

### 3. Evaluación de fuentes tsunamigénicas en el sur de Centroamérica y la generación de mapas de evacuación en la costa Pacífica de Costa Rica

Natalia Zamora-Sauma<sup>1</sup> y Silvia Chacón-Barantes<sup>2</sup>, <sup>1</sup>Centro Alemán de Investigación en Geociencias GFZ, [nzamorasaua@yahoo.com.br](mailto:nzamorasaua@yahoo.com.br), <sup>2</sup>Universidad Nacional, Costa Rica \*Doctorado en Christian Albrecht's Universidad de Kiel

Costa Rica se encuentra en el extremo oeste de la placa Caribe, en el sur de América Central. En esta región se da la interacción de cuatro placas tectónicas. La placa Cocos se subduce bajo la placa Caribe y la microplaca de Panamá, e interacciona con la placa Nazca en la zona de falla conocida como la Fractura de Panamá. Esta es una región altamente sísmica. Existe gran debate sobre la capacidad de generación de grandes terremotos en esta zona y el potencial tsunamigénico de este margen de convergencia, tanto para la costa Pacífica de Centroamérica como para la costa Caribe de Costa Rica y Panamá. En un reciente estudio, asumiendo varias fuentes sísmicas, se ha comprobado que aun cuando no se produzcan rupturas gigantes como ha ocurrido en Chile, Sumatra, o Japón, existe potencial de generación de tsunamis que podrían afectar diferentes regiones de Centroamérica (Zamora & Babeyko 2015).

En dicho estudio han sido simulados cientos de escenarios de sismos moderados, esto es rupturas con magnitudes momento en el rango  $M_w=7.0-7.9$ . Los autores concluyen que el mayor potencial tsunamigénico se da por la baja rigidez que existe en la parte somera de la zona sismogénica de la interplaca. Esta es una de las hipótesis que explica la generación de los 'tsunami earthquakes' (Kanamori 1972), que se caracterizan por grandes tsunamis cuyas alturas exceden las esperadas para sismos de moderada magnitud. El sismo de Nicaragua de 1992 ( $M_w=7.6$ ) ha sido caracterizado como un típico ejemplo de este tipo de tsunamis anómalos.

La siguiente figura muestra la frecuencia de tsunami (runup) en el mundo y la ocurrencia a lo largo de América Central (Fig. 1).

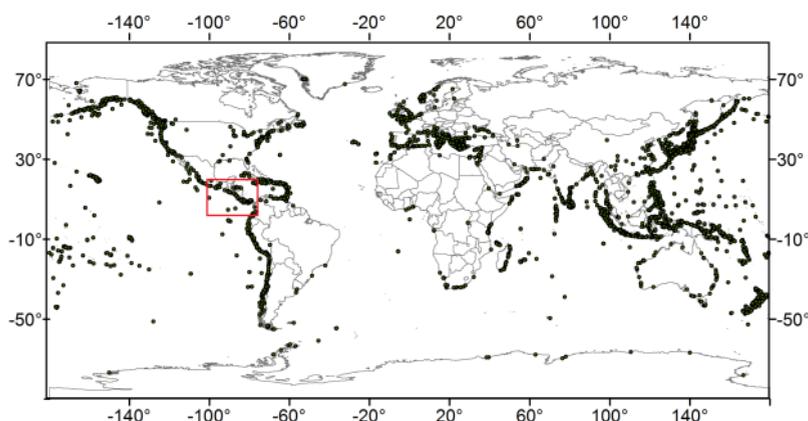


Figura 1. Dato de tsunami (runup) que han sido registrados en el mundo. Fuente: National Geophysical Data Center (NGDC/WDS 2015). En el recuadro rojo se muestra la zona de estudio.

## **Evaluación de fuentes tsunamigénicas en el sur de Centroamérica y la generación de mapas de evacuación en la costa Pacífica de Costa Rica**

En Costa Rica se registran oficialmente únicamente dos muertes por tsunami, sin embargo esto no quiere decir que el riesgo de tsunami sea despreciable, ya que se cuenta con varios registros importantes (Fernández et al 2000; Fernández Arce and Alvarado-Delgado 2005). Por ejemplo el 20 de enero de 1905 alrededor de las 8pm se reportó el arribo de un tsunami a la Isla del Coco, el cual inclusive arrancó algunas palmeras (Molina 1997). Se tiene muy poca información al respecto pero se cree que fue causado por un sismo ocurrido en la costa del Pacífico Norte de Costa Rica a las 6:23pm del mismo día. Más recientemente, los tsunamis de Japón de 2011 y de Chile de 2010 también han causado variaciones importantes del nivel del mar en la Isla, específicamente en Bahía Wafer, las cuales se han mantenido por alrededor de 24 horas, sugiriendo un posible efecto de resonancia de tsunamis en dicha Bahía.

