

# Informe Anual 2017

Universidad de Puerto Rico  
Recinto Universitario de Mayagüez  
**Red Sísmica de Puerto Rico**

Departamento de Geología, Facultad de Artes y Ciencias  
[redsismica.uprm.edu](http://redsismica.uprm.edu)





# TABLA DE CONTENIDO

Mensaje del Director.....	2	-Broadcast Server y Shakemaps.....	22
Operaciones.....	3-11	-Nivelación de estaciones mareográficas.....	22-23
-Sismicidad durante el 2017.....	3-5	-Monitoreo de Respuestas Operacionales, Protocolo Post-Tsunami Survey y Plan de Emergencia y Desalojo RSPR.....	23-24
-Sismos Sentidos.....	6-7	-Proyecto EMWIN.....	24
-Enjambres Sísmicos.....	8-9	-Operaciones, Preparación y Continuidad.....	24-26
-Energía Liberada.....	10-11	-CARIBEWAVE 2017.....	26-28
Sistema de Monitoreo Sísmico, Mareográfico y GPS... 12-17		Programa Educativo.....	28-32
-Estaciones Mareográficas.....	12-14	-Impacto y Alcance.....	28-29
-GPS.....	15-17	-Programa TsunamiReady.....	30-32
Investigaciones.....	18-19	Cómputos y Sistemas de Información.....	33
Proyectos Operaciones.....	20-28	Colaboración y Financiamiento.....	34
-Sistemas de Detección Automática y Desarrollo Profesional.....	20	Redes Contribuyentes.....	35
-Catálogo Histórico y Entrenamiento de Analistas de Nuevo Reclutamiento.....	21	Personal RSPR.....	36
-Herramienta para Procesamientos de Datos Geofísicos.....	21		

## BREVE HISTORIA DE LA RED SÍSMICA DE PUERTO RICO

La Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) está adscrita al 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 de la UPR. Para ese mismo año fue transferida al Departamento de Geología de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez. Durante el 2015 las facilidades de la RSPR se reubicaron en el Edificio D (remodelado para este fin) del Recinto de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico. 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).

### 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.

# MENSAJE DEL DIRECTOR

2

El año 2017, comenzó como un año normal, inclusive para la sismicidad, pues hasta finales de agosto la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) había reportado 2,720 temblores. Lo cual, comparado con el mismo periodo del año anterior de 2016, con 2,500, está dentro de lo que consideramos una actividad normal. Todo cambio a finales de septiembre como les comentaré más adelante. El sistema de monitoreo, reporte e información, educación y diseminación, así como los proyectos que teníamos trazados venían corriendo con normalidad. Por ejemplo, el ejercicio de tsunamis “CaribeWave” el cual se realizó el día 21 de marzo, contó con la participación/suscripción de sobre 660,000 personas en todo el Caribe, de las cuales, más de 150,000 fueron de Puerto Rico. En este ejercicio se simuló un potencial tsunami generado al norte de las Antillas Menores, el cual fue generado por un terremoto de M 8.5, este causaría inundaciones severas en la mayoría de las Islas de la esquina nororiental del Caribe. Durante este ejercicio activamos todos los sistemas de diseminación, así como se activaron los protocolos vigentes para responder en caso de terremotos o tsunamis en Puerto Rico y las Islas Vírgenes.

Durante el verano de 2017, realizamos talleres destinados a los manejadores de emergencias, a los medios, y al público en general. Fue la primera vez, que con el apoyo de la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA) y la Agencia Estatal de Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (AEMEAD), realizamos un taller titulado “Train-the-Trainers”, con el propósito de unificar la información provista por las personas que ofrecen conferencias sobre el tema de terremotos y tsunamis. El mes de agosto realizamos un taller a nivel regional donde participaron delegados de todas las Redes Sísmicas y observatorios geofísicos del Caribe, el mismo tenía como objetivo el presentar los avances y desarrollos en el tema del monitoreo sísmico, así como coordinar el trabajo para reforzar el sistema regional de alerta de tsunamis.

En cuanto a la instrumentación, para verano de 2017, se realizó las nivelaciones de los mareógrafos, se dió mantenimiento a las estaciones sísmicas y se instaló una estación nueva en la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico en Corozal. En cuanto a la participación de la RSPR a nivel nacional, regional e internacional, fuimos parte de la reunión nacional del “National Tsunami Hazard Mitigation Program” (por sus siglas en inglés NTHMP). Se participó de la reunión anual del Programa Intergubernamental de la Unesco para el Caribe, el cual coordina el sistema de alerta de tsunamis y otros peligros costeros; se participó en la reunión del comité de la UNESCO sobre sistemas de monitoreo a nivel mundial (TOWSP), donde la RSPR participa como delegada del Caribe.

Pero llegó la fecha del 20 de septiembre, día en que al Huracán María impactó con vientos de categoría 4 a Puerto Rico, semana y media antes, el Huracán Irma había azotado a las hermanas Islas Vírgenes y las Islas del Caribe nor-oriental. Al igual que a todos los puertorriqueños, esos huracanes impactaron y afectaron a la RSPR, resumiendo en pocas palabras, perdimos las comunicaciones básicas, la electricidad, de igual manera el sistema de detección y alerta. La buena noticia es que de manera parcial la RSPR logró mantener las comunicaciones de emergencia, esto mediante el sistema satelital EMWIN, el cual nos permitió ayudar a las agencias de manejo de emergencias a diseminar la información en tiempo real, i.e., como lo fue la situación ocurrida en la represa de Guajataca. Si bien mantuvimos cuatro (4) estaciones sísmicas operacionales, debido a la pérdida de comunicaciones, no fue posible compartir esta información con las agencias federales; sin embargo, se mantuvo comunicación vía satélite. Esto significa que la Isla siempre estuvo monitoreada y que las operaciones 24/7 de la RSPR en ningún momento se interrumpieron, a pesar de las dificultades con el combustible y el acceso. Es un honor para mí, el poder contar con tal grupo de servidores públicos, quienes pernoctaron en la RSPR por dos semanas sin ir a sus hogares, a su vez con el apoyo del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico y compañías privadas, las cuales nos brindaron apoyo con provisiones, incluyendo el combustible para mantener el generador funcionando. Ya para fines de año, contábamos con 20 estaciones sísmicas funcionales, 4 mareógrafos y 6 GPS. Las lecciones aprendidas tras el paso del Huracán María han sido fundamentales a la hora de iniciar el proceso de reinstalación y refuerzo de la RSPR. Este proceso se inició previo al impacto del Huracán María.

En estos tiempos difíciles, 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), y el Servicio Geológico Federal de los Estados Unidos (USGS). Nada de todo lo antes mencionado 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*

Víctor A. Huérfano Moreno, PhD

## SISMICIDAD DURANTE EL AÑO 2017

Durante el 2017, la RSPR localizó un total de **3,129 sismos** (Figura 1) en el área de responsabilidad (ADR) conocida como la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (latitud 17.0°N, 20.00 N y longitud 63.5° O a 69.0°O). En comparación con el año anterior 2016 (3,948 sismos), la sismicidad detectada y localizada disminuyó en un 20%; éstos son **819 temblores** menos que el año anterior. En este año, el mes de mayor sismicidad fue **abril** con **518 temblores** y el mes de menor sismicidad detectada fue **octubre** con **48 sismos** (Figura 2). Del total de eventos del 2017, **24 temblores (0.77%)** fueron reportados como sentidos, 21 de los cuales fueron localizados dentro de nuestra ADR (locales) y 3 eventos fuera de nuestra ADR (o sea regionales). Las magnitudes de los eventos sísmicos calculadas para este año por la RSPR variaron de **0.85 Md a 4.34 MI (4.8 Mb)**, aunque para los eventos sentidos las mismas variaron de **2.02 Md a 4.34 MI (4.8 Mb)**. Durante el año 2017 las profundidades variaron entre **1 km a 180 km**, mientras que para los sismos sentidos fueron desde **4 km a 95 km**. Los sismos con profundidades de **0 a 25 km** fueron los más frecuentes con **1,443 temblores**, mientras que aquellos entre los **175 km y 200 km** fueron los de menor ocurrencia este año (Figura 3). La región con mayor sismicidad localizada durante el 2017 fue la **Zona Sísmica de Sombrero** con **856 eventos sísmicos**, seguida por la **Plataforma de Islas Vírgenes** con **327 sismos**.

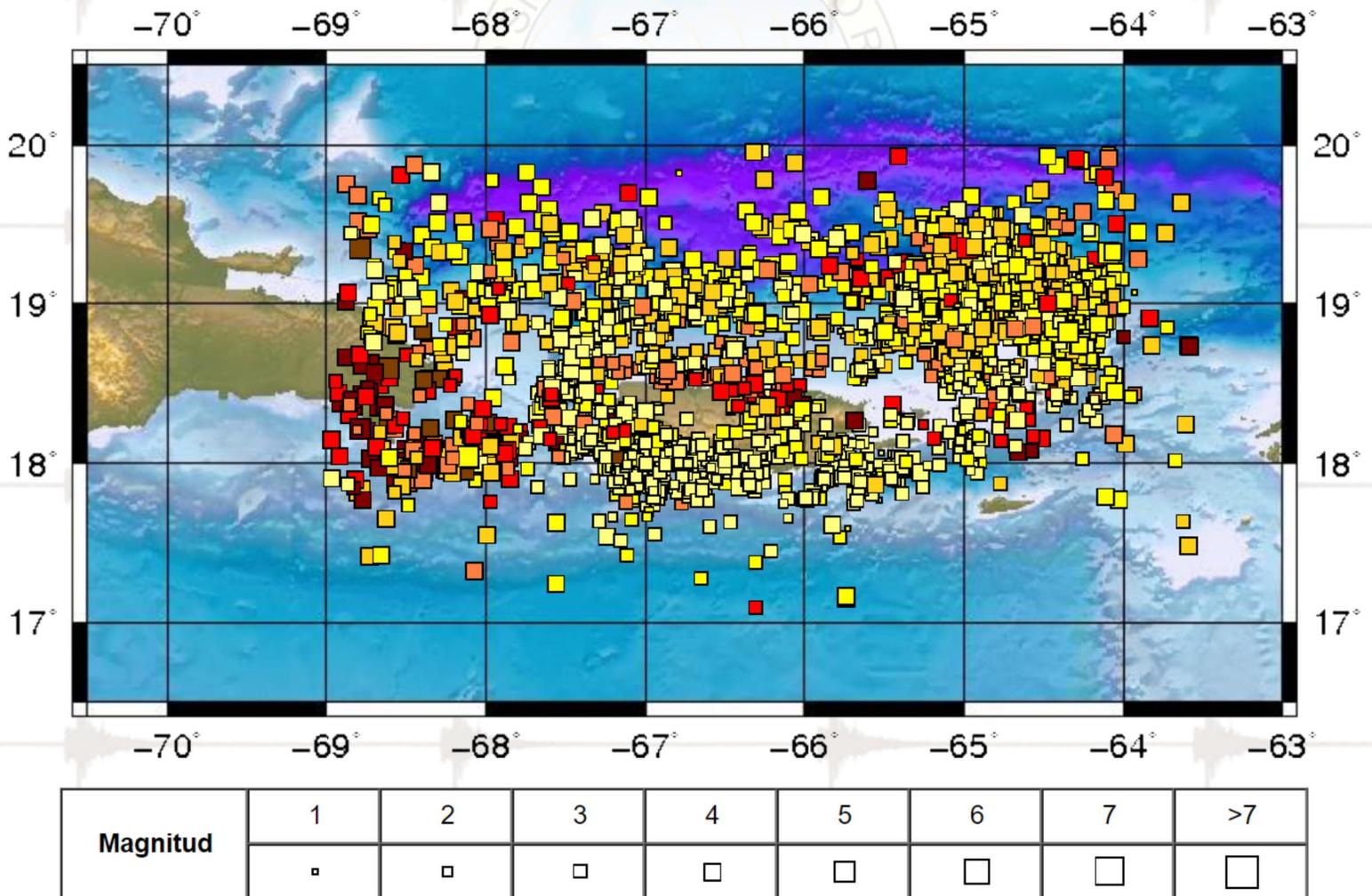


Figura 1. Mapa epicentral de los sismos localizados por la Red Sísmica de Puerto Rico para el año 2017 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

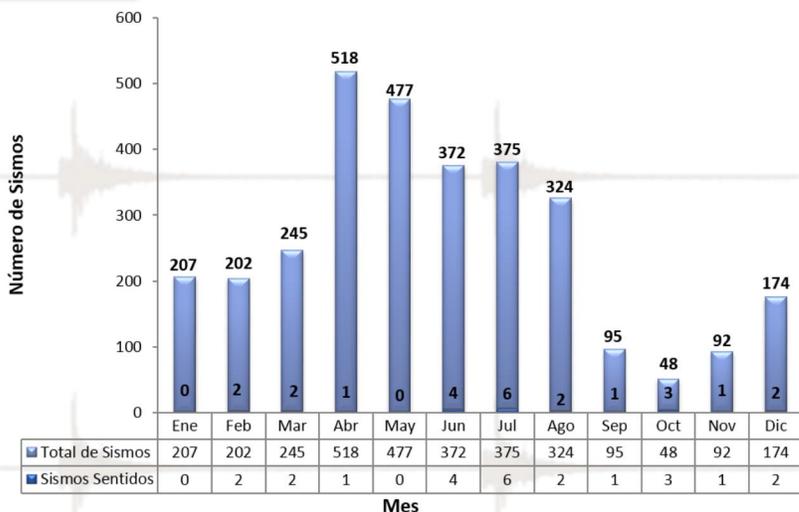


Figura 2: Distribución mensual de sismos localizados y reportados como sentidos durante el 2017 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).

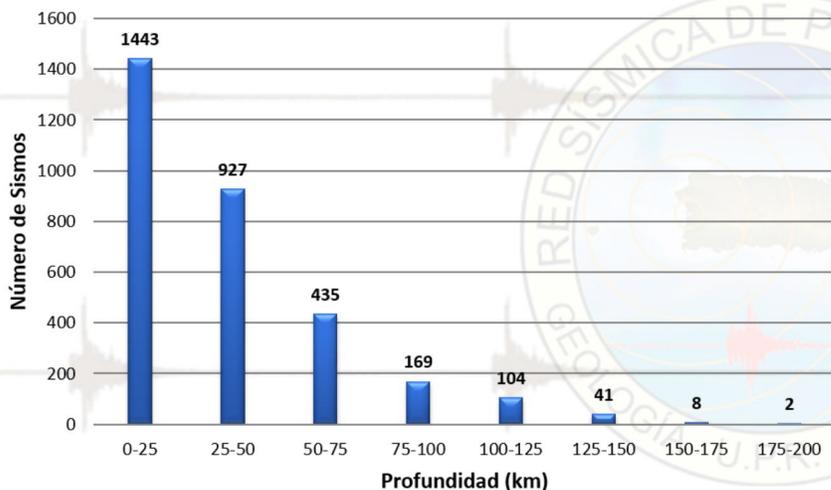
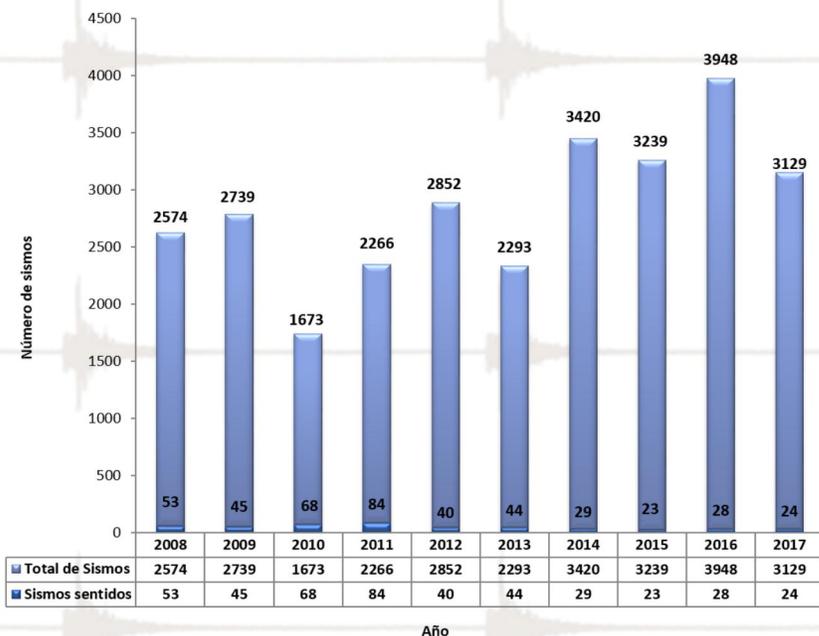


Figura 3: Distribución de sismos por profundidad para el 2017 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR - UPRM).



La distribución sísmica por magnitudes calculadas durante los últimos diez años (2008 al 2017; Figura 4), muestra que el rango de magnitudes (Md) con mayor número de sismos es el de **2.0 a 3.0 (Md)** con un total de **13,771 temblores** (Figura 5). Este rango de magnitudes fue seguido por magnitudes de **3.0 a 4.0 (Md)** con **10,030** sismos. Las magnitudes calculadas por la RSPR durante el **2017** variaron de **0.85 (Md) a 4.3 MI (4.8 Mb)** (Figura 6). Para los eventos sentidos las mismas variaron de **2.00 (Md) a 4.3 MI (4.8 Mb)**. En el 2017, el rango de **magnitudes calculadas con mayor número de sismos** se mantuvo igual al del año anterior (2016). El mismo va de **2.0 a 3.0 (Md)** con **1,786** sismos, seguido por magnitudes de **3.0 a 4.0 (Md)** con **857** sismos.

