OVSICORI–UNA

Universidad Nacional
Campus Omar Dengo

Heredia, Costa Rica

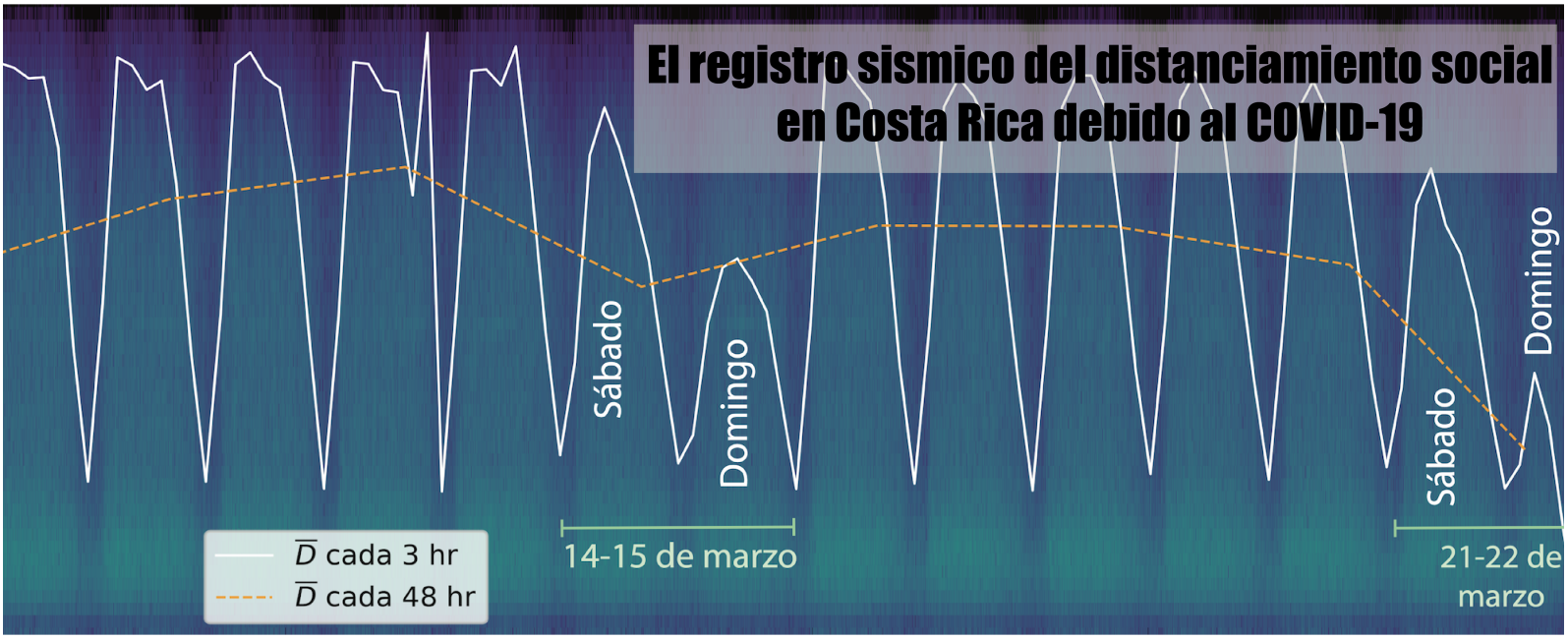
WWW.OVSICORI.UNA.AC.CR

Sismotectónica en Costa Rica

Boletín mensual

Un total de 908 sismos fueron generados en el territorio costarricense durante el mes de marzo de 2020

14 sismos fueron reportados como sentidos



El Valle Central, el Pacífico Sur y Península de Burica destacaron como las regiones del país sísmicamente más activas

