

Resumen de investigación para divulgación en el CONICIT

Dr. Esteban J. Chaves

**Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica
Universidad Nacional
OVSICORI-UNA**

Información general:

1. Nombre completo: Esteban Josué Chaves Sibaja
2. Formación académica: Doctorado (PhD) en Sismología y ciencias de la Tierra sólida.
3. Fecha de obtención: 17 de agosto del 2018.
4. Universidad/centro de investigación: departamento de ciencias de la Tierra y Planetarias de la Universidad de California Santa Cruz, Estados Unidos.

Página web: <https://echavess.github.io/>

Título de tesis doctoral:

“Fault zone heterogeneity and frictional strength variability during the earthquake cycle along the Nicoya peninsula megathrust, Costa Rica”

Artículos científicos

Chaves, J. E., and S. Y. Schwartz (2016). Monitoring transient changes within overpressured regions of subduction zones using ambient seismic noise, *Sci. Adv.* 2, no. 1, doi: 10.1126/sciadv.1501289.

Esteban J. Chaves, Laure Duboeuf, Susan Y Schwartz, Thorne Lay, Jonas Kintner (2017). Aftershocks of the 2012, 7.6 Nicoya, Costa Rica, *Earthquake and Mechanics of the Plate Interface. Bulletin of the Seismological Society of America.* 107. 3. pp 1227-1239. doi: 10.1785/0120160283

Chaves, J. E., Schwartz, S. Y. and Abercrombie, R. E. (2019). Repeating Earthquakes Record Fault Weakening and Healing Following a Megathrust Earthquake. to be submitted to *Science*.

Chaves, E. J., Lay, T., & Voytan, D. P. (2018). Yield estimate (230 kt) for a Mueller-Murphy model of the 3 September 2017, North Korean nuclear test ($mb_{NEIC} = 6.3$) from teleseismic broadband P waves assuming extensive near-source damage. *Geophysical Research Letters*, 45, 10,314–10,322. Doi: 10.1029/2018GL079343



Voytan, D. P., Lay, T., **Chaves, E. J.** & Ohman, J. T. (2019). Yield Estimates for the Six North Korean Nuclear Tests from Teleseismic P Wave Modeling and Intercorrelation of P and Pn Recordings. *Journal of Geophysical Research*.

Otras notas publicadas:

Esteban J. Chaves and Susan Schwartz. Magnitude 6.5, Esterillos Costa Rica Earthquake Killed through heart attacks. 2017. *Temblor*. <http://temblor.net/earthquake-insights/magnitude-6-5-quespos-costa-rica-earthquake-killed-through-heart-attacks-5551/>

Esteban J. Chaves, Cyril Müller, Marino Protti, Florobeth Vega and Ronnie Quintero. Chasing the next big earthquake in Costa Rica. 2018. *Temblor*. <http://temblor.net/earthquake-insights/does-the-17-august-m6-2-golfito-earthquake-foretell-the-next-megathrust-rupture-along-costa-ricas-osa-peninsula-7646/>

Esteban J. Chaves and Marino Protti. Repeating earthquakes discovered in Costa Rica. 2019. *Temblor*. <http://temblor.net/earthquake-insights/repeating-earthquakes-discovered-in-costa-rica-8679/>

Intereses de investigación: Resumen

Mi trabajo se enfoca en el estudio de las propiedades mecánicas de las zonas de falla donde se generan los terremotos y como la heterogeneidad rheologica, del material, o de fricción en estas regiones afecta el proceso de nucleación y evolución de un terremoto. También estoy interesado en el uso de los registros telesísmicos para el monitoreo y análisis forense de explosiones nucleares.

Monitoreo de procesos transitorios usando el ruido sísmico ambiental

La interacción del océano con la costa genera un campo de ondas aleatorio que se registra en los sismógrafos del OVSICORI-UNA, instalados en todo Costa Rica. Este campo de ondas tiene un periodo fundamental de 6 segundos. La física nos enseña que es posible reconstruir una señal coherente a partir de un campo de ondas aleatorio, esta señal se conoce como función de Green y en el contexto geológico, corresponde con la respuesta del suelo a un cambio de esfuerzos (o deformación). Las funciones de Green pueden reconstruirse antes y después de episodios transitorios como terremotos, deslizamientos, erupciones volcánicas, huracanes, etc. y pueden ser comparadas en el tiempo para medir variaciones espaciotemporales en las propiedades mecánicas de la roca por la cual las ondas sísmicas viajan (Figura 1).