La concentración de sismicidad para el 2017 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 de Sombrero** con **856 temblores**, la **Plataforma de las Islas Vírgenes** con **327 temblores** y la **Zona de la Falla de los 19° N** con **300 temblores** (Tabla 1). Las regiones de menor actividad sísmica durante este año fueron: Santa Cruz, la Región Sureste de PR y la Región Noroeste de PR con uno, tres y tres sismos localizados, respectivamente. Además en la Plataforma de Santa Cruz y la Dorsal de Santa Cruz en las cuales no se localizó ningún sismo. La región con mayor número de sismos sentidos fue la **Zona de la Falla de los 19° N** con **6** sismos sentidos. Entendemos que el factor determinante para la disminución de sismicidad se debe al paso de los Huracanes Irma y María.

Figura 4: Distribución anual de sismos localizados y reportados como sentidos en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes desde el 2008 hasta el 2017 (RSPR - UPRM).

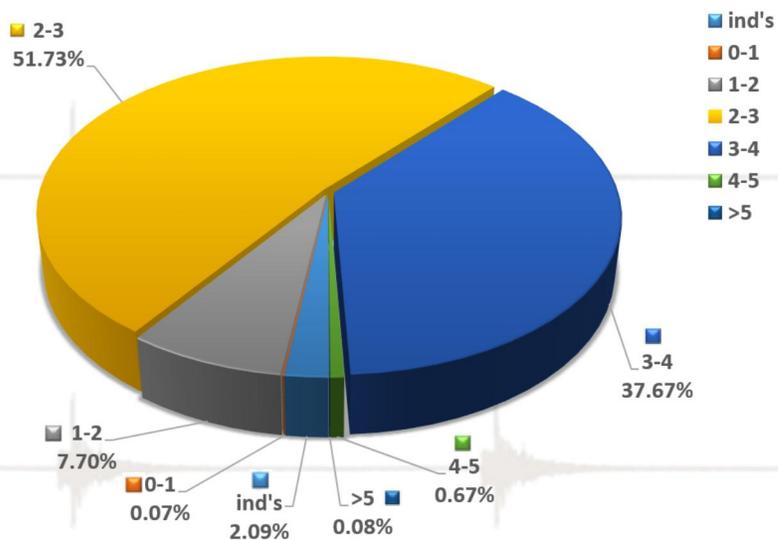


Figura 5: Distribución de magnitudes de los sismos localizados entre el 2008 y 2017 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR- UPRM).

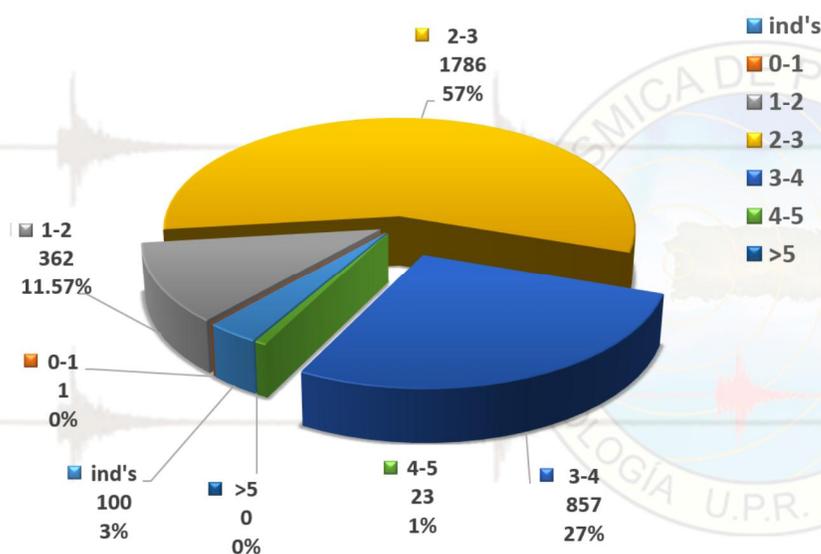


Figura 6: Distribución de magnitudes de los sismos localizados durante el 2017 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR- UPRM).

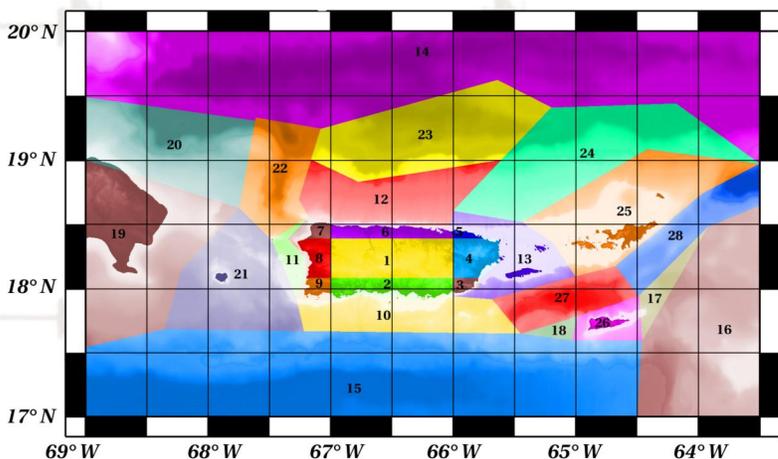


Figura 7: Mapa de las zonas sísmicas de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Cada una corresponde al número en la región sísmica de la tabla 1 (RSPR-UPRM).

Tabla 1: Distribución de sismicidad por regiones en el 2017 dentro de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR—UPRM).

Región Sísmica	Sismicidad Total	Sismos Sentidos
1-Región Central de PR	80	1
2-Región Sur de PR	99	0
3-Región Sureste de PR	3	0
4-Región Este de PR	18	0
5-Región Noreste de PR	0	0
6-Región Norte de PR	15	0
7-Región Noroeste de PR	3	0
8-Región Oeste de PR	76	2
9-Región Suroeste de PR	78	0
10-Región AL Sur de PR	189	0
11-Región AL Oeste de PR	82	1
12-Región AL Norte de PR	133	1
13-Región AL Este de PR	53	0
14-Trinchera de PR	138	0
15-Trinchera de Muertos	24	0
16-Islas de Sotavento	10	0
17-Plataforma de Santa Cruz	0	0
18-Dorsal de Santa Cruz	0	0
19-Región Oriental de la RD	100	1
20-Zona de la Falla Septentrional	89	1
21-Pasaje de la Mona	115	3
22-Cañón de la Mona	148	0
23-Zona de la Falla de los 19°N	300	6
24-Zona Sísmica del Sombrero	856	2
25-Plataforma de Islas Vírgenes	327	3
26-Santa Cruz	1	0
27-Depresión de las Islas Vírgenes	155	0
28-Pasaje de Anegada	37	0
Regionales	0	3
Total	3129	24

## SISMOS SENTIDOS

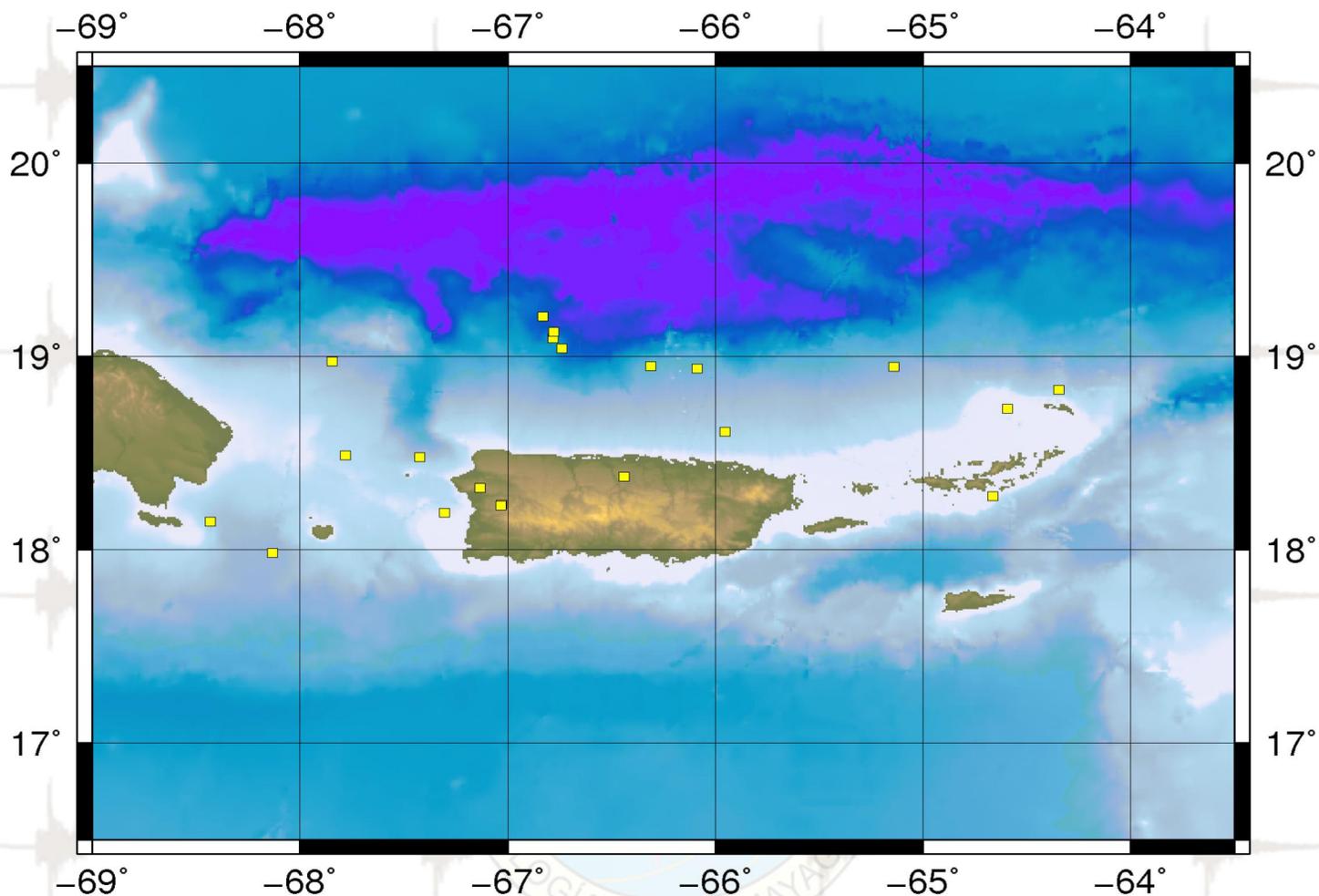


Figura 8: Mapa epicentral de los sismos sentidos en Puerto Rico e Islas Vírgenes durante el año 2017 (en nuestra área de responsabilidad: latitud 17.00°a 20.00° y longitud -63.50°a -69.00°) (RSPR-UPRM).

Durante el año 2017, **24** temblores fueron reportados como sentidos a la RSPR (Figura 8). El **sismo sentido de mayor magnitud** para el año 2017 ocurrió el **24 de diciembre de 2017 a las 15:10:59** (hora local de Puerto Rico) y este fue localizado fuera de nuestra AD con una magnitud de **5.2 Mw** con epicentro en las Islas de Barlovento a unos 360.68 Km al Este de San Juan, Puerto Rico (Latitud:

18.097°N; Longitud: -62.797°O), a una profundidad de 74.5 km. Este **sismo moderado** fue sentido con una intensidad máxima de II (Escala Mercalli Modificada) en Fajardo (Figuras 9a y 9b).

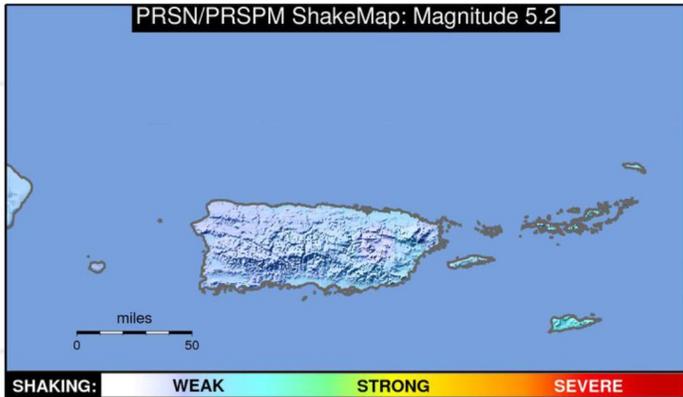
Por otro lado, el **sismo sentido de mayor intensidad del año 2017** se localizó en la **la Zona de la Falla de los 19° N** dentro de la Región de Puerto

Para más información sobre sismos sentidos en nuestra Área de Responsabilidad (ADR), favor refiérase al Catálogo de Sismos Sentidos en nuestra página de Internet:  
<http://redsismica.uprm.edu/Spanish/php/CatalogS/Felts.php>

Rico y las Islas Vírgenes (ADR). Este sismo ocurrió el **16 de julio de 2017 a las 22:19:02** (hora local de Puerto Rico).

El mismo fue localizado a 76.91 Km al Norte-Noreste de Quebradillas, Puerto Rico (Latitud: 19.1255°N; Longitud: -66.7793°O), a una profundidad de 34 km con una magnitud de **4.66 Md.**

Este **sismo leve** fue sentido ampliamente en todo Puerto Rico, con intensidades que variaron de II a IV en la Isla Grande. La intensidad máxima fue de IV según la Escala Mercalli Modificada y esta se reportó en el pueblo de Utuado, Puerto Rico (Figuras 10a y 10b).

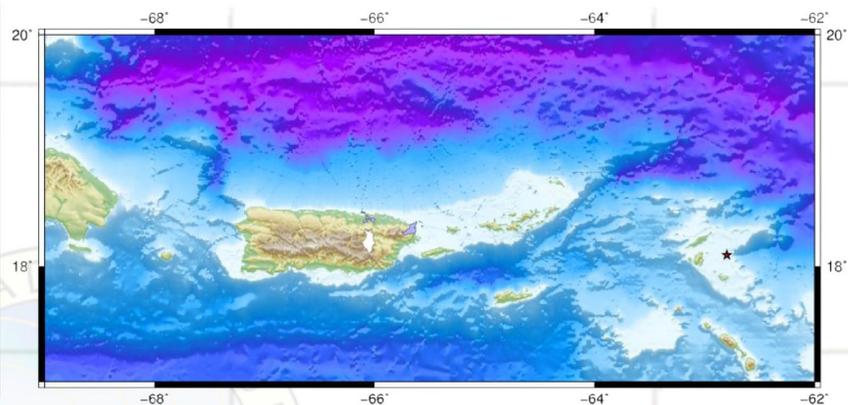


Map Version 3 Processed Thu May 3, 2018 09:05:50 AM BST

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Worden et al. (2011)

Figura 9-a: *ShakeMap* para el sismo sentido el 24 de diciembre de 2017 (RSPR-UPRM).



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Worden et al. (2011)

Figura 9-b: Mapa de intensidades reportadas por la población (CIIM, *Community Internet Intensity Maps*) para el sismo sentido el 24 de diciembre de 2017 (RSPR-UPRM).

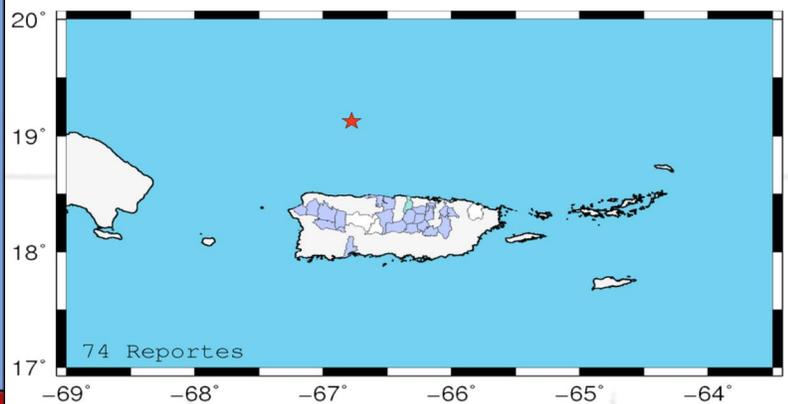


Map Version 2 Processed Mon Jul 17, 2017 05:39:55 AM BST

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Worden et al. (2011)

Figura 10-a: *ShakeMap* para el sismo sentido el 16 de julio de 2017 (RSPR-UPRM).



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Mod./Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%)	<0.05	0.3	2.8	6.2	12	22	40	75	>139
PEAK VEL.(cm/s)	<0.02	0.1	1.4	4.7	9.6	20	41	86	>178
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Scale based upon Worden et al. (2011)

Figura 10-b: Mapa de intensidades reportadas por la población (CIIM, *Community Internet Intensity Maps*) para el sismo sentido el 16 de julio de 2017 (RSPR-UPRM).

