

*Universidad de Puerto Rico  
Recinto Universitario de Mayagüez  
Decanato: Artes y Ciencias - Geología*

*Informe Anual 2020-2021*

*Sometido por:*

*Departamento de Geología*

*02 de agosto de 2021*

## Tabla de Contenido

Página

### **Información general del Decanato y Unidades Adscritas**

- A. *Misión y Visión*
- B. *Descripción y funciones*
- C. *Estructura de la unidad*
- D. *Perfil del Decanato*

### **Informe de iniciativas, actividades y logros de acuerdo al Plan Estratégico**

- A. *Misión*
- B. *Institucionalizar una cultura de Planificación Estratégica y Avalúo*
- C. *Estar a la vanguardia de la educación superior en Puerto Rico garantizando que nuestros alumnos reciben la mejor educación*
- D. *Aumentar y Diversificar las Fuentes de Ingreso de la Institución*
- E. *Implementar Procesos Administrativos Ágiles y Eficientes*
- F. *Fortalecer la Investigación y Labor Creativa Competitiva*
- G. *Impactar a Nuestra Sociedad Puertorriqueña*
- H. *Fortalecer el Sentido de Pertenencia y “Orgullo Colegial”*

## Información General del Decanato y Unidades Adscritas

### A. Misión y Visión

- a. Misión y Visión del Decanato o CID
- b. Misión y Visión de unidades adscritas al Decanato, CID o Rectoría

#### 1. Departamento de Geología

##### **Visión:**

The Geology Department of the University of Puerto Rico at Mayaguez seeks to provide the highest levels of education through continuous revision and expansion of our educational, research, and outreach programs in order to produce well-trained, competent, academic and professional geoscientists capable of responding to societal needs.

##### **Misión:**

The Geology Department will develop in each student, critical thinking, enthusiasm, initiative and the necessary skills to become lifelong students of Earth Sciences. Emphasis will be placed on learning basic concepts and techniques through research, in an environment that promotes the development of professionals with social, cultural and humanistic sensibility as well as profound ethical values. In this way, the department will contribute to the enrichment of science and society through the creation and dissemination of new knowledge through scientific research. The specific objectives of the Geology Department are:

1. Prepare students for professional positions in industry and government and for careers in academic research and teaching.
2. Increase awareness of Earth and Environmental Sciences in liberal arts, education, and other science majors.
3. Educate engineers in the geological concepts integral to competent engineering practices.
4. Establish the Department of Geology as the center for research in Caribbean Earth and Environmental Sciences.
5. Develop a greater awareness of Earth Sciences in the general public through outreach programs.

#### 1a. Red Sísmica de Puerto Rico

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

La Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) es parte del Departamento de Geología, Facultad de Artes y Ciencias del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico. En 1974 fue instalada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) para la Autoridad de Energía Eléctrica de Puerto Rico (PREPA). El objetivo principal de la RSPR consistía en evaluar la sismicidad local con miras a la

construcción de las plantas de energía nuclear de Aguirre e Islote. Estas metas fueron realizadas en el 1979. Para el año 1987 la RSPR 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 del Recinto Universitario de Mayagüez, el cual fue inaugurado en abril de 2016. 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).

**B. Descripción y Funciones**

- a. *Descripción y Funciones del Decanato o CID*
- b. *Descripción y Funciones de las unidades adscritas al Decanato, CID o Rectoría*

**C. Estructura Organizacional**

- a. *Organigrama del Decanato o CID*
- b. *Organigramas de las unidades adscritas al Decanato, CID o Rectoría*

**D. Perfil del Decanato y Departamentos**

- a. *Programas académicos*
  - i. *Bachillerato en Geología*
  - ii. *Maestría en Geología*
- b. *Matrícula subgraduada y graduada por programa académico*
  - i. *Bachillerato en Geología: ~125 estudiantes*
  - ii. *Maestría en Geología: 16 estudiantes*
- c. *Grados otorgados por programa académico*
  - i. *Bachillerato en Geología: 22 estudiantes*
  - ii. *Maestría en Geología: 0 estudiantes (varios están terminando, pero se atrasaron por la pandemia)*
- d. *Personal docente y no docente*

**1. Departamento de Geología**

Personal Docente

- |  |                             |
|--|-----------------------------|
| a. <i>Balay, Ernesto</i>               | <i>Instructor Temporero</i> |
| b. <i>Gilbes Santaella, Fernando</i>   | <i>Catedrático</i>          |
| c. <i>Hudgins, Thomas R.</i>           | <i>Catedrático Asociado</i> |
| d. <i>Huérfino Moreno, Víctor A.</i>   | <i>Investigador</i>         |
| e. <i>Hughes, Kenneth Stephen</i>      | <i>Catedrático Asociado</i> |
| f. <i>Joyce, James</i>                 | <i>Catedrático</i>          |
| g. <i>López Venegas, Alberto M.</i>    | <i>Catedrático</i>          |
| h. <i>Ramírez Martínez, Wilson</i>     | <i>Catedrático</i>          |
| i. <i>Rodríguez Iglesias, Lizzette</i> | <i>Catedrático</i>          |
| j. <i>Santos Mercado, Hernán</i>       | <i>Catedrático</i>          |

k. *Vanacore, Elizabeth Ann*                      *Investigador Asociado*

**Personal No Docente**

Administración:

- a. *Marsha Irizarry*                                      *Oficial Administrativo I*
- b. *Jessica Quiñones*                                *Secretaria Administrativa I (Tarea parcial)*

Técnicos:

- a. *Colon Vargas, Ramón M.*                      *Ayudante de Laboratorio*
- b. *Santiago Rivera, Miguel*                      *Especialista Instrumentación*
- c. *González Colón, Yelitsa I*                      *Especialista Instrumentación*
- d. *Ropiza, Robert*                                    *Coordinador de Servicios Técnicos*  
*(Interinato)*
- e. *González, Stephanie*                            *Técnico de Laboratorio (Tarea parcial)*

**1a. Red Sísmica de Puerto Rico**

**Personal Docente**

- a. *Dr. Víctor Huérfano Moreno*                *Director e Investigador*
- b. *Dra. Elizabeth Vanacore Maher*              *Investigadora Asociada*

**Personal No Docente**

Administración:

- a. *Yamilette Vargas Rivera, Asistente Administrativa III*
- b. *Dalixza Irizarry Martínez, Secretaria Administrativa I*
- c. *Annie Plaza Rodríguez, Recepcionista*

Educación:

- a. *Glorymar Gómez Pérez, Oficial de Programas II*
- b. *Roy Ruiz Vélez, Asociado de Investigaciones*

Técnicos:

- a. *José Cancel Casiano, Especialista en Instrumentación Científica*
- b. *Javier Santiago Acevedo, Especialista en Instrumentación Científica*
- c. *Celestino Lucena Cabassa, Trabajador*

Cómputos:

- a. *Ángel Feliciano Ortega, Especialista en Computación y Telecomunicaciones*
- b. *Haniel Cordero Nieves, Diseñador de Página de Internet*

Analistas de Datos Geofísicos:

- a. *Gisela Báez Sánchez, Auxiliar de Investigación III*
- b. *Benjamín Colón Rodríguez, Auxiliar de Investigación II*
- c. *María Torres Vega Auxiliar de Investigación II*
- d. *Javier Charón Ramírez, Auxiliar de Investigación II (actualmente con nombramiento especial en Decanato de Administración)*

- e. *Viridis Miranda, Auxiliar de Investigación I*
- f. *Josean Barbosa, Auxiliar de Investigación I*
- g. *Margarita Solares, Auxiliar de Investigación I*
- h. *Yanira Santiago, Auxiliar de Investigación I*
- i. *José F. Martínez Colón, Auxiliar de Investigación II (Licencia sin sueldo)*
- j. *José M. Rivera Torres, Auxiliar de Investigación I*
- k. *Mariana Olivencia (nuevo nombramiento)*
- l. *Peggy González (nuevo nombramiento)*
- m. *Meganlee Rivera (nuevo nombramiento)*

**Informe de iniciativas, actividades y logros de acuerdo al Plan Estratégico**

A. Resumen Ejecutivo

B. Misión

C. Institucionalizar una cultura de Planificación Estratégica y Avalúo

D. Estar a la vanguardia de la educación superior en Puerto Rico garantizando que nuestros alumnos reciben la mejor educación

✓ **Reconocimiento al personal docente**

- ✓ **Víctor Huérfano** fue nominado como miembro del comité ejecutivo de membresía del North American Alliance of Hazards and Disasters Research Institutes (NAAHDRI).
- ✓ **Elizabeth Vanacore** es actualmente editora invitada de otro issue de *Seismological Research Letters*, del tema de monitoreo a tiempo real durante crisis.
- ✓ **Elizabeth Vanacore** fue nominada para la directiva del Seismological Society of America.
- ✓ La AAAS-Caribbean Division (American Association for the Advancement of Science) dedico su reunión anual en octubre 23 y 24 a la **Red Sísmica de PR**, en reconocimiento de su trabajo, especialmente durante la secuencia sísmica del 2020.
- ✓ **Lizzette A. Rodríguez** participo en los eventos para conmemorar el 10mo Aniversario de la Asociación Latinoamericana de Volcanología (ALVO), que se llevó a cabo en noviembre 3, 11, 19, y 27. Fue oradora invitada en el primer evento, que fue un Panel de Presidentes, titulado "A 10 años: logros y desafíos". Fue moderadora del segundo y tercer evento.

✓ **Fortalecimiento de instalaciones para uso académico**

✓ **Iniciativas para fortalecer la enseñanza**

E. Aumentar y Diversificar las Fuentes de Ingreso de la Institución

F. Implementar Procesos Administrativos Ágiles y Eficientes

## G. Fortalecer la Investigación y Labor Creativa Competitiva

✓ **Fondos externos, por fuente, para investigación y labor creativa**

- a. **Alberto López** fue otorgado un grant NSF-RAPID, titulado: *Quantifying Post-Seismic Crustal Deformation in Southwestern Puerto Rico*. Tiene una duración de 12 meses, comenzando el 15 de febrero de 2020, e incluye \$20,321 a UPR y \$52,026 a UNAVCO (Total: \$72,347).
- b. En junio 22, **Stephen Hughes** fue otorgado financiamiento del National Science Foundation, para el proyecto titulado: *"Collaborative Research: Quantifying controls on weathering of volcanic arc rocks"*. El Proyecto de 2 años es colaborativo con el Dr. Darryl Granger de la University of Purdue. El grant para UPRM es de \$88,644. La nueva estudiante graduada **Kimberly Méndez** participara en esta investigación.
- c. El grant de NSF-RAPID *"Lethal pyroclastic density current generation and transport from combined column and/or upper volcanic slopes collapse, at basaltic Fuego volcano"* (PIs: Drs. Rudiger Escobar-Wolf, Sylvain Charbonnier, **Lizette A. Rodríguez** y Simon Carn) fue otorgado un no-cost extension hasta julio 2021, para poder completar los diferentes análisis y trabajo de campo que estuvieron interrumpidos por la pandemia del COVID-19.
- d. A la **Red Sísmica de PR** le fue otorgado un grant de NOAA para el programa de tsunamis, de \$400k. También fueron informados de la disponibilidad de fondos para una propuesta que sometieron al gobierno central y la Junta de Control Fiscal, de \$500k, por la actividad sísmica en el suroeste de PR. También fueron otorgados un grant de NOAA para operaciones, de \$150k.
- e. **Lizette A. Rodríguez** fue invitada a participar como colaboradora en una propuesta para el UK Global Challenges Research Fund Networking Grant, por £24,885.00. El título del Proyecto es: *Leveraging a Latin American Alert Systems Network: Transferring Best Practice from Natural Hazard Alert Systems to Pandemic Alerts*. Tiene como proponente principal al Dr. Carlos M. Valdés González (UNAM, México) y como co-solicitante a la Dra. Carina Fearnley (University College London, UK).
- f. **Elizabeth Vanacore** fue otorgada un grant colaborativo de NSF para traer el Langseth a Puerto Rico, con WHOI y UT-Austin, con el apoyo del USGS a través de Uri ten Brik. Es un experimento activo pasivo que tiene el objetivo de tomar imágenes de la Trinchera de PR, titulado *"Collaborative Research: Seismic investigation of the Puerto Rico subduction zone: structure, seismic hazard, and hydration of slow-spreading lithosphere"*. La porción de UPRM es la sísmica en tierra; tiene financiamiento para 1 estudiante de MS en UPRM, pero también oportunidades en UT-Austin y WHOI para estudiantes.

