

Nota técnica

LA SISMICIDAD DEL 2018 EN COSTA RICA

THE 2018 SEISMICITY OF COSTA RICA

Juan Luis Porras*, Lepolt Linkimer, Ivonne G. Arroyo,
Mario Arroyo, Magda Taylor & Carolina Fallas

Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE), Apdo. 214-2060,
San Pedro, Costa Rica

*Autor para contacto: juan.porrasloria@ucr.ac.cr

(Recibido: 12/12/2018; aceptado: 14/01/2019)

ABSTRACT: During 2018 the National Seismological Network (RSN: UCR-ICE) located 3233 earthquakes. From the total located events, 285 (~9%) were felt earthquakes, including four significant events with magnitudes M_w between 5.7 and 6.2. The majority (91%) of the felt earthquakes were shallow (< 30 km) and 64 % had low magnitudes ($M_w < 3.9$). Local and regional faulting caused 64 % of the felt earthquakes, 34 % were associated to the subduction of the Cocos Plate and only three events due to the Panama Fracture Zone. The geographic areas with the highest seismicity were located near the Tenorio volcano, between Cartago and Tarrazu, and the Dulce Gulf. The highest observed Modified Mercalli intensity was VI, caused by the Golfito (6.2 M_w) earthquake on August 17 and by an earthquake on November 9 (5.9 M_w), associated with the same seismic activity.

Key words: Seismic activity, Modified Mercalli Intensity (MMI), Moment Magnitude (M_w), Subduction.

RESUMEN: Durante el 2018 la Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE) localizó 3233 sismos. De estos 285 eventos (~9%) fueron sentidos por la población, incluyendo cuatro sismos relevantes con magnitudes (M_w) entre 5,7 y 6,2. La mayoría (91%) de los sismos percibidos fueron superficiales (< 30 km) y el 64 % tuvo una magnitud baja ($M_w < 3,9$). El fallamiento local y el regional provocaron el 64 % de los sismos sentidos, 34% fueron originados por el proceso de subducción de la placa del Coco y solo tres sismos sentidos se asociaron con la Zona de Fractura de Panamá. Las zonas con la tasa de sismicidad más alta se encuentran localizadas en el volcán Tenorio, entre Cartago y Tarrazú y en el Golfo Dulce. La intensidad Mercalli Modificada máxima observada durante el 2018 fue de VI debido al sismo de Golfito del 17 de agosto (M_w 6,2) y a otro sismo de la misma secuencia ocurrido el 9 de noviembre (M_w 5,9)

Palabras clave: sismicidad, escala de intensidad Mercalli Modificada (IMM), magnitud momento (M_w), subducción.

INTRODUCCIÓN

Costa Rica se ubica en el margen occidental de la placa Caribe y la microplaca de Panamá, donde la subducción de la placa del Coco tiene lugar a lo largo de la fosa Mesoamericana con tasas de convergencia que varían de 83 mm/año en el noroeste del país a 89 mm/año en el sureste (DeMets et al., 1994). Frente a las costas del sureste, se encuentra el punto triple donde la fosa termina contra la Zona de Fractura de Panamá (ZFP), que sirve de límite entre las placas del Coco

y Nazca. Además, el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR, Montero, 2001; Marshall, Fisher & Gardner, 2000) en conjunto con el Cinturón Deformado del Norte de Panamá (CDNP, Adamek, Frohlich & Pennington, 1988) conforman el límite entre la placa Caribe y la microplaca de Panamá (Fig. 1). La subducción, la deformación cortical, la ZFP y la actividad magmática en el arco volcánico constituyen un complejo ambiente tectónico que origina tasas muy altas de sismicidad.

