

Sismotectónica en Costa Rica

OVSICORI Universidad Nacional

BOLETÍN ANUAL, 2021

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA SISMICIDAD EN COSTA RICA DURANTE EL AÑO 2021

Un total de 13,016 sismos, con un rango de magnitud momento sísmico (M_w) de entre $-1,0$ y $6,5$, fueron localizados por la red sismográfica del OVSICORI-UNA durante el año 2021. De estos, 171 eventos fueron reportados como sentidos por la población costarricense mediante las redes sociales del OVSICORI-UNA en Facebook y Twitter. Del total de sismos sentidos y reportados, el 71,4% ocurrieron fuera de la jornada laboral ordinaria (L – V, 8am – 5pm). El 2021 es el segundo año sísmicamente más activo en Costa Rica desde el 2010, cuando inició la era digital en el observatorio, superado únicamente por el 2020 con un total de 13,207 eventos sísmicos (Ver figura 1).

El mapa de la figura 2 muestra la distribución espacial de los sismos sentidos en el país durante el 2021. El listado completo que incluye la ubicación, el tiempo de origen, la magnitud y la profundidad de los eventos sentidos, puede ser revisado de manera gratuita por medio de la página web del OVSICORI-UNA: <http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php/sismos-sentidos>.

Productividad sísmica mensual y sismos de mayor magnitud

Durante el 2021, el periodo sísmicamente más activo correspondió con el mes de marzo, cuando se localizó un total de 1,343 eventos, mientras que el mes con la menor cantidad de sismos fue noviembre, con un total de 828 eventos (figura 3). Durante este mismo año, ocurrieron un total de 4 sismos con magnitud momento (M_w) mayor a 6. Estos se registraron en los meses de julio y noviembre, siendo el sismo del 21 de

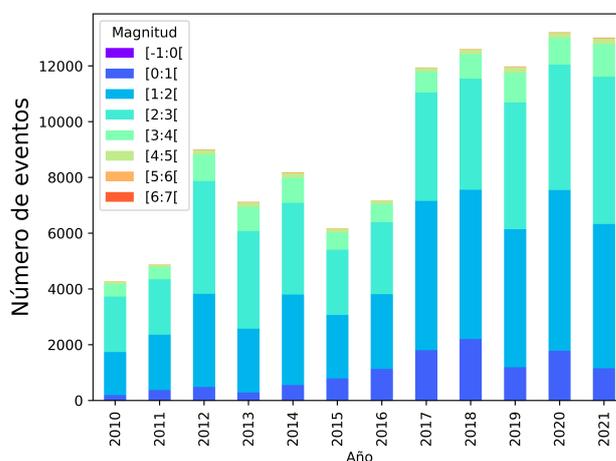


Figura 1: Histograma mostrando la cantidad anual de sismos localizados manualmente en Costa Rica por la red sismográfica del OVSICORI-UNA desde el 2010. Los colores indican el rango de magnitud local.

julio, a las 15:15 hora local, el de mayor magnitud registrado y localizado por el Observatorio durante el año 2021. La tabla 1 resume los parámetros sísmicos de estos 4 eventos.

La distribución temporal de los sismos sentidos en Costa Rica desde el 2010 hasta el 31 de diciembre de 2021 muestra una clara tendencia, donde, por ejemplo, los meses de abril, julio y octubre exhiben una mayor cantidad de reportes de sismos sentidos, mientras que durante los meses de marzo, junio, agosto y diciembre hay una menor cantidad de reportes por parte de la población (figura 4). A pesar de que la tendencia de sismos sentidos en Costa Rica se ha mantenido desde el año 2010, es necesario realizar un estudio detallado para comprender mejor los procesos que pueden estar asociados a la generación y percepción de sismos durante los periodos descritos anteriormente.

Fecha	Hora Local	Latitud	Longitud	Profundidad (Km)	Magnitud	Epicentro
2021 – 07 – 17	14 : 56	6,7831	–82,9915	8,63	6,28	185 km Suroeste de David, Panamá
2021 – 07 – 21	15 : 15	7,4915	–82,8555	57,37	6,56	45 km sur de Punta Burica
2021 – 11 – 08	20 : 53	10,7443	–86,6569	45,06	6,09	98 km al Noroeste de Santa Elena, Guanacaste
2021 – 11 – 09	00 : 25	10,8603	–86,6443	37,41	6,10	110 km al Oeste de Hacienda Murciélago de la Cruz, Guanacaste

Tabla 1: Parámetros de los sismos ocurridos en Costa Rica con magnitud $M_w \geq 6$, durante el año 2021.