✓ **Nuevos proyectos de investigación y labor creativa**

- a. **Alberto López** fue otorgado un grant NSF-RAPID, titulado: *Quantifying Post-Seismic Crustal Deformation in Southwestern Puerto Rico*. Tiene una duracion de 12 meses, comenzando el 15 de febrero de 2020, e incluye \$20,321 a UPR y \$52,026 a UNAVCO (Total: \$72,347).
- b. En junio 22, **Stephen Hughes** fue otorgado financiamiento del National Science Foundation, para el proyecto titulado: *"Collaborative Research: Quantifying controls on weathering of volcanic arc rocks"*. El Proyecto de 2 a~nos es

colaborativo con el Dr. Darryl Granger de la University of Purdue. El grant para UPRM es de \$88,644. La nueva estudiante graduada **Kimberly Méndez** participara en esta investigación.

- c. La **Red Sísmica de PR** fue otorgada un grant de NOAA para el programa de tsunamis, de \$400k. También fueron informados de la disponibilidad de fondos para una propuesta que sometieron al gobierno central y la Junta de Control Fiscal, de \$500k, por la actividad sísmica en el suroeste de PR. También fueron otorgados un grant de NOAA para operaciones, de \$150k.
- d. **Elizabeth Vanacore** fue otorgada un grant colaborativo de NSF para traer el *Langseth* a Puerto Rico, con WHOI y UT-Austin, con el apoyo del USGS a través de Uri ten Brik. Es un experimento active pasivo que tiene el objetivo de tomar imágenes de la Trinchera de PR, titulado "Collaborative Research: Seismic investigation of the Puerto Rico subduction zone: structure, seismic hazard, and hydration of slow-spreading lithosphere". La porción de UPRM es la sísmica en tierra; tiene financiamiento para 1 estudiante de MS en UPRM, pero también oportunidades en UT-Austin y WHOI para estudiantes.

✓ **Resultados de impacto en proyectos de investigación y labor creativa (ej. patentes, descubrimientos)**

✓ **Iniciativas para involucrar a los estudiantes en proyectos de investigación y labor creativa**

- a. En junio 22, **Stephen Hughes** fue otorgado financiamiento del National Science Foundation, para el proyecto titulado: "Collaborative Research: Quantifying controls on weathering of volcanic arc rocks". El Proyecto de 2 años es colaborativo con el Dr. Darryl Granger de la University of Purdue. El grant para UPRM es de \$88,644. La nueva estudiante graduada **Kimberly Méndez** participará en esta investigación.
- b. En julio 12-15, **Raquel Lugo** y **Yahaira Álvarez** participaron en el 2020 Natural Hazards Workshop del Natural Hazards Center de la University of Colorado. El evento fue virtual por la pandemia del COVID-19. Presentaron un afiche titulado "Collaborative Landslide Risk Communication in Puerto Rico." Los colaboradores fueron Jocelyn West y Lori Peek, de la University of Colorado, Lindsay Davis y Jonathan Godt del USGS, y **Stephen Hughes**.
- c. En julio 20, **Stephen Hughes** y los estudiantes graduados **Desireé Bayouth** y **Edwin Irizarry** fueron co-autores en una publicación del USGS, titulada: "Field observations of ground failure triggered by the 2020 Puerto Rico earthquake sequence." El autor principal fue Kate Allstadt, del USGS.
- d. En agosto 20, **Stephen Hughes** y el estudiante graduado **Edwin Irizarry** visitaron una localidad en el Rio Guayanilla para investigar el potencial para fallo catastrófico de deslizamiento. La visita fue solicitada por el alcalde de Guayanilla

y coordinada con **James Joyce** y con José Martínez Cruzado, del Depto. de Ingeniería Civil y Agrimensura de la UPRM.

- e. En septiembre 24, **Stephen Hughes** y las estudiantes subgraduadas **Raquel Lugo** y **Yahaira Álvarez** dieron una presentación para el personal de manejo de emergencias en Puerto Rico. La presentación fue titulada "Nuevas herramientas para planificación y mitigación ante la amenaza de derrumbes y deslizamientos de tierra en Puerto Rico."
- f. **Stephen Hughes** y las estudiantes subgraduadas **Raquel Lugo** y **Yahaira Álvarez** son coautores de un artículo publicado por el Journal of Emergency Management:  
West, J., Davis, L., **Lugo Bendezú, R.**, **Álvarez Gandía, Y.D.**, **Hughes, K.S.**, Godt, J., and Peek, L., Principles for collaborative risk communication: Reducing landslide losses in Puerto Rico, Journal of Emergency Management, v. 19, no. 2, 20 p.

✓ **Publicaciones y presentaciones más relevantes**

1. En junio 26, **Stephen Hughes** fue coautor del reporte de NSF Geotechnical Extreme Event Reconnaissance "Geotechnical Reconnaissance of the January 7, 2020 M6.4 Southwest Puerto Rico Earthquake and Associated Seismic Sequence." La autora principal fue Alesandra Morales Vélez, del Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura, UPRM.
2. En julio 17, **Stephen Hughes** dio una presentación virtual para el FEMA Max.gov landslide mitigation tools and resources group.
3. En julio 20, **Stephen Hughes** y los estudiantes graduados **Desireé Bayouth** y **Edwin Irizarry** fueron co-autores en una publicación del USGS, titulada: "Field observations of ground failure triggered by the 2020 Puerto Rico earthquake sequence." El autor principal fue Kate Allstadt, del USGS.
4. En agosto 6, **Stephen Hughes** fue coautor de un artículo publicado en el Journal of Physical Geography: "An assessment of the spatial distribution of shallow landslides induced by Hurricane María in Puerto Rico." El exalumno Carlos Ramos Scharrón fue el autor principal.
5. En agosto 12, **Stephen Hughes** dio una presentación virtual para los científicos y la administración de la oficina de San Juan del National Weather Service. El título de la presentación fue "Storm-induced Landslide Impact Dynamics on Environment and Society in Puerto Rico."
6. En agosto 25, **Stephen Hughes** dio una clase invitada en el curso de la UPRM: INCI 5995 (Introduction to Geotechnical Earthquake Engineering). El título de la clase fue: "Geology of Earthquakes and Tectonics of the Caribbean Plate."
7. **Wilson Ramírez** dio una videoconferencia en septiembre 9 para la clase de Oceanografía Biológica del Prof. Concepción Rodríguez, en UPR-Bayamón.
8. En septiembre 16, el estudiante graduado **Edwin Irizarry** dio una presentación en la Caribbean Area Soil Survey Work Planning Conference. Su presentación fue titulada "Evaluation and Validation of the Soil Mass Movement Risk Interpretation."
9. En septiembre 24, **Stephen Hughes** y las estudiantes subgraduadas **Raquel Lugo** y **Yahaira Álvarez** dieron una presentación para el personal de manejo de

emergencias en Puerto Rico. La presentación fue titulada "Nuevas herramientas para planificación y mitigación ante la amenaza de derrumbes y deslizamientos de tierra en Puerto Rico."

10. **Lizzette A. Rodríguez** dio una presentación a los estudiantes de la University of PR High School (UHS), titulada "La Volcanología: mi pasión dentro de las ciencias terrestres", en octubre 21.
11. En noviembre 17, **Stephen Hughes** dio una presentación por internet: "Atmospheric Event-Driven Liberation of Sediment at Mass Wasting Sites Across Puerto Rico: Short and Long Term Effects from Source to Sink", como parte de la serie de seminarios del UPRM Coastal Resilience Center. Hubo ~80 participantes y la grabación está disponible en: <https://youtu.be/0aQFGI6JDqg>.
12. **Lizzette A. Rodríguez** dio una presentación sobre seleccionar una carrera y sobre su investigación en volcanología, a estudiantes de SUNY Empire State College, en noviembre 7.
13. **Wilson Ramírez, Víctor Huérfano** y Christa von Hillebrandt participaron en la siguiente publicación:  
López Rodríguez, R.R., **Ramírez Martínez, W.R., Huérfano, V.A.**, von Hillebrandt-Andrade, C., Weil Machado, E.F., 2020, Integración entre científicos, ingenieros y las comunidades afectadas sobre inquietudes del impacto de terremotos y tsunamis en Puerto Rico, Revista Internacional Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructural Civil, ISSN 1535-0088, Volumen 19-20, Número 1, p. 65-83.
14. **Stephen Hughes** fue el autor de un artículo publicado por la "Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil":  
**Hughes, K.S.**, and Morales Vélez, A.C., 2020, Landslide Science in Puerto Rico: Past, Present, and Future; Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, v. 19-20, no. 1, p. 175-187.
15. **Stephen Hughes** y las estudiantes subgraduadas **Raquel Lugo** y **Yahaira Álvarez** son coautores de un artículo publicado por el Journal of Emergency Management:  
West, J., Davis, L., **Lugo Bendezú, R., Álvarez Gandía, Y.D., Hughes, K.S.**, Godt, J., and Peek, L., Principles for collaborative risk communication: Reducing landslide losses in Puerto Rico, Journal of Emergency Management, v. 19, no. 2, 20 p.

**g. Ayudantías graduadas para investigación y cátedra**

- i. Primer semestre: 7 TAs (incluye 2 TAs de Ciencias Marinas), 1 RA
- ii. Segundo semestre: 7 TAs (incluye 2 TAs de Ciencias Marinas), 1 RA

**h. Procedencia de los estudiantes graduados (OIPP)**

- i. 14 de PR, 1 de Colombia, 1 de EEUU

✓ **Viajes de campo organizados**

- a. Por el COVID-19 no se pudieron organizar viajes de campo.