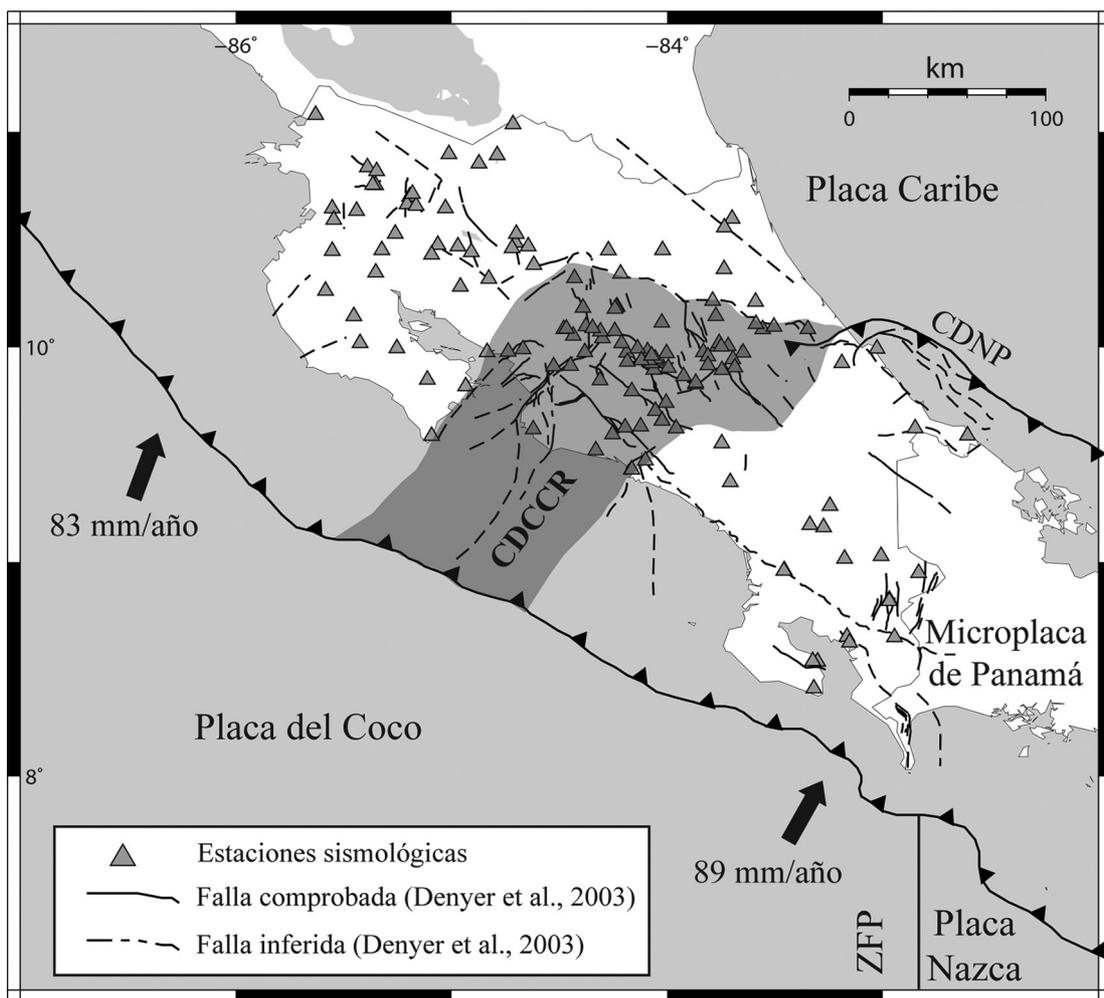


Fig. 1: Contexto tectónico de Costa Rica y estaciones de la Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE). La zona gris representa el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR), delimitada con base en Montero y Rojas (2014). CDNP es el Cinturón Deformado del Norte de Panamá y ZFP, Zona de Fractura de Panamá.

La Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE) es uno de los organismos nacionales encargados de investigar los procesos sísmicos y volcánicos. La RSN es un convenio de cooperación científico y técnico entre la Sección de Sismología, Vulcanología y Exploración Geofísica de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Área de Amenazas y Auscultación Sismológica y Volcánica del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). La cooperación entre el ICE y la UCR para la investigación en sismología y vulcanología inició en 1973 y su objetivo es desarrollar conocimiento científico sobre la geodinámica interna de la Tierra, para transferirlo a la sociedad costarricense a través de la docencia y la acción social, de manera que pueda ser aplicado en los planes de gestión del riesgo, ordenamiento territorial y atención de emergencias en Costa Rica.

La RSN posee actualmente una red de 145 estaciones sismológicas (Fig. 1) transmitiendo en tiempo real, las cuales son administradas por la UCR (111 estaciones) y el ICE (34). Esta red sísmica incluye 31 estaciones de banda ancha y 114 de periodo corto. En las localizaciones rutinarias se incorporan además lecturas de estaciones administradas por otras redes sismológicas ubicadas en Costa Rica, Panamá y Nicaragua, compartidas directamente o disponibles a través del consorcio Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS). La detección y la localización automática de los sismos se realizaron a través de los sistemas SeisComp3 y Earthworm. La lectura manual de arribos de ondas, la localización y el cálculo de la magnitud momento (Mw) se llevaron a cabo usando el programa Hyp (Lienert & Havskov, 1995) integrado en el software sismológico SeisAn (Ottemöller, Voss & Havskov, 2011). Para la localización de sismos se utilizó un modelo de siete capas de velocidades de la onda primaria y una razón de velocidades (Vp/Vs) de 1,75.

CARACTERÍSTICAS DE LA SISMICIDAD

Las cantidades de sismos localizados y percibidos durante el 2018 aumentaron con respecto del 2017. En el 2018 la RSN detectó 3233 sismos,

cantidad que incluye los eventos ocurridos en Costa Rica (sismos locales), algunos ubicados en América Central (regionales) y otros originados a más de 10 grados de distancia (telesismos). De los 2801 sismos localizados en territorio costarricense (Fig. 2A), 285 (~9%) fueron percibidos por la población y entre ellos destacaron cuatro sismos con Mw entre 5,7 y 6,2 (Fig. 2B y 3).

A continuación se describe brevemente la distribución en el tiempo, por profundidades, por magnitudes (Mw) y el origen de la sismicidad percibida en Costa Rica, así como la distribución geográfica de la sismicidad total detectada por la RSN para el 2018. Asimismo, se describen las intensidades más altas ocurridas durante el año.

DISTRIBUCIÓN TEMPORAL

Enero y agosto fueron los meses con la mayor cantidad de sismos sentidos (45 y 41) debidos en gran parte a la actividad sísmica ocurrida en los alrededores del volcán Tenorio y del golfo Dulce, respectivamente. Por otro lado, junio fue el mes con la menor cantidad de sismos sentidos: solamente 10 (Fig. 4A). Los meses restantes variaron entre 14 y 26 eventos sentidos (Fig. 4A). Los sismos de mayor Mw dentro del territorio costarricense ocurrieron en enero (5,9), agosto (6,2 y 5,7) y octubre (5,7). El promedio mensual de sismos sentidos fue de 23.

DISTRIBUCIÓN POR MAGNITUD

El sismo de mayor Mw sentido en Costa Rica durante el 2018 fue de 6,2. Este evento ocurrió el 17 de agosto, a 11 km al este de Puerto Jiménez de Golfito. Otros tres sismos tuvieron magnitudes mayores a 5,6. El primero sucedió el 16 de enero, tuvo una Mw 5,9 y su epicentro se localizó 96 km al oeste de Conchal en Guanacaste. El segundo ocurrió el 29 de agosto, tuvo una Mw 5,7 y su epicentro se ubicó 7 km al sur de Golfito. Este evento ha sido la réplica de mayor magnitud asociada con el sismo de Mw 6,2. El tercer evento tuvo lugar el 21 de octubre, con una Mw 5,7 y se localizó 15 km al este de Ciudad Neily, en territorio panameño. Posiblemente este último sismo