OVSICORI-UNA

Sismología | Tectónica | Vulcanología

Ciencia para la sociedad

Marzo 2020

Contenido

1. RESUMEN GENERAL **1**

2. ACTIVIDAD SÍSMICA EN COSTA RICA **2**

2.1. ACTIVIDAD SÍSMICA EN LA PENÍNSULA DE OSA Y LA PENÍNSULA DE BURICA 3

2.2. ACTIVIDAD SÍSMICA EN EL VALLE CENTRAL Y PÉREZ ZELEDÓN 5

3. REGISTRO SÍSMICO DEL DISTANCIAMIENTO SOCIAL DEBIDO A LA PANDEMIA POR EL COVID-19 ..... **6**

Figuras

FIGURA 1. DISTRIBUCIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA EN COSTA RICA EN MARZO DE 2020. EN EL PANEL A) SE MUESTRA EL MAPA CON LA UBICACIÓN HIPOCENTRAL DE LA SISMICIDAD LOCALIZADA POR EL OVSICORI-UNA. EL COLOR Y TAMAÑO DE CADA CÍRCULO CORRESPONDE CON LA PROFUNDIDAD Y MAGNITUD DEL EVENTO, RESPECTIVAMENTE. SE INCLUYE EL MECANISMO FOCAL O BOLA DE PLAYA DE LOS DOS SISMOS DE MAYOR MAGNITUD. EN EL PANEL B) SE MUESTRA LA DISTRIBUCIÓN DE MAGNITUDES POR DÍA, ASÍ COMO LA CANTIDAD ACUMULADA DE EVENTOS (LÍNEA DE COLOR AZUL) DURANTE MARZO. LAS ESTRELLAS MOSTRADAS CORRESPONDEN CON LOS SISMOS DE MAYOR MAGNITUD. EN EL PANEL C) SE PRESENTA UN HISTOGRAMA CON LA CANTIDAD DE EVENTOS LOCALIZADOS POR DÍA DURANTE EL MES DE MARZO DE 2020. EL COLOR DE CADA BARRA INDICA EL RANGO DE MAGNITUD SEGÚN LA LEYENDA EN EL INTERIOR DE LA FIGURA. FINALMENTE, EN D) SE MUESTRA UN HISTOGRAMA CON LA DISTRIBUCIÓN DE PROFUNDIDADES GENERADAS CON LA ACTIVIDAD SÍSMICA. NÓTESE COMO LA ACTIVIDAD SÍSMICA EN COSTA RICA ES MUCHO MÁS ABUNDANTE ENTRE 0 Y 40 KM DE PROFUNDIDAD. 4

FIGURA 2. MAPA CON LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA SISMICIDAD CON MAGNITUD MAYOR O IGUAL A 5.0 GENERADA EN LA ZONA SUR DEL PAÍS DESDE MAYO DE 2019. SE MUESTRA ADEMÁS LA TAZA DE OCURRENCIA DE LA SISMICIDAD (LÍNEAS DE COLOR GRIS Y VERDE) EN LA ZONA SUR DEL PAÍS (VER MAPA SUPERIOR). 5

FIGURA 3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA GENERADA EN PÉREZ ZELEDÓN DURANTE MARZO DE 2020. 6

FIGURA 4. EL AISLAMIENTO SOCIAL EN COSTA RICA DURANTE LAS ÚLTIMAS SEMANAS, NECESARIO PARA COMBATIR LA PANDEMIA ORIGINADA POR EL COVID-19 QUEDÓ REGISTRADO EN LAS ESTACIONES SISMOLÓGICAS DEL OVSICORI-UNA. DESDE EL 2 Y HASTA LAS 23:59:59 HORAS DEL 5 DE ABRIL, LA DEFORMACIÓN VERTICAL DEL SUELO, GENERADA POR LA DENSIDAD POBLACIONAL Y ACTIVIDAD ANTROPOGÉNICA COTIDIANA, DISMINUYÓ EN 30 NANÓMETROS, UNA DEFORMACIÓN INDUDABLEMENTE IMPERCEPTIBLE AL OJO HUMANO, PERO CUANTIFICABLE UTILIZANDO MÉTODOS E INSTRUMENTACIÓN SISMOLÓGICA MODERNA. 7

1. Resumen general

***Grupo de sismología*:**

Esteban J. Chaves, Marino Protti, Floribeth Vega, Christian Garita, Walter Jiménez y Carlos Sanchez.

Durante el mes de marzo de 2020, la red sismográfica del OVSICORI-UNA localizó un total de 908 temblores distribuidos en el territorio costarricense. De estos, 14 fueron reportados como sentidos al OVSICORI-UNA a través de las distintas redes sociales y la página web. El día sísmicamente más activo fue el día 4 con un total de 54 temblores (Figura. 1) mientras que el día 23 se registra como el menos activo del mes. El evento de mayor magnitud, Ml=5.30, ocurrió el día 7 a las 08:40:46 am, hora local de Costa Rica, a una profundidad de 40 km y se ubicó 1.3 km hacia el Sureste de Finca San Cruz en Buenos Aires de Puntarenas.