H. Impactar a Nuestra Sociedad Puertorriqueña

✓ **Participación en iniciativas comunitarias (estudiantes, no docentes, docentes)**

- i. En junio 9, **Stephen Hughes** ofreció un webinar en vivo para el EcoExploratorio: Museo de Ciencias PR. El título fue "El 2020 mapa alta resolución de riesgo a deslizamientos de tierra en Puerto Rico: una nueva herramienta de preparación para nuestro pueblo ante los fenómenos atmosféricos." Tuvo más de 7,000 vistas en las plataformas de Facebook y Zoom (<https://www.facebook.com/watch/live/?v=549325839085616>).
- ii. En julio 20, **James Joyce** y **Stephen Hughes** visitaron una casa en la PR-123 de Adjuntas, para dar consejos de potencial actividad de deslizamientos en el área.
- iii. **Lizzette A. Rodríguez, Víctor Huérfano, James Joyce, Stephen Hughes, Elizabeth Vanacore, Alberto López, and Ernesto Balay** participaron en una reunión en agosto 27 con el Sr. Nino Correa y representantes del Negociado de Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD) para discutir posibles colaboraciones entre la agencia y la UPR, que puede incluir facultad y estudiantes. Lorna Jaramillo, profesora de UPR-Rio Piedras, también participo, al igual que otros geólogos de la empresa privada (Alejandro Soto y Héctor Rodríguez).
- iv. **Lizzette A. Rodríguez** fue entrevistada por Ada Monzón en Noticentro al Amanecer (WAPA TV), en diciembre 8, acerca del aumento en sismicidad en el volcán Mt. Pelee, Martinique, y sobre la volcanología en el este del Caribe.
- v. Varios miembros del Departamento de Geología fueron entrevistados para el reportaje especial de Ada Monzón (WAPA): Cicatrices del Terremoto, en diciembre 29-30 (<https://www.youtube.com/watch?v=1mUkmyvCGqA&ab>).
- vi. El ejercicio CaribeWave se llevó a cabo en marzo 11, organizado por la **Red Sísmica de PR.**
- vii. **Lizzette Rodríguez** dio una entrevista a Noticentro Edición Estelar (WAPA), en abril 9, con Deborah Martorell, relacionada con el cambio en actividad del volcán La Soufriere, St. Vincent, a una fase explosiva.
- viii. **Lizzette Rodríguez** dio una charla en abril 15 a la clase de Peligros Volcánicos, más estudiantes de los seminarios subgraduados y graduados, más el personal de la Red Sísmica de PR, sobre el Volcanismo en el Caribe, con énfasis en la erupción del volcán La Soufriere, en St. Vincent.
- ix. El evento del EcoExploratorio, Ciencia Virtual: Semana Geología y Mujer, se llevó a cabo en marzo 8-13. Los siguientes webinars fueron dados por nuestra facultad y estudiantes:
  - 9 marzo: **Elizabeth Vanacore** - Un Paseo de las Señales Sísmicas en Puerto Rico
  - 10 marzo: **Santa L. Pérez Cortés** (GeoLatinas) - El impacto de las mujeres en la Geología
  - 11 marzo: Irmari Rivera Llavona y **Jobel Villafañe** (geólogos y educadores, EcoExploratorio)- CARIBE WAVE 2021: ¿Qué es y cómo prepararse?
  - 11 marzo: **Bianca V. Méndez Cruz** (SGE) - Representación de la mujer en la Geología

- x. En abril 16, **Stephen Hughes** y la estudiante graduada **Desirée Bayouth** visitaron varias localidades de caídas de rocas en Guánica, con personal de la oficina municipal de manejo de emergencias.
- xi. En mayo 28, **Lizzette A. Rodríguez** dio una entrevista para Telenoticias (Telemundo), con Samira Mendoza, con relación a la actividad eruptiva reciente en el mundo.

I. Fortalecer el Sentido de Pertenencia y “Orgullo Colegial”

- ✓ **Vínculos con ex alumnos**
- ✓ **Donativos recibidos de los ex alumnos**

*Universidad de Puerto Rico  
Recinto Universitario de Mayagüez  
Decanato: Artes y Ciencias*

*Informe Anual 2020-2021*

*Sometido por:*

*Red Sísmica de Puerto Rico – Departamento de Geología*

*01 de julio de 2021*

**Tabla de Contenido**

	<i>Página</i>
<b><i>Información general del Decanato y Unidades Adscritas</i></b>	
<i>A. Misión y Visión</i>	3
<i>B. Descripción y funciones</i>	3
<i>C. Estructura de la unidad</i>	4
<i>D. Perfil del Decanato</i>	4
<b><i>Informe de iniciativas, actividades y logros de acuerdo al Plan Estratégico</i></b>	
<i>A. Resumen Ejecutivo</i>	5
<i>B. Misión</i>	6
<i>C. Aumentar y Diversificar las Fuentes de Ingreso de la Institución</i>	6
<i>D. Fortalecer la Investigación y Labor Creativa Competitiva</i>	6
<i>E. Impactar a Nuestra Sociedad Puertorriqueña</i>	20
<i>F. Fortalecer el Sentido de Pertenencia y “Orgullo Colegial”</i>	24

## **Información General del Decanato y Unidades Adscritas**

### **A. Misión y Visión**

Misión: Monitorear y determinar rápidamente la localización y magnitud de los terremotos en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes. Así como apoyar al Tsunami Warning Center en la determinación de los niveles de alerta de tsunami en nuestra área de responsabilidad. Informar y diseminar de manera confiable y oportuna la generación y efectos de terremotos y tsunamis que afecten la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes.

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

### **B. Descripción y Funciones**

La Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) es parte del Departamento de Geología de la 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, por sus siglas en inglés). El objetivo principal de la RSPR consistía en evaluar la sismicidad local con miras a la construcción de las plantas de energía nuclear de Aguirre e Islote. Estas metas fueron realizadas en 1979. Entre 1982 y 1987 la RSPR fue operada por el Centro para la Investigación de Energía y Ambiente. Para ese mismo año fue transferida al Departamento de Geología de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez. Durante el 2015 las facilidades de la RSPR se reubicaron en el Edificio D del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico.

Es responsabilidad de la RSPR proveer datos de óptima calidad a las agencias federales a cargo de las alertas de tsunamis y de información sísmica a nivel nacional, Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) de NOAA y National Earthquake Information Center (NEIC) del USGS, respectivamente. Como parte del protocolo de información de Puerto Rico y bajo los requisitos de ser un Punto Focal Alterno del Sistema de Alerta de Tsunamis, la RSPR provee soporte a las agencias locales de emergencia, el Negociado de Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD) y las Oficinas Municipales para el Manejo de Emergencias (OMMES). Para cumplir con su misión, la RSPR opera una densa red de instrumentos y cuenta con personal especializado que labora 24 horas los 7 días de la semana.

### **C. Estructura Organizacional**

La RSPR está dirigida por el Dr. Víctor Huérfano Moreno, Catedrático Asociado y pertenece al Departamento de Geología de la Facultad de Artes y Ciencias, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Está subdividida en seis áreas de especialidad, Administración, Educación, Cómputos, Técnicos, Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos e Investigación.

### **D. Perfil del Decanato y Departamentos**

#### *a. Personal docente y no docente*

##### *Personal docente:*

1. Dr. Víctor Huérfano Moreno
2. Dra. Elizabeth Vanacore

##### *Personal no docente:*

1. Sr. Ángel J. Feliciano Ortega
2. Sr. Benjamín Colón Rodríguez
3. Sr. Celestino Lucena Cabassa
4. Sr. David Alvarez Santiago
5. Sr. Haniel Cordero Nieves
6. Sr. Javier Santiago Acevedo
7. Sr. Jonathan Rosado Class
8. Sr. José Cancel Casiano
9. Sr. José M. Rivera Torres
10. Sr. Josean Barbosa Toro
11. Sr. Roy Ruiz Vélez
12. Sra. Annie Plaza Rodríguez
13. Sra. Dalixza Irizarry Martínez
14. Sra. Gisela Báez Sánchez
15. Sra. Glorymar Gómez Pérez
16. Sra. Jesenia M. Figueroa Nieves
17. Sra. Margarita Solares Colón
18. Sra. María del C. Torres Vega
19. Sra. Meganlee Rivera Avilés
20. Sra. Viridis M. Miranda Berrocales
21. Sra. Yamilette Vargas Rivera
22. Srta. Yanira Santiago Pérez
23. Srta. Mariana Olivencia Feliú
24. Srta. Peggy González Ojeda

**Informe de iniciativas, actividades y logros de acuerdo al Plan Estratégico**

**A. Resumen Ejecutivo**

La Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) es parte del Departamento de Geología de la 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, por sus siglas en inglés). El objetivo principal de la RSPR consistía en evaluar la sismicidad local con miras a la construcción de las plantas de energía nuclear de Aguirre e Islote. Estas metas fueron realizadas en 1979. Entre 1982 y 1987 la RSPR fue operada por el Centro para la Investigación de Energía y Ambiente. Para ese mismo año fue transferida al Departamento de Geología de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez. Durante el 2015 las facilidades de la RSPR se reubicaron en el Edificio D (remodelado para este fin) del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico. La RSPR es responsable del monitoreo, detección e información de la actividad sísmica y tsunamis en los archipiélagos de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (Americanas y Británicas).

Es responsabilidad de la RSPR proveer datos de óptima calidad a las agencias federales a cargo de las alertas de tsunamis y de información sísmica a nivel nacional, Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) de NOAA y National Earthquake Information Center (NEIC) del USGS, respectivamente. Como parte del protocolo de información de Puerto Rico y bajo los requisitos de ser un Punto Focal Alterno del Sistema de Alerta de Tsunamis, la RSPR provee soporte a las agencias locales de emergencia, el Negociado de Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD) y las Oficinas Municipales para el Manejo de Emergencias (OMMES). Para cumplir con su misión, la RSPR opera una densa red de instrumentos y cuenta con personal especializado que labora 24 horas los 7 días de la semana.

## **B. Misión**

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

**Durante el año 2020, la RSPR localizó un total de 13,674 sismos en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes** (nuestra área de responsabilidad sísmica, entre las latitudes 17°N–20°N y las longitudes 63.5°O–69°O). En comparación con el año 2019 (**6,510** sismos), la sismicidad detectada y localizada aumentó con 7,164 temblores más que en el año anterior. **En el 2020, el mes de mayor actividad fue enero con 5,610 temblores**, mientras que en septiembre se observó la menor sismicidad con 411 sismos. (Cabe señalar que aún no se han procedado todos los eventos sísmicos y estos datos son preliminares, debido a la cantidad de sismicidad generada por la Secuencia Sísmica del Sur-Suroeste de Puerto Rico de 2020). Hasta el momento, **la región con la mayor sismicidad registrada durante el 2020 fue la Región Sur con 6,936 eventos sísmicos, seguida por la Región al Sur de Puerto Rico con 5,196 eventos y la región Suroeste de Puerto Rico con 553**. Las profundidades de los temblores variaron desde 1 km a 174 km y las magnitudes variaron de 0.0 Md a 6.4 Mw. **Del total de terremotos procesados para el 2020, 1,298 fueron reportados como sentidos dentro de nuestra área de responsabilidad**. Para obtener una lista detallada de los sismos localizados por la RSPR durante 2020, o cualquier información relacionada a terremotos y tsunamis, en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes puede visitar nuestro portal electrónico oficial <http://redsismica.uprm.edu>.

## **C. Aumentar y Diversificar las Fuentes de Ingreso de la Institución**

La RSPR recibe \$1,102,000.00 otorgados por la Legislatura de Puerto Rico bajo la Ley 106 del 24 de julio de 2002 para los gastos de funcionamiento. Además, recibe fondos de la NOAA para los proyectos NTHMP (\$334,320.00) para el Programa de Tsunami Ready, NOAA Operaciones (\$199,856.00) para el mantenimiento de las estaciones mareográficas y de la Resolución Conjunta R.C. de la C. 591 (\$326,734.00) para la compra de equipo.