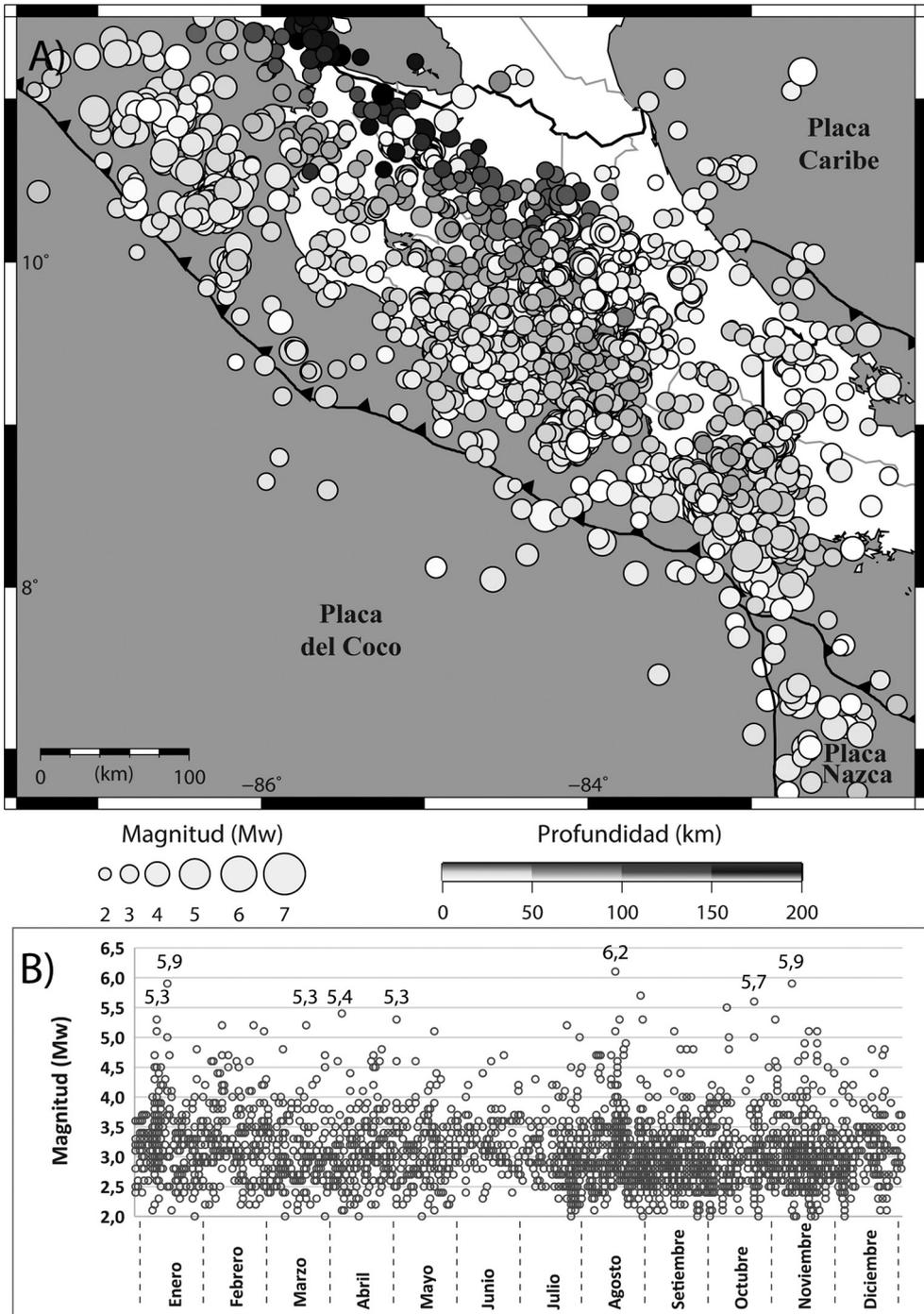


Fig. 2: A) Ubicación epicentral y B) Magnitud (Mw) de los sismos localizados por la RSN durante el 2018.

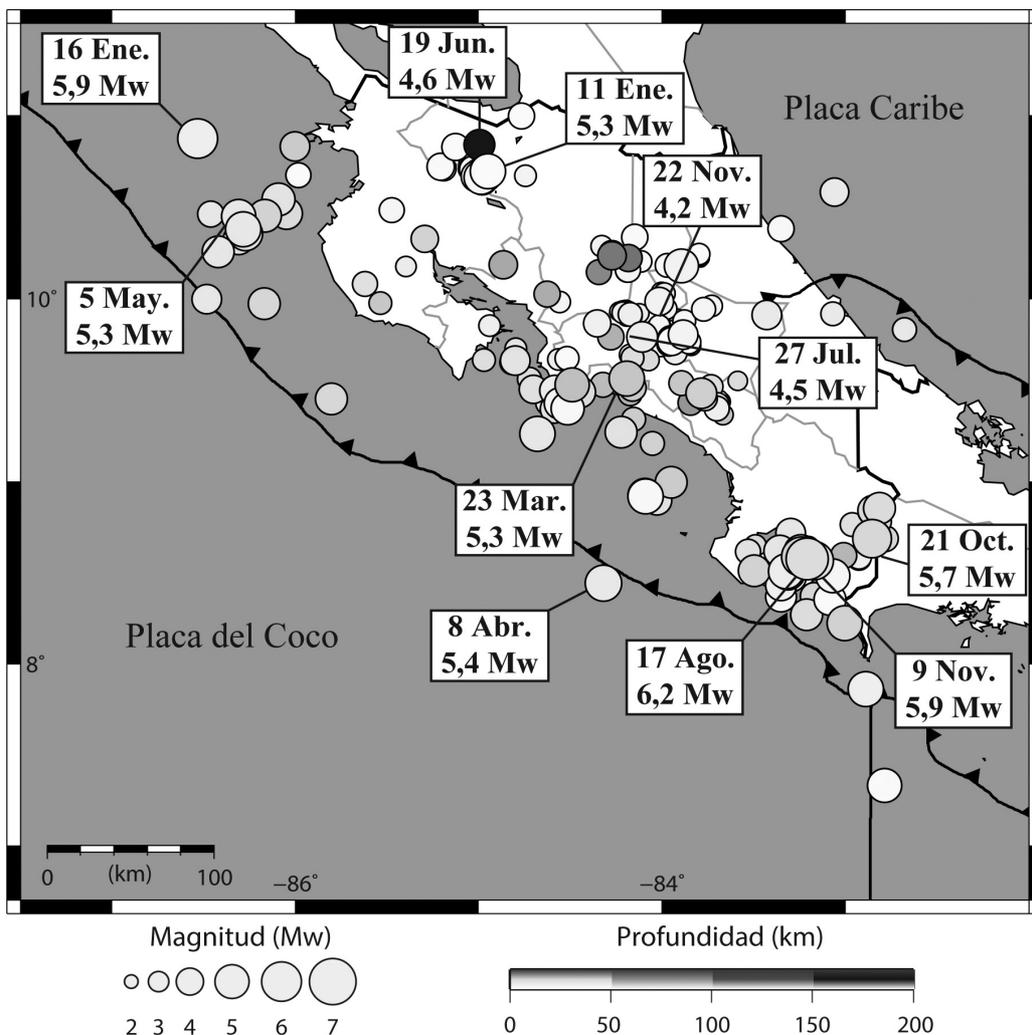


Fig. 3: Ubicación epicentral estimada por la RSN para los sismos sentidos en Costa Rica durante el 2018. Los sismos sentidos más relevantes se señalan con su magnitud Mw estimada.

fue disparado por la actividad sísmica en la zona de Golfito (Fig. 3).

