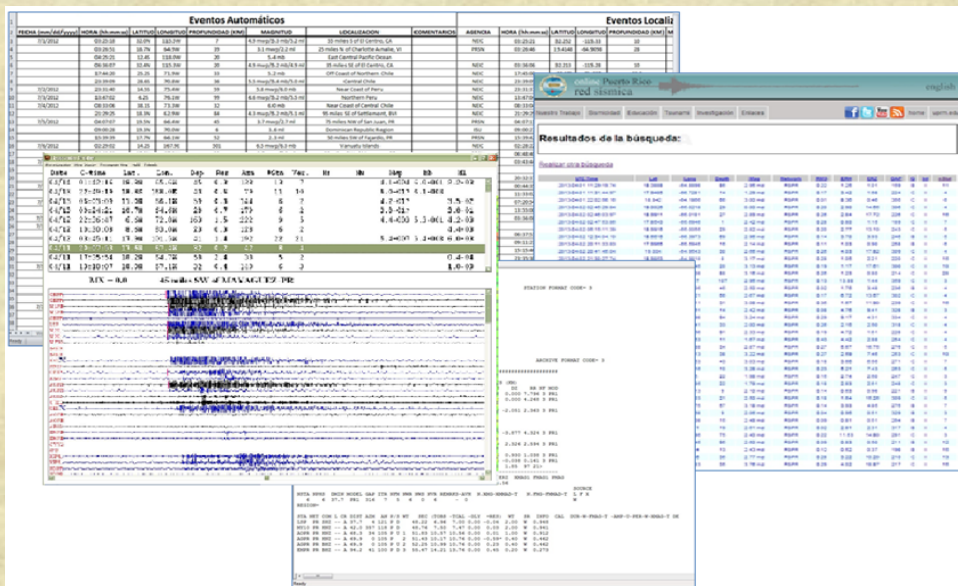


Figura 34. Monitoreo de sistemas de detección automática y eventos procesados (RSPR - UPRM).

ción 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 representación gráfica del movimiento de la tierra producidos cuando ocurre un evento sísmico. 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)* y *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 35). Estos mapas nos ayudan a determinar los daños en los edificios y en la infraestructura.



Figura 35. ShakeMap Instrumental del evento del 13 de enero de 2014 de magnitud 6.4 Mwp (RSPR - UPRM).

Manual de Operaciones y Plan COOP

Gisela Báez-Sánchez

Durante este año se continuó actualizando el Manual de Operaciones y Procedimientos de la RSPR. El manual describe entre otras cosas los trabajos de las distintas áreas de la RSPR como lo son: Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos, Instrumentación e Investigación, entre otros. Incluye además los

trabajos de seguridad para el cumplimiento cabal de nuestra misión y los objetivos como institución de monitoreo sísmico y de tsunamis. El Manual describe todas las operaciones de la RSPR, 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 disseminación 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 disseminación de nuestros datos y productos de emergencia, implementándose el nuevo Early Warning y el Rapid Earthquake Alert a los protocolos de respuesta.

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 16 de octubre realizamos una prueba de sistema de comunicaciones durante el Ejercicio ShakeOut 2014. Esta prueba nos permitió probar los protocolos y procedimientos vigentes en la RSPR para la emisión de mensajería de Terremotos y Tsunamis. Como parte de las tareas operacionales hemos continuado trabajando en el Plan COOP de la RSPR (requisito establecido a través de las directrices presidenciales: “*National Security Presidential Directive-51*” (NSPD-51), la “*Homeland Security Presidential Directive-20*” (HSPD-20) y la “*National Continuity Policy*”).

Participamos además como asesores de escenario en el Ejercicio **Tropical Journey** del Departamento de Salud, en el Webinar NOAA/NWS *Tsunami Warning via Wireless Emergency Alerts*, en la serie de conferencias en línea *NOAA Webinar Tsunami Ready Guidelines*, así como otros 13 seminarios *COOP Webinar Series* de FEMA (que cubren los distintos aspectos necesarios para la preparación de un plan de continuidad de operaciones). Este año, apoyamos a la Guardia Nacional con la creación del escenario del Ejercicio **Operation Borinqueneer Response**.

Large Atlantic Tsunami EXercise/CaribeWave 2014

Gisela Báez-Sánchez



Como parte del mejoramiento continuo de nuestras operaciones y respuestas a emergencia, coordinamos el ejercicio conjunto de tsunamis CARIBEWAVE/LANTEX 2014, 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 26 de marzo de 2014.

