







Autores: Dr. Lepolt Linkimer, Dra. Ivonne Arroyo, Lic. Carolina Fallas y Dra. María Cristina Araya.

## 1. Características del sismo principal

Fecha: 18 de febrero del 2023. Hora local: 2:24 am.

Localización: 5 km al norte de Varablanca de Heredia. Coordenadas: 10,215 y -84,136.

Profundidad: 4 km.

**Origen:** fallamiento local.

**Magnitud momento (Mw):** 5,5. Este es el sismo originado por fallamiento local más relevante desde el ocurrido en la península de Burica el 4 de septiembre del 2020, con Mw 5,7. El último sismo originado por fallamiento local en la parte central del país fue el terremoto de Capellades del 30 de noviembre del 2016 (Mw 5,5). **Intensidades:** Sentido en la parte Central de Costa Rica (ver apartado de intensidades más abajo).



Fig. 1. Mapa del epicentro (estrella roja) en el contexto tectónico de Costa Rica y de las 180 estaciones de la RSN.





Escuela Centroamericana **de Geología** 



# 2. Origen

La secuencia de Varablanca del 2023 ocurre en una falla local entre los volcanes Poás y Barva. La solución del mecanismo focal realizada por la RSN indica que el sismo del día 18 de febrero (Mw 5,5) y la réplica de mayor tamaño (Mw 5,2) del 19 de febrero fueron ocasionados por fallamiento oblicuo. Los mecanismos focales de ambos eventos son idénticos, con planos nodales con rumbo, inclinación y ángulo de rake de 335, 40, -26 (sinestral-normal) y de 86, 74, -127 (normal-dextral). Esta geometría de fallamiento es inusual en la parte central de Costa Rica, en donde los sismos ocasionados por fallas de desplazamiento de rumbo suelen tener mecanismos focales con planos orientados noroeste para las fallas dextrales y noreste para las fallas sinestrales.



**Fig. 2.** Secuencias de Varablanca del 2023 (amarillo) y del 2015 (verde) en el contexto del fallamiento del edificio volcánico del Poás. El epicentro del terremoto de Cinchona del 2009 se presenta en rojo.

La figura 2 muestra la ubicación del conjunto de sismos localizados hasta las 12 md del 20 de febrero del 2023. Los epicentros (en amarillo) son dispersos y podrían corresponder mejor con el plano nodal de rumbo nornoroeste con inclinación 40° y de tipo sinestral-normal. La distribución epicentral de las réplicas es muy difícil de explicar si fueran originadas en el plano nodal casi vertical y de rumbo cercano al este-oeste. Por esta razón, preliminarmente se asocia la secuencia del 2023 con una falla de tipo sinestral-normal con rumbo nor-noroeste y







con un ángulo de inclinación moderado (40°). No se encuentran fallas cartografiadas con esa geometría para esta zona en la literatura reciente.

Con la sismicidad analizada hasta el momento, se puede decir que la sencuencia de Varablanca de febrero del 2023 no fue ocasionada en la falla Ángel, en donde sucedió el terremoto de Cinchona del 2009, la cual es de tipo dextral y de rumbo nor-noroeste. Asismismo se puede decir que tampoco corresponde con el mismo origen de la sencuencia de marzo-abril del 2015 (Mw 5,0), la cual muy probablemente ocurrió en una falla sinestral de rumbo noreste. Estos eventos relevantes del 2009 y 2015 en el flanco este del volcán Poás sí corresponden con fallas activas caracterizadas por la geometría usual para la parte central del país. No se descarta que esfuerzos volcánicos (i.e., movimiento de magma) podrían ocasionar localmente el movimiento de fallas con una geometría inusal, originando así la secuencia del 2023.