En total, 28 sismos alcanzaron magnitudes iguales o mayores a 5,0, lo que representa el 9,82 % de los sismos sentidos del año y el 0,86 % del total de sismos localizados dentro del territorio costarricense (Fig. 2B). La mayoría (64%) de los sismos percibidos tuvieron una Mw menor a 3,9 (Fig. 4B). El de menor Mw (1,9) sucedió el 29 de enero, tuvo su hipocentro a 6 km de profundidad

y se localizó 3 km al suroeste de Tobosi de El Guarco. En el año se percibieron 52 sismos de baja Mw (< 2,9; Fig. 4B) y éstos en su mayoría tuvieron epicentros muy cerca de zonas urbanas como Santa Ana, Desamparados y Cartago.

DISTRIBUCIÓN POR PROFUNDIDAD

El 91,22% de los sismos sentidos tuvo profundidades menores a 30 km (Fig. 4C). De estos

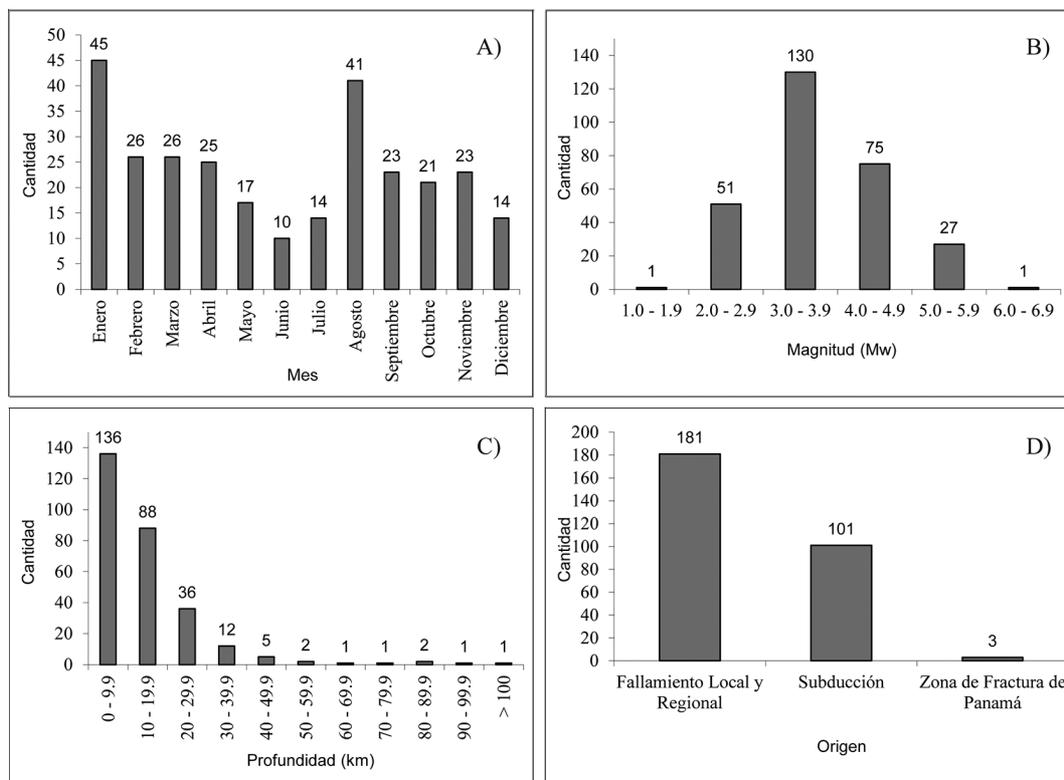


Fig. 4: Distribución de los sismos sentidos en el 2018 por A) mes, B) magnitud, C) profundidad y D) origen. La cantidad de sismos se muestra sobre la barra de cada histograma.

eventos, 136 tuvieron hipocentros a profundidades menores a 10 km, mientras que otros 124 tuvieron profundidades entre 10 y 30 km. Solamente 25 sismos sentidos sucedieron a más de 30 km de profundidad, los cuales se asocian con la deformación interna de la placa del Coco subducida bajo la placa Caribe y la microplaca de Panamá. Durante el 2018, solamente un sismo sentido tuvo su hipocentro a más de 100 km, específicamente a 176 km (Fig. 4C). Este evento sucedió el 19 de junio, 7 km al sur de Upala, con una Mw 4,6.

DISTRIBUCIÓN POR ORIGEN

El fallamiento local y el regional ocasionaron el 64% de los sismos sentidos del 2018 (Fig. 4D). Esto incluye los sismos superficiales (< 30 km) ocurridos dentro de la placa Caribe

y la microplaca de Panamá y las fallas del CDNP y del CDCCR.

Ciento uno sismos sentidos fueron originados por la subducción de la placa del Coco bajo la placa Caribe y la microplaca de Panamá (Fig. 4D). Este proceso incluye los sismos de la zona sismogénica interplacas y los de profundidad intermedia (> 50 km) que se asocian con la deformación interna y procesos de deshidratación de la placa del Coco que se subduce debajo de Costa Rica. El sismo de Golfito del 17 de agosto (Mw 6,2), es el ejemplo principal de los sismos originados en la zona sismogénica interplacas. El mecanismo focal determinado partir de las polaridades de la onda P indica una solución de fallamiento inverso para este evento (RSN, 2018).