En la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes la participación en el ejercicio CARIBEWAVE/LANTEX 2014 fue exitosa. Se probaron las comunicaciones con: 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 Disseminación de Información de Terremotos y Tsunamis, Figura 36), 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 la actualización de la página oficial del Ejercicio LANTEX de la RSPR (<http://www.prsn.uprm.edu/lantex/>). En donde el público y las agencias podían encontrar todos los materiales desarrollados por la RSPR para el ejercicio. En total emitimos un anuncio de comienzo del ejercicio a las 6:00 am y 14 Boletines de Aviso, Advertencia, Vigilancia de Tsunami y Cancelación de la RSPR (español e inglés), estos se disseminaron 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.

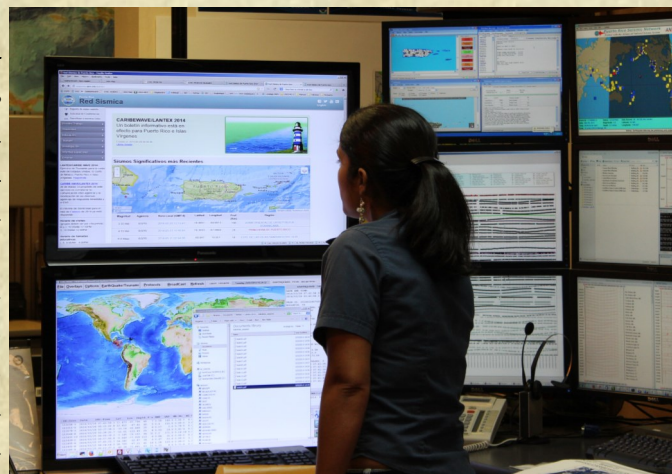


Figura 36. Ejercicio de Comunicaciones CARIBEWAVE/LANTEX 2014, Sistema Broadcast en la RSPR (RSPR-UPRM).

En total emitimos un anuncio de comienzo del ejercicio a las 6:00 am y 14 Boletines de Aviso, Advertencia, Vigilancia de Tsunami y Cancelación de la RSPR (español e inglés), estos se disseminaron 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.

A nivel de comunicaciones se detectaron fallas menores, se trabajó en la corrección de dichas fallas detectadas en los sistemas de comunicación y disseminación 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. Se utilizó el código de alerta real de tsunami, TSW. El mensaje fue emitido a partir de las 10:00 AM el 26 de marzo de 2014, por el SNM-SJ 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/LANTEX 2014 participaron entidades internacionales, estatales, federales y empresas privadas, para un total de 1,296 registros y 182,204 individuos participantes. De estos 432 fueron entidades educativas. El Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico (nuestra sede) participó activamente del ejercicio CARIBEWAVE/LANTEX 2014, activando al Comité Operacional de Emergencias (COE) y realizando varios simulacros en sus facilidades.

Durante el año 2014, 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)

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)

United States Geological Survey (USGS)

United States Army Corps of Engineers (USACE)

* 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 Universitario Ana G. Méndez Fundación Ángel 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

County Day School of Saint Croix

Convento Hermanas Misionera del Buen Pastor, Guaynabo

Department of Disaster Management (DDM, British Virgin Islands)

Oficina de Meteorología de Aruba

REDES CONTRIBUYENTES

- Centro de Investigaciones Sísmicas, Universidad de las Indias Occidentales (Trinidad y Tobago)
- National Earthquake Information Center (NEIC), Red Nacional de los Estados Unidos
- Incorporated Research Institutions for Seismology (Estados Unidos)
- Lamont- Doherty Earth Observatory (Estados Unidos)
- Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS)
- Observatorio GEOSCOPE (Francia)
- Observatorio GEOFON (Alemania)
- International Deployment of Accelerometers (Universidad de California, Recinto de San Diego)
- Instituto Sismológico Universitario, Universidad Autónoma de Santo Domingo (República Dominicana)
- Instituto Meteorológico de los Países Bajos
- Observatorio Volcanológico y Sismológico de Guadalupe y Martinique (Antillas Francesas)
- Red Sísmica de las Islas Caimán
- Red Sísmica Nacional de Jamaica
- Red Sísmica Nacional de Colombia (Instituto Colombiano de Geología y Minería) (Colombia)
- Observatorio Volcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional de Costa Rica
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales (El Salvador)
- Servicio Sismológico Nacional (México)
- Universidad de Colima (México)
- Universidad Nacional Autónoma de México, Recinto de Querétaro (México)
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (Nicaragua)
- Red Sísmica del Volcán Barú (Chiriquí, Panamá)
- Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (Venezuela)
- Departamento de Recursos Naturales de Canadá

En el 2014 la Red Sísmica de Puerto Rico fue reconocida como parte del *Advanced National Seismic System (ANSS)* de los Estados Unidos.