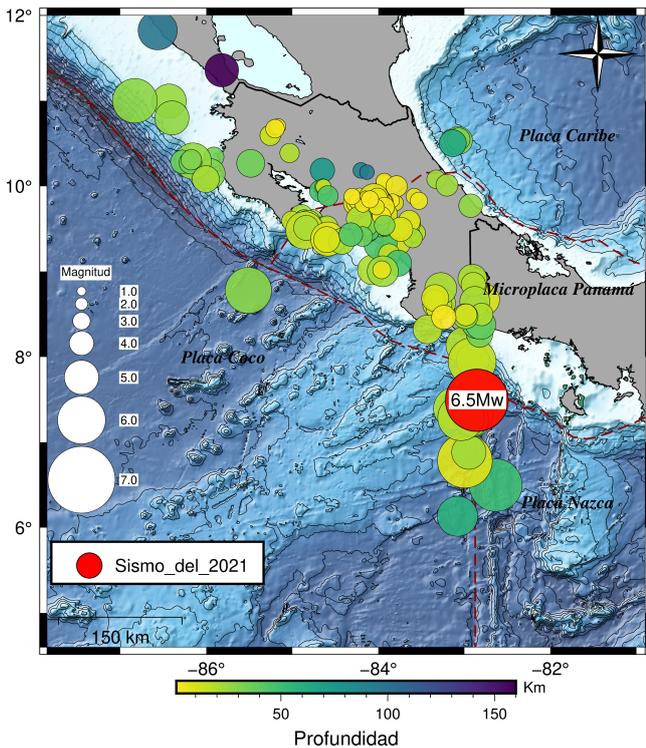


Figura 2: Mapa de Costa Rica mostrando la distribución espacial de los sismos sentidos en Costa Rica durante el año 2021. El color y tamaño de los círculos representa la profundidad y magnitud de los sismos, respectivamente. El evento en color rojo corresponde con el sismo de mayor magnitud ocurrido durante el año.

Actividad sísmica ocurrida en Costa Rica durante los fines de semana y fuera de las horas de jornada laboral ordinaria

Desde el año 2010, la red sismográfica del OVSICORI-UNA ha localizado un total de 111567 sismos dentro del territorio nacional. Los sistemas y equipos sismológicos que el Observatorio opera a lo largo de todo el país funcionan de manera continua: 24 horas al día, durante todos los días del año. Es gracias a esto que, por ejemplo, la población nacional e internacional tiene acceso a las alertas automáticas de sismos (publicadas en la redes sociales del OVSICORI-UNA), las cuales, le permiten a las personas usuarias, conocer en menos de dos minutos, la magnitud, tiempo de origen y epicentro de los temblores que ocurren en el país diariamente. Sin embargo, el escaso personal con que cuenta el OVSICORI-UNA le impide cubrir jornadas laborales fuera del horario habitual de 8:00 AM a 5:00 PM, 5 días a la se-

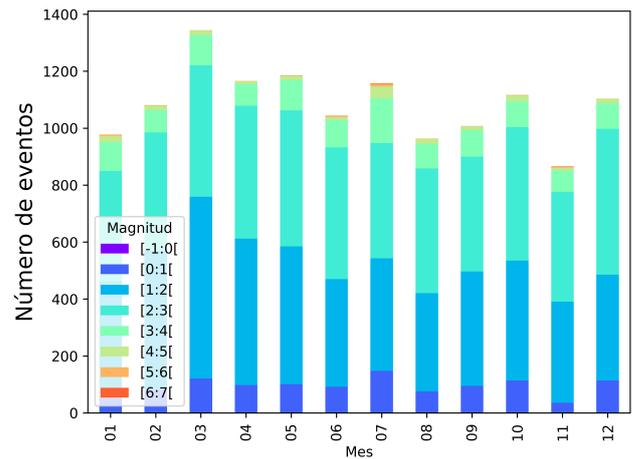


Figura 3: Histograma mostrando la cantidad de sismos localizados manualmente en función del mes durante el 2021. Los colores indican el rango de magnitud local.

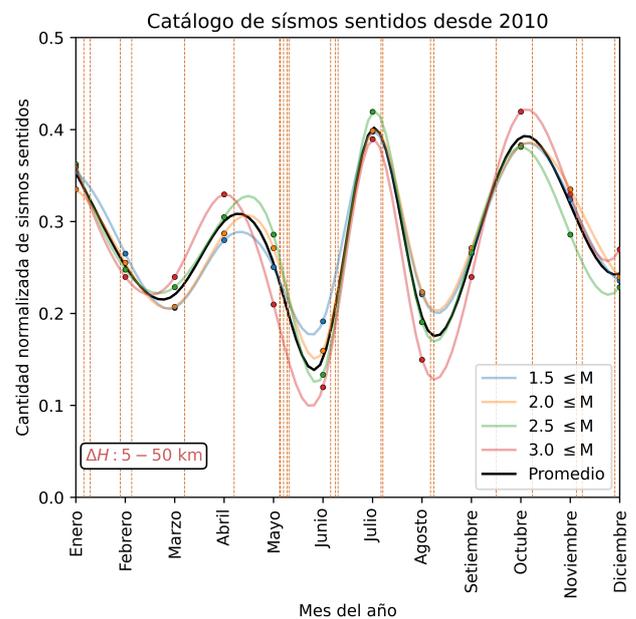


Figura 4: Conteo mensual de sismos sentidos en Costa Rica desde 2010 hasta el 2021.

mana. Aún así, la entrega es tal, que tratamos, dentro de lo humanamente posible, no interrumpir el servicio que brindamos.