Durante el 2018 se reportaron tres sismos sentidos asociados con la Zona de Fractura de

Panamá. El primer evento sucedió el 11 de febrero con una M_w 5,2, el segundo ocurrió el 23 de mayo con M_w 5,1 y el tercero sucedió el 1 de noviembre con M_w 5,3.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Las tres zonas con la densidad de sismicidad más alta se ubicaron en el volcán Tenorio y alrededores (zona A, Fig. 5), en la región entre Cartago y San Marcos de Tarrazú (zona B, Fig. 5) y en el golfo Dulce (zona C, Fig. 5). Por otro lado, la Zona Norte y gran parte del Caribe y la cordillera de Talamanca se caracterizaron por una sismicidad baja, con menos de tres sismos por cada 100 km².

El sismo más relevante en las cercanías del volcán Tenorio (zona A) tuvo lugar el 11 de enero con una M_w 5,3. En esta zona, nueve sismos sentidos tuvieron $M_w > 4,0$. Una red sísmica temporal

que el ICE instaló en los alrededores del volcán Tenorio detectó en enero un total de 626 sismos, 201 con M_w inferiores a 2,0 y 559 inferiores a 3,0. Esta actividad fue originada probablemente por la fallas Caño Negro y Chiquero, y pudo haber incluido eventos volcanotectónicos.

El sismo más sobresaliente de la zona B tuvo lugar el 27 de julio (M_w 4,5) en San Gabriel de Aserrí, y fue acompañado por 43 eventos entre el 27 y 31 de julio. Estos eventos se originaron entre las fallas Jaris y Frailes. Otros eventos notorios en la zona B sucedieron el 3 y el 8 de diciembre, con M_w de 4,1 y 4,2 respectivamente, en San Cristóbal de Desamparados, unos 10 km al sur de Cartago. En esta localidad se detectaron 89 eventos más con magnitudes entre 1,5 y 3,5. Esta sismicidad podría haber sido causada por la falla Navarro. Al noroeste de la zona B, en la zona de Santa Ana y Ciudad Colón también se presentó una sismicidad importante.

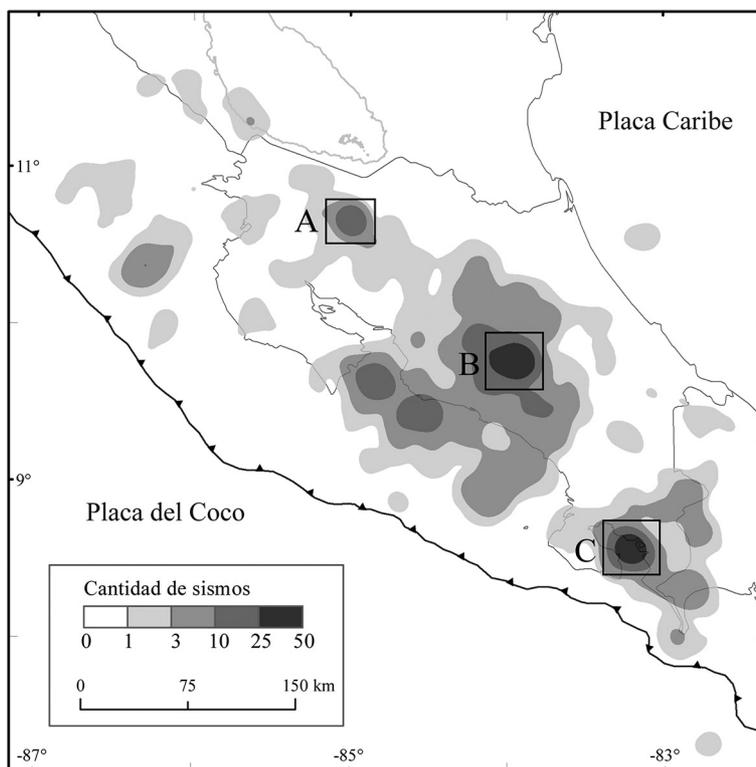


Fig. 5: Cantidad de sismos por área calculada en celdas circulares de 100 km². El volcán Tenorio (A), el área entre Cartago y Tarrazú (B) y el golfo Dulce (C) son las zonas que presentaron la mayor cantidad de sismos localizados durante el 2018.

A lo largo del año se localizaron allí 57 eventos, con Mw entre 1,9 y 3,5 y profundidades de 6 a 11 km. Esta zona estuvo especialmente activa en octubre y noviembre y se sintieron en total 26 eventos.

En la zona C destacó la secuencia sísmica de Golfito, en donde tuvo lugar el sismo de mayor magnitud del 2018 (Mw 6,2) y otros 22 eventos mayores a 4,0 Mw. Esta secuencia se extendió desde agosto hasta diciembre.

Al examinar la sismicidad registrada en el país y regiones fronterizas en franjas de 100 km de ancho perpendiculares a la fosa (Fig. 6), se observa que la

mayor actividad sísmica proviene del Pacífico Central y la región central del país (zona D). El sismo más relevante de esta zona ocurrió el 23 de marzo con una Mw 5,3, el cual fue percibido ampliamente en el centro del país. En contraste, las zonas A y G exhiben la sismicidad detectada más baja. La franja B presenta el menor número de eventos detectados, a pesar de que en ella se originó en noviembre una importante actividad sísmica entre 25 y 70 km al oeste de cabo Velas, que incluyó un evento de Mw 5,0 el día 21 y 15 eventos con magnitudes entre 4,0 y 5,0.