Este sismo se generó a lo largo de una falla en el interior de la placa del Coco debido al doblamiento de esta en su proceso de subducción por debajo de la microplaca de Panamá. El evento se reportó como sentido al OVSICORI-UNA por la población de Buenos Aires y Golfito de Puntarenas, Pérez Zeledón, Heredia, Alajuela, San José y Limón. Durante el mes de marzo ocurrieron también, un total de 4 eventos con magnitud local, Ml, entre 4.0 y 5.0 y únicamente 2 temblores con magnitud Ml mayor a 5.0, ambos ubicados en la Zona Sur del país (Figura 1A y 1B). La provincia de Cartago, el cantón de Pérez Zeledón, así como la Península de Osa y la Península Burica, fueron las regiones sísmicamente más activas durante el mes, en estos lugares se presentó abundante microsismicidad, sismos con magnitudes entre -1 y 4.0, además de eventos de magnitud intermedia ($4.0 < M \leq 5.0$). La fuente sísmica en el Valle Central y Pérez Zeledón está asociada al proceso de deslizamiento dinámico de fallas locales, con profundidades no mayores a 10 km, mientras que, en el Pacífico Sur costarricense, la sismicidad fue originada tanto a lo largo de la zona de subducción, donde la placa del Coco interactúa con la microplaca de Panamá, como a lo largo de la porción subducida de la Zona de Fracturas de Panamá a profundidades entre 35 y 45 km.

Debido a la pandemia mundial originada por la diseminación del virus SARS-Cov2 y su enfermedad COVID-19, el Ministerio de Salud de Costa Rica emitió la orden y recomendación de distanciamiento social. Con miles de costarricenses trabajando desde casa, y debido a las restricciones vehiculares instauradas por el gobierno de la República, el ruido sísmico antropogénico ha disminuido significativamente en prácticamente todo el país. Dicha reducción en la vibración del suelo ha quedado registrada en las estaciones sísmicas del OVSICORI-UNA como un cambio en la amplitud de deformación vertical, principalmente a lo largo de las regiones económicamente más activas y, por ende, con mayor densidad poblacional.

2. Actividad sísmica en Costa Rica

Durante el mes de marzo de 2020, la red sismográfica del OVSICORI-UNA localizó un total de 908 sismos, de estos, 14 fueron reportados como sentidos al Observatorio. La lista completa de sismos sentidos, con su respectiva magnitud y ubicación hipocentral, puede ser revisada en la página web del OVISCORI-UNA, utilizando el siguiente enlace: http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php/sentidos-por-mes. Aún nos encontramos trabajando en la completitud del catálogo sísmico para el mes de marzo, por lo que la cantidad total anual de eventos aumentará considerablemente.

La figura 1A muestra un mapa con la distribución espacial de la actividad sísmica en el país durante marzo de 2020. Cada círculo sobre el mapa representa un sismo cuyo tamaño y color corresponde con la magnitud y profundidad hipocentral, respectivamente. En general, la sismicidad en Costa Rica se concentró a profundidades de entre 0 km y 50 km (Figura 1D), con un pico máximo de actividad a los 5 km, correspondiente en su mayoría con actividad que se originó a lo largo de fallas locales, en el interior del país. Amplia microsismicidad, generada frente a las costas del Pacífico Central y Sur ocurrió también a profundidades someras, en fallas ubicadas a lo largo de montañas submarinas o el margen superior de la interfaz, donde la placa del Coco se acopla y subduce por debajo de la microplaca de Panamá (Figura 1A).

El día sísmicamente más activo fue el 4 con un total de 54 temblores (Figura. 1By 1C) mientras que el día 23 se registra como el menos activo del mes. El evento de mayor magnitud, Ml=5.30, ocurrió el día 7 a las 08:40:46 am, hora local de Costa Rica, a una profundidad de 40 km y se ubicó 1.3 km hacia el Sureste de Finca San Cruz en Buenos Aires de Puntarenas.