## ENJAMBRE SÍSMICOS

Un **enjambre sísmico (ES)** o **secuencia sísmica (SS)** ocurre cuando hay una generación 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 2017, se generaron **43 enjambres** de sismos en nuestra ADR. De estos enjambres, 27 ocurrieron en la **Zona Sísmica del Sombrero** y 9 en la **Plataforma de Islas Vírgenes**. El enjambre sísmico de mayor cantidad de eventos ocurrió del **16 de abril de 2017** en la **Zona Sísmica de Sombrero** (Tabla 2, Figura 11), con un total de **118 sismos** localizados en un periodo de **1.5 días**. Ninguno de estos eventos fue reportado como sentido. El segundo enjambre de mayor cantidad de eventos ocurrió del **24 al 25 de mayo de 2017** con un total de **58 sismos** localizados en un periodo de **25 horas** (Tabla 2, Figura 12). Durante el 2017 se registraron sismos sentidos en tres (3) de los enjambres. La primera secuencia sísmica con evento sentido fue el **6 de marzo** en la **Zona Sísmica de Sombrero** y esta tuvo **6 temblores** en **1 hora**, con un solo evento sentido. La última secuencia sísmica del 2017 se registro **23 de julio** en la **Zona de la Falla de los 19° N** con **12 temblores** en **8 horas**.

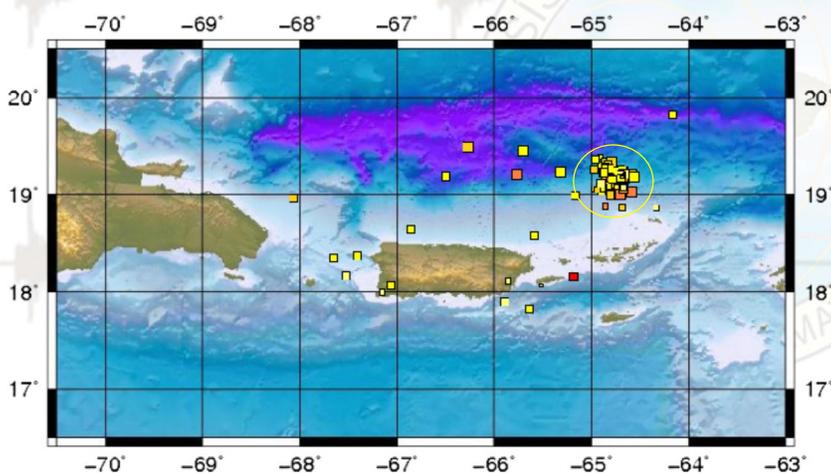
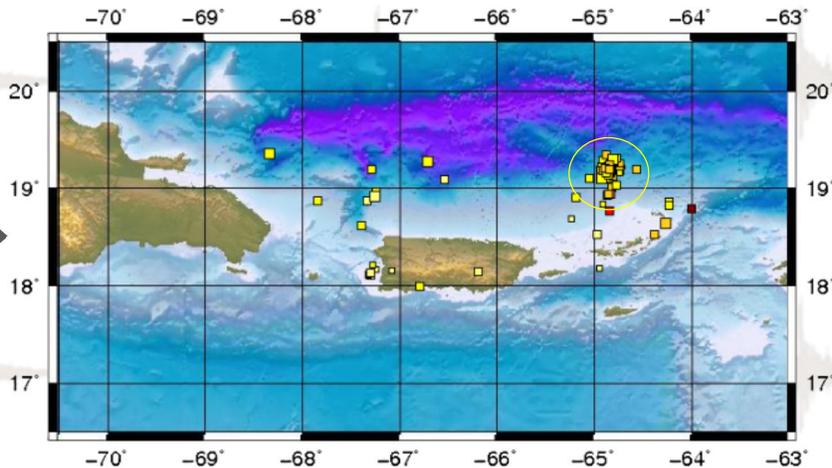


Figura 11: Mapa epicentral de los sismos asociados al enjambre sísmico ocurrido del 16 de abril de 2017 en la Región de la Zona Sísmica de Sombrero (RSPR - UPRM).

Figura 12: Mapa epicentral de los sismos asociados al enjambre ocurrido del 17 de julio de 2017 en la Región de la Zona de la Falla de los 19° N (RSPR - UPRM).



Magnitud	1	2	3	4	5	6	7	>7
	◦	◻	◻	◻	◻	◻	◻	◻
Profundidad (Km)	0-23	24-47	48-71	72-95	96-119	120-143	144-167	168-191

**Tabla 2: Descripción de los enjambres sísmicos ocurridos durante el 2017 en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (RSPR-UPRM).**

Periodo (Fecha)	Localización del Enjambre	Número de Sismos	Duración	Sentidos
25 de febrero de 2017	Trinchera de Puerto Rico / Zona de Falla de los 19°N / Zona Sísmica del Sombrero / Norte de Puerto Rico (ES)	28	7 horas	0
6 de marzo de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	6	1 hora	1
11 al 12 de marzo de 2017	Pasaje de Mona y Cañón de Mona (ES)	16	17 horas	0
28 de marzo de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	8	4.5 horas	0
30 al 31 de marzo de 2017	Zona de Falla de los 19°N y Zona Sísmica del Sombrero (ES)	25	24 horas	0
13 al 14 de abril de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	45	13 horas	0
14 de abril de 2017	Zona de Falla de los 19°N y Zona Sísmica del Sombrero (ES)	7	2 horas	0
15 de abril de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	5	49 minutos	0
15 de abril de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	34	5 horas	0
15 de abril de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	4	17 minutos	0
16 de abril de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	<b>118</b>	<b>1.5 días</b>	0
30 de abril de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	4	15 minutos	0
10 de mayo de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (ES)	5	3 horas	0
12 de mayo de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (ES)	4	2 horas	0
15 al 16 de mayo de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (ES)	17	6 horas	0
19 de mayo de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (ES)	10	2 horas	0
24 de mayo de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (ES)	10	6 horas	0
24 al 25 de mayo de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (ES)	58	25 horas	0
24 de mayo de 2017	Región Al Oeste de Puerto Rico (ES)	6	2 horas	0
27 al 28 de mayo de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (ES)	17	6 horas	0
29 al 30 de mayo de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (ES)	18	9 horas	0
30 de mayo de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (ES)	7	11 horas	0
31 de mayo de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (ES)	4	1 hora	0
4 de junio de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	4	8 minutos	0
6 de junio de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	16	3 horas	0
10 de junio de 2017	Plataforma de Islas Vírgenes (ES)	4	20 minutos	0
24 de junio de 2017	Zona de la Falla de los 19° N (ES)	5	4 horas	0
24 de junio de 2017	Zona de la Falla de los 19° N (ES)	9	4 horas	0
26 de junio de 2017	Zona de la Falla de los 19° N (ES)	5	3 horas	0
28 de junio de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	6	4 horas	0
2 de julio de 2017	Zona de la Falla de los 19° N (ES)	17	2 hrs. 30 min	0
7 de julio de 2017	Al Sur de Puerto Rico (ES)	7	5 hrs	0
7 de julio de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	5	6 hrs	0
13 al 15 de julio de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (SS)	28	51 hrs	1
17 de julio de 2017	Zona de la Falla de los 19° N (SS)	9	4 hrs	3
23 de julio de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (SS)	12	8 hrs	0
28 de julio de 2017	Central de Puerto Rico (ES)	3	1 hr	0
28 de julio de 2017	Central de Puerto Rico (ES)	4	1 hr	0
29 al 30 de julio de 2017	Zona Sísmica del Sombrero (ES)	13	9 hrs	0
10 al 11 de agosto de 2017	Sur de Puerto Rico (ES)	4	20 min	0
22 al 23 de agosto de 2017	Zona Sísmica del Sombrero, Plataforma de Islas Vírgenes y Zona de Falla de los 19°N (ES)	49	32 hrs	0
27 de agosto de 2017	Cañón de Mona (ES)	9	4.5 hr	0
28 de agosto de 2017	Zona Sísmica del Sombrero y Plataforma de Islas Vírgenes (ES)	22	5.5 hrs	0

## ENERGÍA LIBERADA

Durante el 2017 la mayor liberación de energía ocurrió en el mes de **agosto** con un equivalente a **0.55** kilotonnes (Figura 13). Le siguió **julio** con **0.47** kilotonnes de energía liberados. La liberación de energía de agosto esta asociada a la ocurrencia de tres (3) eventos con magnitudes 4.2Md, 4.4Mb y 4.8Mb y cuatro (4) enjambres sísmicos. El evento de magnitud 4.3 MI (4.8 Mb) fue el evento sentido de mayor magnitud durante el 2017. Por otro lado, en el mes de julio ocurrieron 18 eventos de magnitudes 3.5 o mayor, incluyendo un evento de 4.7Md. El mes de mayor actividad sísmica del año 2017 es abril con 518 sismos. Sin embargo, tuvo una liberación de energía de 0.26

kilotonnes. En este mes, la liberación de energía estuvo dominada por catorce (14) eventos 3.5 o mayor y siete (7) enjambres sísmicos con una suma total de 518 temblores.

En el año 2017, con 2.9 kilotonnes, hubo un aumento de 0.4 kilotonnes de energía liberada en comparación con el año anterior (2016, 2.5 kilotonnes). 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 kilotonnes (Figura 14). Esto se debe a la generación del sismo de magnitud 6.4 Mwp del mes de enero de ese mismo año, (el sismo de mayor magnitud en

**Durante el 2017, AGOSTO fue el mes de mayor energía liberada con un total de 0.55 kilotonnes de energía.**

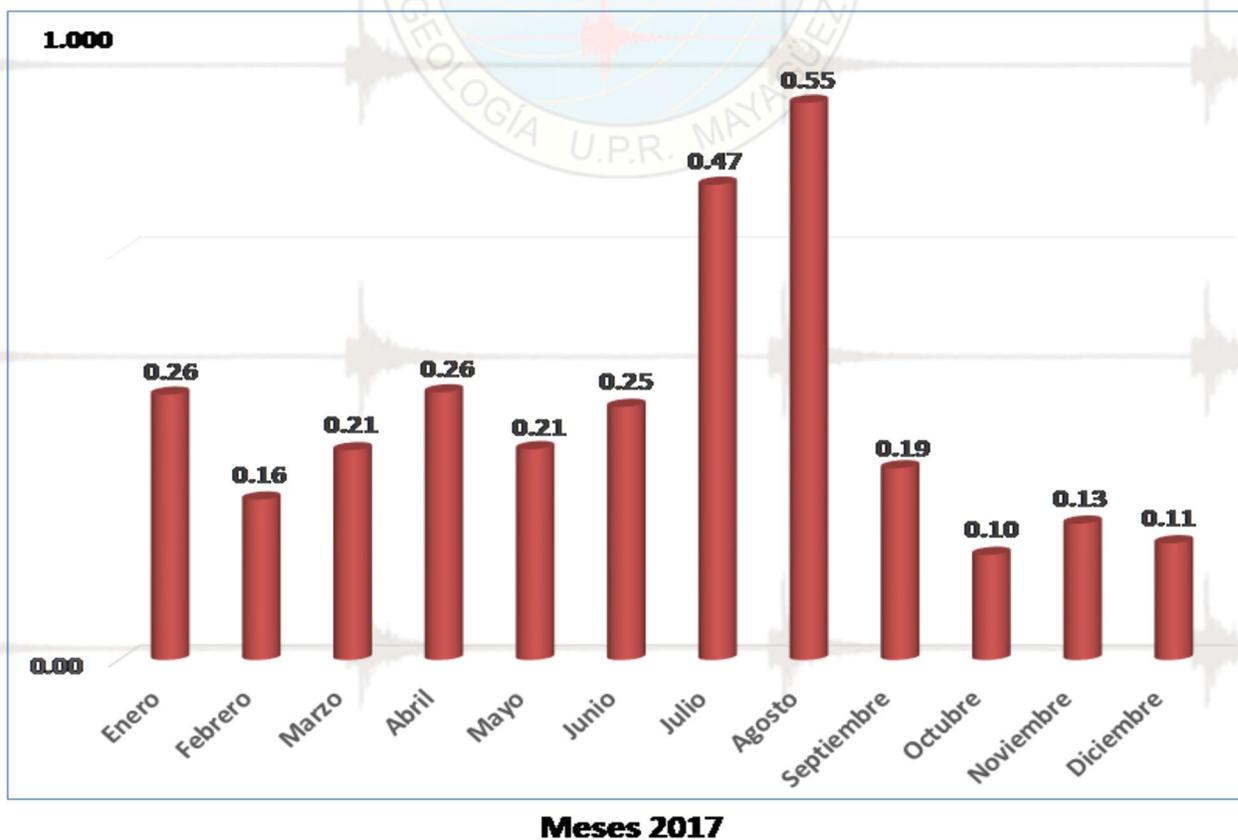


Figura 13: Energía sísmica liberada en la Región de Puerto Rico durante el 2017 (RSPR-UPRM).

los últimos seis años) y el sismo de 5.4 MI del mes de mayo. El total de la energía liberada durante el 2017 es aproximadamente una sexta parte de la energía liberada por la bomba de Hiroshima. Esto sería equivalente al total de la energía liberada por un terremoto de magnitud 5.5, como por ejemplo los terremotos de: a- Moca (16 de mayo de 2010), b- Aguas Buenas (24 de diciembre de 2010), c- Little Skull Mountain (Nevada, USA) de 1992 y d- Chino Hills (Sur de California, USA) del 2008.

Analizando los datos sísmicos procesados por la RSPR podemos concluir que la disminución de sismicidad en nuestra región durante el 2017 esta directamente relacionado al efecto de los Huracanes Irma y María sobre nuestras estaciones sísmicas. Aún con las pérdidas consideramos que desde el 2007, la RSPR posee un sistema de monitoreo homogéneo que nos ha permitido comparar la densidad de actividad sísmica en nuestra región con

años anteriores. Por esta razón se comenzaron inmediatamente los trabajos de recuperación. El monitoreo sísmico 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 del movimiento relativo 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 acomoda 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.

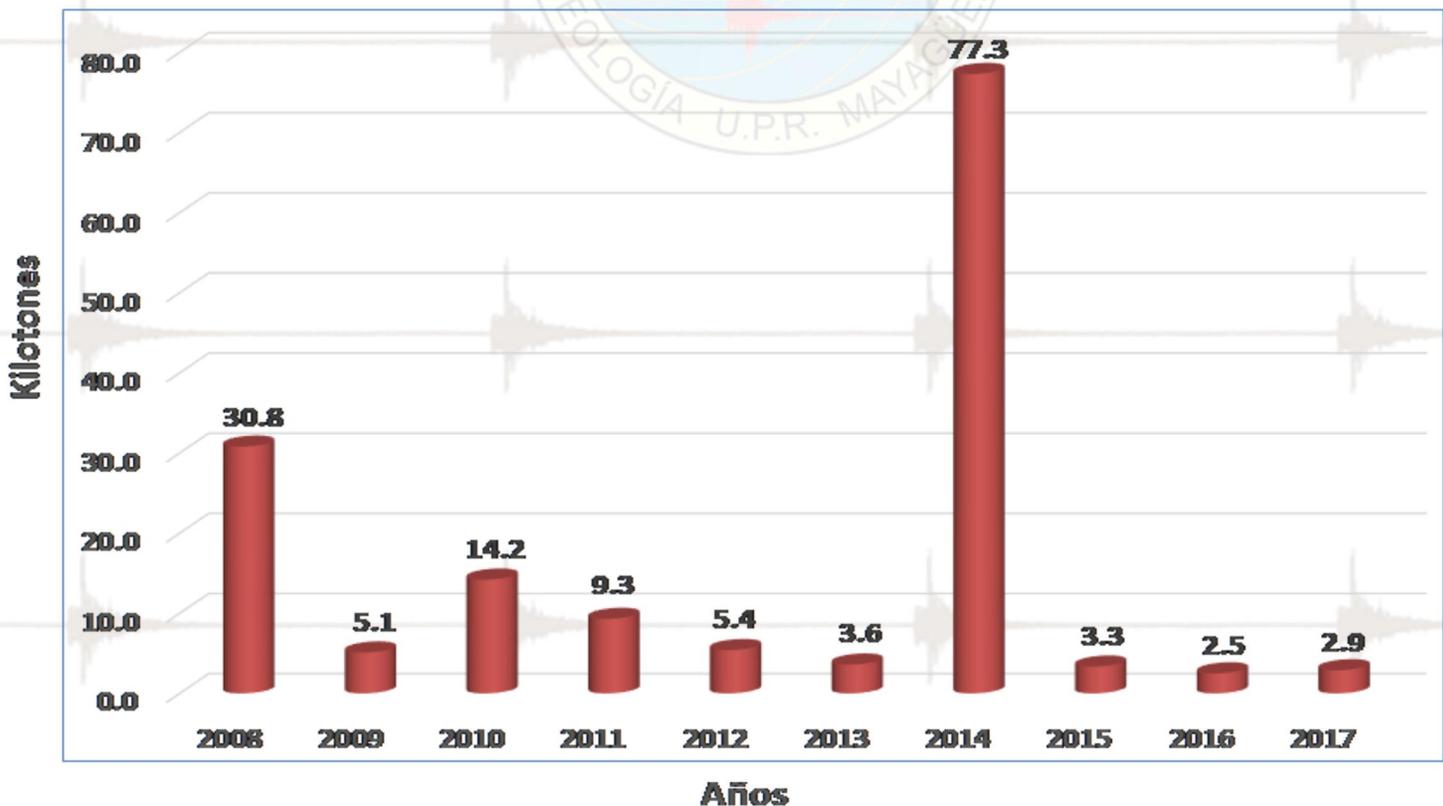


Figura 14: Energía sísmica liberada en la Región de Puerto Rico desde 2008 hasta 2017 (RSPR- UPRM).