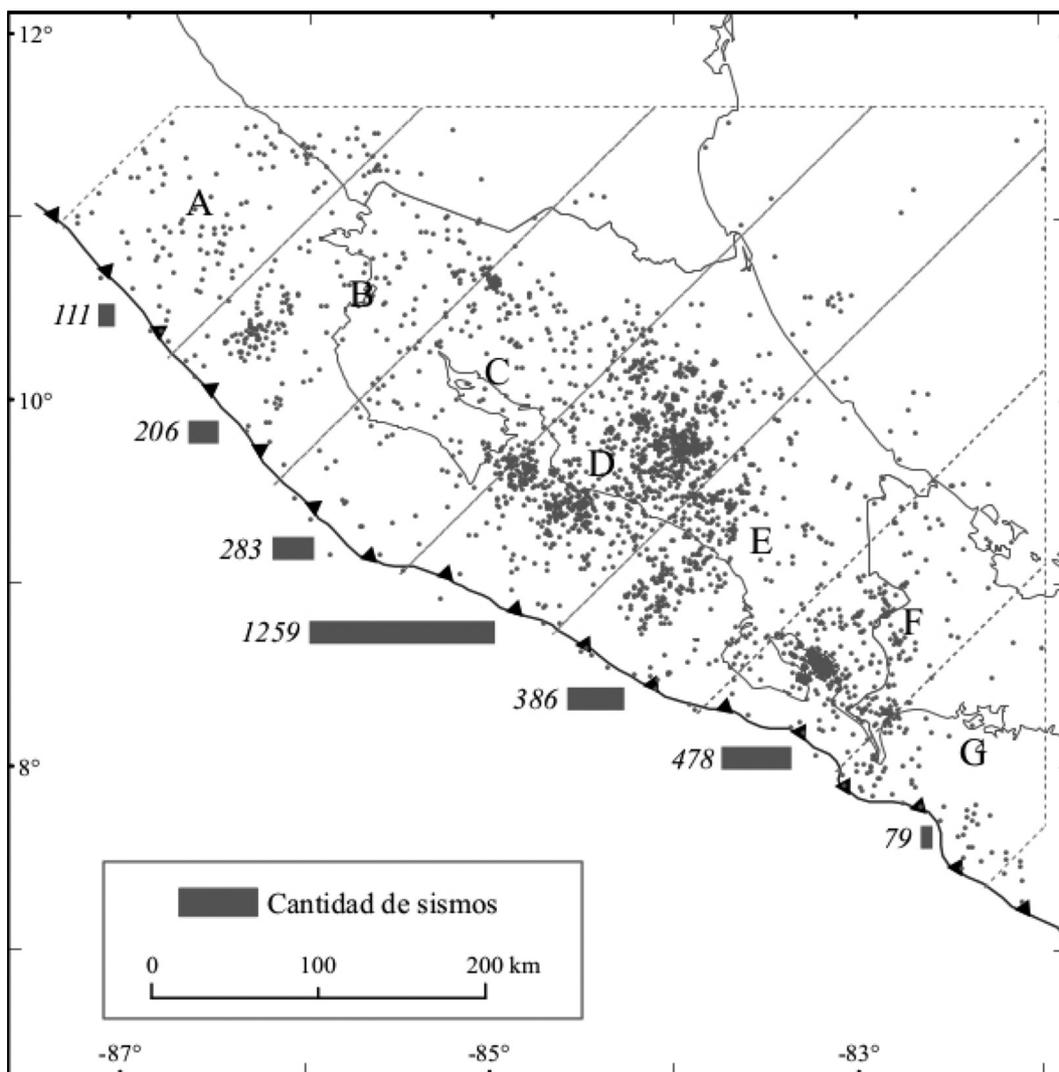


Fig. 6: Cantidad de sismos a lo largo del margen convergente costarricense, separados en franjas de 100 km de ancho.

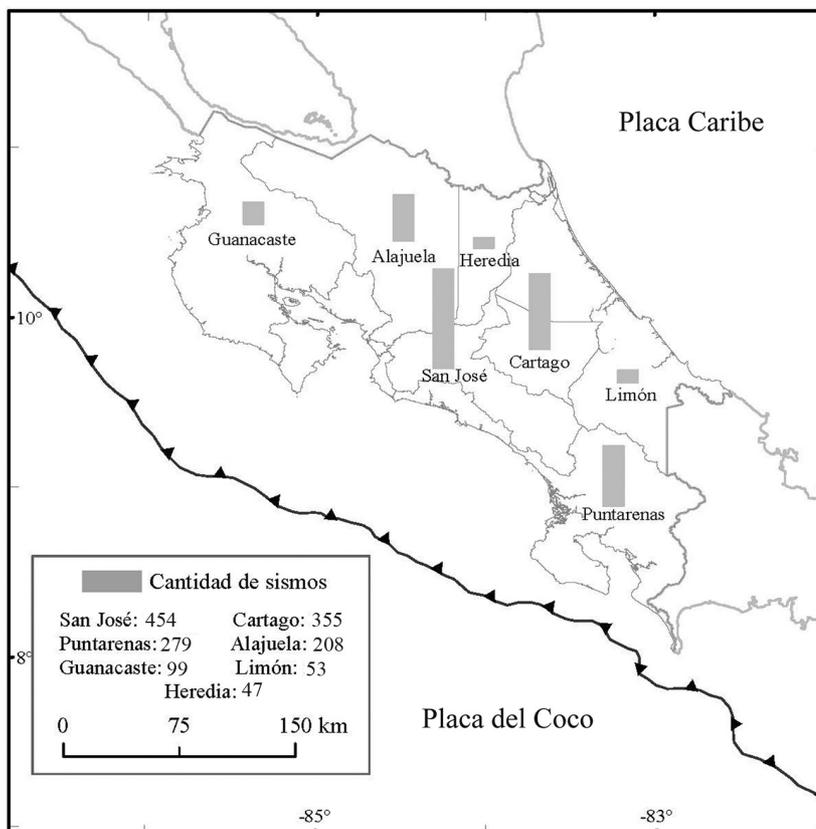


Fig. 7: Distribución provincial de la sismicidad localizada en el territorio continental durante el 2018.

En un análisis de la distribución de la sismicidad detectada por provincias, San José y Cartago presentan la mayor actividad, con 454 y 355 eventos, respectivamente (Fig. 7). Heredia y Limón tuvieron la sismicidad más baja del 2018, con 47 y 53 sismos registrados.

INTENSIDADES

Las intensidades en la escala Mercalli Modificada (IMM) fueron determinadas con base en las respuestas del módulo llamado “¿Lo sentiste?” disponible en la página web de la RSN y en la aplicación para teléfonos inteligentes llamada “RSN”. Además, se determinaron intensidades con base en los registros instrumentales de las estaciones sismológicas de la RSN y a través del software ShakeMap (Wald et al., 2003) que utiliza un modelo de predicción del movimiento

de suelo (Zhao et al., 2006) y uno de intensidad (Wald et al., 1999).