Algunas estaciones de las redes contribuyentes

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

Víctor Huérfano Moreno, PhD	Director e Investigador Asociado
Alberto López Venegas, PhD	Catedrático Auxiliar (Geología)
Elizabeth A. Vanacore Maher, PhD	Investigadora Auxiliar (RSPR)
Yamilette Vargas Rivera, MBA	Secretaria Administrativa III
Dalixza Irizarry Martínez	Secretaria Administrativa I
Annie Plaza Rodríguez	Estudiante Graduada
Grace M. Soto López	Estudiante Subgraduada

Programa Educativo

Glorymar Gómez Pérez	Oficial de Programas II
Lorena Vázquez Arbelo	Estudiante Graduada
Jesenia Figueroa Nieves	Estudiante Graduada

Programa Tsunami Ready

Carolina Hincapié Cárdenas, MSc.	Asociada de Investigaciones
Wildaomaris González Ruiz	Oficial de Programas I
Ángel Bruno	Estudiante Subgraduado
Giovanni Seijo	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

Ángel Feliciano Ortega	Especialista en Computación y Telecomunicaciones
Yasel Morales García	Programador de Sistemas Electrónicos II
Ricardo Rivera Nieves	Programador de Sistemas Electrónicos II
Luis Reyes	Estudiante Subgraduado
José B. Acevedo Patón	Estudiante Subgraduado

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, MSc.	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
José M. Rivera Torres	Auxiliar de Investigación I
Arlenys Ramírez Rivera	Estudiante Graduada
Félix O. Rivera Santiago	Estudiante Graduado
Francisco Cruz Ortiz	Estudiante Graduado
Iván F. Casallas Nope	Estudiante Graduado
Sully A. Lebrón Rivera	Estudiante Graduada
Wilnelly A. Ventura Valentín	Estudiante Subgraduada
Alan Vélez Rivera	Estudiante Subgraduado

INFORME ANUAL 2014

Gisela Báez-Sánchez
Arlenys Ramírez Rivera
Wilnelly A. Ventura Valentín
Editoras

Arlenys Ramírez Rivera
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 durante el Ejercicio ShakeOut 2014

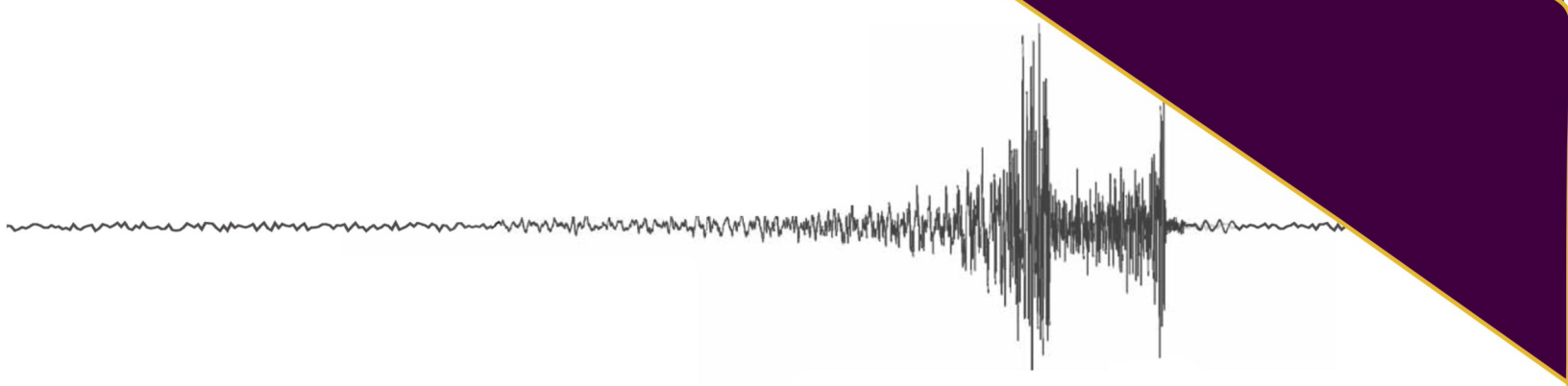
En la fila posterior (de izquierda a derecha): Elizabeth Vanacore, José F. Martínez, Harold J. Irizarry. En la primera fila (de izquierda a derecha): Félix Rivera, Alan Vélez, Arlenys Ramírez, Annie Plaza, Sully Lebrón, Yamilette Vargas y Gisela Báez-Sánchez. Arrodillados al frente: Víctor Huérfano (PRSN-UPRM).

INFORME ANUAL 2014

RED SÍSMICA DE

PUERTO RICO

2014



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