A continuación, se presenta un resumen detallado de la actividad sísmica en el Valle Central, la Península de Osa y la Península de Burica; las regiones sísmicamente más activas del país durante el mes de marzo de 2020. Con base en los datos observados, se incluye una descripción general de la física de fuente sísmica, responsable de la sismogeneración de dicha actividad en Costa Rica. Se muestra, además, la reducción en la vibración del suelo generado por actividades antropogénicas en la provincia de Heredia debido al distanciamiento social, teletrabajo y restricciones vehiculares instauradas por el Gobierno de Costa Rica como medidas preventivas contra la pandemia del COVID-19.

2.1. Actividad sísmica en la Península de Osa y la Península de Burica

La zona sur del territorio costarricense, principalmente, las regiones que comprenden las Penínsulas de Osa y de Burica, se han destacado como las zonas simotectónicas más activas del país desde el 12 de mayo de 2019, cuando ocurrió un sismo de magnitud momento sísmico, Mw = 6.0, a la 1:24:48 pm, hora local de Costa Rica. Desde entonces, han ocurrido un total de 8 sismos con magnitudes mayores o iguales a 5.0 (Figura 2). Estos temblores han sido reportados como sentidos fuertemente al OVSICORI-UNA por los pobladores de la zona sur del país (Golfito y Corredores de Puntarenas) y de las regiones vecinas en Panamá. El mayor de estos, un evento con magnitud Mw=6.3, ocurrió el 26 de junio a las 11:23:47 am, hora local de Costa Rica, seguido de miles de réplicas que continúan ocurriendo hasta el día de hoy. El último sismo sentido en la zona ocurrió el 13 de marzo, a las 04:46:39, hora UTC, con una magnitud de 5.0, generado por el proceso de subducción de la placa de Nazca por debajo de la microplaca de Panamá. Este evento se ubicó 6.13 km hacia el Noreste de Puerto Armuelles, en Panamá.

La sismicidad a lo largo de la Península de Burica se encuentra mayormente concentrada a lo largo del área de ruptura del sismo de Corredores de Puntarenas, Mw=6.30, del 26 de junio de 2019 (11:23:47, hora local de Costa Rica) (Figura 1). Este terremoto indujo un cambio en la distribución de esfuerzos estáticos a lo largo de fallas o secciones de falla en la vecindad del área de ruptura del evento principal, provocando el deslizamiento inestable en algunas fallas y generando “réplicas” o bien inhibiendo el deslizamiento en otras secciones de falla. La figura 2 muestra la distribución espacial de los eventos con magnitud igual o mayor a 5.0 que han ocurrido desde el mes de mayo de 2019 en la zona sur del país, junto con la taza de ocurrencia de la actividad sísmica localizada por el OVSICORI-UNA en la zona. En la figura, la línea de color gris indica la cantidad de eventos por día centrada en el 12 de mayo de 2019. En color verde, se resalta la secuencia de réplicas del sismo de magnitud, Mw=6.0, del 12 de mayo, la cual está conformada por poco más de 100 temblores. Seguidamente en junio de 2019, se observa como la secuencia sísmica del sismo de Corredores, Mw=6.3, supera en un orden de magnitud (con más de 1000 sismos) la secuencia sísmica generada en el mes de mayo.