## **D. Fortalecer la Investigación y Labor Creativa Competitiva**

### **José Cancel Casiano**

#### **Instrumentación de la Red Sísmica de Puerto Rico**

La RSPR opera actualmente unas 34 estaciones sísmicas en Puerto Rico e Islas Vírgenes Americanas y británicas. Existen dos tipos de estaciones según su tecnología; están las estaciones análogas las cuales consisten en un sensor, un sistema de comunicación, baterías y panel solar y otro equipo electrónico periférico. Y las estaciones digitales que además de contener los equipos ya mencionados necesitan de un digitalizador.

Hay tres tipos principales de sensores: Período Corto, Banda Ancha y Acelerómetro. Las estaciones de período corto (SP) y banda ancha (BB) se conocen también como estaciones de movimiento suave pues detectan los eventos de menor intensidad muy bien, pero cuando son muy fuertes, se pueden saturar. Los acelerómetros se consideran de movimiento fuerte porque están diseñados para registrar en escala los eventos de mayor intensidad.

Los sensores de período corto son Teledyne Geotech S-13(uso discontinuado) de componente vertical y los Mark L-4 de tres componentes, tienen una frecuencia natural de 1 Hz. Entre los sensores de banda ancha la RSPR tiene los siguientes modelos: CMG-40T (30s a 50 Hz), CMG-3ESP (100s a 50 Hz) y CMG-3T, STS-1 (360s a 50 Hz), Reftek 120-151 y Trillium 120s (PH, QA, Compact PH y Horizon) de Nanometrics. Los sensores de movimiento fuerte (SM) son Episensor-EST, Etna2 y Titan (Nanometrics). Todas las señales son digitalizadas antes de su procesamiento. Los de período corto se digitalizan en las oficinas de la Red Sísmica de Puerto Rico, mientras que las de banda ancha y movimiento fuerte se digitalizan en la misma estación. En la actualidad los instrumentos de período corto, acelerómetros y los sismómetros se digitalizan a 100 muestras por segundo. Para la digitalización de las estaciones de banda ancha se utilizan digitalizadores de la compañía Refraction Technology, Digital Acquisition Systems, Q330 (Quanterra de Kinematics) y Nanometrics.

Para la transmisión de los datos, en tiempo real, son utilizados radios en las bandas de VHF, UHF. También se utilizan radios spread spectrum, microonda, líneas telefónicas dedicadas e Internet. Los datos de las estaciones se envían directamente o a través de repetidoras a Mayagüez. Existen tres estaciones repetidoras: Cerro La Santa en Guavate, Cerro Santa Ana en Maricao y Cerro Punta en Jayuya. En estas repetidoras las señales de las estaciones se combinan y se retransmiten. En Tortola (**BVI**) se envían los datos vía Internet. Los datos de la estación de Anegada, BVI y Virgen Gorda se envían vía satélite. En la oficina central situada en las oficinas de la RSPR en el Recinto Universitario de Mayagüez se reciben y se almacenan todas las señales. Todos los datos son procesados de manera digital e incorporados en los catálogos. En las estaciones de banda ancha, así como las de movimiento fuerte. También hay un grabado de datos temporero en el campo.

La RSPR también cuenta con 16 estaciones de GPS (Global Position System) permanentes, localizadas en Puerto Rico, islas adyacentes e Islas Vírgenes Americanas y Británicas. Los instrumentos de adquisición son de las compañías **Trimble y Topcon. Los modelos son NetRs, NetR9, Alloy y Net3GA. Las antenas son de la marca Trimble y Topcon.**

También la RSPR opera **6** estaciones marea gráficas (Tide Gauges) localizadas en las costas de Puerto Rico y sus islas adyacentes e Islas Vírgenes Británicas. Los equipos de adquisición de datos para los mareógrafos son de la compañía Sutron (SatLink, Xpert), de la compañía Aquatrak (Sensor Aquatrak) **y la marca YSI (Radar Water Level Sensor modelo NILE 502).**

Durante el 2020 y debido a la Secuencia Sísmica del Sur-Suroeste de Puerto Rico se instalaron nuevas estaciones sísmicas (permanentes y de campaña) para poder monitorear la sismicidad producto de dicha secuencia y que los datos sean utilizados para investigaciones que ayuden a entender e identificar las fallas geológicas en el área.

### ***Dra. Elizabeth Vanacore***

#### **Relocalización de los terremotos de Secuencia Sísmica del Suroeste de Puerto Rico**

Un componente crítico para comprender las fallas geológicas y las interacciones entre las fallas involucradas en la Secuencia Sísmica del Suroeste Puerto Rico es analizar a profundidad los datos obtenidos para mejorar la determinación de las ubicaciones de los terremotos utilizando un método computacional llamado relocalización de doble diferenciación (o Double Difference Relocations en inglés). En 2020, la Dra. Vanacore relocalizó 7,130 temblores utilizando el algoritmo HypoDD (Waldhauser & Ellsworth, 2000). Utilizó los datos de la RSPR de arribo o llegada de las ondas P y S de los temblores entre las fechas del 15 de diciembre de 2019 y el 19 de agosto de 2020. La sismicidad relocalizada ilustra la naturaleza de múltiples fallas asociadas a la Secuencia del Suroeste de Puerto Rico. Basado en la sismicidad relocalizada, la secuencia ocurre a lo largo de una red de fallas normales de inmersión interconectadas (interconnected dipping normal faults) y fallas de deslizamiento casi verticales (vertical strike-slip faults), así como la evolución temporal de la secuencia. Esto es consistente con los mecanismos focales producidos por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) así como con los resultados de los mecanismos focales bayesianos ISOLA calculados por la Dra. Vanacore utilizando el algoritmo de 2017 de Vackar et al. Los resultados del análisis de estos eventos sísmicos se presentarán en la reunión virtual de la SSA 2021 y se incluirán en un artículo de la revista Tectonics con coautores del USGS (Woods Hole), UPRM y NASA JPL.

#### **Desarrollo de GMPE para Puerto Rico**

En colaboración con el Programa de Movimiento Fuerte de Puerto Rico (PRSMF por sus siglas en inglés), la Dra. Vanacore está trabajando con el estudiante de doctorado Diego Claros para desarrollar nuevas ecuaciones de predicción del movimiento del suelo (GMPE) para Puerto Rico. Los GMPE son componentes críticos para el desarrollo de mapas de peligro sísmico. Estas ecuaciones representan las primeras ecuaciones de movimiento del suelo para Puerto Rico derivadas enteramente de datos. En el último año, se desarrolló un nuevo conjunto de GMPE para la corteza terrestre (terremotos poco profundos de menos de 30 km de profundidad) basados en datos de movimiento del suelo entre 2003 y 2020 de terremotos de magnitud 3.5M o superiores. Este conjunto de datos incluye aproximadamente 5,000 registros de más de 400 terremotos, críticamente se incluyen terremotos de magnitudes mayores a 5.0M. Con base en este conjunto de datos, se determinó un nuevo GMPE cortical para Puerto Rico utilizando análisis de regresión y se presentó en la reunión virtual de otoño de la AGU (American Geological Union) en diciembre de 2020. Un documento profesional sobre estos resultados se encuentra actualmente en preparación. Este modelo derivado de datos sísmicos es una mejora de las ecuaciones que se utilizan

actualmente en Puerto Rico, que carecían de los terremotos de magnitudes mayores a 5.0M y se basaban en un modelo estocástico en lugar de datos. Este trabajo incluía originalmente trabajo de campo para recopilar mediciones de Vs30 en sitios críticos con instrumentos de movimiento fuerte. Pero debido a COVID-19, este trabajo de campo se ha pospuesto hasta al menos enero de 2022. Una vez que se realice el trabajo de campo, los datos de Vs30 se incluirán en la calibración final que se realice del GMPE para mejorar aún más la comprensión del peligro sísmico en nuestra región.

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

La Secuencia Sísmica del Suroeste de Puerto Rico de 2020, aunque fue devastador a nivel local, también llenó un vacío de datos que existía en las inversiones sísmicas 3D anteriores. Como consecuencia, para ampliar el trabajo de años anteriores se ejecutó una nueva corrida de la inversión incluyendo estos nuevos datos. Con la incorporación de los nuevos datos se mejoró sustancialmente la resolución del modelo, especialmente en la región Suroeste de Puerto Rico. La nueva inversión incluyó datos de más de 19,000 terremotos (1,000 terremotos más que la inversión anterior), más de 140,000 picados de ondas P y más de 100,000 picados de ondas S. La incorporación de los nuevos datos muestra y destaca una zona de baja velocidad en la corteza terrestre en el Suroeste de Puerto Rico asociada con la sismicidad. Las zonas de baja velocidad en la corteza se observan comúnmente en sistemas de fallas corticales (crustal fault systems) como San Andrés (ej. Hole et al 2006). El modelo de velocidad actualizado también reubicó o relocalizó los terremotos utilizando el nuevo modelo 3D. Las localizaciones 3D de los terremotos asociados con la secuencia se compararán con las localizaciones derivadas de las relocalizaciones calculadas por doble diferenciación (double difference relocations). Los resultados de esta inversión actualizada se están preparando para ser publicados próximamente.

### ***Dr. Alberto López Venegas***

El año 2020 comenzó con la secuencia sísmica del Suroeste de Puerto Rico, lo que generó una movilización de estaciones de campaña de la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR), tanto de equipos sísmicos como geodésicos, para empezar a estudiar y entender las fallas geológicas que se activaron y generaron los terremotos.

La instrumentación para determinar posiciones exactas por medio del Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) que posee la RSPR consta de equipos permanentes y temporeros. Mientras que los equipos permanentes se instalan para proveer datos continuamente, los equipos temporeros (mejor conocidos como estaciones de campaña) se instalan por periodos cortos de tiempo, típicamente por varios días, para establecer su posición una o dos veces por año. En Puerto Rico, estas estaciones llevan más de 20 años de medidas, estableciendo así una ventana de mayor duración a las estaciones permanentes que hoy en día aún no alcanzan la década.

Inmediatamente después del evento principal del 7 de enero de 2020, el equipo de investigación de la RSPR se dispuso a hacer un inventario de los equipos disponibles para el despliegue. Existen más de una docena de estaciones de tipo temporero en Puerto Rico, más, sin embargo, poco menos de la mitad se encuentran en la zona suroeste y centro de la isla, lo cual ayuda a determinar la posición de la estación después del terremoto. Esta información es vital para determinar el movimiento post-sísmico. Por lo tanto, produce los datos que los científicos usan para explicar el historial de la deformación de la corteza y cómo se ha afectado la topografía luego del terremoto. Estaciones de campaña que cruzan el valle de Lajas, así como estaciones en Caja de Muerto, La Parguera, Ponce y Adjuntas fueron utilizadas para la determinación de la deformación de la corteza.