Los terremotos recientes de Japón y Chile también perturbaron considerablemente el nivel del mar en otras localidades del Pacífico Norte de Costa Rica. El terremoto de Chile de 1960 fue el más grande medido en la historia y aunque los únicos reportes existentes en Costa Rica indican un máximo de 30cm registrado en el mareógrafo de Puntarenas y de 20cm en el mareógrafo de Quepos (NGDC/WDS 2015), es importante incluirlo. El tsunami de Colombia de 1906 causó perturbaciones importantes en el nivel del mar en Bahía Potrero (Molina 1997) y posiblemente en otros lugares de los que no se tiene registro por diversas razones como por ejemplo la escasa población costera de la época y la dificultad de relacionar anomalías locales de nivel del mar con un sismo ocurrido a casi 1000km de distancia. Finalmente, el terremoto de Nicoya (Pacífico Norte de Costa Rica) de 1950 causó un tsunami de entre 2 y 4m en la costa oeste de la Península del mismo nombre, y el terremoto de 1854 de Osa (Pacífico Sur de Costa Rica) se cree que causó un tsunami que destruyó un pueblo en el Golfo Dulce. Por lo tanto los posibles futuros terremotos en estos segmentos de nuestra zona de subducción se escogieron también para el estudio.

Existe por lo tanto una necesidad de generar planes de evacuación que puedan mitigar el riesgo en caso de tsunamis. Para esto es necesario generar simulaciones numéricas de la propagación e inundación de tsunamis cuyos resultados se implementen en la generación de mapas de evacuación. Considerando esta información sobre fuentes locales (Zamora & Babeyko 2015) y la necesidad de considerar fuentes regionales (300-1000 km) y distantes (>1000km), un proyecto que se lleva a cabo en la Universidad Nacional de Costa Rica tiene como objetivo realizar mapas de evacuación por tsunami para las localidades más vulnerables a lo largo de la parte norte y central de la costa Pacífica del país (desde la frontera NW con Nicaragua, hasta Ventanas de Osa) y para la ciudad de Puntarenas. Este proyecto representa una primera fase de un plan nacional, en el que sucesivamente se pretende completar el trabajo en los otros sectores costeros del país (Pacífico sur y Caribe). En el proceso de generar los mapas de evacuación se generará información útil para la CNE para tomar otras medidas preventivas en el futuro, como su incorporación en planes reguladores, por ejemplo.

Se han considerado 30 fuentes lejanas y 6 fuentes locales como primera parte de este estudio, donde se indica que en Costa Rica podrían darse alturas de olas entre 3 y 12m generados por sismos regionales y lejanos con magnitudes entre  $M_w = 8.8-9.3$  (Chacón-Barrantes & Arozarena, en preparación). Las fuentes locales podrían generar alturas de ola máximas entre 2 – 9 m a lo largo de Costa Rica según el tamaño y la profundidad de la fuente sísmica (Zamora & Babeyko 2015).

**Evaluación de fuentes tsunamigénicas en el sur de Centroamérica y la generación de mapas de evacuación en la costa Pacífica de Costa Rica**

Los mapas de evacuación por tsunami tienen como objetivo primordial el proveer a la población con la información necesaria en caso de una evacuación por tsunami en la que no se cuente con el tiempo suficiente para recibir indicaciones detalladas de parte de las autoridades. En los mapas de evacuación se indica cuál es la zona que debe ser evacuada, las rutas para hacerlo y los lugares hacia los que la población se debe dirigir, así como información general sobre tsunamis. En el proceso de elaboración de los mapas de evacuación se genera información importante para los gestores de riesgo y las instituciones de respuesta, como por ejemplo las comunidades más vulnerables, el tiempo que tarda una persona promedio en ir desde cierto lugar hacia un refugio o lugar seguro, ubicación de instituciones educativas, asilos de ancianos, guarderías y otros lugares a los que debe darse prioridad en caso de una evacuación. Alguna de esta información puede ser usada con fines preventivos a largo plazo, como su incorporación en planes reguladores del uso del terreno y a la hora de construir nuevas obras de infraestructura de salud y educación.