Por ejemplo, comparando las funciones de Green reconstruidas antes del terremoto de Nicoya del 5 de Setiembre del 2012 con aquellas funciones generadas posterior a la ocurrencia del evento, logramos reconocer la distribución espacial de las regiones que resultaron ser estructuralmente más afectadas por el sismo. Estos cambios estructurales, generados por las altas aceleraciones en superficie durante la sacudida del temblor, están acompañados por una reducción en la velocidad de las ondas sísmicas de hasta un 0.8 % (Figura 2). Para poner este número en

perspectiva, posterior a la ocurrencia del terremoto de Tohoku-Oki ($M_w=9.1$) en Marzo del 2011, se determinó que la reducción de la velocidad de las ondas sísmicas fue de $\sim 0.2\%$. Nuestro trabajo se publicó en la prestigiosa revista Science Advances en el 2016.

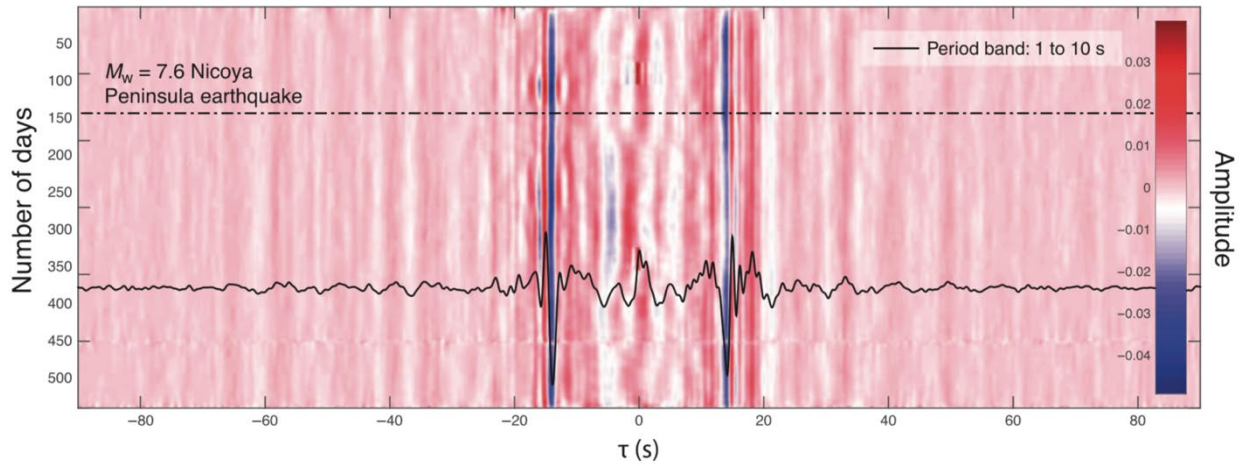


Figura 1. Reconstrucción de las funciones de Green. La línea sólida de color negro representa el promedio de las funciones de Green reconstruidas antes y después del terremoto de Nicoya, representado por la línea punteada.