#### 3. Réplicas

Las réplicas más importantes localizadas por la RSN hasta las 12 md del 20 de febrero del 2023 son las siguientes:

- 1. 18 de febrero del 2023, 2:29 am, Mw 3,5
- 2. 18 de febrero del 2023, 2:31 am, Mw 3,5
- 3. 18 de febrero del 2023, 2:32 am, Mw 3,5
- 4. 18 de febrero del 2023, 2:39 am, Mw 4,3
- 5. 18 de febrero del 2023, 3:17 am, Mw 3,7
- 6. 18 de febrero del 2023, 4:07 am, Mw 4,1
- 7. 18 de febrero del 2023, 5:05 am, Mw 3,5
- 8. 19 de febrero del 2023, 7:33 am, Mw 4,4
- 9. 19 de febrero del 2023, 7:41 am, Mw 4,0
- 10. 19 de febrero del 2023, 4:56 pm, Mw 5,2
- 11. 19 de febrero del 2023, 10:30 pm, Mw 4,0
- 12. 20 de febrero del 2023, 3:15 am, Mw 4,1
- 13. 20 de febrero del 2023, 3:57 am, Mw 3,8

En total, se han localizado 32 réplicas usando en cada localización más de 8 estaciones y con Mw entre 2,8 y 5,2. No obstante, se puede observar que en las estaciones cercanas al epicentro hay decenas de microsismos que han ocurrido en la zona. De los reportes de las redes sociales, se concluye que 13 réplicas han sido sentidas, especialmente en la zona de Varablanca y Sarapiquí. La siguiente imagen muestra el registro de la sismicidad durante las primeras cuatro horas a partir del sismo principal del 18 de febrero a las 2:24 am. Se puede apreciar el evento principal y las primeras réplicas de la secuencia sísmica.



**Fig. 3**. Sismograma de la estación VBV1, situada en la falda sur del volcán Barva. Se muestra el registro de la sismicidad del 18 de febrero durante las primeras cuatro horas después del evento principal.





### 4. Sismicidad histórica

La zona del volcán Poás cuenta con seis terremotos históricos y es el área del arco volcánico con la mayor cantidad de terremotos documentados. Estos terremotos son:

- 1. Terremoto de Barva del 15 de febrero de 1772 (Mw 5,5-6,0).
- 2. Terremoto de Fraijanes del 30 de diciembre de 1888 (Mw 5,5), con seis víctimas mortales.
- 3. Terremoto de Toro Amarillo del 28 de agosto de 1911 (Mw 6,1).
- 4. Terremoto de Sarchí del 6 de junio del 1912 (Mw 5,6).
- 5. Terremoto de Bajos del Toro del 1 de septiembre de 1955 (Mw 5,9),
- 6. Terremoto de Cinchona del 9 de enero del 2009 (Mw 6,1), con 27 víctimas mortales.

Estos terremotos se han caracterizado por magnitudes de 5,5 a 6,1 y han sido muy destructivos debido a que desencadenaron deslizamientos. El último sismo superficial cercano al epicentro del sismo del 18 de febrero del 2023, ocurrió el 31 de marzo del 2015 con una Mw 5,0.



**Fig. 4.** Mapa resumen de los sismos históricos ocurridos en los alrededores del volcán Poás (modificado de Montero et al., 2010).







## 5. Intensidades

Las intensidades máximas percibidas durante este evento, y reportadas a la RSN a través de redes sociales, fueron de V y VI en la Escala de Intensidad Mercalli Modificada (IMM) en Cinchona y Varablanca de Heredia, en donde se reportó la caída de objetos, pequeños deslizamientos y grietas en el terreno. En algunos sectores del Valle Central y de Guápiles y San Carlos se reportó la intensidad IV. El sismo no fue sentido en Guanacaste, el Caribe Sur ni la Zona Sur de Costa Rica. El escenario preliminar de intensidades para Costa Rica se muestra en el siguiente mapa.



Fig. 5. Mapa de intensidades esperadas de acuerdo con magnitud y profundidad del evento principal de Varablanca.