La figura 2 muestra una de las simulaciones numéricas y la zona costera de Sámara donde se realizan los primeros mapas de evacuación por tsunamis.

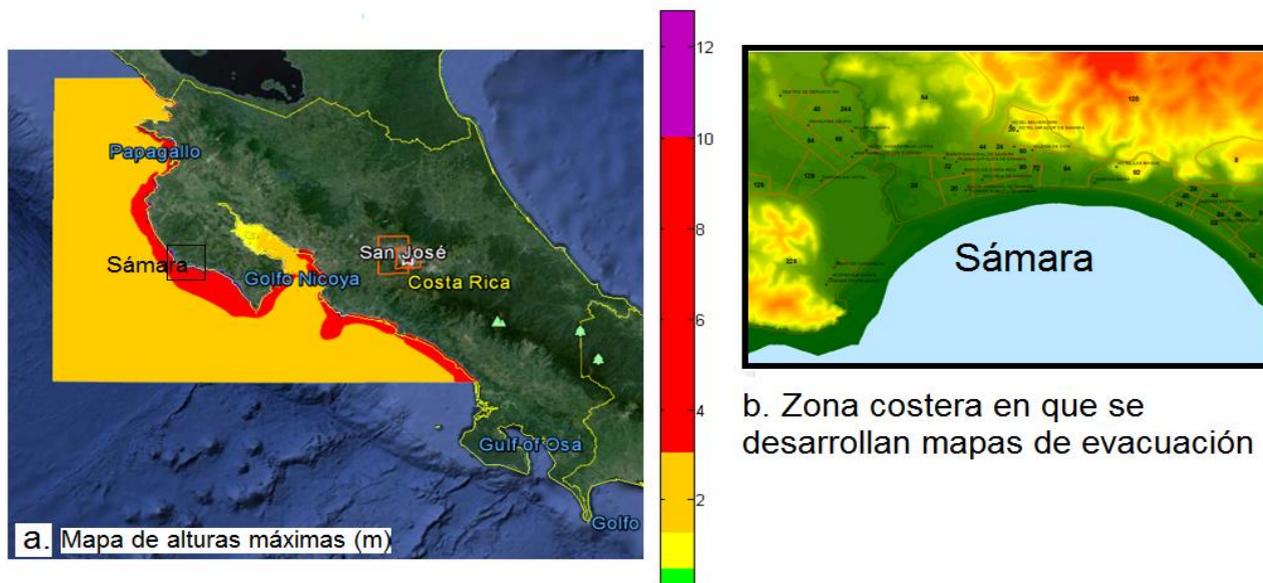


Figura 2. Elaboración de mapas de inundación. a. Simulaciones numéricas de la inundación en el norte y centro de Costa Rica. b. Información clave para generar los mapas en la zona costera de Sámara, Costa Rica.

Paralelamente a las actividades de simulación numérica, el proyecto divulgará la información recopilada y elaborada, a través de capacitaciones, productos cartográficos, memorias y guías que puedan ser distribuidos a los habitantes de la costa, tomadores de decisiones y demás empleados públicos relacionados con el tema.

**Evaluación de fuentes tsunamigénicas en el sur de Centroamérica y la generación de mapas de evacuación en la costa Pacífica de Costa Rica**

**Referencias**

Chacón-Barrantes S, Arozarena I (*en preparación*) Tsunami threat for the Pacific Coast of Costa Rica: regional and far-field sources  
Fernández Arce M, Alvarado-Delgado G (2005) Tsunamis and tsunami preparedness in Costa Rica, Central America. ISET J Earthq Technol 466:203–212.

Fernández M, Molina E, Havskov J, Atakan K (2000) Tsunamis and tsunami hazards in Central America. Nat Hazards 22:91–116.  
doi: 10.1023/A:1008102600622

Kanamori H (1972) Mechanism of tsunami earthquakes. Phys Earth Planet Inter 6:346–359. doi: 10.1016/0031-9201(72)90058-1  
Molina E (1997) Tsunami Catalogue for Central America 1539-1996. Reduction of natural disasters in Central America. University of Bergen Technical Report No. II 1-04

NGDC/WDS (2015) National Geophysical Data Center, World Data Service. Global Historical Tsunami Database. National Geophysical Data Center, NOAA. In: Access on 15.01.2015. [http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu\\_db.shtml](http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml).

Zamora N, Babeyko AY (2015) Tsunami potential from local seismic sources along the southern Middle America Trench. Nat Hazards 1–34. doi: 10.1007/s11069-015-2004-3