De igual forma, la RSPR se movilizó rápidamente para obtener fondos de la Fundación Nacional para las Ciencias (NSF, por sus siglas en inglés) y poder realizar instalaciones permanentes en el área de los terremotos del sur de Puerto Rico. Desde el año 2015, la RSPR mostró interés en instrumentar el área, desarrollando propuestas para obtener los fondos necesarios para la adquisición de instrumentos y materiales conducentes a la instalación de equipo geofísico para monitorear el área. Pero no fue hasta que ocurrieron los sucesos sísmicos de 2020 que por emergencia dieron paso a la otorgación de fondos, tanto estatales como federales, para la instalación de estaciones de GPS en el suroeste de Puerto Rico. A partir de febrero de 2020 se dio el visto bueno a los fondos de NSF asignados a la Universidad de Puerto Rico (Recinto Universitario de Mayagüez y la Red Sísmica de Puerto Rico) y UNAVCO para la compra de todos los equipos a ser instalados. Se recibieron los materiales, instrumentos y equipos para 6 estaciones permanentes en octubre de 2020. Mientras se realizaban visitas oculares a los potenciales lugares para la instalación de estos equipos y se realizaban reuniones con los encargados o dueños de los lugares evaluados para instalar estos equipos permanentes. Se escribieron numerosas cartas y se desarrollaron acuerdos y contratos inter-agenciales con el fin de promover la colaboración y ofrecer los mejores lugares para la instalación de estas estaciones. El objetivo, que dichas estaciones estén localizadas en los lugares más aptos que puedan ofrecer los datos tan críticos y necesarios para el estudio de la región. La primera de estas estaciones se instaló en terrenos de Para La Naturaleza en la Reserva de La Parguera. Su instalación comenzó en el mes de noviembre de 2020 y ya para mediados de diciembre estaba transmitiendo en línea. Hay otras 5 estaciones que están en agenda para ser instaladas durante los meses de enero a marzo de 2021.

### ***Geol. Gisela Báez Sánchez***

#### ***Upgrade the PRSN to Provide Local and Regional Tsunami Warning Capabilities***

El ambiente tectónico del Caribe es muy complejo, con el potencial de producir diversos escenarios de terremotos y tsunamis catastróficos. La posibilidad de que ocurra un tsunami representa un grave peligro para los 3.4 millones de personas que viven en Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses, así como para muchas más personas en la cuenca caribeña. Por esta razón, mantener y mejorar el sistema de alerta de tsunamis en el Caribe es importante y necesario. Desde el 2003, la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) ha

asumido una parte importante en este rol, el **Proyecto Upgrade the PRSN to Provide Local and Regional Tsunami Warning Capabilities** o mejor conocido como **NOAA Operaciones**, es parte fundamental de estas iniciativas. Para mantener operaciones las 24 horas del día, los 7 días de la semana, con personal especializado la RSPR mantiene acuerdos colaborativos con NOAA, la Universidad de Puerto Rico, el Gobierno de Puerto Rico y el Negociado Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD). Las operaciones y el monitoreo son, en parte, subvencionados por el **Proyecto NOAA Operaciones** que beneficia, no sólo a los Centros de Alerta de Tsunami de NOAA (TWC), si no a los residentes y visitantes de Puerto Rico, el Caribe y las regiones adyacentes. A través de este proyecto, la RSPR brinda apoyo a los TWC de NOAA manteniendo las siguientes funciones esenciales:

- transferencia de datos en tiempo real
- diseminación de información de terremotos y tsunamis a las agencias de manejo de emergencia y al público en Puerto Rico y las Islas Vírgenes
- operación de canales de comunicación redundantes con las agencias federales y estatales.

Como parte de los esfuerzos para la diseminación de información de tsunamis y como *Tsunami Warning Focal Point Alterno* de Puerto Rico, se provee información al gobierno de Puerto Rico, así como al gobierno federal. Además, personal de la División de Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos de la RSPR participamos de las iniciativas del Programa Tsunami Ready. La geóloga Báez-Sánchez participó de varios talleres y conferencias, como recurso experto en los protocolos de la RSPR y la mensajería y productos que se emiten en caso de tsunami, incluyendo el entrenamiento de analistas de datos geofísicos de la RSPR. Además, se actualizó el Protocolo de Tsunami de la RSPR. En otras iniciativas (como los **Ejercicios Caribe Wave 2020, Shake Out 2020 y COVID-QUAKE**) tuvimos la oportunidad de educar y entrenar a los manejadores de emergencias de Puerto Rico. Se realizan además entrenamientos en el Protocolo de Tsunami de Puerto Rico y las Islas Vírgenes, el Protocolo de Comunicaciones y en la utilización de la información proveniente de los *Tsunami Warning Center* y los *Tsunami Warning Focal Point (TWFP)* de Puerto Rico, según sea requerido. Además, trabajamos mano a mano con el Programa Tsunami Ready en el desarrollo y corrección de la Guía de Operadores del Programa Tsunami Ready de Puerto Rico.

Durante el 2020, la RSPR continuó mejorando sus capacidades para la detección de tsunamis (locales y regionales), mediante la actualización y el mantenimiento de la infraestructura: sísmica, mareográfica, operacional y de comunicaciones. A lo que se suma brindar oportunidades de capacitación para nuestro personal y colegas de otras redes regionales. También se realizaron esfuerzos de colaboración para fortalecer el Sistema de Alerta de Tsunamis del Caribe enmarcado en los trabajos de la Comisión Intergubernamental Oceanográfica de la UNESCO, dentro del *Intergovernmental Coordination Group for the Tsunami and Other Coastal Hazards Warning System for the Caribbean and Adjacent Regions* (ICG CARIBE EWS).

## **Ejercicios Caribe Wave 2020 y ShakeOut 2020**

La Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) es la agencia líder en la coordinación de dos ejercicios de comunicaciones anuales para Puerto Rico y las Islas Vírgenes, durante los ejercicios Caribe Wave y ShakeOut. El Ejercicio Regional de Tsunamis Caribe Wave, se lleva a cabo en el mes de marzo, mientras que el Ejercicio Gran ShakeOut de Puerto Rico, se realiza durante el mes de octubre. Estos ejercicios se ejecutan en coordinación con todas las agencias de respuesta de emergencias dentro de la Región de Puerto Rico y las Islas Vírgenes (PR/IV), nuestra área de responsabilidad sísmica y son parte integral del mejoramiento continuo de nuestras operaciones y respuestas a emergencia. Durante estos ejercicios se prueban las comunicaciones con: el Negociado de Manejo de Emergencia y Administración de Desastres (NMEAD, 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 Centro Nacional de Sismología (República Dominicana). Entre los medios de comunicación utilizados por la RSPR, para la difusión de mensajería de emergencia, se probaron los siguientes: el Sistema Broadcast (Sistema de Diseminación de Información de Terremotos y Tsunamis), teléfonos dedicados (ring downs y línea privada), radio frecuencia de NMEAD, RSS News (RSPR), mensajería de texto (TWFP, Tsunami Warning Focal Points), listas de correos electrónicos (Emergencia), fax, página Web y redes sociales (Facebook y Twitter). Además, se probó el sistema de envío de mensajería masiva, como método redundante de comunicaciones para las listas de servicio de emails, mensajes de texto y llamadas automáticas a los TWFP en nuestra región.

El **19 de marzo de 2020**, por duodécimo año consecutivo, se realizó el ejercicio de comunicaciones **Caribe Wave 2020**. Este se trabaja 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), SNM-SJ NOAA, NMEAD, FEMA, el Comité EAS de Puerto Rico y la Asociación de Radiodifusores de Puerto Rico, entre otras agencias. Para este año, debido a la secuencia sísmica del Sur de Puerto Rico y el inicio de la Pandemia de COVID19, la naturaleza del Ejercicio Caribe Wave cambió por lo que no utilizamos el escenario contemplado en el Manual Oficial del Ejercicio Caribe Wave 2020 (IOC UNESCO Caribe EWS) con toda su mensajería de tsunamis para darle paso a la realización de una prueba de comunicaciones con un sólo mensaje a las 10 AM. Trabajamos en la actualización de la página oficial de la RSPR para el Ejercicio CARIBE WAVE 2020 (<http://caribewave.uprm.edu/>) que contienen los materiales desarrollados para el ejercicio modificados para nuestra región y dirigida a manejadores de emergencias en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes.

Como parte de la preparación previa al ejercicio y con motivo de anunciar el Caribe Wave 2020, se realizaron varias reuniones de coordinación, así como pruebas de los sistemas de comunicaciones. Se realizó una prueba de los sistemas de comunicación con las agencias de emergencia el 18 de marzo de 2020, por todos los medios disponibles. Durante el

ejercicio Caribe Wave 2020, el 19 de marzo, emitimos sólo un mensaje para el Escenario de Portugal a 270 km de la costa de este país (con un terremoto de magnitud 8.5 Mw y tsunami). El mensaje Dummy, fue emitido desde el PTWC a las 10:00 am anunciando el comienzo del ejercicio. En general, la diseminación de los productos a las agencias de emergencia en nuestra región transcurrió en tiempos adecuados de 0 a 2 minutos (por medios primarios como radiofrecuencia, líneas dedicadas, emails, RSS y SMS). El Registro Oficial del Ejercicio (tsunamizone.org), reportó un total de **12,841 individuos** participantes en PR/IV, de los cuales **11,400 fueron de Puerto Rico, 1,177 de Islas Vírgenes Estadounidenses y 264 en Islas Vírgenes Británicas.**

El **15 de octubre de 2020** realizamos el Ejercicio de Comunicaciones y simulacro de terremotos, **Gran ShakeOut de Puerto Rico 2020**. Contamos con la participación de todas las agencias de respuesta a emergencias dentro de nuestra área de responsabilidad sísmica (PR/IV). Para el Gran ShakeOut de Puerto Rico 2020 se trabajó en conjunto con NMEAD y SNM-SJ, entre otras agencias locales. Este año utilizamos el recurso de la página oficial del ejercicio de la RSPR (<https://www.uprm.edu/shakeout/>) para compartir con los manejadores de emergencias la información del Ejercicio de Comunicaciones Shake Out 2020. Debido al impacto de la Pandemia de COVID19 promovimos la realización del ejercicio de comunicaciones con los manejadores de emergencias de Puerto Rico y las Islas Vírgenes y la participación de toda la población desde sus hogares o lugares de trabajo manteniendo las medidas de distanciamiento. Los días 15 de septiembre, 30 de septiembre, 10 de octubre y 14 de octubre se realizaron pruebas previas al ejercicio, por todos los medios de comunicación disponibles en la RSPR, para promocionarlo en nuestra región.

Durante el ejercicio **Gran ShakeOut de Puerto Rico 2020**, el 15 de octubre de 2020, emitimos dos mensajes. El primero, un recordatorio del ejercicio a las 8:00 am a las listas de servicio y redes sociales de la RSPR. La RSPR sólo emitió 1 Boletín Oficial, a las 10:15 am, como parte del ejercicio de comunicaciones anunciando el comienzo de este. Además, este mensaje en las redes sociales sirvió de anuncio para que las personas pudieran comenzar su ejercicio de protección ante terremotos. La diseminación de productos (por los medios primarios de comunicación) a las agencias de emergencia en nuestra región, transcurrió en tiempos adecuados de 0 a 2 minutos. En el Registro Oficial del Ejercicio ([www.shakeout.org](http://www.shakeout.org)) se reportó un total de **262,804** individuos participantes en PR/IV, de los cuales **258,281 fueron de Puerto Rico y 4,523 de Islas Vírgenes Estadounidenses.**

### **Ejercicios COVID QUAKE 2020**

Durante 2020, se trabajó en colaboración con el Negociado de Manejo de Emergencias y Administración de Desastres en el **Ejercicio COVID QUAKE 2020**. La RSPR proporcionó asesoría científica sobre el escenario tanto de terremotos como de tsunami y los productos a utilizarse durante el mismo. Se prepararon diversos productos para el Escenario del Norte de Puerto Rico (8.5M), para el ejercicio como son: Cronología del Ejercicio, Boletines SISMO SENTIDO/Tsunami de la RSPR (para Aviso, Advertencia y Cancelación de Tsunami), RSS, email, mensaje de texto y llamadas automáticas. Se emitió un solo

mensaje en tiempo real desde la RSPR a los manejadores de emergencia en Puerto Rico el 23 de junio de 2020 a las 9:30AM como parte del Ejercicio COVID QUAKE 2020.