UCR-ICE



Escuela Centroamericana **de Geología** 



El mapa de la sacudida, calculado con los registros instrumentales de las estaciones de la RSN, se muestra en la siguiente figura. Las intensidades de IV y V en la Escala Mercalli Modificada (IMM) ocurrieron especialmente en la provincia de Heredia y en el este de la provincia de Alajuela.



Escala de Intensidad Mercalli Modificada (IMM)
--

Fig. 6. Mapa de intensidades instrumentales del evento principal de la secuencia de Varablanca del 2023.





Escuela Centroamericana **de Geología** 



La distribución de intensidades de este evento se puede observar también a través del módulo "¿Lo sentiste?" <u>https://rsn.ucr.ac.cr/losentiste/</u> gracias a los reportes de los usuarios de la RSN. El mapa promediado de intensidades para este sismo fue generado a partir de 573 reportes de usuarios y se muestra en la siguiente figura.



**Fig. 7.** Datos de intensidades recopilados para el sismo de Varablanca del 18 de febrero del 2023. A. Reportes de 573 usuarios que respondieron al cuestionario de intensidad de la RSN. B. Mapa promediado cada 10 km para las intensidades reportadas.





Escuela Centroamericana **de Geología** 



### 6. Modelos sintéticos de deformación

Los modelos sintéticos de deformación para el sismo de Varablanca indican que para un sismo de Mw 5,5 a 3,8 km de profundidad, y con los siguientes planos nodales: 1- 341/30/-8 y 2- 78/81/175, se esperaría un área de deformación de 32 km<sup>2</sup> con un desplazamiento máximo de 12,3 cm en la línea de vista descendente del satélite Sentinel-1 (banda C), órbita 84, marco 558. Por lo tanto, se esperaría un desplazamiento vertical de 0,6 cm, y hasta de 12 cm en la horizontal (ver en las siguientes figuras para el plano nodal 1 y 2, respectivamente). El desplazamiento esperado en la falla es de 21 cm en la zona de ruptura, con un largo de 5,6 km.



**Fig. 8.** Simulación de deformación para el sismo del 18 de febrero de 2023 a las 2:24 am hora local. Imagen superior izquierda es la deformación esperada para el plano nodal 1 con rumbo 341, buzamiento de 30 grados y rake de -8. La imagen superior derecha es la misma deformación esperada en un interferograma. La imagen inferior izquierda es la deformación observada en 3 dimensiones y la imagen inferior derecha es un perfil de deformación donde la línea azul es el desplazamiento vertical, la roja el desplazamiento oeste-este y la negra el desplazamiento en la línea de vista del satélite.









**Fig. 9.** Simulación de deformación para el sismo del 18 de febrero de 2023 a las 2:24 am hora local. Imagen superior izquierda es la deformación esperada para el plano nodal 2 con rumbo 78, buzamiento de 81 grados y rake de 175. La imagen superior derecha es la misma deformación esperada en un interferograma. La imagen inferior izquierda es la deformación observada en 3 dimensiones y la imagen inferior derecha es un perfil de deformación donde la línea azul es el desplazamiento vertical, la roja el desplazamiento oeste-este y la negra el desplazamiento en la línea de vista del satélite.

#### 7. Más sobre la RSN

La Red Sismológica Nacional (RSN) es un Programa de Investigación de la Universidad de Costa Rica. Su objetivo es desarrollar conocimiento científico sobre la geodinámica interna de la Tierra mediante la instalación, operación y mantenimiento de instrumentación geofísica con el fin de transferirlo a la sociedad costarricense, a través de la docencia, la investigación y la acción social, de manera que pueda ser aplicado en los planes de gestión del riesgo y atención de emergencias en Costa Rica. También puede obtener información a través de los siguientes medios:

- WEBSITE: <u>http://www.rsn.ucr.ac.cr/</u>
- FACEBOOK: http://www.facebook.com/RSN.CR
- TWITTER: https://twitter.com/RSNcostarica
- CORREO: <u>redsismologica.ecg@ucr.ac.cr</u>
- Aplicación móvil gratuita "RSN" disponible en: App Store y Play Store.