Durante el 2018 ocurrieron dos sismos que generaron IMM de VI, ambos en Golfito. El primer evento fue el del 17 de agosto (Mw 6,2) antes mencionado. Durante este sismo se estimaron IMM de VI en Golfito, mientras que en el Valle Central se percibió con intensidades de IV (Fig. 8A). El segundo evento también se localizó en Golfito; sucedió el 9 de noviembre, tuvo una Mw 5,9 y se localizó 9 km al noreste de Puerto Jiménez. Este sismo generó intensidades de VI en Golfito y Puerto Jiménez (Fig. 8B).

Dos eventos también generaron intensidades sobresalientes de V+ en la escala IMM. El primero de estos sucedió el 11 de enero con Mw 5,3, a 3 km de profundidad, 13 km al este de Bijagua de Upala, (Fig. 9A). El segundo se localizó 15 km al este de Ciudad Neily a una profundidad de 24 km (Fig. 9.B).

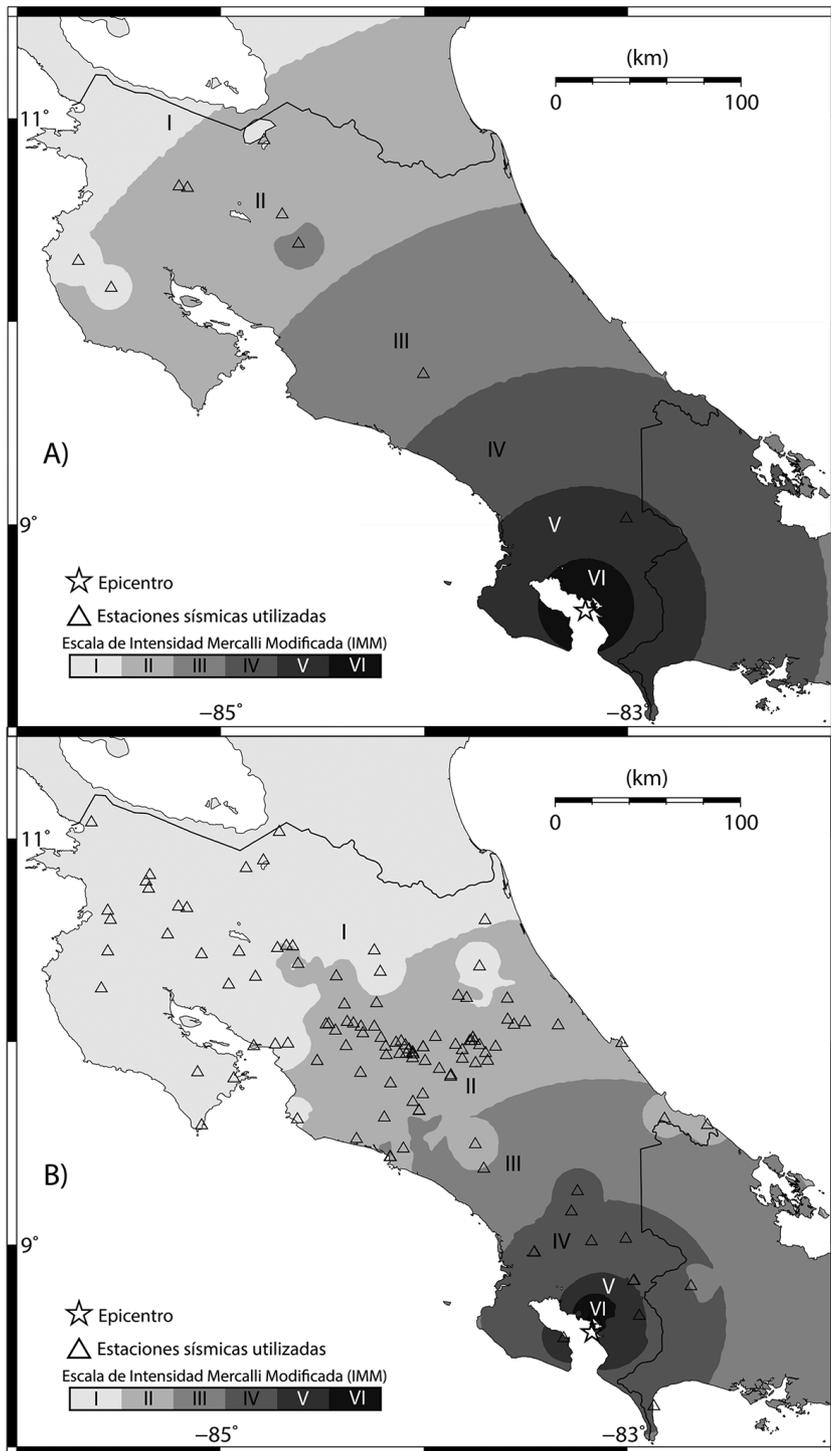


Fig. 8: Intensidades instrumentales para los sismos más relevantes originados por la subducción de la placa del Coco. A) Sismo de Golfito del 17 de agosto (Mw 6,2). B) Sismo del 9 de noviembre (Mw 5,9), también en la zona de Golfito.