## SISTEMAS DE MONITOREO SÍSMICO Y MAREOGRÁFICO

Juan Lugo Toro

En el 2017 la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) operó **32 estaciones sísmicas** de las cuales 28 son sensores de banda ancha y 4 son sensores de periodo corto. De estas, 30 están localizadas en nuestra área de responsabilidad, 1 en Samaná (República Dominicana) y 1 en la Isla de Aruba. Este año se continuó con la instalación de estaciones y el mejoramiento de las existentes. Durante el 2017 se le brindó mantenimiento de rutina a las estaciones sísmicas dentro y fuera de Puerto Rico, además se reconstruyó la estación de Corozal.

También se continuó la instalación de la red de GPS añadiendo una estación en Aguadilla, la cual totaliza ahora 12 estaciones permanentes. Por otro lado, se le brindó mantenimiento a la red de mareógrafos, que tiene la capacidad de detectar tsunamis (TsunamiReady Tide Gauges). La red de mareógrafos en Puerto Rico actualmente cuenta con 16 estaciones de las cuales 10 son operadas por la National Ocean Service (NOS) del National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) y 6 por la RSPR. En adición, la RSPR opera 7 estaciones mareográficas fuera de Puerto Rico: 1 en Tórtola (BVI), 2 en la República Dominicana, 1 en Haití y 1 en Aruba.

Estas estaciones fueron financiadas por FEMA y operadas con fondos de la NOAA y locales. Cada una de estas estaciones mareográficas consta de dos sensores de nivel de agua y equipo meteorológico. Los datos de estas estaciones están incorporados a los procesos rutinarios de la RSPR.

Como consecuencia del paso de los huracanes Irma y María por el Caribe, nuestra red de estaciones de monitoreo sísmico, mareográfico y estaciones de GPS sufrieron daños; algunos de los cuales consideramos irreparables. El huracán Irma afectó las estaciones de Islas Vírgenes Americanas y Británicas, Vieques y Culebra. Luego, el huracán María nos causó averías en el sistema de comunicaciones y creó graves daños en la parte de sistema de potencia de las estaciones en el área de Puerto Rico. Además, la inestabilidad del sistema eléctrico a nivel isla ha afectado la retransmisión de datos hasta las facilidades de la RSPR. Luego del huracán María, únicamente cuatro estaciones permanecieron funcionales en el área oeste de la isla de las cuales tres tienen sensores de periodo corto y una tiene sensor de banda ancha. A raíz de esfuerzos de recuperación y rehabilitación, logramos reestablecer 15 estaciones sísmicas y cinco unidades de GPS para finales del año 2017.



Benjamín Colón Rodríguez

El sistema de monitoreo de tsunamis de la Red Sísmica de Puerto Rico consiste básicamente en una recopilación de datos de mareógrafos y boyas Dart (*Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis*). El sistema esta compuesto de varios grupos de estaciones. Estos grupos son: estaciones locales, del Caribe y del Atlántico (Figura 15a y 15b). Estos datos son transmitidos de diferentes métodos y formatos. Los métodos de transmisión de datos más utilizados son: internet y satélite. Los mareógrafos de Puerto Rico forman parte de las estaciones que son transmitidas en ambos métodos. La redundancia de recibir los datos en ambos métodos se hace con el fin

de maximizar la oportunidad de recibir los datos en caso en que un método falle durante un evento o emergencia. Las Estaciones Mareográficas están instaladas a lo largo de las costas de Puerto Rico (locales), costas del Caribe (regionales) y del Atlántico (internacionales). Cada vez que se suma una estación nueva es necesario realizar actualizaciones al sistema que nos permite los siguientes procesos: adquisición de los datos, procesamiento y decodificación de datos y graficar o desplegar los datos para el monitoreo. Para el año 2017 se instalaron aproximadamente 4 estaciones nuevas en el área del Caribe. Estas estaciones fueron añadidas a nuestro sistema con el fin de fortalecer el mismo.

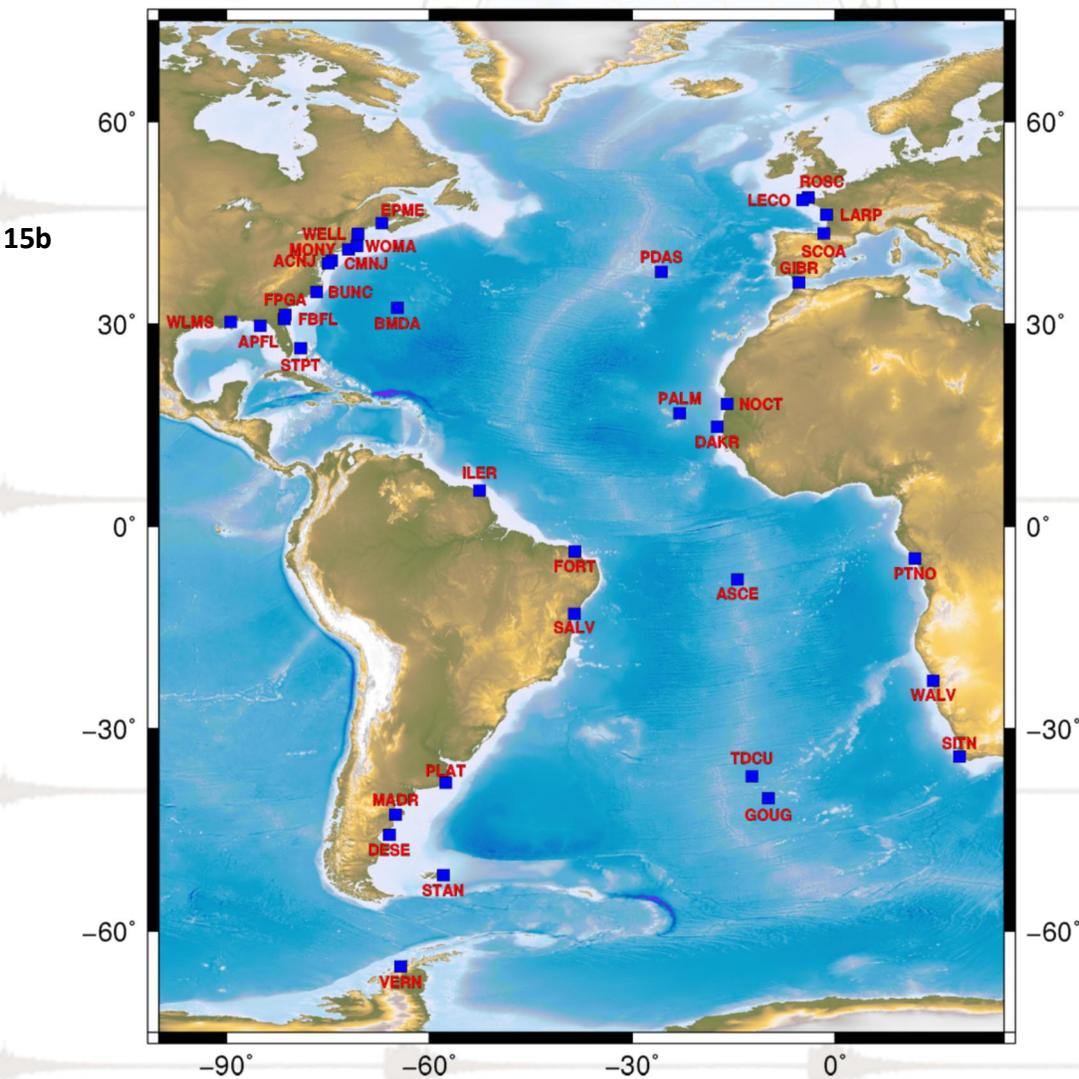
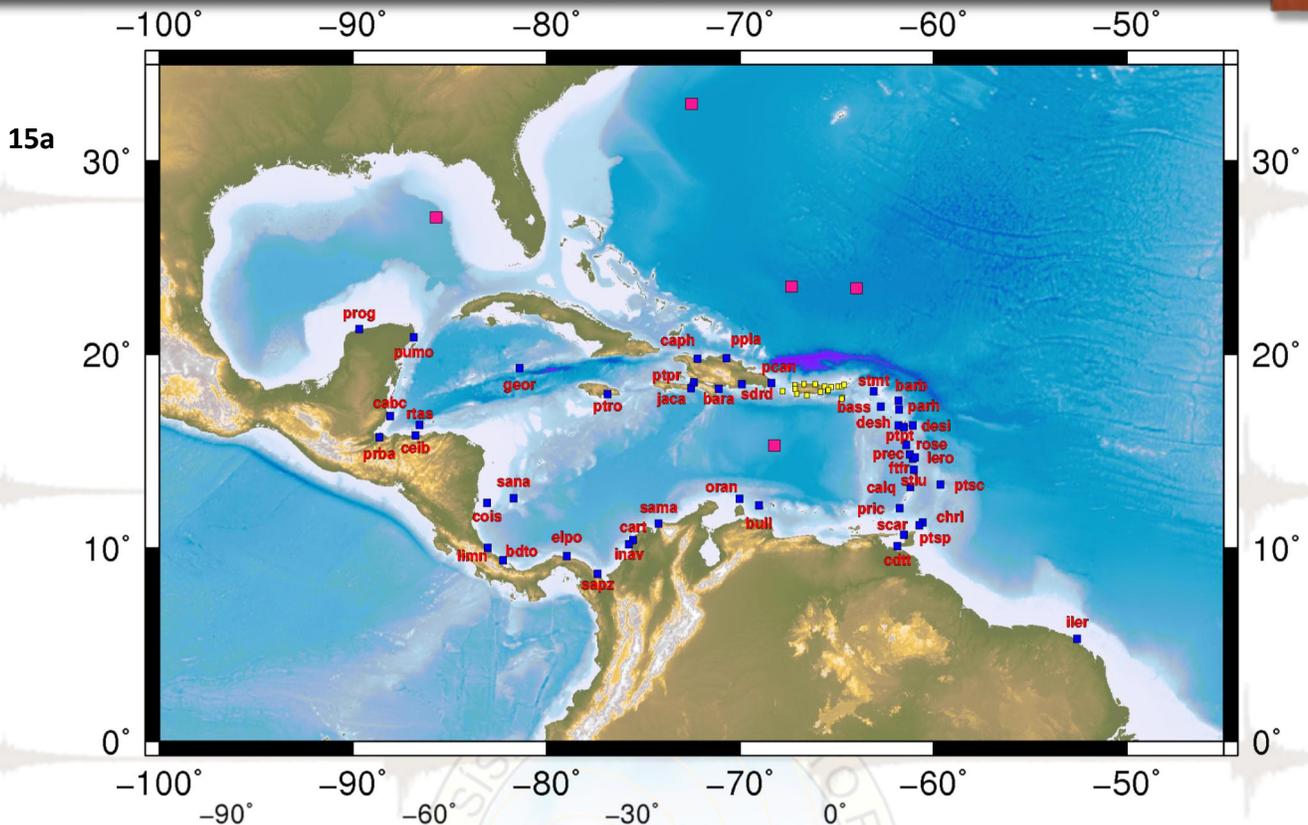


Figura 15a y 15b: Localización de los mareógrafos utilizados por la RSPR para el monitoreo de tsunamis en el Caribe y regiones adyacentes (RSPR-UPRM).

Por otra parte, algunas de nuestras estaciones se vieron afectadas tras el paso de los huracanes Irma y María. (Figura 16). Actualmente se continúa trabajando con el enlace de estaciones Mareográficas de nuestra página web (<http://www.prsn.uprm.edu/Spanish/EstacionesV3/mareografos.php>). En este enlace estarán disponibles los datos de la mayoría de estas estaciones. Los datos adquiridos de las estaciones mareográficas son utilizados 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 mareográfica es utilizada por: puertos, muelles, agencias de embarcaciones comerciales, investigaciones científicas, por pescadores y agencias de meteorología, entre otras. En el 2017, se continuó con el mantenimiento a bases de datos de nuestros sistemas.

Figura 16: Daños al puerto y estación mareográficas de Mayagüez por el Huracán María.



## Estaciones de GPS

**Dr. Alberto M. López Venegas, PhD**

### Red de datos de posicionamiento global GPS de la RSPR

La red de estaciones GPS de la RSPR consiste actualmente de 15 estaciones transmitiendo datos en tiempo real hacia la RSPR. Durante el año 2017 se instaló una estación nueva y se perdió otra. Detalles sobre estas dos estaciones se presentarán más adelante en esta sección. También, el servidor GPS tuvo una actualización del programa de acopio de datos NTRIP. El sistema de ofrecimiento de datos GSAC aún no está funcional. Los datos de nuestras estaciones tanto los datos archivados como los de tiempo real están siendo almacenados y transferidos a UNAVCO. La RSPR sigue trabajando en su portal cibernético y en el desarrollo de visualización de datos de posicionamiento en tiempo real, detalles que incluimos a continuación. Además, a raíz del paso del huracán María, la RSPR se ha enfocado en fortalecer las estructuras de comunicaciones y potencia de las estaciones sísmicas, componentes que sufrieron en gran parte por los fuertes vientos.

### Nueva Estación de GPS en Aguadilla: AGPR

Durante el Taller de Operadores de Redes Sísmicas del Caribe y Centroamérica celebrado en Mayagüez durante la tercera semana de agosto de 2017, ingenieros de UNAVCO realizaron una demostración de cómo se instala una estación GPS de tipo SDBM (Short-Drilled Braced Monument). La instalación de la estación nueva en Aguadilla (AGPR; Figura 17 y 19), sirvió un doble propósito, pues el primero, realiza una demostración de los pasos y materiales necesarios para la instalación de una estación completa y el segundo beneficia a la RSPR al obtener una nueva estación co-localizada con sistemas sísmicos ya existentes en el mismo lugar. Esta ventaja permite tener tres sensores geofísicos en el mismo lugar registrando (desplazamiento, velocidad y aceleración). Esto permite un mayor rango de observación en caso de terremotos cercanos. Los participantes del taller aprendieron sobre los materiales necesarios para realizar el monumento de la antena, y el procedi-

miento para instalarla. La monumentación es la más óptima y segura que UNAVCO realiza actualmente y consiste de cuatro barras de acero inoxidable de una pulgada de diámetro enterradas y cementadas a la roca luego de haber barrenado la misma. La estructura con forma de trípode tiene un soporte central que lleva un adaptador en el tope para colocar la antena de GPS. De la antena corre un cable hacia el receptor que se ubica dentro de la bóveda, donde se encuentran los demás sensores y equipos que mantienen la estación con vida y que hacen posible que los datos sean transferidos al Recinto de Aguadilla de la UPR en donde los datos entonces fluyen hacia la RSPR.

### Pérdida de estación: MAYZ

El paso del huracán María también causó estragos en la infraestructura de la RSPR (Figura 18). Aunque los monumentos de GPS de la RSPR son construidos robustamente para mantener su integridad durante un terremoto, una estación en particular se perdió completamente. La estación del puerto de Mayagüez, MAYZ, había sido construida en el 2010 con el objetivo principal de ofrecer una manera de integración entre los datos de GPS y los platos mareográficos que allí se recopilaban. Aunque la antena de GPS y el receptor sobrevivieron a la marejada ciclónica, el monumento de GPS (que consistía de un mástil de acero inoxidable de 2 metros de alto sujetado a una plataforma de cemento en la orilla) sufrió daños irreparables. Tanto los instrumentos mareográficos, como sus equipos de colección de datos, potencia y comunicaciones fueron pérdida total. Debido a que la monumentación del GPS fue destruida, la estación MAYZ quedó clasificada como cerrada. Cuando una estación de GPS queda destruida se clasifica cerrada, puesto que es imposible volver a ubicar la estación en el mismo lugar exacto.

### Portal cibernético Red Geodésica RSPR:

La presencia vía Web de la Red de GPS operada y mantenida por la RSPR cuenta ahora con un nuevo diseño que ofrece mayor información a los usuarios, visitantes o investigadores que quieren aprender

más de nuestra instrumentación y estaciones. Mediante la División de Cómputos de la RSPR, varios estudiantes a jornal trabajaron en la iniciativa, en donde desarrollaron páginas dinámicas, bases de datos MySQL, y rutinas para poder desplegar mapas interactivos, información de los datos y acceso a los mismos, e información de la instrumentación que está actualmente en uso. La página ahora cuenta con información útil para aquellos interesados en recibir los datos de posicionamiento en tiempo real, tales como agrimensores y usuarios de datos de posición y navegación. La página, aunque ya está funcional, recibirá durante el año entrante, actualizaciones para que figuren datos sobre las investigaciones que se han realizado en el pasado y las que se realizan actualmente con los datos de GPS de la RSPR.