### **Operaciones, Preparación y Continuidad**

Durante el 2020, se continuó trabajando la actualización del Manual de Operaciones y Procedimientos de la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR), enfocándonos en la respuesta a la Secuencia Sísmica del Sur-Suroeste de Puerto Rico y en la Pandemia de COVID19. El manual describe los trabajos de las distintas áreas de la RSPR como lo son: Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos, Instrumentación e Investigación, entre otros. Incluye además los trabajos de seguridad para el cumplimiento cabal de nuestra misión y los objetivos como institución de monitoreo sísmico y de tsunamis. Este año continuamos evaluando y actualizando los protocolos relacionados al plan de emergencia y la continuidad de operaciones, enfocándonos en la respuesta a los Sismos Sentidos de la Secuencia Sísmica del Sur-Suroeste de Puerto Rico, en la Pandemia de COVID19 y en las Guías de Teletrabajo o trabajo remoto. Se trabajó en la mejora de los sistemas de comunicación y disseminación de nuestros datos y productos de emergencia. Participamos en sin número de reuniones virtuales y presenciales con agencias estatales y federales. Además, recibimos en nuestras facilidades a personal de manejo de emergencia y prensa para asuntos relacionados a Secuencia Sísmica del Sur-Suroeste de Puerto Rico.

Como parte de los esfuerzos de educación y preparación, trabajamos en la Guía de Continuidad de Operaciones para Influenza Pandémica, en el Plan de Continuidad de Operaciones en una facilidad alterna y la Guía de Trabajo Remoto de la RSPR, así como el Plan de Reincorporación tomando las medidas ante la Pandemia de COVID19. El Continuity of Operation Plan (COOP) es un requisito establecido a nivel federal, con el objetivo de mantener la continuidad de operaciones durante y pasada una emergencia. En 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.
- Disseminar 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 (según sus siglas en inglés, TWFP) Alterno designado por el Estado Libre Asociado de Puerto Rico, a través de la NMEAD.

Las responsabilidades de la RSPR incluyen: transferir data en tiempo real desde la RSPR y las redes regionales al NEIC, PTWC y NTWC; disseminar 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 de emergencia dentro de nuestra área de responsabilidad. En caso de una emergencia, donde la RSPR pierda

comunicaciones o no pueda asegurar el cumplimiento de una de las funciones, se activará el Plan COOP 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.

***Angel J. Feliciano Ortega, Haniel Cordero Nieves, Jonathan J. Rosado Class y Gisela Báez Sánchez***

La División de Cómputos y Sistemas de Información está encargada del diseño, desarrollo, análisis, monitoreo y mantenimiento de los sistemas de cómputos e información de la RSPR. Estos sistemas son parte importante durante la respuesta a terremotos y tsunamis, así como el monitoreo rutinario de los datos geofísicos. El servicio esencial lo brindamos al grupo 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 el portal de internet de la RSPR y sus nodos de servicio. Otro grupo diseña y desarrolla 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). 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** y las redes sociales Facebook (**redsismicadepuertorico**) y Twitter (**@redsismica**). También se distribuye información y contenido por la red social Youtube (**@redsismicapr**).

Durante el 2020, el impacto al público y la comunidad local e internacional a través de la página web oficial de la RSPR lo podemos observar en las estadísticas anuales. Este año tuvimos más de 1.85 millones de visitas a nuestros servidores web con sobre 79 millones de páginas vistas. El total de la transferencia de datos de nuestros servidores web a los usuarios fue de sobre 10 Terabytes. Los 5 países que más visitaron nuestra página oficial de internet en 2020 fueron: Puerto Rico, Estados Unidos, México, Perú y República Dominicana. Los meses de mayor visita a nuestro portal web fueron enero y febrero. Este comportamiento está relacionado a la Secuencia Sísmica del Sur de Puerto Rico, que comenzó en diciembre, pero tuvo un evento de magnitud significativa de 5.8 Mwp el 6 de enero y el terremoto principal del 7 de enero con una magnitud de 6.4 Md. Además, esta secuencia tuvo varios eventos con magnitudes mayores a 5.0 durante el mes de enero. Debido a la magnitud del temblor principal y la continua actividad sísmica relacionada a la Secuencia Sísmica del Sur de Puerto Rico durante el año, el 2020 ha sido el año con más actividad en nuestra página web y redes sociales.

## ***Proyectos Operacionales de Analistas de Datos Geofísicos***

En general estos proyectos operacionales se vieron detenidos en 2020 debido al volumen de sismicidad que los analistas de la RSPR han tenido que atender como parte de la sismicidad relacionada a la Secuencia Sísmica del Sur-Suroeste de Puerto Rico. Los proyectos que requirieron seguimiento y actualización se continuaron, pero sólo con los trabajos necesarios para asegurar los trabajos 24horas los 7 días de la semana y la continuidad de las operaciones de la RSPR. Además, se trabajó regularmente con el Servicio Geológico de los Estados Unidos en el sistema AQMS y en las pruebas de implementación del nuevo sistema de localización Jiggle.

Los proyectos operacionales de los analistas de datos geofísicos de la RSPR son:

### ***Geol. Benjamín Colón Rodríguez***

#### ***Mareógrafos, SUTRON y Tide Tool***

El sistema que monitorea los cambios en el nivel del mar (por tsunami) en la Red Sísmica de Puerto Rico consiste básicamente de una recopilación de datos adquiridos de estaciones mareográficas y de boyas DART (Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis). Estos datos son transmitidos en diferentes métodos y formatos. Los métodos de transmisión de datos utilizados regularmente son por conexión a internet y satélite. Los mareógrafos instalados a lo largo de las costas de Puerto Rico forman parte de las estaciones que son transmitidas en ambos métodos. Esta redundancia, nos permite recibir los datos al menos por uno de los métodos cuando otro se ve afectado. Las estaciones mareográficas locales están instaladas a lo largo de las costas de Puerto Rico y las Islas Vírgenes, las regionales en las costas del Caribe y las internacionales en las costas del Atlántico. Para cada estación nueva es necesario realizar unas actualizaciones al sistema, que nos permiten los siguientes procesos: adquisición de los datos, procesamiento y decodificación de datos y graficar o desplegar los datos para el monitoreo. Trabajamos además en la instalación y actualización del sistema de SUTRON en la RSPR para trabajar con los datos de las estaciones mareográficas. Continuamos actualizando el sistema **Tide Tool** que nos permite el monitoreo de tsunamis en tiempo real, así como el entrenamiento de los analistas de datos geofísicos en el uso de dicho sistema.

### ***Geol. María Torres Vega***

#### **Broadcast Server, Respaldo de Datos y ShakeMaps**

El sistema **BroadCast Server** (BC-Server) es un programa desarrollado en la RSPR. Este sistema es utilizado para enviar toda la mensajería de eventos locales o tsunamigénicos a las agencias de emergencia, prensa y a los individuos, mediante la utilización de los servicios de emails, RSS, mensaje de texto, web page, y las redes sociales. La RSPR cuenta con un **sistema de almacenamiento** para guardar los datos de los sistemas

automáticos de adquisición, que a su vez son los encargados de detección rápida de los eventos. El EarlyBird es un sistema de detección rápida, localización automática y revisada de eventos sísmicos. En adición, los datos de las estaciones sísmicas remotos son guardados en sus formatos nativos para salvaguardar la integridad de los mismo. Todos los datos se almacenan en sistemas robustos en la RSPR. Los datos de la RSPR se encuentran disponibles para todos aquellos investigadores que lo soliciten. También sirven para estudios que se realicen en la RSPR. Los **Shakemaps** o mapas de movimiento fuerte, son una representación gráfica del movimiento de la tierra producido cuando ocurre un evento sísmico. Estos mapas ayudan a estimar la intensidad de un evento sísmico, utilizando datos geológicos y velocidad de onda S, entre otros. La RSPR tiene instalada actualmente la versión de Shakemaps 4.0, que fue creada por un grupo de investigadores del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). La versión Shakemap 4.0 que fue instalada en la RSPR está corriendo actualmente de forma empírica. Para la generación de estos mapas se utiliza la latitud, longitud y profundidad del evento. Esto nos ayuda a estimar la intensidad que las personas sienten el evento y daños que pudieran ocurrir.

## **Geol. Viridis Miranda Berrocales**

### **EMWIN, NOAA Weather Wire, RSS y Sistemas de Comunicaciones**

El **Sistema EMWIN** (Emergency Managers Weather Information Network) permite la llegada de mensajería cuyo contenido puede ser de tipo meteorológico o relacionado a boletines de tsunamis. Estos mensajes de tsunamis indican un nivel de alerta vigente para Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Esta mensajería se divide en: boletín informativo, vigilancia de tsunamis, advertencia tsunami o aviso de tsunamis. Los mensajes son utilizados por los manejadores de emergencia para la toma de decisiones, como por ejemplo activar sirenas costeras o los planes de desalojo en caso de tsunamis. Este sistema recibe información de agencias autorizadas por la National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA), bajo el National Weather Service (NWS) y los centros de tsunamis, Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) y National Tsunami Warning Center (NTWC). El **NOAA Weather Wire** es un producto de NOAA Weather Wire Service el cual disemina información oficial del National Weather Service (NWS). La información que disemina son las alertas y avisos de productos tsunamigénicos y de meteorología. También puede activar el EAS (Emergency Alert System). El sistema **RSS (Really Simply Syndication)** de la RSPR es se prueba todos los segundos martes de cada mes. Este opera con el software "RSSOwl" y les permite a los usuarios (manejadores de emergencia) recibir mensajes de emergencia en tiempo real. Este sistema permite a cada zona de NMEAD y OMME recibir mensajería relacionada a simulacros de Terremotos y Tsunamis (como el ShakeOut y Caribe Wave, respectivamente), eventos significativos, sismos sentidos y protocolos de tsunamis. Esta herramienta, instalada en las computadoras con sistema EMWIN, es sumamente importante para los manejadores de emergencia dado que es una fuente complementaria para transmitir información oficial de la RSPR, en adición al Weather Message Client. Semanalmente se realizan pruebas de todos los sistemas de comunicaciones de la RSPR

esto con el fin de asegurar la redundancia a la hora de emitir mensajes de terremotos y tsunamis para la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes.

### ***Fis. José M. Rivera Torres***

#### **PRDANIS, Early Bird y Herramientas de Análisis**

Los sistemas de detección automática (Early Bird) y localización (PRDANIS) de la RSPR requieren de revisión continua para asegurarse que contienen la información más actualizada de las estaciones sísmicas en nuestra región. Debido a la instalación de nuevos instrumentos para el monitoreo de la Secuencia Sísmica del Sur-Suroeste de Puerto Rico se realizaron actualizaciones en la configuración y verificación de los parámetros de las estaciones que se utilizan en el sistema de procesamiento de sismos locales PRDANIS y Early Bird.