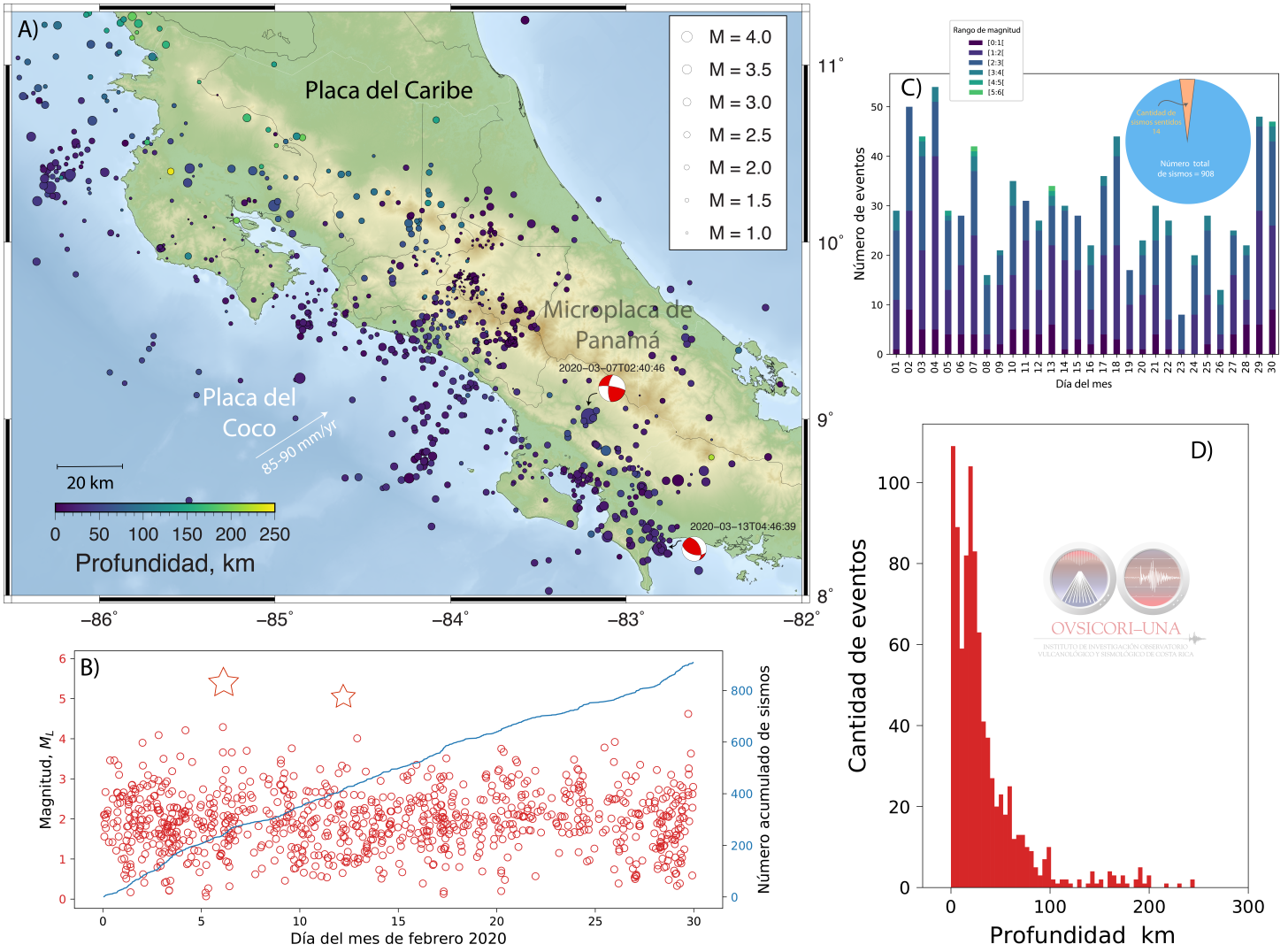


Figura 1. Distribución espacio-temporal de la actividad sísmica en Costa Rica en marzo de 2020. En el panel A) se muestra el mapa con la ubicación hipocentral de la sismicidad localizada por el OVSICORI-UNA. El color y tamaño de cada círculo corresponde con la profundidad y magnitud del evento, respectivamente. Se incluye el mecanismo focal o bola de playa de los dos sismos de mayor magnitud. En el panel B) se muestra la distribución de magnitudes por día, así como la cantidad acumulada de eventos (Línea de color azul) durante marzo. Las estrellas mostradas corresponden con los sismos de mayor magnitud. En el panel C) se presenta un histograma con la cantidad de eventos localizados por día durante el mes de marzo de 2020. El color de cada barra indica el rango de magnitud según la leyenda en el interior de la figura. Finalmente, en D) se muestra un histograma con la distribución de profundidades generadas con la actividad sísmica. Nótese como la actividad sísmica en Costa Rica es mucho