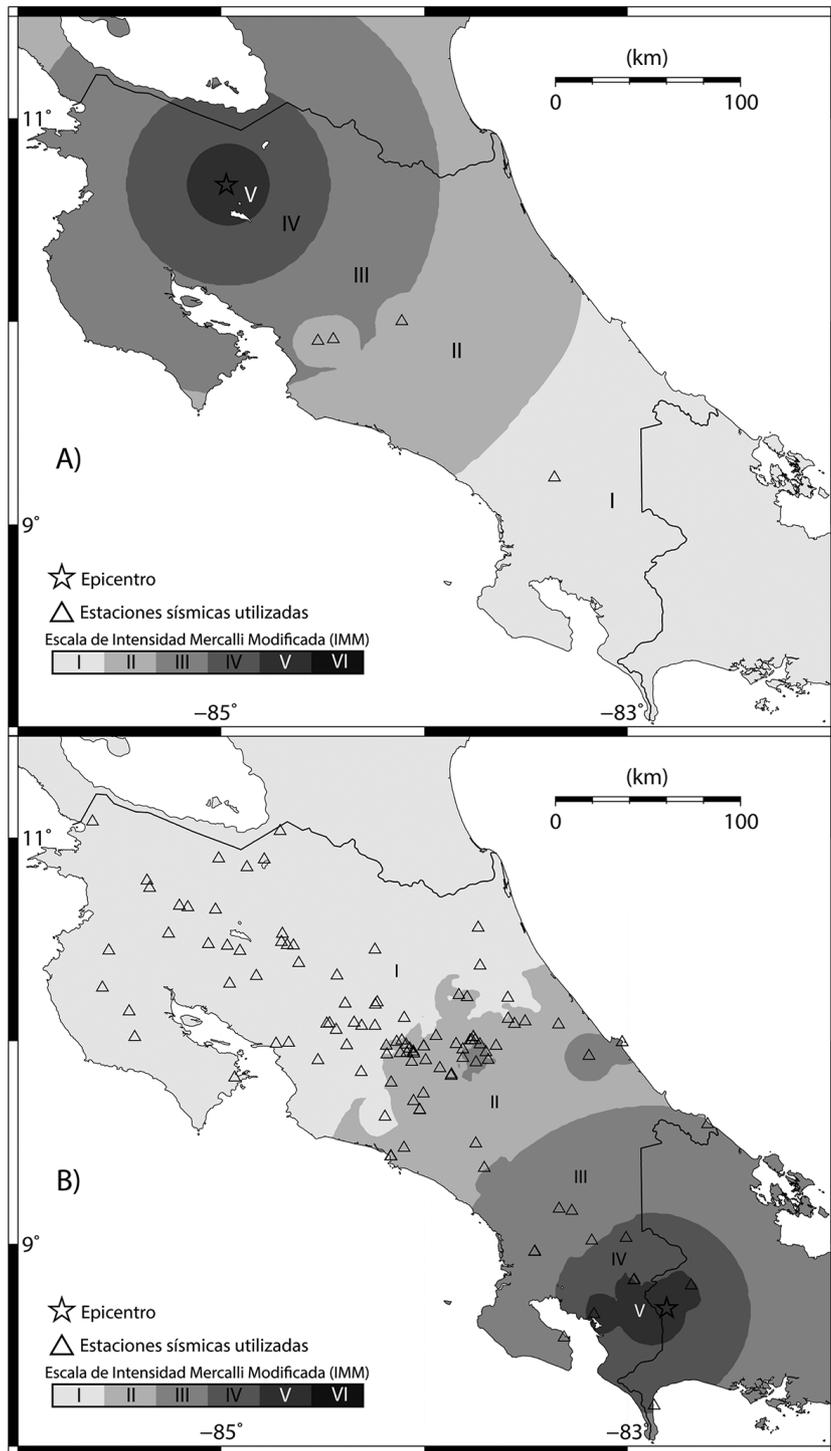


Fig. 9: Intensidades instrumentales para los sismos más relevantes originados por el fallamiento local. A) Sismo del 11 de enero (Mw 5,3) en el volcán Tenorio. B) Sismo del 21 de octubre (Mw 5,7) 15 km al este de Ciudad Neily.

AGRADECIMIENTOS

Esta nota técnica es resultado de los proyectos de investigación 113-B5-704, 113-B5-A02, 113-A1-716 y ED-3005 inscritos en la UCR. Agradecemos al personal de la RSN (UCR-ICE) que permite mantener la red de estaciones y los sistemas de localización, especialmente a Luis Fernando Brenes y Jean Paul Calvo. Los asistentes Brandon Acosta, Alejandro Argüello, Esteban Jarquín, Daniela Manzano, Roberto Masís y Allan Sanabria colaboraron con localizaciones de sismos durante el 2018.

REFERENCIAS

- Adamek, S., Frohlich, C., & Pennington, W. D. (1988). Seismicity of the Caribbean-Nazca boundary: Constraints on microplate tectonics of the Panama region. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 93(B3), 2053-2075.
- DeMets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F., & Stein, S. (1994). Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions. *Geophysical research letters*, 21(20), 2191-2194.
- Lienert, B. R., & Havskov, J. (1995). A computer program for locating earthquakes both locally and globally. *Seismological Research Letters*, 66(5), 26-36.
- Marshall, J. S., Fisher, D. M., & Gardner, T. W. (2000). Central Costa Rica deformed belt: Kinematics of diffuse faulting across the western Panama block. *Tectonics*, 19(3), 468-492.
- Montero, W. (2001). Neotectónica de la región central de Costa Rica: frontera oeste de la microplaca de Panamá. *Revista Geológica de América Central*, 24, 29-56.
- Montero, W., & Rojas, W. (2014). Las fallas Purires y Picagres, y su relación con la secuencia sísmica de Puriscal de 1990. *Revista Geológica de América Central*, (50), 39-69.
- Ottmøller, L., Voss, P., & Havskov, J. (2011). Seisan earthquake analysis software for Windows, Solaris, Linux and MacOSX. Dept. Earth Sci., Univ. Bergen, Bergen, Norway, 335.
- RSN, (2018). Informe preliminar Sismo de Golfito, agosto del 2018. Recuperado de <https://rsn.ucr.ac.cr/actividad-sismica/reportes-sismicos/11264-informe-preliminar-sismo-de-golfito-agosto-del-2018>
- Wald, D. J., Quitoriano, V., Heaton, T. H., Kanamori, H., Scrivner, C. W., & Worden, C. B. (1999). TriNet "ShakeMaps": Rapid generation of peak ground motion and intensity maps for earthquakes in southern California. *Earthquake Spectra*, 15(3), 537-555.
- Wald, D., Wald, L., Worden, B., & Goltz, J. (2003). ShakeMap, a tool for earthquake response (No. 087-03).
- Zhao, J. X., Zhang, J., Asano, A., Ohno, Y., Oouchi, T., Takahashi, T. & Fukushima, Y. (2006). Attenuation relations of strong ground motion in Japan using site classification based on predominant period. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 96(3), 898-913.