### ***Geol. Josean Barbosa Toro***

#### **Mapas de Desalojo Tsunami Ready**

Como parte de este proyecto operacional, se trabaja en la actualización de los Mapas de Desalojo e Inundación por Tsunami utilizando la herramienta de GIS. Estas actualizaciones siguen las guías de la NOAA/NWS y se realizan según sea necesario para todos los municipios costeros o reconocidos como TsunamiReady en Puerto Rico. Los mapas de inundación y desalojo están diseñados para ayudar a las comunidades que se encuentran en áreas costeras a identificar y reducir su vulnerabilidad ante el efecto de inundaciones causadas por tsunamis.

### ***Geol. Margarita Solares Colón***

#### **Jiggle y Proyecto GPS**

**Jiggle** es un software que se utiliza para analizar datos de formas de onda (sismogramas) de terremotos y calcular parámetros precisos de terremotos (localización de eventos sísmicos). Es parte del paquete de software de post procesamiento del Sistema de Monitoreo de Sismos (AQMS) del Sistema Sísmico Nacional Avanzado (ANSS, por sus siglas en inglés). Los analistas de la Red Sísmica de Puerto Rico (PRSN), como los analistas de otras redes sísmicas regionales de EEUU, utilizarán Jiggle para procesar formas de onda de eventos y producir un catálogo de terremotos de alta calidad. Estos catálogos son esenciales para monitorear los peligros sísmicos en la región de interés y para los esfuerzos de investigación en la ciencia de los terremotos. En este proyecto se prepara y desarrolla la documentación necesaria para los usuarios de Jiggle de la RSPR. El **Proyecto de GPS**, por otro lado, tiene como objetivo integrar el monitoreo en tiempo real

de las estaciones de GPS (Global Position System) de la RSPR a las operaciones de la RSPR.

### **Geol. Yanira Santiago Pérez**

#### **Organización de documentos de respuesta y análisis de tiempo de respuestas**

Este proyecto comprende la organización y revisión de los Informes de Respuestas Sismos Significativos, Sentidos y Protocolo de Tsunamis (Hojas de Broadcast y Protocolos de eventos de la región) de la RSPR que se generan cuando los analistas de datos geofísicos responden a un terremoto, tsunami o potencial tsunami según los criterios de activación establecidos en la RSPR. Con especial énfasis en la organización de los documentos relacionados a la Secuencia Sísmica del Sur-Suroeste de Puerto Rico de 2020. Se espera además completar la digitalización de Hojas de Respuestas Sismos Significativos, Sentidos y Protocolo de Tsunamis, así como la creación de hojas de respuesta digitales y su base de datos asociadas. Además, se vislumbra crear un sistema de análisis de los Tiempo de Respuestas durante cada activación para así mejorar la respuesta de los analistas durante los terremotos y tsunamis e identificar mejoras potenciales a los sistemas de análisis y diseminación de información de la RSPR.

### **Geol. Gisela Báez Sánchez y Geol. Benjamín Colón Rodríguez**

#### **Entrenamiento de Analistas de Datos Geofísicos y Módulos de entrenamiento de analistas nuevos**

La RSPR cuenta con módulos para el entrenamiento de analistas de datos geofísicos. Estas herramientas y recursos proveen a los analistas de nuevo reclutamiento (empleados y estudiantes) las capacidades, destrezas y competencias necesarias para obtener el conocimiento científico y poder tomar decisiones importantes en el área de trabajo durante un turno operacional. Dichos módulos se han utilizado durante 2020 para el entrenamiento de nuevos analistas de datos. El entrenamiento está diseñado como módulos educativos con dos objetivos principales: [1] obtener una medida cuantitativa de los conocimientos y/o habilidades que poseen en geología, procedimientos y protocolos de la División de Análisis y Procesamientos de Datos Geofísicos; [2] y 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. De esta forma se obtiene una evidencia sustancial para determinar si el analista está capacitado o no para cumplir con los requisitos y expectativas de respuesta operacional durante un turno. También se contempla dentro del segundo objetivo el ámbito teórico-práctico para que el analista tenga la capacidad de gestionar conocimientos aprendidos de diferentes envergaduras, desenvolverse adecuadamente y tomar decisiones importantes, utilizando la herramienta *Broadcast Dummy*. El entrenamiento teórico-práctico es de suma importancia, ya que el tiempo es un factor fundamental en la respuesta a una emergencia de terremotos y tsunamis debido a la naturaleza de nuestro trabajo.

## ***Geol. Gisela Báez Sánchez y Geol. Benjamín Colón Rodríguez***

### **Protección de Documentos y Colección de Sismogramas Históricos**

En este proyecto tomamos capacitaciones en temas relacionados a la conservación y protección de material histórico, para eventualmente comenzar a trabajar con nuestras colecciones que son de incalculable valor histórico-científico para la Región. En la colección de la RSPR podemos encontrar sismogramas análogos, sismogramas en cintas Kodak y en cintas magnéticas, líneas sísmicas, libros y documentos relacionados a temas de geología, sismología y geofísica de la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes y el Caribe. Esto se suma a los esfuerzos de conservación de sismogramas análogos (Proyecto Escáner), liderados por el Dr. Víctor Huérfano.

### ***E. Impactar a Nuestra Sociedad Puertorriqueña***

#### ***Glorymar Gómez Pérez y Jesenia Figueroa Nieves***

El 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 la National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA, por sus siglas en inglés) a través del Programa Nacional de Amenaza y Mitigación de Tsunamis (NTHMP, por sus siglas en inglés).

La madrugada del 7 de enero del 2020, un potente terremoto de M 6.4 golpeó la Isla, causando grandes daños a las estructuras y cambiando drásticamente el estilo de vida de los puertorriqueños. Cabe destacar que muchas de nuestras actividades educativas se llevan a cabo en las escuelas y dado el evento sísmico generado a principios de año, sumado a la pandemia del COVID-19, las escuelas no volvieron a reunirse regularmente en modo presencial. Además, muchas agencias, centros, comunidades, agencias y otros, se vieron afectados de tal forma, que el Programa de Educación tuvo que reinventarse para cumplir nuestros objetivos con la comunidad y auscultar nuevas formas de alcance como son las redes sociales y las plataformas electrónicas.

Durante el año 2020, el Programa Educativo de la RSPR ofreció un total de **172 actividades educativas** alrededor de la Isla. Dado el evento sísmico, desde enero hasta mediados de marzo, la gran mayoría del impacto se concentró en detallar la realidad sísmica de Puerto Rico, así como la vulnerabilidad a tsunamis y otros efectos secundarios asociados con los terremotos. Nos enfocamos ampliamente en educar a la comunidad y promover las medidas y los planes de seguridad en caso de emergencias. El Programa Educativo impactó desde enero a mediados de marzo un total de **16,518** personas en comunidades, agencias públicas (estatales y federales), agencias privadas, oficinas de manejo de emergencias, hospitales y residenciales, entre otros. El resto del año 2020 se impactaron unas 2,281 personas en su gran mayoría mediante plataformas tales como ZOOM, Google Meet, Teams y WEBEX. Se ofrecieron **72 entrevistas** a través de diferentes medios

masivos de difusión pública. Continuamos con nuestra pauta radial semanal en Radio Casa Pueblo de Adjuntas (todos los viernes). La RSPR continuó con el contrato subsidiado por la NOAA 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.

Algunas actividades de gran impacto son las siguientes: Taller del Congreso Educativo de la Asociación de Escuelas Privadas de PR, taller al Tribunal de Mayagüez, taller a la Comunidad Villa del Carmen en Ponce, Charla al Fideicomiso para la Naturaleza, y Charla a la Editorial Panamericana. Finalmente, se llevó a cabo el duodécimo ejercicio de terremotos, El Gran Puerto Rico ShakeOut, con la participación de sobre 258,281 personas. Este ejercicio se promovió ampliamente en las redes sociales, plataformas, entrevistas, emisoras de radio, entre otros. Dada la pandemia y el distanciamiento físico, se promovió la participación en el hogar, practicando el método de protección sugerido por expertos en manejo de emergencias, “Agáchate, Cúbrete y Sujétate”. Igualmente, se recomendó a los ciudadanos a que revisaran sus planes de emergencia, a repasar el mapa de desalojo por tsunamis, a reforzar su hogar y asegurar aquellos objetos pesados y peligrosos que pudieran caer, a remover objetos en entradas y pasillos, entre otras medidas.

### **Roy Ruiz Vélez**

El programa TsunamiReady® es un componente del “National Tsunami Hazard Mitigation Program” (NTHMP). El mismo, es un esfuerzo colaborativo del Servicio Nacional de Meteorología (NOAA), coordinado para documentar la amenaza real de tsunamis en 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. En Puerto Rico, la Red Sísmica administra los fondos del programa TsunamiReady en estrecha coordinación con el Negociado para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD). El año 2020 fue uno de grandes retos para Puerto Rico, en especial para la Red Sísmica de Puerto Rico. No obstante, nuestra oficina y el programa de tsunamis pudo continuar con la misión educativa y de preparación.

Para el 2020, ocho (8) municipios lograron renovar su reconocimiento como parte del programa TsunamiReady del Servicio Nacional de Meteorología (SNM). Aún a pesar de los terremotos al sur de la Isla y luego la pandemia, logramos mostrar resultados positivos y dar continuidad al programa en Puerto Rico. Otros estados de la nación les fue muy difícil continuar el programa por lo que una vez más Puerto Rico demuestra su resiliencia, compromiso y capacidad creativa para sobreponerse ante los tiempos difíciles.

En Puerto Rico, 44 municipios costeros y 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. Los municipios dentro del programa cuentan con puntos focales de aviso 24/7 y sistemas para recibir y diseminar las alertas de tsunami. La RSPR apoya a los municipios a mantener su reconocimiento; (1) proveyendo talleres y materiales educativos a los manejadores de emergencia; (2)

reforzando los puntos focales de aviso con sistemas para recibir las alertas de tsunami; (3) proveyendo apoyo técnico en el desarrollo y revisión de los planes de respuesta a tsunami; (4) desarrollando material educativo y manuales. Durante el 2020 varios municipios recibieron apoyo para su renovación TsunamiReady dado que dicho reconocimiento era otorgado por el SNM por espacio de tres años, ahora sube a cuatro años. A estos municipios se les entregaron mapas de desalojo y letreros (para reponer los perdidos o dañados), sistemas de computadora y equipos para reforzar sus puntos focales.

El año 2020 inició con la secuencia sísmica del sur y un terremoto de 6.4M el 6 de enero de 2020. Durante esta emergencia, el programa de tsunami brindó apoyo a todos los municipios del sur por medio de conferencias, charlas, talleres, ayuda con los medios, apoyo con información científica, reuniones con los alcaldes, entre otros. Fueron momentos muy tensos los que vivimos al enfrentar una emergencia sísmica como esta que no tiene precedente. Además de los terremotos, desafortunadamente, nos tocó atravesar una crisis de pandemia mundial y un “lock down” para la cual no estábamos preparados. Pero con esfuerzo, el equipo de trabajo pudo salir adelante y continuar la misión del programa.

Una de las grandes aportaciones fue el desarrollo de una guía de desalojo en tiempos de pandemia, la cuál recoge las aportaciones de diversas agencias, incluyendo la Red Sísmica de Puerto Rico y su programa de tsunamis. En la misma se detallan las acciones a seguir en caso de un desalojo masivo por un aviso de tsunami durante tiempos de pandemia, recomendaciones a las oficinas de manejo de emergencia sobre cómo operar los lugares de asamblea y qué hacer en caso de un contagio en su oficina que forzara el cierre temporero.