#### **Desarrollo de sistema *gps2ew***

Con el propósito de sacar provecho al sistema de posicionamiento en tiempo real provisto por la compañía Trimble llamado RTX, la División de Investigación y Desarrollo de la RSPR se dio a la tarea de trabajar un módulo para traer los datos de punto de posicionamiento preciso (mejor conocido como Precise Point Positioning por sus siglas en inglés, o abreviado PPP) de la estación de la RSPR al programa de adquisición y procesamiento de datos sísmicos llamado Earthworm. Los datos en tiempo real PPP proveen la posición de una estación a modo continuo con una precisión de centímetros. El objetivo de traer estos datos al sistema Earthworm es para poder visualizar los datos justo como se hace con los datos sísmicos. Los datos PPP, a diferencia de los sísmicos, proveen la posición de la estación como función de tiempo, lo que a su vez nos ayuda a determinar desplazamiento. Es decir, si un terremoto fuerte mueve la estación varios metros, entonces, seremos capaces de determinar ese desplazamiento instantáneo a los pocos segundos de que suceda. La capacidad de determinar cuánto se movió la estación es sumamente útil para calcular con el menor tiempo posible los parámetros de la ruptura; como lo son el largo y ancho de la falla, la profundidad de ruptura y su buzamiento. Poder determinar estos parámetros en el menor tiempo posible es fundamental para alertar a la ciu-

dadanía si un evento sísmico ha hecho ruptura en el lecho marino y se ha generado un tsunami. El poder determinar con el menor tiempo posible una alarma fidedigna y confiable es de gran importancia para salvar vidas.

Con esta meta en mente, hemos desarrollado una serie de programas en Python que nos permite comunicarnos con el receptor GPS que envía los datos PPP en tiempo real. Esta rutina se aloja en el servidor GPS de la RSPR, en donde a su vez está corriendo una instancia del sistema de distribución RabbitMQ. Para poder realizar dicho trabajo fue necesario desarrollar un programa que convirtiera los datos al formato estándar JSON. Una vez en el sistema de distribución, un módulo de Earthworm es capaz de conectarse al servidor de RabbitMQ y poder extraer los datos PPP. Aunque el proceso actualmente está en funcionamiento, se está corriendo en calidad de prueba para luego desarrollar la segunda fase que consiste de rutinas para determinar los parámetros de la falla.

#### **Fortalecimiento de la infraestructura**

El mayor daño causado por los fuertes vientos del Huracán María fue a las comunicaciones y elementos que proveen la fuente de potencia a los equipos. Si bien los sensores y receptores pudieron haber seguido funcionando sin percance durante y después del huracán, el factor limitante fueron los componentes que estaban susceptibles a las inclemencias del tiempo. Según un análisis de daños realizado semanas posteriores al paso del Huracán, los técnicos de la RSPR pudieron identificar que los paneles solares no cumplían con un estándar de seguridad, y que los mismos al estar sujetos a la antena de telecomunicaciones causaron el mayor estrago posible. Para poder fortalecer las estaciones y que estos daños no se vuelvan a repetir en caso de un evento parecido en el futuro, se desarrolló un plan para separar las estructuras de potencia de las de comunicación. Con este plan se busca minimizar el tiempo en el que la estación permanezca inoperable o que un ajuste mínimo sea lo único necesario para poner en operación una estación luego de un huracán.

Figura 17: Antena de GPS en Aguadilla (AGPR) completada. El domo gris protege la antena de GPS que ha sido instalada al tope del monumento. Esta instalación es una de las más rígidas y seguras que UNAVCO realiza y Puerto Rico ya cuenta con 7 de las mismas.



Figura 18: Destrucción de la estación en el puerto de Mayagüez. El poste inclinado hacia la izquierda sobre los escombros era lo que ofrecía a la antena de GPS el soporte. En este mismo lugar estaban los equipos del mareógrafo que se ven al lado izquierdo de la caseta. Afortunadamente ni el receptor ni la antena sufrieron grandes daños y se pudieron extraer.



Figura 19: El ingeniero de UNAVCO John Galetzka demuestra a los participantes del Taller de Operadores de Redes Sismológicas del Caribe y Centroamérica cómo se instala un monumento tipo SDBM para antenas de GPS. El monumento consiste de un trípode reforzado con un mástil central en acero inoxidable de 1 pulgada de diámetro. Las uniones son soldadas y las patas enterradas y cementadas con epoxi por un mínimo un metro tierra adentro.



Elizabeth Vanacore, PhD.

## **Estructura tridimensional de velocidad sísmica para la microplaca de Puerto Rico-Islas Vírgenes**

*Three-Dimensional Seismic Velocity Structure of the Puerto Rico-Virgin Islands Microplate*

Este proyecto tiene como objetivo estudiar la estructura y la tectónica de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes, ubicada en el límite noreste de la Placa del Caribe. En esta región, la Placa de América del Norte está en subducción debajo de la Placa del Caribe. Esta interacción entre las placas de América del Norte y del Caribe da origen a actividad sísmica importante, incluyendo al terremoto y el tsunami de 1918 que devastaron la costa occidental de Puerto Rico. Actualmente, hay múltiples modelos tectónicos propuestos para describir la interacción entre las dos placas. Sin embargo, estos modelos actualmente están pobremente restringidos debido a los conjuntos de datos disponibles para realizar el análisis. El objetivo principal de este proyecto es generar imágenes de velocidad sísmica de alta calidad y datos refinados de localización de terremotos que proporcionarán restricciones basadas en los datos para los modelos científicos regionales y mejorarán el conocimiento del riesgo regional de terremotos y tsunamis.

Este estudio científico incluye dos procedimientos principales; la relocalización del catálogo de terremotos de la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) para los años 2015 al 2017 y la creación de una imagen tridimensional de velocidad sísmica de la región. Este período de tiempo ha sido específicamente seleccionado para crear un conjunto de datos sinérgicos con un experimento sísmico que se realiza actualmente en la República Dominicana (el Este de La Española). La relación directa de los datos de nuestro proyecto y el de La Española permitirán que en el futuro se puedan combinar ambos conjuntos de datos, la creación de productos unificados y la promoción de alianzas científicas en la región. La primera metodología que se aplicará en este estudio es la relocalización de los terremotos. En este proceso las ubicaciones de los terremotos determinadas por las redes sísmicas regionales y el USGS (soluciones rápidas en tiempo real diseñadas para proporcionar información a las agencias de emergencia) serán reexaminadas en detalle y refinadas usando algoritmos de computadora más avanzados pero lentos. También se utilizan datos

adicionales que no estaban disponibles en tiempo real para generar localizaciones más precisas. La segunda metodología de este estudio, la tomografía de tiempo de viaje, es un método en el que se producirá una imagen de velocidad sísmica 3D de la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes. Es un procedimiento análogo al de la imagen del cuerpo humano en una tomografía computarizada. Las imágenes que se realizarán en este estudio revelarán la estructura regional de la corteza terrestre y el manto superior. Esta imagen combinada con el catálogo de terremotos relocalizados proporcionará una visión sólida de los procesos tectónicos activos que impulsan la actividad sísmica regional observada. Además proporciona restricciones de datos para futuros modelos tectónicos.

Los productos generados por esta investigación, el catálogo de sismos relocalizados y las imágenes de velocidad sísmica, no sólo mejorarán el conocimiento científico, sino que también mejorarán el conocimiento del peligro a nivel local de terremotos y tsunamis. La relocalización de eventos locales permitirá la identificación de las fallas más activas dentro de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes, especialmente en la Gran Zona de Falla del Sur de Puerto Rico y la Gran Zona de Falla del Norte de Puerto Rico. Estos resultados ayudarán en el proceso de actualización del mapa de riesgo sísmico de Puerto Rico, que no ha sido revisado por el USGS desde el 2003. El modelo de velocidad sísmica en 3D se utilizará para determinar si el actual modelo de velocidad 1D de la RSPR requiere una actualización. Esto es de vital importancia ya que este modelo 1 D es utilizado para determinar la localización de terremotos en la región local. Los resultados de este estudio se harán públicos a través de artículos cortos a publicarse en la página web de la Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez y en materiales de divulgación desarrollados por la RSPR. La RSPR impacta cada año a cientos de estudiantes y maestros a través de todo Puerto Rico. Esta investigación también aumentará la participación de estudiantes y profesores marginados dentro del campo de las geociencias. El estudiante de maestría de la Universidad de Puerto Rico Recinto de Mayagüez que trabaje este proyecto recibirá fondos para realizar la investigación como parte de su tesis. Se espera además que el estudiante y el investigador principal también presenten su investigación en reuniones nacionales y publiquen en revistas revisadas por pares.

## **Función de la Red Sísmica de Puerto Rico en el Sistema Federal de Monitoreo de Terremotos**

La Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) es parte del Sistema Sísmico Avanzado Nacional (ANSS), en donde funge como una red regional. Dentro del ANSS, la RSPR proporciona al Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) información oficial sobre los terremotos (incluyendo su ubicación y magnitud) que ocurren dentro de nuestra área sísmica de responsabilidad (ADR). Es importante recalcar que toda la información referente a terremotos dentro de nuestra ADR es analizada, localizada, y procesada por la RSPR. Esta información que se determina en la RSPR es enviada a la base de datos federal del USGS y se publica en su sitio web. Además, como miembro de ANSS la RSPR cumple con estrictos estándares sobre el manejo de datos sísmicos y la calidad de la información sísmica sometida, además debemos mantener sistemas y datos que cumplan con los mismos estándares que otras redes regionales, como las de California y Washington. La RSPR tiene un representante asignado en el Comité Nacional de Implementación de ANSS, esto asegura que los intereses y necesidades de Puerto Rico a nivel federal sean atendidos; este puesto lo ocupa actualmente la Dra. Elizabeth Vanacore.

## **El papel de la red sísmica de Puerto Rico en el monitoreo internacional de tsunamis**

La Red Sísmica de Puerto Rico y su personal juegan un papel importante en el esfuerzo internacional para mejorar el monitoreo, mitigación, educación y el sistema de alerta de tsunamis en el Caribe y las Regiones Adyacentes. La RSPR participa activamente del Grupo Intergubernamental de Coordinación del Sistema de Alerta ante Tsunamis y otras Amenazas Costeras en el Caribe y Regiones Adyacentes (IOC ICG / CARIBE EWS). En el marco global la RSPR está activa en varios grupos de trabajo y equipos internacionales, manteniendo a Puerto Rico como agente influyente en el escenario internacional y de la región. La distribución de nuestro equipo científico en dichos grupos de trabajo es la siguiente: Grupo 1- Sistemas de vigilancia y detección (Dr. Víctor Huérfano), Grupo 2- Evaluación de riesgos (Dr. Alberto

López, Vicepresidente), Grupo 3—Servicios relativos a Tsunami; (Geol. Gisela Báez-Sánchez) y Grupo 4- Preparación, capacidad operacional y de recuperación (Sra. Wildaomaris González Ruiz y Sr. Roy Ruiz).

-Equipo de trabajo de Caribe Wave; Dra. Elizabeth Vanacore (miembro de Caribe Wave 17, Presidenta de Caribe Wave 18) y Dr. Alberto López (miembro Caribe Wave 18). Además, durante el 2017, en coordinación con el Grupo de Trabajo 1: Sistemas de Monitoreo y Detección, la RSPR coordinó y ayudó a organizar una reunión de operadores de redes en Mayagüez. En la misma operadores de redes sísmicas de todo el Caribe y regiones adyacentes se reunieron para discutir sistemas modernos de monitoreo en nuestra región, recibir capacitación sobre nuevos sistemas de detección sísmica e intercambiar experiencias en operaciones de monitoreo sísmico y de tsunamis en tiempo real. Como parte del trabajo dentro de Caribe EWS se organizan y realizan ejercicios regionales de tsunamis como los son: Caribe Wave 17 y Caribe Wave 18. Los ejercicios Caribe Wave se organizan a nivel internacional por un equipo de trabajo seleccionado de entre la comunidad científica del IOC. Este trabajo incluye determinar los escenarios de generación de tsunamis, ayudar al Programa de Alerta de Tsunami del Caribe perteneciente a NOAA en la preparación del manual internacional del participante y del informe posterior al ejercicio. Durante el Caribe Wave 17, la Dra. Vanacore fue miembro activo del equipo de trabajo científico.

Los ejercicios Caribe Wave se organizan a nivel internacional por un equipo de trabajo seleccionado de la comunidad científica del IOC. Este trabajo incluye determinar los escenarios de generación de tsunamis, ayudar al Programa de Alerta de Tsunami del Caribe perteneciente a NOAA en la preparación del manual internacional del participante y del informe posterior al ejercicio. Durante el Caribe Wave 17, la Dra. Elizabeth Vanacore fue miembro activo del equipo de trabajo científico. Para el Caribe Wave 18, la Dra. Vanacore fue presidenta de dicho equipo y el Dr. Alberto López fue un miembro del equipo de trabajo, actuando como experto regional para el escenario de Puerto Rico. Es importante mencionar el ejercicio Caribe Wave 18 ya que todo el trabajo previo de desarrollo y preparación del ejercicio se realizó durante el año 2017.



## Proyectos Operacionales

### **Monitoreo de sistemas de detección automática, promoción y datos educativos, desarrollo entrenamiento avanzado para analistas de datos geofísicos y asistencia en taller *Train the Trainers***

José F. Martínez Colón

Durante el 2017, se continuaron los trabajos de monitoreo sistemas de localización automática Earthworm y EarlyBird. El objetivo de este procedimiento es asegurar un mejor funcionamiento de estos sistemas e incrementar su precisión. Cada sistema tiene una programación particular, por lo que se necesita una revisión periódica de los parámetros característicos de eventos sísmicos. Las detecciones automáticas son comparadas con los eventos procesados a diario por el personal de la División de Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos (APDG). Una configuración óptima aporta a la respuesta a sismos con mayor rapidez, bien sean locales, regionales o telesismos, según estipulado en los protocolos de la RSPR.

Mediante una colaboración entre la división de Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos y la división de Educación, continuamos con la disseminación de cápsulas informativas a través de la emisora Radio Casa Pueblo. Nuevas intervenciones son transmitidas todos los viernes a las 9:25 am por la estación 1020 AM, y publicadas en las redes sociales Facebook y Twitter. En cuanto a la promoción de los trabajos del personal de la RSPR, se continúa la serie de cápsulas llamada "Red Sísmica de Puerto Rico en Acción." En esta serie se informa en las redes sociales la participa-

ción, reconocimientos y actividades tanto de la RSPR como de otras entidades. Además de estas actividades que realiza de la Red Sísmica, se comenzó una colaboración con el programa de podcast Repaso Noticioso.

Este año se continuó con los esfuerzos de entrenamiento a analistas de datos geofísicos de la RSPR. Para el entrenamiento avanzado de analistas, se implementaron mejoras en diversas operaciones, al igual que la documentación de programas y revisión de protocolos. Por ejemplo, en colaboración con la sismóloga Elizabeth Vanacore, PhD, se desarrolló una guía estratégica de localización de eventos sísmicos. La misma provee varias herramientas y técnicas que facilitan el trabajo de los analistas de datos geofísicos y garantizan una mejor calidad de datos, mayor eficiencia y mejor conocimiento de las características de las diversas zonas sísmicas de la Región de PR/VI de la RSPR (ADR). Igualmente, las técnicas y herramientas descritas en esta guía se atemperan, no sólo a la realidad sísmica de Puerto Rico, sino a los requerimientos de calidad propuestos por el Sistema Nacional Sísmico Avanzado (ANSS por sus siglas en inglés). El proyecto piloto, Train the Trainers, liderado por la División de Educación fue completado durante el 2017. Nuestra mayor aportación mayor fue nuestro expertise, también trabajamos en la preparación y revisión de módulos educativos, la creación y edición del arte utilizado, y la organización del manual del participante. Estamos muy complacidos, al igual que los mismos participantes, de la gran acogida e intercambio de ideas y conocimientos que hicieron este taller uno muy exitoso.

## **Desarrollo de módulos para el entrenamiento de analistas de nuevo reclutamiento, Catálogo Histórico y asistencia y colaboración en taller *Train the Trainers***

Francis Pérez Ramos

La misión principal de la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) como centro líder en el monitoreo, alerta e información sobre terremotos y tsunamis es informar de manera confiable y oportuna la generación y efectos de terremotos y tsunamis para Puerto Rico e Islas Vírgenes. Es por eso que se trabajó en el desarrollo de un entrenamiento metódico, cuantitativo y sistemático para la División de Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos de la RSPR. Las herramientas y recursos disponibles en este entrenamiento proveerán a los analistas nuevos las capacidades, destrezas y competencias necesarias para obtener el conocimiento científico necesario y poder tomar decisiones importantes en el área de trabajo durante una respuesta operacional. El entrenamiento fue desarrollado como módulos educativos que tienen dos objetivos principales: 1- poder evaluar cuantitativamente los conocimientos y/o habilidades que posee el analista de nuevo ingreso sobre geología, procedimientos, procesos y protocolos envueltos en la división de análisis y procesamientos de datos geofísicos, de esta forma se obtiene una evidencia sustancial de si el analista está capacitado o no para cumplir con las expectativas durante un turno; 2- que los participantes puedan comprender, evaluar, tomar decisiones, procesar e informar de manera oportuna sobre terremotos y tsunamis en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes.

Para este año 2017, se continuó trabajando con la recopilación de datos históricos encontrados en el catálogo de McCann. Este catálogo recopila información de los eventos históricos, como magnitud, profundidad, intensidad, pueblos sentidos entre otra información y se comenzó a trabajar con el desarrollo de una propuesta para eventualmente incorporar el catálogo histórico de una manera dinámica e interactiva que muestre la información sobre los eventos históricos y significativos para la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes. En las próximas etapas de este proyecto se estará trabajando con la corroboración de datos en fuentes oficiales y como última etapa se trabajará en el desarrollo de una

página de búsqueda interactiva, que tendrá la información histórica del catálogo, así como un mapa y enlaces a información pertinente del sismo.