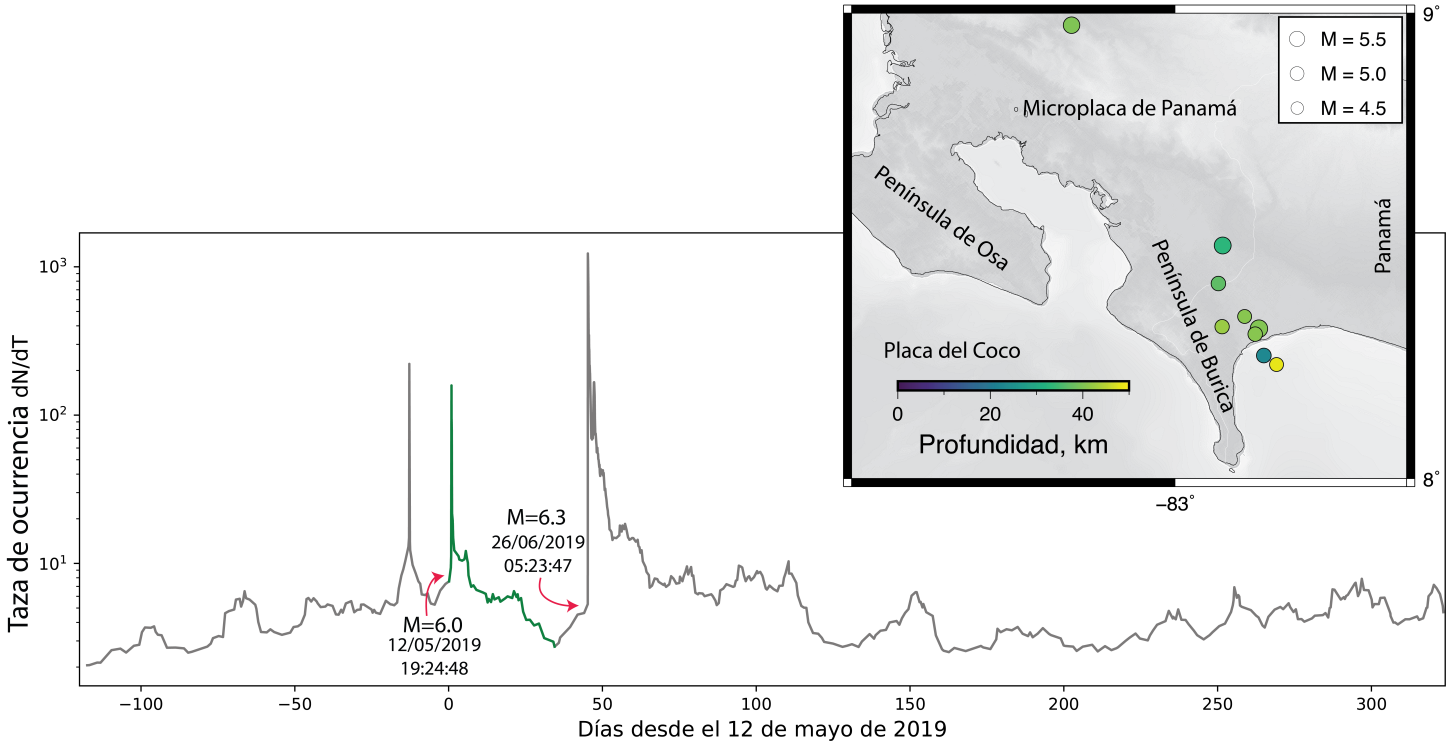


Figura 2. Mapa con la distribución espacial de la sismicidad con magnitud mayor o igual a 5.0 generada en la Zona Sur del país desde mayo de 2019. Se muestra además la taza de ocurrencia de la sismicidad (líneas de color gris y verde) en la zona sur del país (Ver mapa superior). En la figura se indica la hora UTC de ocurrencia de ambos temblores. Nótese como la magnitud de la mayoría de los eventos es muy similar, representado por el tamaño del círculo sobre el mapa.

2.2. Actividad sísmica en el Valle Central y Pérez Zeledón

Similarmente al mes anterior, más de 300 sismos con magnitudes locales, Ml, entre -1 y 3, ocurrieron en el Valle Central durante el mes de marzo. La distribución espacial de la microsismicidad se observa en el mapa de la figura 1. En general, esta sismicidad está distribuida principalmente a lo largo de fallas locales o segmentos de falla, ubicadas entre las provincias de Cartago, San José y en los límites de los cantones de Escazú y Santa Ana. La actividad sísmica en la región no sobrepasa los 15 km de profundidad y dichos puntos se caracterizan por ser los más activos en el Valle Central, junto con el área que comprende los volcanes Irazú y Turrialba. Un total de 4 sismos ocurridos en los cantones de Orosí de Cartago y Alajuelita de San José, fueron reportados como sentidos al OVSICORI-UNA.