Este año 2020, se incorporaron dos nuevas entidades bajo el programa TsunamiReady Supporters. Este programa busca reconocer a entidades privadas, agencias de gobierno y oficinas, que se preparan con planes de respuesta ante tsunamis, sistemas para recibir y disseminar las alertas, practican su ruta de desalojo y adiestran su personal sobre cómo responder ante un tsunami a fin de minimizar la pérdida de vidas. Estas entidades están mejor preparadas para que de manera independiente, puedan responder a la emergencia. Este reconocimiento lo otorga el SNM por un periodo de 5 años. Este año fueron reconocidos el centro Head Start Mameyal I y II de Dorado y la Oficina Regional para el Manejo de Emergencias y Administración de Desastres (NMEAD) de Aguadilla. Actualmente, Puerto Rico cuenta con un total de 12 entidades TsunamiReady Supporters. Siendo uno de los territorios con mayor cantidad de TsunamiReady Supporters a nivel nacional en el programa NTHMP. El programa de tsunamis continúa trabajando para incorporar nuevas entidades que han optado por unirse a nuestro programa durante el próximo año.

Como parte del trabajo educativo del programa TsunamiReady, se ofrecieron varios talleres virtuales durante el año con el fin de impactar diversos sectores de la comunidad (incluyendo manejadores de emergencia y líderes comunitarios). En el mes de agosto, se ofreció un taller para líderes comunitarios. El mismo se ofreció en modalidad virtual y contó con la participación de 25 líderes comunitarios y voluntarios de emergencia de la zona

oeste. Durante el taller los participantes aprendieron sobre los tsunamis, los mapas de desalojo, la herramienta del “tsunami map tool”, entre otra información relevante para la preparación de las comunidades. Fue una experiencia muy enriquecedora para todas las partes. Durante el próximo año se espera finalizar un portal educativo en línea que permitirá adiestrar a otros líderes comunitarios en el futuro.

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 (conocido como Pedestrian Evacuation Analysis en inglés) desarrollada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos. Este proyecto comenzó en el 2015 desarrollando el primer modelo de desalojo a pie utilizando los sistemas de información geográfica (SIG). Se inició con la zona de desalojo de Mayagüez como proyecto piloto. Ahora contamos con 14 municipios, y como parte de los trabajos realizados este año, se trabajó con los municipios de Camuy y Guánica. Estos mapas se pueden acceder en el “tsunami map tool”, que es un mapa interactivo a través de internet en la siguiente dirección: <http://maptool.uprm.edu>.

Durante el año, diferentes municipios lograron reponer letreros de tsunami que habían sido dañados, además de re establecer sus sistemas de sirenas fijas. Además, investigadores de la Red Sísmica, junto a miembros del comité de tsunamis de Puerto Rico publicaron varios artículos en la revista digital de tsunami TsuInfo Alerts. Entre ellos destaca un artículo sobre la secuencia sísmica del sur de Puerto Rico el cuál podrá leer en el siguiente enlace: [https://www.dnr.wa.gov/publications/ger\\_tsuinfo\\_2020\\_v22\\_no1.pdf](https://www.dnr.wa.gov/publications/ger_tsuinfo_2020_v22_no1.pdf), páginas 5-8. Otro artículo destacado es sobre las guías de desalojo en tiempos de pandemia con la compañera Wildaomaris González del NMEAD y el Sr. Roy Ruiz Vélez de la RSPR el cual podrá acceder desde este enlace: [https://www.dnr.wa.gov/publications/ger\\_tsuinfo\\_2020\\_v22\\_no3.pdf](https://www.dnr.wa.gov/publications/ger_tsuinfo_2020_v22_no3.pdf), páginas 5-6. Otro artículo publicado por el equipo de trabajo fue sobre el proceso de renovaciones virtuales de los reconocimientos a los municipios TsunamiRedy durante la pandemia el cual podrá leer entrando al enlace: [https://www.dnr.wa.gov/publications/ger\\_tsuinfo\\_2020\\_v22\\_no4.pdf](https://www.dnr.wa.gov/publications/ger_tsuinfo_2020_v22_no4.pdf), página 5. Y, finalmente, otro artículo publicado trata sobre el ejercicio virtual de terremotos COVID QUAKE 2020 desarrollado por NMEAD en el que la Red Sísmica y el programa de tsunamis pudo aportar a través de la herramienta del “tsunami map tool” y brindando apoyo logístico en la emisión de mensajería de terremotos. Este último artículo lo puede acceder entrando al siguiente enlace: [https://www.dnr.wa.gov/publications/ger\\_tsuinfo\\_2020\\_v22\\_no4.pdf](https://www.dnr.wa.gov/publications/ger_tsuinfo_2020_v22_no4.pdf), página 7.

Durante el 2020, el programa de tsunami ha utilizado la creatividad a fin de continuar la misión educativa y de preparación ante tsunamis. El 5 de noviembre de 2020, como parte de las actividades del World Tsunami Awareness Day, se desarrolló una transmisión en vivo a través de Facebook Live la cual contó con la participación de nuestro director, el Dr. Víctor Huérfano personal del Servicio Nacional de Meteorología, el comisionado del NMEAD y de la NOAA. Enlace: <https://www.facebook.com/364248546107/videos/2207468569397572>.

Durante el próximo año se espera continuar apoyando en las renovaciones de los municipios que vence su reconocimiento, ampliar el programa para incluir facilidades que quieran apoyar como TsunamiReady Supporters. También, se continuará trabajando con líderes comunitarios en el desarrollo de ideas creativas para llevar el mensaje de preparación. Se trabajará para mantener a Puerto Rico como modelo a seguir, dentro del programa TsunamiReady, a nivel nacional e inspirando a otros países en la región del Caribe.

#### ***F. Fortalecer el Sentido de Pertenencia y “Orgullo Colegial”***

Durante el año la RSPR contó con 17 estudiantes sub graduados y 5 estudiantes graduados que colaboraron en las distintas divisiones de nuestra oficina. También contó con estudiantes internacionales a los cuales, según la disponibilidad de fondos, se le otorgó exención de matrícula. Estos estudiantes pertenecen en su mayoría al Decanato de Artes y Ciencias, aunque también tenemos estudiantes de otros decanatos, todos contratados por medio de Requisiciones a Jornal o Ayudantías Graduadas.

En el Programa Educativo los estudiantes realizan distintas tareas, como participar de mesas informativas, repartir material informativo, participan en los ejercicios de desalojo por Tsunami en distintas comunidades, ferias educativas en las distintas escuelas y actividades dentro del Recinto, como la Semana de las Ciencias, Open House del Recinto Universitario de Mayagüez y Semana de Orientación para estudiantes de nuevo ingreso. También contamos con estudiantes de apoyo en el área de administración y en el área de cómputos.

En la División de Análisis y Procesamiento de Datos Geofísicos los estudiantes colaboran con las operaciones rutinarias del área de análisis y sus proyectos operacionales, así como en sus respectivos departamentos, en investigaciones graduadas relacionados a terremotos y tsunamis. Algunas de las investigaciones en proceso son:

#### ***Ing. Diego F. Claros Gómez***

##### ***Ground Motion Equation Prediction for Puerto Rico***

Considerando el hecho de que desde el año 2003 no se ha realizado una actualización en los factores de amenaza sísmica para Puerto Rico, este proyecto pretende considerar elementos e información actual que permitan establecer un acercamiento a la respuesta real de las edificaciones en Puerto Rico ante un sismo. Para el año 2019 se realizó la verificación de por lo menos 50 documentos relacionados con los factores y metodologías de amenaza sísmica, considerando también las herramientas disponibles a nivel mundial para este tipo de análisis, como lo son R-CRISIS, EqHaz (open source), OpenQuake (open source), entre otros. De esta evaluación se ha considerado centralizar la investigación en la generación de

un modelo de predicción de movimiento del suelo (Ground Motion Model), insumo de los análisis de amenaza sísmica. Del resultado de este modelo se pretende obtener la respuesta sísmica de un sitio considerando los factores de atenuación asociados a la propagación de las ondas.

## ***Sandra Rosero Rueda***

### ***Calibración de Magnitud Local para Eventos en la Región de Puerto Rico e Islas Vírgenes***

En esta investigación se trabaja en el desarrollo de la calibración de magnitudes locales (MI) que comprende el estudio de terremotos y, la principal finalidad que tienen las magnitudes es de cuantificar la energía sísmica. En el caso de MI se utiliza para eventos sísmicos locales en Puerto Rico e Islas Vírgenes, estos análisis de los eventos se realizan dentro de los sistemas de procesamiento de datos sísmicos de la Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR). El primer paso para calcular MI es conocer como trabajan los diferentes sismómetros dentro de una red, junto con los parámetros de calibración como son los modelos de amplitudes, que van de pico a pico en una traza de un terremoto registrado por un sismograma estándar de torsión Wood-Anderson (WA). Si la amplitud es leída por un sismómetro electromagnético, (actualmente utilizados en cualquier red) básicamente se debe hacer unas correcciones a la respuesta de esa señal (WA) que sería equivalente al uso de las conocidas ecuaciones de Eaton. Ese nuevo registro digital, se encuentra desarrollado en la plataforma llamada HYPOINVERSE, así como lo expresa la guía de usuario de este, este programa se creó para proveer la lectura de paquetes de datos generados por estaciones sísmicas para terremotos. Los paquetes proporcionan información como el tiempo de arribo de la onda sísmica, amplitudes y duración. Teniendo claro los conceptos anteriores, se pueden obtener datos de diferentes eventos por cada estación y se prosigue a calcular una Magnitud local, de ahí se toma un valor promedio por cada estación y este valor se compara con los sistemas sísmicos de la RSPR, como, por ejemplo, el Early Bird (EB). El EB estima magnitudes preliminares del cual lo que se busca es, la toma de los valores proporcionados por el sistema para realizar una comparación con los que se obtengan del valor promediado por cada estación.

**Ing. Preiser Brunat**

***Amplificación del Movimiento del Suelo en Mayagüez, Puerto Rico e Implicaciones para las Evaluaciones de riesgo sísmico***

La investigación se enfoca en tener una mejor comprensión sobre los peligros sísmicos en la ciudad de Mayagüez. Para esto, se estudiarán los movimientos del suelo usando arreglos temporales de sismómetros con el fin de visualizar fallas activas utilizando métodos sísmicos poco profundos. La Red Sísmica de Puerto Rico (RSPR) y el Programa de Movimiento Fuerte de Puerto Rico (PRSMF) colaborarán en este importante estudio con el Servicio Geológico de EEUU (USGS). En donde esperamos determinar cómo se amplifica la onda dependiendo de la composición del suelo. Para este estudio, se utilizarán 12 sismómetros que permitirán medir las amplificaciones de las ondas en depósitos sedimentarios poco profundos. O sea, se calculará la respuesta sísmica en el área de estudio para comprender cómo correlacionan los estratos poco profundos con los movimientos del suelo. En el análisis de datos se estará utilizando los programas *TauP Toolkit*, *Octave* y *SAC*. Es posible, que, en áreas con mayor amplificación, el rango en la fuerza de la vibración del suelo sea muy grande. Por lo que la amplificación del suelo en Mayagüez podría provocar que los daños moderados aumenten a mayores.