Por último, y no menos importante se trabajó con la División de Educación de la Red Sísmica con el proyecto, *Adiestrando a los Adiestrados* o “Train the Trainers”. Este proyecto fue diseñado para proveer a los participantes un conjunto de herramientas educativas sobre el tema de terremotos y tsunamis. El taller enfoca los términos relevantes del tema y la información estandarizada que deben compartir con la ciudadanía durante las charlas que ofrezcan. En este proyecto colaboramos como enlace experto en geología y en el desarrollo y revisión de material educativo (módulos y diapositivas) además de participar como conferenciantes encargados de proveer el adiestramiento a los participantes de varios de los módulos del taller. Se continuará trabajando con este proyecto para los futuros talleres que se llevarán a cabo a diferentes manejadores de emergencias a través de Puerto Rico e Islas Vírgenes.

## **Desarrollo de herramientas para el procesamiento de datos geofísicos**

José M. Rivera Torres

Como parte de los trabajos operacionales en la RSPR, se trabajó con herramientas utilizadas por el personal de la División de Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos. Además se diseñó y desarrolló el MemoTool. El MemoTool es una de las herramientas más utilizadas por el personal de Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos en caso de que se necesiten generar los Memos de una manera rápida y efectiva, cuando no hay una conexión a la base de datos. Los memos se utilizan para hacerles llegar la información de eventos sentidos y protocolos de Tsunami a las distintas agencias de emergencia, prensa y al público por correo electrónico, fax y página Web.

## **Broadcast Server y Shakemaps**

María Torres Vega

El sistema BroadCast-Server (Figura 20) es utilizado para enviar toda la mensajería de eventos locales o tsunami-génicos a las agencias de emergencia, prensa y a los individuos mediante la utilización de los servicios de emails, texto, web page, y las redes sociales. Durante el 2017 se diseñó un nuevo programa mejorado para

el envío de la mensajería de eventos locales o tsunamigénicos. Este nuevo sistema contiene la programación nueva para el envío de los eventos al Servicio Geológico de los Estados Unidos llamado quakeML. Se prepararon y validaron las instrucciones y las pruebas pertinentes para la implementación de este nuevo proceso. El sistema PR\_DANIS crea un archivo denominado .ARC. Este archivo es actualizado en el cloud el cual será utilizado para realizar el envío al USGS. Durante el 2018 se continuará con la documentación de este nuevo y mejorado sistema.



Figura 20: Geóloga Maria Torres—Vega con el Sistema EarlyBird y el BroadCast Server al fondo.

Durante el transcurso de los años la RSPR ha estado almacenando los datos de las estaciones sísmicas y de los sistemas automáticos que son los encargados de detectar los eventos sísmicos. La RSPR adquirió un storage nuevo en donde toda la data se estará almacenando. Esto facilitará una mejor organización en los datos de la RSPR y poder brindar un mejor servicio a las personas que soliciten la data. En el 2015 y 2016 se comenzó un esfuerzo para la organización de toda la data histórica de la RSPR. Durante el año 2017 se estuvo almacenando los datos en formatos ATWC, GRF, REFTEK en el storage de la RSPR. También se estuvo almacenando toda la data cruda de las estaciones que se mantuvieron funcionando luego del Huracán María. Esto servirá para futuros estudios que se realicen en la RSPR. Los Shakemaps o mapas de movimiento fuerte son una generación gráfica del movimiento de la tierra producido cuando ocurre un evento sísmico sentido. A finales 2017 se comenzó con la ayuda de mejorar el “brochure” de los shakemaps que tiene la División

de Educación. Estos trabajos continuarán durante el 2018.

## Nivelación de estaciones mareográficas

Javier Charón Ramírez

Como parte de su sistema de monitoreo alrededor de toda la región local, la Red Sísmica de Puerto Rico cuenta con estaciones de mareógrafos. Estas estaciones se encuentran en las costas de Aguadilla, en el faro de Arecibo, muelle de Fajardo, en Yabucoa y en las islas de Vieques y Caja de Muerto. Los mareógrafos requieren que todos los años se le realice mantenimiento en sus equipos para garantizar un funcionamiento óptimo (Figura 21). El mantenimiento de un mareógrafo consiste en eliminar la vida marina del tubo del Aquatrak y el Bubbler, limpiar los paneles solares, cambiar la caja de bolas del anemómetro, cambiar el Aquatrak y verificar su calibración este por debajo de los 5mm. Por último, verificar los sensores de temperatura y reemplazar el que esté dañado. Una vez completado estos trabajos de mantenimiento se procede a realizar los trabajos de nivelación.

Los niveles ofrecidos por los mareógrafos están referenciados a 10 bench mark que se encuentran distribuidos en los alrededores del mareógrafo con una distancia mínima de 60 metros entre sí. El propósito de estas marcas es tener puntos de control con elevaciones conocidas que sirven de referencia y monitoreo del mareógrafo. Un bench mark es una chapa de bronce de aproximadamente de 4”



Figura 21: Personal de RSPR realizando trabajos de mantenimiento en el mareógrafo.

de diámetro. El mismo se coloca con cemento hidráulico en una base sólida que puede ser una de las columnas del muelle o suelo competente. A estas marcas se les coteja su nivel con respecto al mareógrafo todos los años como parte de los trabajos de mantenimiento. El equipo utilizado para la nivelación consta de un Nivel Leica DNA03 y dos miras en aluminio de 10 pies de largo. Estos trabajos de nivelación requieren una precisión de segundo orden, primera clase lo cual requiere un error de cierre menor de 6mm o 0.23 pulgada. Para poder realizar los trabajos en la Isla de Caja de Muertos se coordina con personal del Departamento de Recursos Naturales que son quienes autorizan las visitas. Los trabajos de nivelación son realizados por la profesora del Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, Linda Vélez (Agrimensora Licenciada).



Figura 22: Trabajo de nivelación en Isla de Caja de Muertos.

La duración de los trabajos de nivelación en la Isla de Caja de Muertos es de aproximadamente 5 horas, con temperaturas que rondan los 100 grados (Figura 22). Los trabajos de nivelación en Arecibo se realizaron en el mes de mayo, mientras que los trabajos de los mareógrafos de Yabucoa, Fajardo y Vieques se realizaron en el mes de julio. A pesar de que las condiciones de trabajo y la distancias de viaje para llegar a los mareógrafos es una considerable, los trabajos de nivelación se han realizado cumpliendo con los requerimientos todos los años. Estos trabajos contaron con la participación del Rolf Vieten estudiante doctoral y el Ing. Javier Charon, ambos de la División de Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos de la RSPR.

## Monitoreo de Respuestas Operacionales, Protocolo Post-Tsunami Survey y Plan de Emergencias y Desalojo RSPR

Garymar Rivera Rivera

Se continúa monitoreando las respuestas operacionales realizadas durante eventos sísmicos significativos, sentidos o protocolos de tsunami con el objetivo de evaluar el tiempo de respuesta por parte del personal al momento de activarse nuestro sistema de alarma sísmica. Hasta el momento se han procesado un total de 641 alarmas correspondientes al periodo de enero a diciembre del 2017. Como parte del monitoreo, se establece la duración de la respuesta a partir del momento en que se registra el sismo en nuestro sistema de alarma y finaliza con el envío tanto de la información técnica del evento a nuestro Catálogo General como la comunicación a las agencias pertinentes mediante Broadcast, llamadas telefónicas, fax y comunicación via radio. Además, se evalúa el tiempo en que se llevó a cabo cada procesamiento operacional relacionado con la respuesta. Se procederá a completar una evaluación más detallada de las respuestas operacionales realizadas a dichos eventos para así determinar que las mismas hayan cumplido con los estándares establecidos y de ser necesario identificar posibles mejoras al procedimiento operacional.

Para facilitar una mejor coordinación de la recopilación, análisis, almacenamiento y difusión de datos generados por un evento de tsunami, es necesario desarrollar un protocolo donde se estipule los procedimientos a seguir luego de ocurrido dicho impacto dentro de nuestra Área de Responsabilidad. Este protocolo se estará enfocando mayormente en recolectar data sobre la distancia de inundación tierra adentro (a partir de la costa) y el “run-up” o la altura vertical máxima en tierra sobre el nivel del mar alcanzado por un tsunami después de su impacto. Esta información podrá ser utilizada como punto de referencia (“benchmarking”) en la validación de los modelos de inundación numéricos que actualmente se utilizan para simular posibles escenarios. Este tipo de dato es esencial para la investigación, evaluación del riesgo de tsunamis, advertencia, preparación, mitigación y educación en nuestra región. El protocolo atendería las necesidades de los científicos, respetando al mismo tiempo el trabajo de los manejadores de emergencias, personal de respuesta a

desastres, oficiales gubernamentales responsables de política pública sobre la planificación de la reducción de riesgos asociados al mismo, y poblaciones afectadas. Como parte del equipo necesario para desarrollar dicho protocolo, se procedió a adquirir un dron para realizar mediciones post-tsunami con fines de documentación y proveer datos para validar los modelos.

Dentro del marco de preparación y respuesta en caso de que ocurra alguna situación de emergencia en las inmediaciones de la Red Sísmica de Puerto Rico se generaron nuevos mapas de desalojo de emergencias para las nuevas facilidades. Dichos mapas presentan todas las salidas de emergencia y las rutas de desalojo identificadas por áreas, además de la localización de las mochilas de emergencia, extintores y botiquines. Además se realizó inventario de todas las mochilas y botiquines de emergencia localizados dentro de la facilidad así como dentro de los vehículos oficiales para asegurar que los mismos se encuentran con los artículos necesarios abasto y las provisiones básicas al día. Esta información fue muy valiosa a la hora de planificar la respuesta ante los huracanes Irma y María.

## **Proyecto Emergency Management Weather Information Network**

Ricardo Mendez Yulfo y Denyse Colón Lugo

El sistema **EMWIN** (*Emergency Management Weather Information Network*) es utilizado por manejadores de emergencias y funcionarios de seguridad pública para obtener información en tiempo real de pronósticos meteorológicos, avisos, advertencias de tsunami y otros mensajes de emergencia que emite directamente el **National Weather Service** (NWS) o Centros autorizados de la NOAA como el **Pacific Tsunami Warning Center** (PTWC). El Weather Message es el programa que decodifica y procesa los mensajes enviados por el NWS o PTWC, y los componentes necesarios para detectar la señal de satélite que nos permite recibir la mensajería. El monitoreo remoto de las computadoras EMWIN localizadas en municipios y zonas PREMA alrededor de la isla se continuó con la ayuda de estudiantes analistas que mensualmente verifican el estatus de las mismas. En adición, se le dio continuidad a la prueba mensual con el sistema RSS (**Rich Site Summary**), el cual nos asegura que las computadoras EMWIN están recibiendo notificaciones

rápida cuando ocurren eventos sísmicos significativos. Para el mes de septiembre fue este programa de Weather Message con el que se obtuvo información atmosférica, desde el NWS de Miami, en medio del Huracán María y después del mismo. Fue utilizado para proveer a las demás agencias de manejo de emergencia en el área oeste (a partir de la falta de comunicación con el NWS de San Juan y el área Este de PR). Fue en este tiempo de respuesta a una emergencia cuando se demostró que es un programa confiable y de gran necesidad desde el día a día normal hasta los días más cruciales. Al igual que en años anteriores se continuó proveyendo entrenamiento básico de instalación y configuración para que el personal de Manejo de Emergencias en nuestra región también tengan en cuenta esta herramienta que tienen en sus manos.

## **Operaciones, Preparación y Continuidad**

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 divisiones 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 a la actualización de los sistemas desarrollados en la RSPR. Se trabajó además en la mejora de los sistemas de comunicación y disseminación de nuestros datos y productos de emergencia.

El Plan COOP es un requisito establecido a nivel federal, con el objetivo de mantener la continuidad de operaciones durante y pasada una emergencia. Durante una situación de emergencia la RSPR tiene que garantizar que se cumplan las siguientes funciones:

- Monitoreo y determinación rápida de la localización y magnitud de sismos en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes.
- Diseminar de manera rápida y oportuna la información sobre la generación y el impacto de terremotos y tsunamis en la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes.
- Apoyar al PTWC en la evaluación de amenazas de tsunami para determinar los niveles de Alerta de Tsunami para la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes.
- Cumplimiento de los requisitos y responsabilidades de un Punto Focal de Alerta de Tsunami (TWFP) Alternativo designado por el Estado Libre Asociado de Puerto Rico a través de la PREMA.

Las responsabilidades de la RSPR incluyen transferir data en tiempo real desde la RSPR y las redes regionales al NEIC , PTWC y NTWC; diseminar información de terremotos y tsunamis a las agencias de manejo de emergencias y al público general; y asegurar comunicaciones abiertas y funcionales con las agencias dentro de nuestra área de responsabilidad. En caso de una emergencia en la que la RSPR pierde comunicaciones o no puede asegurar el cumplimiento de una de las funciones activamos nuestro Plan de Continuidad de Operaciones y el Plan de Devolución de Operaciones esto en coordinación con las agencias federales NEIC y PTWC y con las agencias de emergencias dentro de nuestra área de responsabilidad. Este fue el caso del paso de los huracanes Irma y María por la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes, situaciones que pusieron

**Huracanes 2017**

CONTINGENCIA OPERACIONAL TEMPORAL DE URACANES 2017

a prueba nuestros planes de emergencia y respuesta operacionales, así como el Plan COOP. Los recursos que hay que tomar en consideración para continuar las operaciones durante una emergencia y la respuesta a esta son el capital humano (nuestro personal y estudiantes entrenados e imprescindibles), infraestructura, sistemas, equipos y suministros. Durante el Huracán María el plan de emergencia y los protocolos de nuestra agencia se pusieron a prueba y logramos evaluarlos objetivamente. La RSPR sobrevivió el impacto del Huracán María con operaciones parciales, comunicaciones cada 12 horas con el NEIC, PTWC y NWS-Miami, estaciones y equipos funcionales recuperados y todo nuestro personal a salvo y disponible para reintegrarse a las operaciones y la recuperación. El equipo de analistas que trabajó cubriendo turnos durante el paso del Huracán María confrontó problemas con las comunicaciones, los sistemas de protección de nuestras facilidades, sistemas de generación de energía de respaldo y suministros. Sin embargo, se pusieron en marcha medidas correctivas inmediatas para mitigar estas situaciones y asegurar las operaciones de la RSPR, así como la función de apoyo a las Zonas de Aguadilla y Mayagüez en el área de las comunicaciones para el oeste de Puerto Rico. Los problemas que confrontamos fueron identificados y documentamos con el objetivo de mejorar el Plan de Emergencias, Multiriesgos y para poder hacer las correcciones pertinentes a los recursos vitales. También identificamos la necesidad de crear redundancia con más de una red medular de estaciones, comunicaciones satelitales, rediseño y mejoras a la infraestructura, unas facilidades más funcionales para refugio en sitio y operaciones, y educación para nuestros suplidores y personal de apoyo. La recuperación luego del paso del Huracán María sigue presentándonos retos, pero nos demostró la capacidad de resiliencia y fortaleció nuestros lazos con otras agencias.

## **CaribeWave 2017** **Gisela Báez-Sánchez**

Por noveno año consecutivo, se coordinó el ejercicio regional de tsunamis CARIBE WAVE 2017 (Figura 23), con todas las agencias de respuesta a emergencias dentro de la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes (nuestra Área de Responsabilidad). Este ejercicio es parte integral del mejoramiento continuo de nuestras opera-

ciones y respuestas a emergencia. 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 se trabajó en conjunto con el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC, 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 21 de marzo de 2017.

En general, en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes la participación en el ejercicio CARIBE WAVE 2017 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 utilizados por la RSPR, se probaron los siguientes: el Sistema Broadcast (Sistema de Diseminación de Información de Terremotos y Tsunamis, figura 23), teléfonos dedicados (ring downs), radio frecuencia de AEMEAD, RSS News (RSPR), mensajería de texto (Listas de Emergencia), listas de correos electrónico (Emergencia, Prensa y Público), fax y redes sociales (Facebook y Twitter). Trabajamos arduamente la actualización de la página oficial del Ejercicio CARIBEWAVE 2017 de la RSPR (<http://caribewave.uprm.edu/>) en plataforma Word Press, en donde encontrarán todos los materiales desarrollados por la RSPR para el ejercicio, el anuncio de la activación del EAS en Puerto Rico y la promoción del nuevo Registro Oficial del Ejercicio (en [TsunamiZone.org](http://TsunamiZone.org)) según acordado con el IOC.

A partir del 9 de marzo de 2017 se realizaron pruebas previas al ejercicio para dar a conocer el mismo en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes. Estas pruebas se emitieron los días 9, 10, 17 y 20 de marzo de 2017, por todos los medios de comunicación disponibles en la RSPR (teléfonos dedicados, radio, correos

electrónicos, fax, mensaje de texto, RSS News, página oficial del ejercicio y redes sociales).