Un total de 200 sismos se generaron durante este mes en la cercanía del cantón de Pérez Zeledón y regiones aledañas. La relocalización de la microsismicidad ocurrida en la zona, utilizando métodos de doble diferencia, se presenta en la figura 3. En general, se presenta la distribución espacial de dos alineamientos principales. El primero con orientación Noreste-Suroeste (encerrado en el recuadro de línea continua) y el segundo con orientación Noroeste-Sureste (encerrado en el recuadro de línea punteada) corresponden con actividad sísmica generada a lo largo dos fallas locales con profundidades entre 5 y 15 km. La distribución espacial de la sismicidad es consistente con el régimen de esfuerzos impuesto sobre la corteza continental debido al proceso de subducción de la placa del Coco por debajo

de la microplaca de Panamá.

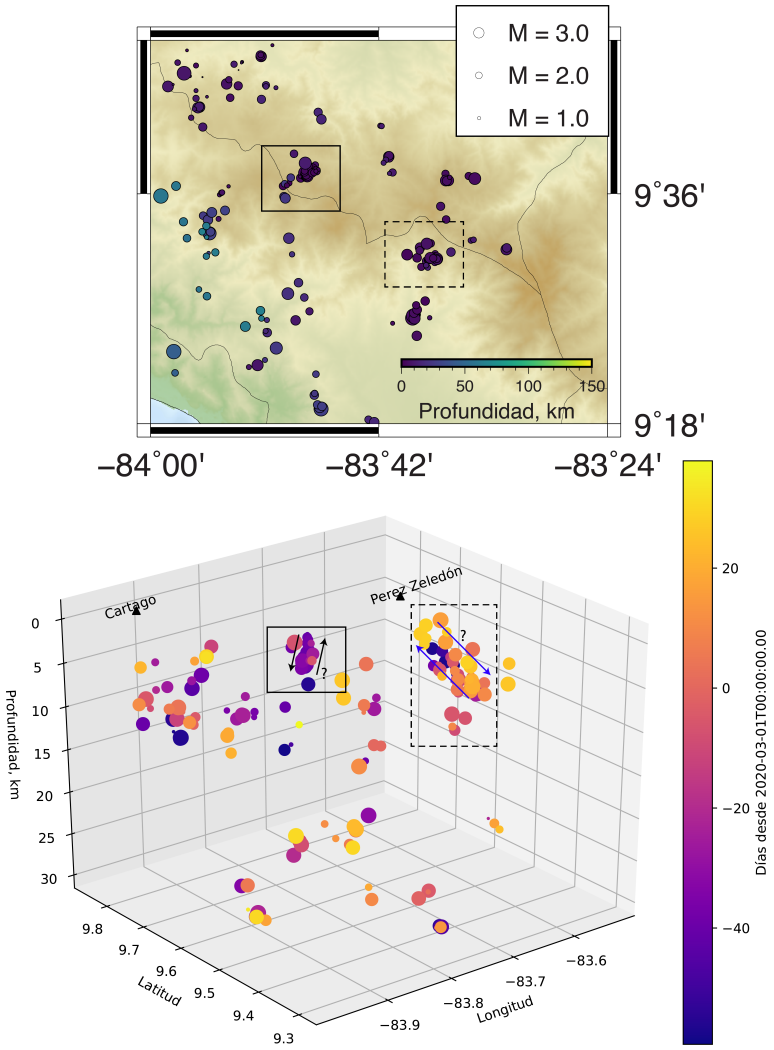


Figura 3. Distribución espacial de la actividad sísmica generada en Pérez Zeledón durante marzo de 2020.

3. Registro sísmico del distanciamiento social debido a la pandemia por el COVID-19

La instrumentación sismológica moderna permite registrar con detalle, además de la ocurrencia de temblores, que se generan a lo largo de fallas activas, vibraciones aleatorias del suelo. Estas vibraciones, conocidas como *ruido sísmico ambiental o registro de fondo*, son originadas por varias

fuentes, entre ellas, la fuente *antropogénica*. Las actividades diarias en la sociedad, como, por ejemplo, saltar, dejar caer objetos, salir a caminar, correr, andar en bicicleta, usar el automóvil, etc. producen un campo de ondas con frecuencias de oscilación por encima de 1 Hz (1 ciclo por segundo).

Típicamente durante los días laborales (L-V), el ruido sísmico antropogénico produce un desplazamiento vertical máximo (hacia arriba o hacia abajo) del suelo del orden de 0.030 micrómetros. Una deformación indudablemente imperceptible al ojo humano, pero cuantificable utilizando métodos e instrumentación sismológica.