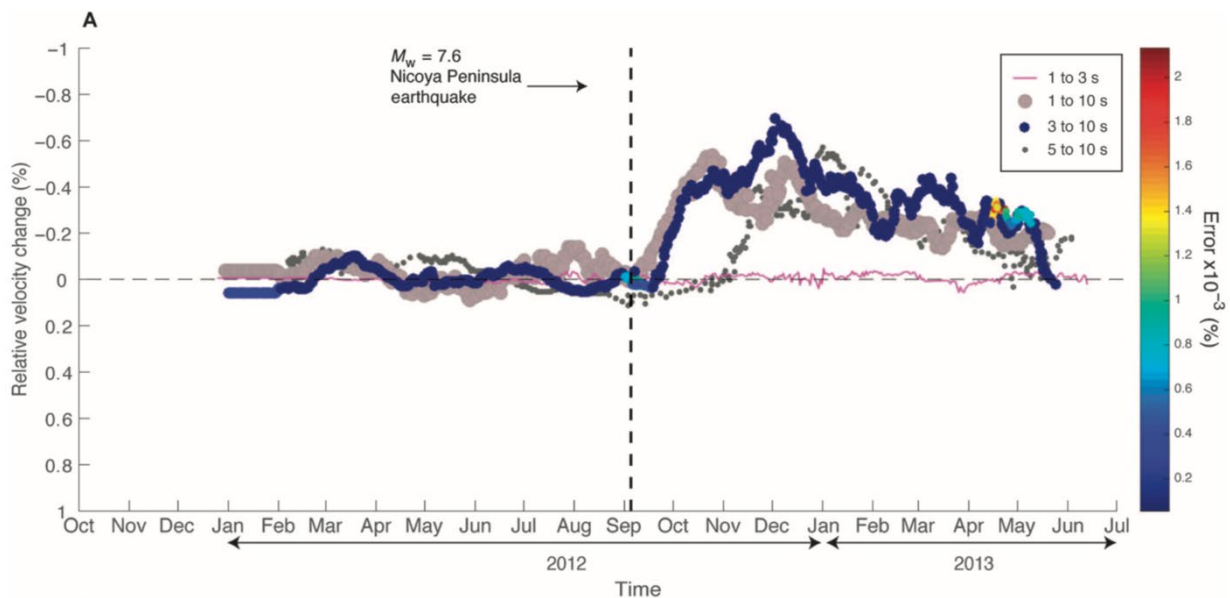


Figura 2. Cambios en la velocidad de las ondas sísmicas posterior al terremoto de Nicoya del 5 de setiembre del 2012. Nótese que la reducción es de hasta 0.8% .

Sismos repetidos

Los sismos repetidos (Figura 3) son eventos que ocurren en el mismo segmento de falla, pero en tiempos distintos, generando sismogramas casi idénticos. Dado que su periodo de recurrencia va desde horas o días hasta pocos años y su ubicación es conocida, estos eventos son ideales para poder estudiar la física de fallas y las variaciones en las propiedades mecánicas del medio durante el ciclo sísmico. Recientemente, varias fuentes de sismos repetidos han sido observadas en Costa Rica a lo largo del pacífico central, el Valle Central, la cordillera de Talamanca y Guanacaste, sugiriendo una distribución heterogénea en las propiedades de fricción a lo largo de estos sistemas de falla (Figura 4). Aunque los sismos repetidos han sido observados en la zona de subducción por debajo de la Península de Nicoya desde el 2008, esta es la primera vez que se logra documentar su ocurrencia en fallas ubicadas en el interior del país.