Durante el ejercicio CARIBE WAVE 2017, el 21 de marzo de 2017, emitimos un total de 18 mensajes durante el ejercicio. El primero, un recordatorio del ejercicio a las 8:00 am a las listas de servicio de público y alrededor de las 9:00 am un mensaje de texto a las agencias de emergencia dentro de la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes. El primer mensaje se emitió a las 10:00 am a través del RSS, listas de servicio (emergencia y prensa), Página Web y redes sociales, anunciando el comienzo del ejercicio. Además se emitieron 16 Boletines Oficiales de la RSPR con la información de Aviso, Advertencia y Cancelación de Tsunami (en español e inglés), según emitida por el PTWC en los productos domésticos para Puerto Rico

e Islas Vírgenes. Todos los boletines (desde el #01 hasta el #16) se diseminaron a manejadores de emergencias por Radio Frecuencia de AEMEAD, teléfonos dedicados, correos electrónicos, fax, mensaje de texto (a Tsunami Warning Focal Points y agencias de emergencias) y RSS News. En general, la diseminación de los productos a las agencias de emergencia en nuestra región transcurrió en tiempos adecuados de 0 a 3 minutos (por medios primarios como radio frecuencia, líneas dedicadas, RSS y SMS). A nivel de comunicaciones, se detectaron fallas menores en los sistemas de comunicación y diseminación de información. Se trabajó en la corrección inmediata de dichas fallas detectadas para que el ejercicio transcurriera cumpliendo con los objetivos trazados. Durante el Ejercicio CARIBE WAVE 2017 se activó el sistema de



Figura 23: RSPR durante el Ejercicio CaribeWave 2017

EAS en coordinación con la Asociación de Radiodifusores de Puerto Rico a través de los medios de comunicación: radio, televisión, cable TV y radios NOAA. Se utilizó el código de alerta real de tsunami, TSW. El mensaje del EAS fue emitido a partir de las 10:05 AM el 21 de marzo de 2017, por el Servicio Nacional de Meteorología Oficina de Pronósticos de San Juan anunciando el Aviso de Tsunami para Puerto Rico, según establecido en el escenario del ejercicio. En la RSPR monitoreamos tanto la activación (pautada para las 10:05 am) del EMWIN, de los Radios NOAA, como del EAS para Puerto Rico. Puerto Rico tiene 46 municipios que están en el área susceptible a inundación por tsunami, 44 son costeros y han sido reconocidos como TsunamiReady por el NWS. Durante 2017 varios municipios trabajaron arduamente para cumplir con los requisitos establecidos por las guías del programa TsunamiReady y mantener así su reconocimiento. Este ejercicio les permitió a estos y otros municipios comprobar su nivel de preparación y respuesta ante un tsunami. AEMEAD es la agencia encargada de brindar más

información relacionada a los desalojos y las pruebas de las sirenas costeras de emergencia (pautada para comenzar a partir de las 10:05 am). Además es la agencia encargada de la distribución de los mensajes de tsunami en Puerto Rico desde Control Estatal (en San Juan) hasta los TWFP (OMME's costeras). En el Registro Oficial del Ejercicio (en Tsunamizone.org), se reportó un total de 162,580 individuos participantes en Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes para el Ejercicio CARIBE WAVE 2017, de los cuales 153,332 participantes son de Puerto Rico (34,657 participantes más que en 2016), 2,135 de Islas Vírgenes Estadounidenses y 7,113 en Islas Vírgenes Británicas. Según el registro de participación de la RSPR para el ejercicio CARIBEWAVE 2017 participaron entidades internacionales, estatales, federales y empresas privadas. Para la preparación de este ejercicio participamos en innumerables intervenciones de carácter educativo en la prensa radial y televisiva del país, además de incontables reuniones de preparación con las agencias de emergencia de nuestra región previas al ejercicio.

## 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 2017, el Programa Educativo de la RSPR ofreció un total de **97 actividades educativas** tanto en nuestras facilidades como en diferentes municipios de Puerto Rico. La RSPR impactó un total de **14,090 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 **45 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**, el cual se transmite a través de Radio Universidad de Puerto Rico para promocionar el ejercicio anual de prueba de comunicaciones en caso de tsunamis, CaribeWave 2017. Este ejercicio se llevó a cabo el 21 de marzo en el cual se registraron como participantes más de 150,000 personas en la Puerto Rico. La RSPR continuó con el contrato con la Asociación de Radiodifusores de Puerto Rico para la emisión de pautas radiales educativas diarias a través de las emisoras adscritas a dicha asociación.

La División de educación participó en ferias informativas en el evento del Ecoexploratorio las cuales se llevaron a cabo en varios centros comerciales de la Isla Grande. La RSPR participó activamente con una mesa informativa y actividades interactivas, en la Feria Educativa y Observación del Eclipse Solar, el 21 de agosto en el Coliseo de Puerto Rico. En este evento se llevaron a cabo exhibiciones, actividades de realidad virtual y manejo de emergencias para el público, en especial los grupos escolares que se presentaron en el Coliseo. Más de 6,000 personas fueron impactadas.

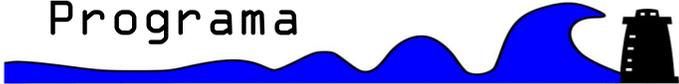
En julio 2017, llevamos a cabo, con fondos de FEMA, el taller Train the Trainers (Figura 24) para equipar a manejadores de emergencia de toda la Isla con los conocimientos y herramientas necesarias para participar en actividades de alcance educativo, mediante charlas, conferencias y mesas informativas, y de esta manera contribuir con la Red Sísmica en el impacto educativo a la comunidad. Este taller se llevó a cabo en Mayagüez durante tres días, que incluían charlas, talleres y aplicabilidad de conocimientos.

La página TsunamiZone.org, tiene como propósito el proveer información a las comunidades sobre los tsunamis y provee la oportunidad para que todos los territorios participantes, incluyan y promuevan sus actividades de preparación en caso de tsunami durante la semana de concienciación de tsunamis. En el mes de agosto colaboramos activamente con FEMA y el Federal Alliance for Safe Homes (FLASH) en los talleres QuakeSmart (Figura 25), que se llevaron a cabo en Mayagüez y San Juan, impactando más de 180 personas, entre empresarios, componentes de manejo de emergencias, y personal de agencias estatales y federales. Este programa desarrolla una iniciativa de recuperación para pequeñas empresas y organizaciones en caso de terremotos. La sismóloga, Elizabeth Vanacore y la coordinadora del área de educación, Glorymar Gómez, dieron presentaciones sobre la sismicidad en Puerto Rico y los peligros asociados con los terremotos en nuestro país.



Figura 25: Talleres de Train the Trainer y Quake Smart.

# Programa **TsunamiReady**



Roy Ruiz y Wildaomaris González Ruiz

El programa TsunamiReady® es el nombre con el que se conoce el proyecto “*National Tsunami Hazard Mitigation Program*” (NTHMP). El mismo, es un esfuerzo nacional coordinado para documentar la amenaza real a tsunamis de nuestras costas, preparar las comunidades para que puedan responder ante esta amenaza, establecer sistemas de alerta temprana y minimizar la pérdida de vidas y propiedades. Para el 2017, nueve municipios renovaron su reconocimiento como parte del programa *TsunamiReady* del Servicio Nacional de Meteorología (SNM) como se define en la Tabla 3.

Hoy día los 44 municipios costeros y dos (2) no costeros (Bayamón y Canóvanas) mantienen su reconocimiento y han adoptado las guías del programa *TsunamiReady* como la base para preparar sus planes de respuesta ante eventos de tsunami. Esto significa que esos municipios cuentan con puntos focales de aviso 24/7. Este logro tomó cerca de 11 años poderlo completar. La Red Sísmica apoya a los municipios a mantener su reconocimiento proveyendo talleres educativos a los manejadores de emergencia, reforzando los puntos focales de aviso con sistemas para recibir las alertas de tsunami, apoyo técnico en el desarrollo y revisión de los planes de respuesta a tsunamis, desarrollando material educativo y manuales. Durante el 2017 varios municipios recibieron apoyo para su renovación *TsunamiReady* dado que dicho reconocimiento es otorgado por el SNM por espacio de tres años.

Este año se incorporaron dos nuevas entidades bajo el programa TsunamiReady Supporters. Este programa busca reconocer a entidades privadas, agencias de gobierno u oficinas dentro de la zona de desalojo, que activamente participan y se preparan con planes de respuesta ante tsunamis, sistemas para recibir y disseminar las alertas, practican su ruta de desalojo y adiestran a su personal sobre cómo responder ante una emergencia por tsunami y cómo salvar las vidas de

la población a quienes brindan servicio. Estas entidades están mejor preparadas para que de manera independiente, puedan responder a la emergencia. Este reconocimiento, el SNM, lo otorga por un periodo de 5 años. Este año fueron reconocidos el Centro Vacacional Villas de Añasco y el Hotel Villa Cofresí en Rincón. Actualmente, Puerto Rico cuenta con un total de 6 entidades TsunamiReady Supporters, siendo el segundo territorio con mayor cantidad de supporters en el programa NTHMP.

Como parte del trabajo educativo del programa TsunamiReady, durante el mes de julio se ofreció el Taller de Operadores 2017. Se ofrecieron dos (2) secciones del taller en dos zonas de Puerto Rico (San Juan y Mayagüez) dirigido al personal de manejo de emergencia y despachadores que laboran en los puntos focales de aviso 24/7 los cuales tendrían que atender la emergencia en caso de un aviso de tsunami para Puerto Rico. En estos talleres se impactaron sobre 175 manejadores de emergencias. También, durante el mes de agosto, se ofreció el taller de Tsunamis para los Medios de Puerto Rico el cual incluyó una guía de tsunamis para los medios de comunicación. Dicho taller se ofreció en las facilidades de la Escuela de Periodismo en la Universidad del Sagrado Corazón en San Juan. Dicho taller contó con la participación de estudiantes y profesores de fotoperiodismo. Como parte del taller presentaron diversos expertos de la RSPR. En nuestro esfuerzo por continuar aportando herramientas tecnológicas que ayuden a mejorar la preparación de nuestras comunidades se extendió el proyecto de mapas de tiempo de desalojo a pie (en inglés conocido como “*Pedestrian Evacuation Analysis*”). Este proyecto se comenzó en el 2015, desarrollando el primer modelo de desalojo a pie utilizando los sistemas de información geográfica (SIG) y la herramienta *Pedestrian Evacuation Analyst*, desarrollada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés). Se comenzó con la zona de desalojo de Mayagüez como proyecto piloto. Este modelo arrojó resultados muy interesantes que ayudaron a evaluar los tiempos de desalojo de nuestras comunidades costeras.

Durante el 2016, extendimos este proyecto a 3 municipios adicionales (Aguadilla, Ponce y Arecibo) permitiendo mejorar nuestra metodología y refinar es-

te nuevo concepto de análisis en Puerto Rico. Durante el 2017, comenzamos 2 municipios adicionales (Aguada y Rincón) con miras a poder completar toda el área oeste próximamente. Todos los datos de este análisis, y mucha otra información de los mapas de desalojo, la puede acceder en un mapa interactivo a través de nuestro portal de internet <http://redsismica.uprm.edu/tsunamiready>.

Una de las áreas que el programa de tsunamis estuvo trabajando de lleno en el 2017 fue la comunidad marítima. Esta comunidad se vería grandemente afectada en caso de un aviso o de una advertencia de tsunami para Puerto Rico. Con el fin de brindar educación y herramientas de preparación se desarrolló un taller intensivo para dicha comunidad y una guía de preparación ante tsunamis. Este taller se ofreció en el mes de junio en el Centro de Convenciones de Puerto Rico. Tuvimos recursos locales y dos recursos del estado de California Kevin Miller (coordinador del programa TsunamiReady en California) y Rick Wilson (Departamento de Conservación del estado de California). Este taller contó con el auspicio de la Autoridad de los Puertos de Puerto Rico. Al taller asistieron oficiales de seguridad portuaria, personal de la Autoridad de los Puertos, personal de la unidad marítima de la Policía de Puerto Rico (FURA), personal de la Guardia Costanera, operadores de puertos y marinas y personal de compañías privadas que operan facilidades en el puerto de San Juan. Durante el taller contamos con la presencia del director ejecutivo de la Autoridad, el Director AEMEAD y la Comandante de la Guardia Costanera de los Estados Unidos. Dicha guía puede ser descargada desde nuestro portal de internet <http://redsismica.uprm.edu/tsunamiready>

El 20 de septiembre de 2017 será un día que quedará grabado en la mente de los puertorriqueños debido al impacto en la isla del huracán María. La infraestructura de tsunamis sufrió grandes daños a lo largo de la isla incluyendo las sirenas fijas de los municipios, las antenas de comunicación, las antenas satelitales del sistema EMWIN, los letreros, entre otros. Los letreros cumplen una función educativa y de salvar vidas, pues identifi-

can las zonas de peligro, las rutas de desalojo y los lugares de asamblea. Las guías del programa nacional de tsunamis NTHMP pide que las rutas de desalojo estén rotuladas. Luego del paso del huracán mucho de los letreros de tsunami fueron dañados. Para eso la Red Sísmica ha comenzado un inventario de letreros con el fin de identificar los letreros perdidos y poderlos reponer. A la fecha se han podido inventariar cerca de 538 letreros en 9 municipios de un total de 2,000 letreros aproximadamente. Para eso hemos empleado una metodología que no requiere internet y permite coleccionar los datos rápidamente desde un celular utilizando sistemas de información geográfica. Se continúa trabajando en dicho inventario. Por último, el próximo año se espera continuar apoyando con las renovaciones, extender el programa para incluir facilidades que quieran apoyar el programa como TsunamiReady Supporters incluyendo a Agencias gubernamentales.

Municipio	Fecha de reconocimiento	Reconocimiento
Ponce	12/febrero/2016	2da Renovación
Aguada	5/Mayo/2016	2da Renovación
Vieques	12/septiembre/2016	1ra Renovación
Vega Alta	13/septiembre/2016	1ra Renovación
Guaynabo	25/noviembre/2016	1ra Renovación
Arecibo	6/diciembre/2016	1ra Renovación
Vega Baja	30/enero/2017	1ra Renovación
Hatillo	7/febrero/2017	1ra Renovación
Cataño	3/marzo/2017	1ra Renovación

**Tabla 3: Municipios reconocidos como Tsunami-Ready durante el 2017 (RSPR-UPRM)**



# TsunamiReady

NATIONAL WEATHER SERVICE



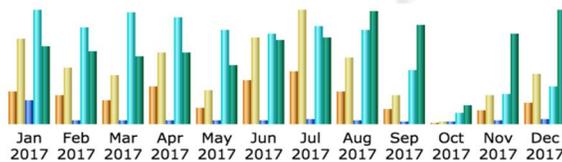
## Impacto al Público y la Comunidad

Ángel Feliciano y Haniel Cordero

El grupo de Cómputos y Sistemas de Información está encargado del diseño, desarrollo, análisis, monitoreo y mantenimiento de los sistemas de cómputos e información de la RSPR. Estos sistemas son parte esencial de la respuesta a terremotos y tsunamis, así como el monitoreo rutinario de los datos geofísicos. El servicio esencial lo brindamos a la División de Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos quienes aseguran las operaciones 24 X 7, con el soporte técnico, adquisición y mantenimiento de equipo de computación. Parte de nuestro grupo de trabajo diseña, mantiene y actualiza la página web de la RSPR y sus nodos de servicio (Figura 25). Otro grupo diseña y desarrolla los programas que permiten el despliegue de datos al público y comunidad científica y el monitoreo de las operaciones de la RSPR. Provee además asistencia a los usuarios de las aplicaciones de la RSPR, (como el RSS y las aplicaciones móviles). Entre los servicios provistos al público para el despliegue rápido y sencillo de información de terremotos y tsunamis están la página oficial [redsismica.uprm.edu](http://redsismica.uprm.edu) y las redes sociales Facebook (*redsismicadepr*) y twitter (*@redsismica*). También se distribuye información y contenido por la red social Youtube (*@redsismicapr*).

En el 2017 el impacto al público y la comunidad local e internacional a través la página web oficial de la RSPR lo podemos observar en las estadísticas anuales (Figura 25). Este año tuvimos más de 584,800 visitas a nuestros servidores web con sobre 8.7 millones de páginas

vistas. Los meses de mayor visita a nuestro portal web fueron abril, junio, julio y agosto. Este comportamiento se debe a que el mes de abril hubo un enjambre al noreste de Puerto Rico; el 22 de junio hubo un sismo sentido de 4.32Md cerca de la República Dominicana; el 18 de julio hubo un sismo sentido de 3.9Md en el Pasaje de la Mona y el 18 de agosto hubo un sismo sentido de 4.8Md al Norte de Dorado. El mes de octubre fue el de menor visitas y se debió a que luego del embate del Huracán María la mayoría de Puerto Rico no tenía conexión a internet –entre otras utilidades. Los 5 países que más visitaron nuestra página oficial de internet en 2017 fueron: Puerto Rico, Estados Unidos, República Dominicana, Colombia y México (Figura 26). En la plataforma social Facebook comenzamos en enero del 2017 con 359,272 seguidores y culminamos diciembre 2017 con un total de 382,257 seguidores. En nuestro canal de youtube los usuarios vieron 67,260 minutos de nuestro contenido en este año. También se adquirió un equipo especializado para digitalizar los sismogramas históricos que posee la Red Sísmica de Puerto Rico en su archivo físico (sismogramas análogos). Se ha estado digitalizando cientos de sismogramas y creando un archivo digital con años de datos sísmicos en formato JPEG. Como estrategia para asegurar la continuidad de los servicios en casos de eventos sísmicos sentidos, se mejoró el código de la aplicación y el formulario de sismo sentidos para ser compatible con todo tipo de pantallas –“responsive”. De esta forma cualquier persona puede responder cómo sintió el sismo independientemente del dispositivo en que esté conectado.