Cuando la actividad antropogénica se reduce, como por ejemplo durante las últimas semanas (debido al distanciamiento social necesario para poder combatir el COVID-19 y recomendado por el Ministerio de Salud Pública de Costa Rica), se reduce así también la deformación del suelo. Por ejemplo, en la figura 3 se muestra el registro 3D (desplazamiento, tiempo y frecuencia) de la componente vertical de la estación sísmica del OVSICORI-UNA llamada: HDC3, ubicada en el centro de Heredia, desde el día 2 y hasta las 23:59:59 horas del 5 de abril.

En el espectro de frecuencias de la señal sísmica (representado por las bandas de colores) puede diferenciarse entre los periodos de mucha actividad durante el día y parte de la noche, correspondientes con las bandas de colores más claros o intensos, y los periodos de muy baja actividad antropogénica durante la madrugada, representados mediante las bandas intercaladas de color oscuro, las cuales son regiones con menor poder espectral o intensidad sísmica.

La línea continua de color blanco corresponde con el registro del desplazamiento vertical del suelo cada 3 horas, mientras que la línea punteada de color naranja muestra el mismo registro, pero muestreado cada 48 horas. Claramente, es durante los fines de semana (S-D) cuando se registra una menor actividad antropogénica, con reducciones de hasta 0.01 micrometros (10 nanómetros) en la deformación o vibración vertical del suelo. Debido al distanciamiento social en las últimas semanas, la amplitud máxima en la deformación vertical del suelo disminuyó en 30 nanómetros, dándose un cambio significativo en el registro sísmico de fondo.

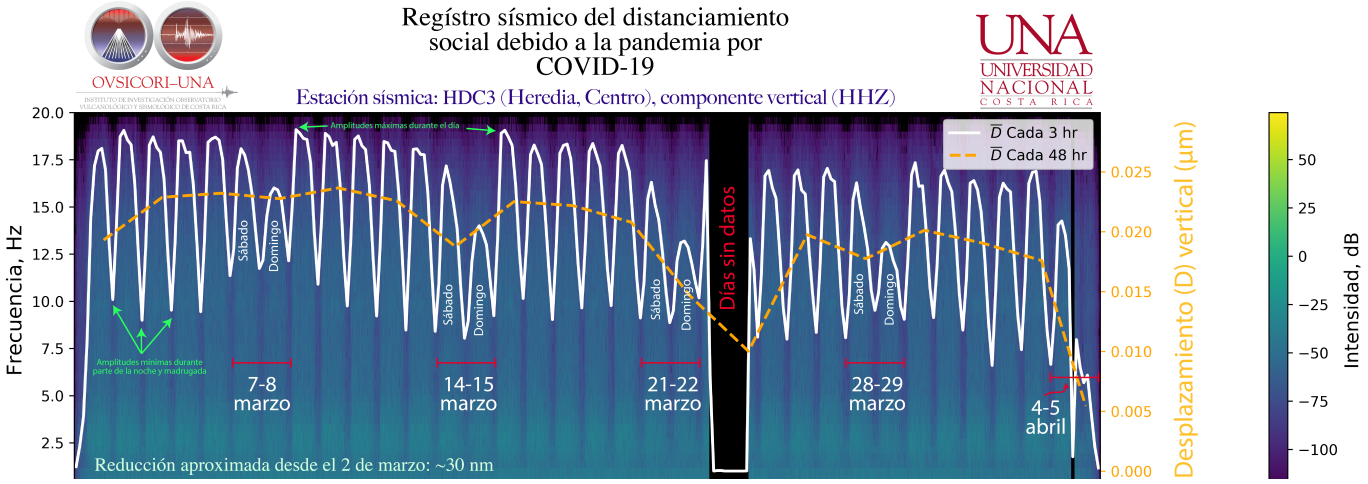


Figura 4. El aislamiento social en Costa Rica durante las últimas semanas, necesario para combatir la pandemia originada por el COVID-19 quedó registrado en las estaciones sismológicas del OVSICORI-UNA. Desde el 2 y hasta las 23:59:59 horas del 5 de abril, la deformación vertical del suelo, generada por la densidad poblacional y actividad antropogénica cotidiana, disminuyó en 30 nanómetros, una deformación indudablemente