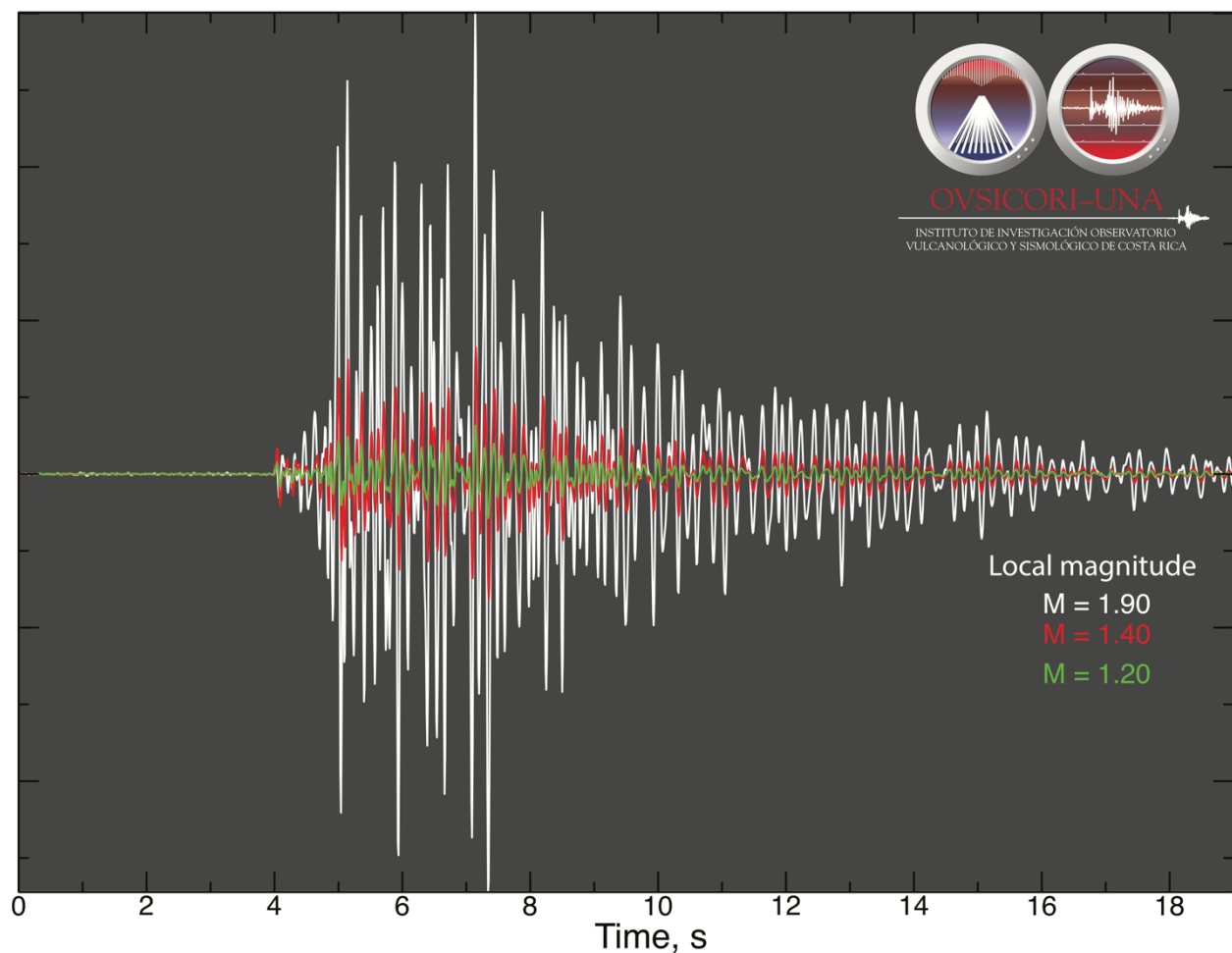


Figura 3. Ejemplo de sismos repetidos generados cientos de metros por debajo de un deslizamiento a lo largo del flanco oeste del volcán Irazú el 16 de Marzo del 2019. Nótese la similitud en las formas de onda. El color de los sismogramas representa la magnitud del evento, indicada a la derecha de la figura. Como puede verse, el sismo de mayor magnitud es el evento con la mayor amplitud en la forma de onda.