Month	Unique visitors	Number of visits	Pages	Hits	Bandwidth
Jan 2017	37,842	98,449	2,101,431	10,137,646	21.87 GB
Feb 2017	33,038	64,170	271,276	8,584,263	20.40 GB
Mar 2017	26,540	55,706	282,486	9,926,023	19.09 GB
Apr 2017	43,621	82,792	336,073	9,556,320	20.22 GB
May 2017	17,656	38,589	260,335	8,434,321	16.41 GB
Jun 2017	50,374	99,653	332,672	8,032,852	23.70 GB
Jul 2017	60,322	131,045	389,607	8,727,710	24.35 GB
Aug 2017	37,389	75,979	336,034	8,410,749	31.92 GB
Sep 2017	16,906	32,806	135,557	4,776,242	28.08 GB
Oct 2017	950	1,822	139,456	959,796	5.02 GB
Nov 2017	14,738	32,800	270,182	2,625,240	25.32 GB
Dec 2017	23,805	57,890	394,441	3,332,945	32.03 GB
<b>Total</b>	<b>363,181</b>	<b>771,701</b>	<b>5,249,550</b>	<b>83,504,107</b>	<b>268.40 GB</b>

Figura 25. Estadísticas y gráfica de barras del nodo principal – se usan 5 nodos.

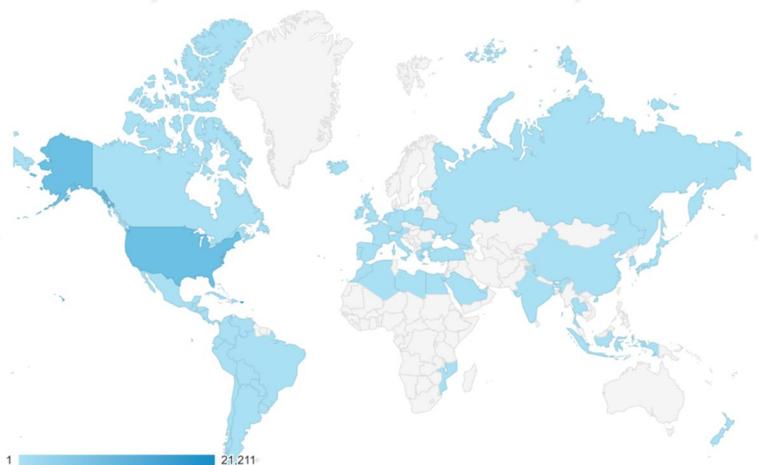


Figura 26. Países que visitaron nuestra página de internet en el 2017.

Durante el año 2017, el funcionamiento de 24 horas los 7 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 (como se muestra en la figura 27):

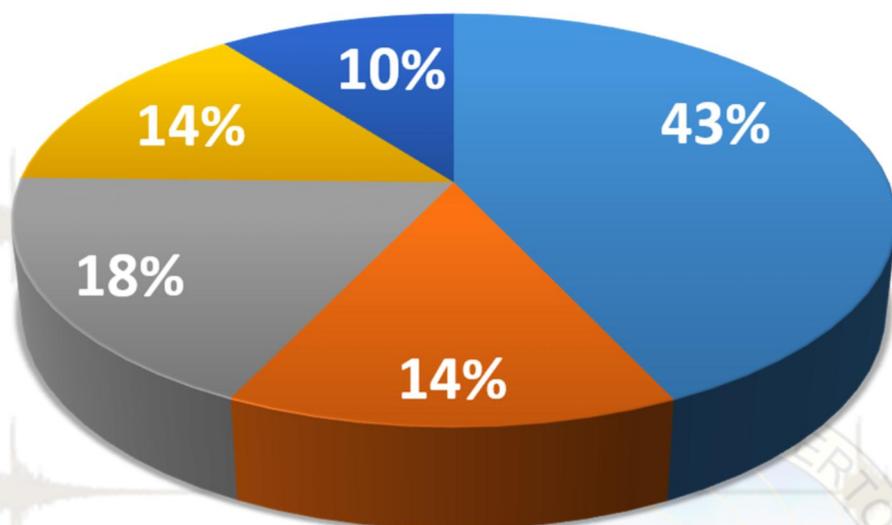


Figura 27: Distribución de Fondos asignados a la Red Sísmica de Puerto Rico por agencias estatales y federales en 2017. (RSPR-UPRM).

- Ley 106 (gobierno estatal)
- NTHMP - NOAA (gobierno federal)
- UPRM (gobierno estatal)
- AEMEAD (gobierno estatal)
- NOAA- Operaciones (gobierno federal)

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

## Instalaciones de Equipo y Servicios

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

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 (FCPR)

Sistema Universitario Ana G. Méndez Fundación Ángel Ramos (Observatorio de Arcibo)

Universidad Interamericana de Puerto Rico - Recinto de Guayama (UIPR)

Universidad de las Islas Vírgenes - Recinto de Saint Thomas (UVI)

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

El Obispado, Iglesia Católica de Ponce

Colegio Católico San Antonio Abad 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

Las redes que contribuyen datos sísmicos al sistema regional de monitoreo, a través de la RSPR, son:

- Centro de Investigaciones Sísmicas, Universidad de las Indias Occidentales (Trinidad y Tobago)
- *National Earthquake Information Center* (NEIC), Red Nacional de los Estados Unidos (USGS)
- *Incorporated Research Institutions for Seismology* (IRIS, 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)
- Centro Nacional de Sismología, Universidad Autónoma de Santo Domingo (República Dominicana)
- Instituto Meteorológico de los Países Bajos
- Observatorio Volcanológico y Sismológico de Guadalupe y Martinica (Antillas Francesas)
- Red Sísmica de las Islas Caimán
- Red Sísmica Nacional de Jamaica
- Red Sísmica Nacional de Colombia (Instituto Colombiano de Geología y Minería)
- Departamento Meteorología Aruba.
- Observatorio Volcanológico y Sismológico de Costa Rica, Universidad Nacional de Costa Rica
- Red Sísmica Nacional, Universidad de Costa Rica
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador
- Servicio Sismológico Nacional de México
- Universidad de Colima (México)
- Universidad Nacional Autónoma de México, Recinto de Querétaro
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (Nicaragua)
- Red Sísmica del Volcán Barú (Chiriquí, Panamá)
- Instituto de Geociencias, Universidad de Panamá
- Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (Venezuela)
- Departamento de Recursos Naturales de Canadá (Red de Haití)
- Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (Cuba)
- Centro de Sismología, Universidad de Sao Paulo (Brazil)
- Negociado de Minas, Haití.

La Red Sísmica de Puerto Rico está reconocida como parte del *Advanced National Seismic System (ANSS)* de los Estados Unidos.



Mapa de algunas estaciones de redes contribuyentes



## PERSONAL RED SÍSMICA DE PUERTO RICO

### Administración e Investigación

Víctor Huérfano Moreno, PhD	Director y Profesor Investigador
Alberto López Venegas, PhD	Catedrático Auxiliar (Geología)
Elizabeth A. Vanacore, PhD	Profesor e Investigadora Auxiliar (RSPR)
Yamilette Vargas Rivera, MBA	Asistente Administrativa III
Dalixza Irizarry Martínez	Asistente Administrativa III
Annie M. Plaza Rodríguez	Recepcionista
Xiomara C. Herrera Avilés	Estudiante Graduada
Victoria Astudillo Garcés	Estudiante Graduada
Ivelisse Ramos López	Estudiante Graduada
Amalia M. Molina Plaza	Estudiante Subgraduada
Jorge Ortega Santiago	Estudiante Graduado
Diana Álvarez Vargas	Estudiante Graduada
Carlos G. Andrade	Estudiante Subgraduado

### Instrumentación

Juan B. 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
Haniel Cordero Nieves	Diseñador de Página de Internet
Juan Rivera López	Estudiante Subgraduado
Bryan Muñoz Vázquez	Estudiante Subgraduado
Marcos Santiago Maya	Estudiante Subgraduado
William S. García Cuadro	Estudiante Subgraduado
George Pérez Marrero	Estudiante Subgraduado
Jonathan J. Rosado Class	Estudiante Subgraduado
Peggy González Ojeda	Estudiante Subgraduado
Abdullah A. Abuellouf	Estudiante Subgraduado

### Análisis de Datos Geofísicos

Gisela Báez-Sánchez	Auxiliar de Investigación III
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, M.Ed.	Auxiliar de Investigación II
José F. Martínez Colón, M.Sc.	Auxiliar de Investigación II
José M. Rivera Torres, M.Sc.	Auxiliar de Investigación I
Denyse Colón Lugo	Auxiliar de Investigación I
Garymar De Rivera Rivera	Auxiliar de Investigación I
Ricardo Méndez Yulfo	Auxiliar de Investigaciones I
Iván F. Casallas Nope	Estudiante Graduado
Sully A. Lebrón Rivera	Estudiante Graduado
Joshua Montañez Rivera	Estudiante Graduado
Rolf Martin Vieten	Estudiante Graduado
Wilnelly A. Ventura Valentín	Estudiante Subgraduado
Edwin Irizarry Burgos	Estudiante Subgraduado
Ricardo Arrufat Pérez	Estudiante Subgraduado

### Programa Educativo y Tsunami Ready

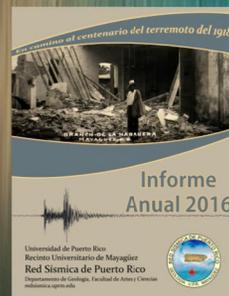
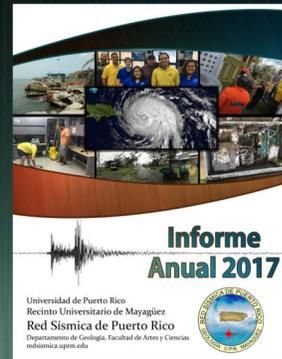
Glorymar Gómez Pérez	Oficial de Programas II
Wildaomaris González Ruiz	Oficial de Programas I
Roy Ruiz Vélez	Asociado de Investigación
Jesenia Figueroa Nieves	Estudiante Graduada
Víctor Flores Hots	Estudiante Graduado
Vianca Severino Rivas	Estudiante Subgraduado
Gynelle González Nieves	Estudiante Subgraduado
Emily Silva Brenes	Estudiante Subgraduado

# INFORME ANUAL 2017

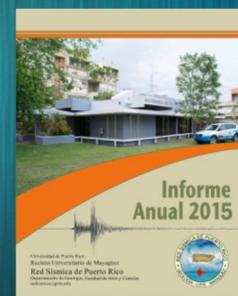
Francis Pérez Ramos  
Edición General

Gisela Báez-Sánchez  
Benjamín Colón Rodríguez  
Edwin A. Burgos Rossy  
Wilnelly A. Ventura Valentín  
Editores

Benjamín Colón Rodríguez  
Diseño



2016



2015

Derechos Reservados © 2017

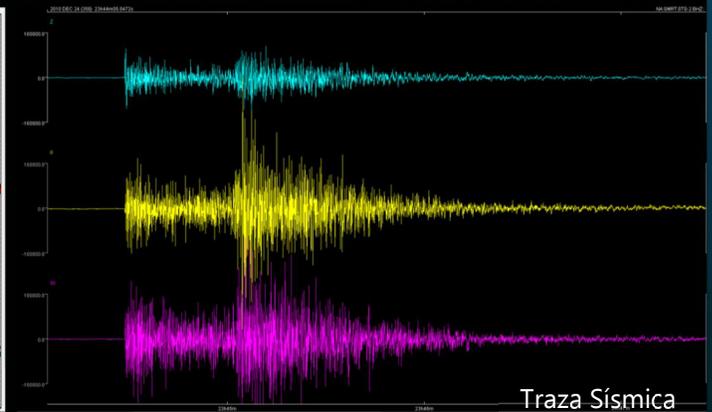
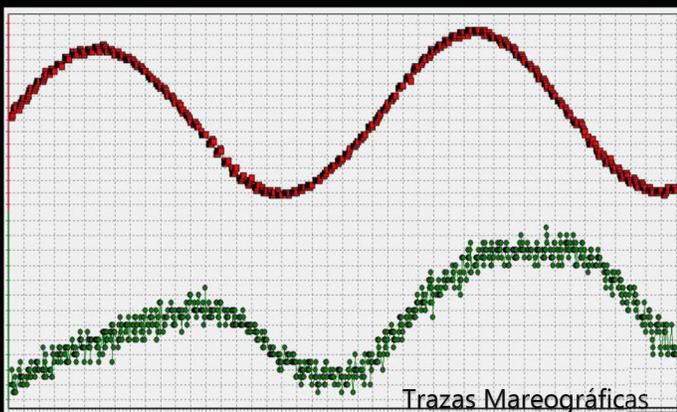
El informe anual es una publicación de la Red Sísmica de Puerto Rico. Figuras, mapas y fotos con derechos reservados. Aprobado por el Director Interino, Dr. Víctor Huérfano Moreno.

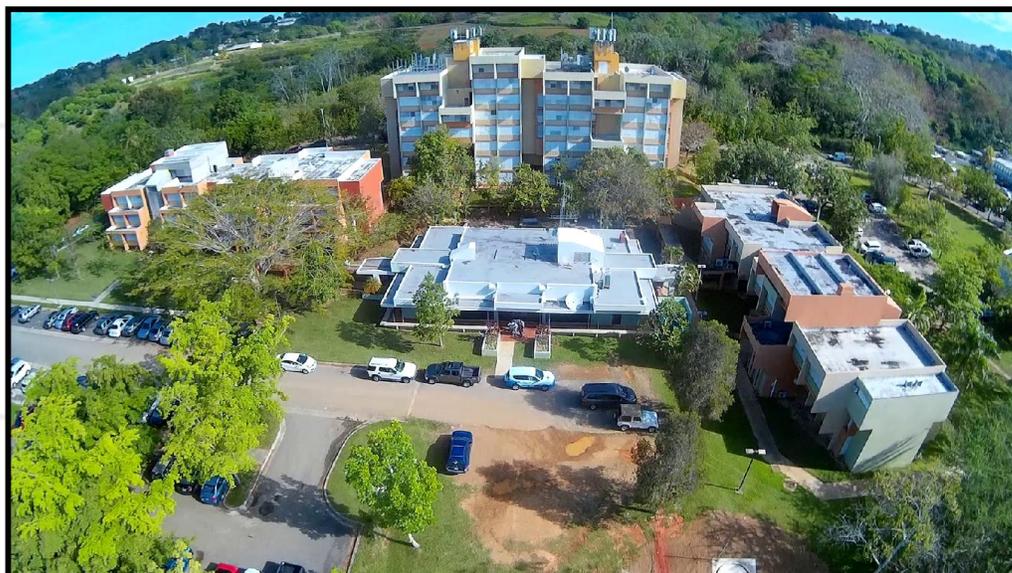
**INFORME ANUAL 2017  
RED SÍSMICA DE  
PUERTO RICO**

**2017**



# Red Sísmica de Puerto Rico



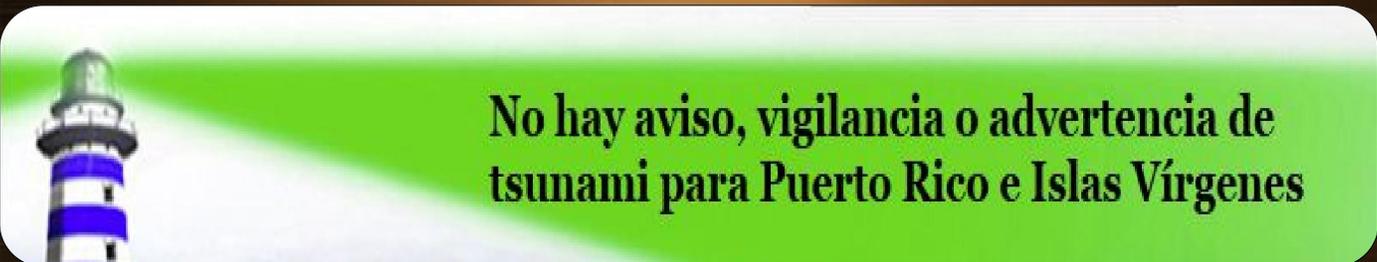


Fotos de Evolución de la RSPR en los últimos 2 años (RSPR-UPRM). Foto inferior– Vista aérea de la RSPR. (Foto cortesía de Javier Santiago. RSPR-UPRM)

# MENSAJERÍA DE TSUNAMI

**Banners que se actualizarán en nuestro portal cibernético oficial según el mensaje de alerta de tsunami emitido para el área de responsabilidad de la RSPR.**

**Nuestro enlace: (<http://redsismica.uprm.edu>)**







## Dirección Postal:

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

E-mail: [staff@prsnmail.uprm.edu](mailto:staff@prsnmail.uprm.edu)

Teléfono: 787-833-8433