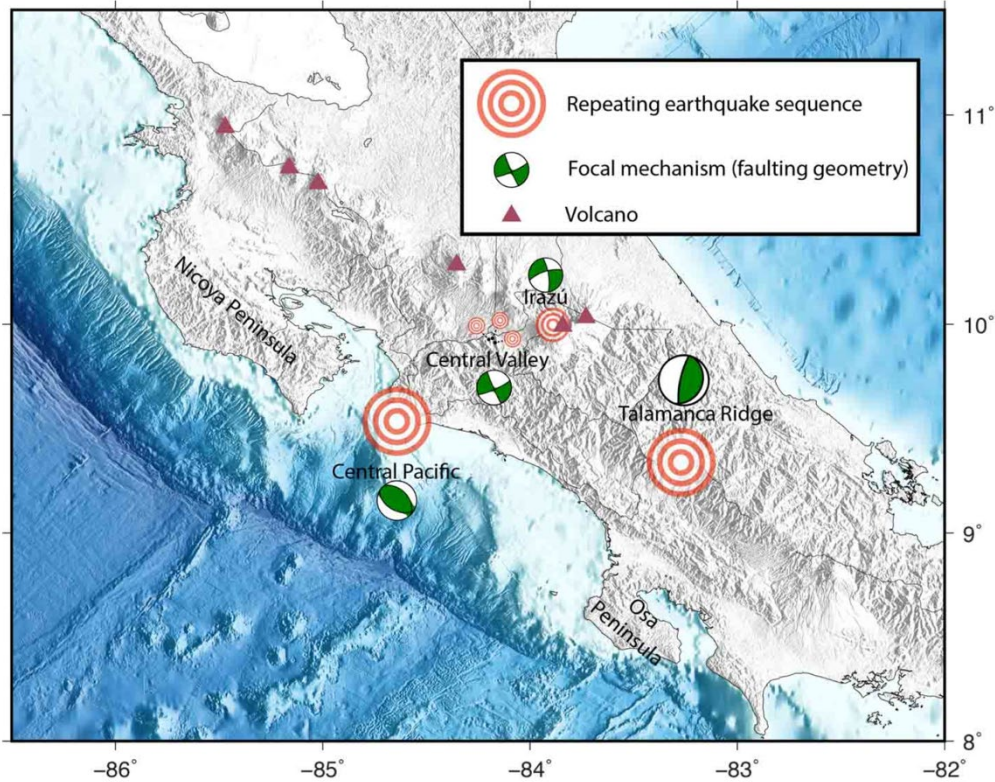


Figura 4. Ubicación espacial de las secuencias de sismos repetidos observados hasta el momento en Costa Rica. El mecanismo focal o bola de playa indica la geometría de ruptura de la falla causante de estos eventos.

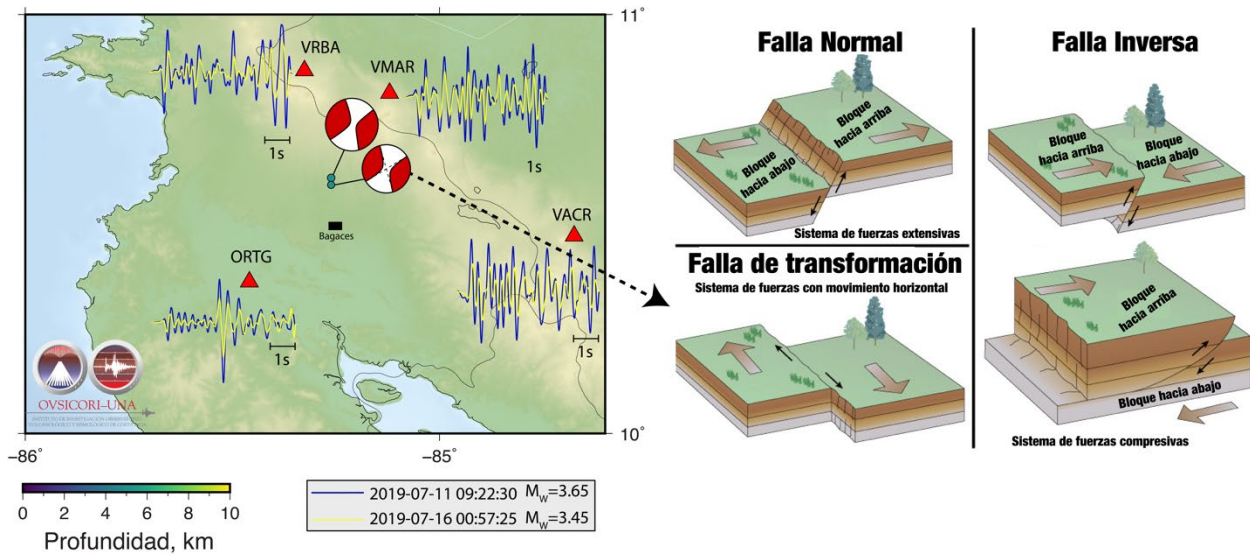


Figura 5. Sismos repetidos en Bagaces, Guanacaste, ocurridos 11 de Julio (línea de color azul) y el 16 de Julio (línea de color amarillo) del 2019. Nótese la similaridad en las formas de onda.

Sismología forense y las explosiones nucleares

El 3 de Setiembre del 2017, la república democrática de Corea del Norte llevó a cabo su sexta y más grande detonación nuclear hasta la fecha. Este evento se registró en miles de estaciones sismológicas a nivel mundial (Figura 6). Utilizando los primeros 6 segundos del registro sísmico, un modelo de explosión bien calibrado (generado durante el periodo de la guerra fría) y asumiendo un medio de propagación y emplazamiento del armamento nuclear, fuimos los primeros en determinar de manera robusta que el rendimiento de la explosión fue de 230 kt de TNT, emplazada a 750 m por debajo de la región montañosa de Mantap en Punggye. Esta información está siendo utilizada por varias instituciones a nivel internacional (entre ellas el servicio secreto de los Estados Unidos) para estudiar en detalle la capacidad de armamento nuclear de los norcoreanos.

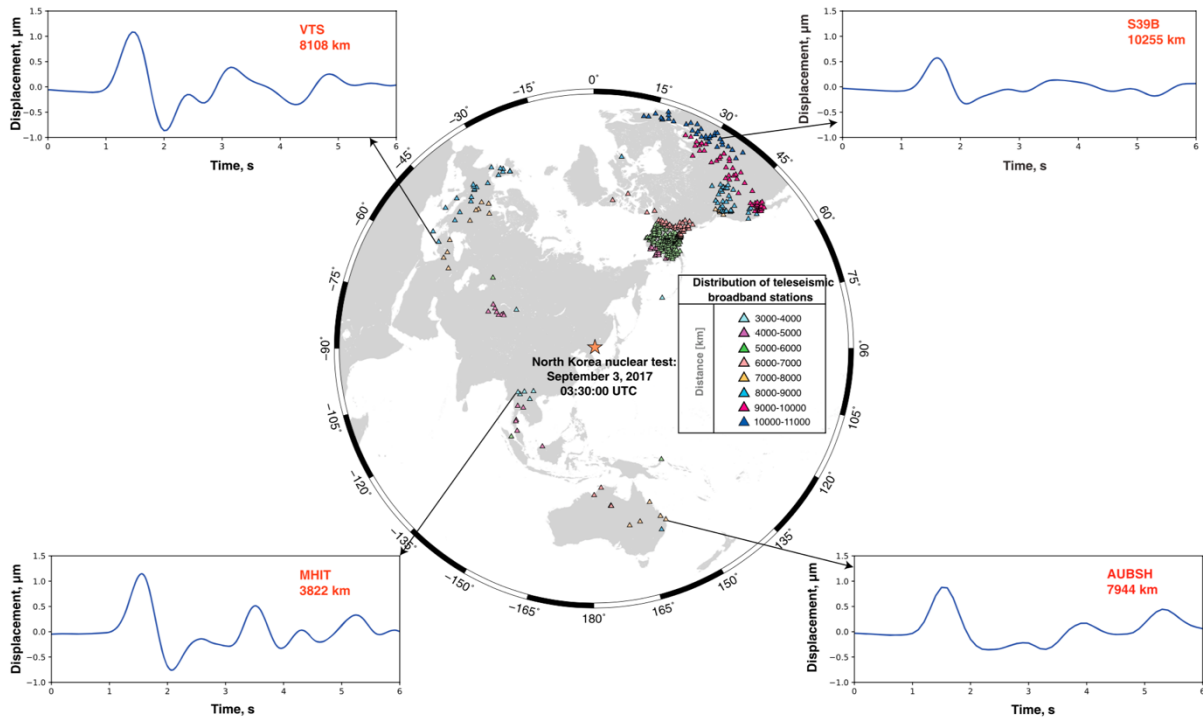


Figura 6. Distribución espacial de las estaciones sísmicas (triángulos) que registraron con muy buena resolución la explosión nuclear llevada a cabo en Corea del Norte el 3 de Setiembre del 2017. Se muestra también los primeros 6 segundos del registro sísmico desde varias distancias y azimuts.