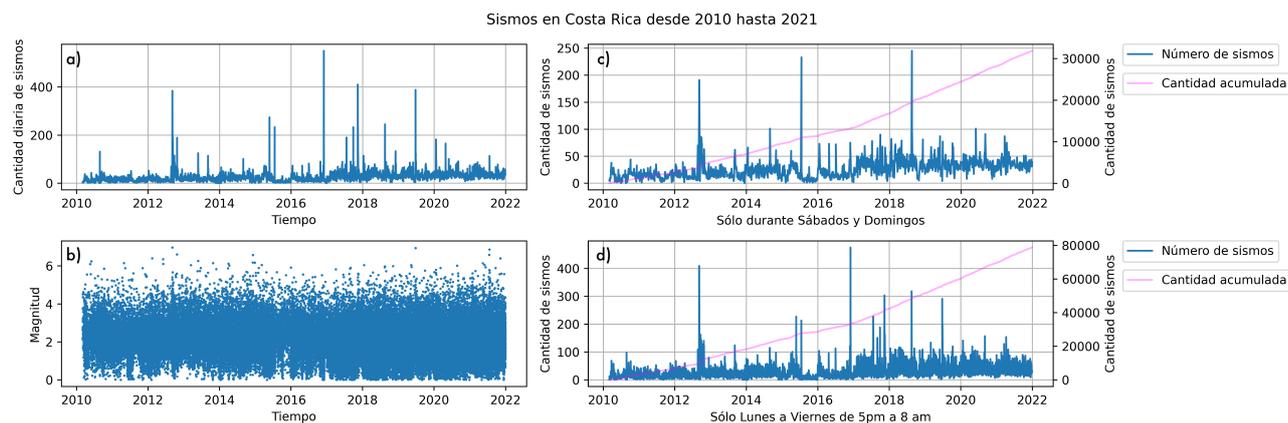


Figura 5: Conteo de sismos desde el 2010 hasta el 31 de diciembre de 2021. El panel a) muestra el conteo diario de sismos ocurridos en Costa Rica durante el periodo de estudio. La distribución por magnitudes que conforma el catálogo sísmico se observa en el panel b). El conteo de sismos ocurridos en el país durante los fines de semana (sábados y domingos) se observa en el panel c), mientras que los sismos que ocurren fuera de la jornada laboral ordinaria (L – V, 8am – 5pm) se muestra en el panel d).

La cobertura alrededor de todo el territorio nacional, la robustez de los equipos y los sistemas, así como la calidad en los registros continuos tanto de señales sísmicas como geodésicas han permitido que el **OVSICORI-UNA** avance cada vez más en la comprensión de los procesos geodinámicos que ocurren en el país y, a su vez, contribuir en la actualización constante de las políticas de ordenamiento territorial y el mejoramiento permanente del código sísmico de construcción en el país, a cargo de otras instituciones profesionales y del estado. Toda esta inversión tanto económica como de tiempo en investigar los distintos procesos geodinámicos que ocurren en el país, son con la finalidad de salvaguardar las vidas de los ciudadanos y mitigar en la medida de lo posible los daños ocurridos por desastres naturales como temblores y/o erupciones volcánicas.

En la figura 5 se muestra la cantidad diaria de sismos (panel a) con sus respectivas magnitudes (panel b) ocurridos en Costa Rica desde el 2010 y que conforman parte del catálogo sísmico del **OVSICORI-UNA** hasta el 31 de diciembre del 2021, este período corresponde con la era digital y actual del **OVSICORI-UNA**. Sin embargo, el catálogo sísmico del **OVSICORI-UNA** esta conformado adicionalmente por 100,000 eventos localizados entre 1984 y 2010, correspondiendo con la era analógica de los sistemas de registro.

Debido a la naturaleza y la labor desarrollada en el **OVSICORI-UNA**, la vigilancia tanto sísmica como volcánica es completamente necesaria para el país. Por ejemplo, del total de temblores (111567) que han ocurrido en este periodo (2010-2021), el 70,5 %, es decir 78725 eventos (figura 5, panel c), han ocurrido fuera de la jornada laboral ordinaria (L – V, 8am – 5pm), mientras que 31786 (28,49%) sismos (figura 5, panel d) ocurrieron durante los fines de semana (sábados y domingos). La cantidad restante de eventos, que conforman el $\sim 1,01\%$, ocurrieron dentro de la jornada laboral ordinaria (L – V, 8am – 5pm). Esto demuestra el compromiso y dedicación del Observatorio y su personal por mantener actualizado el estado de la actividad sísmica y volcánica en Costa Rica.

ZONAS SÍSMICAMENTE MÁS ACTIVAS DEL PAÍS

Costa Rica se encuentra ubicada en un entorno altamente geodinámico, caracterizado por una intensa actividad tectónica y volcánica. El principal mecanismo responsable de la tectónica, el vulcanismo y la alta topografía de Costa Rica es la subducción activa de la placa de Coco por debajo de la placa del Caribe y la micro placa de Panamá en el margen Pacífico del país (figura 6). Durante el año 2021, las regiones sísmicamente más activas del país fueron: el Valle Central, El pacífico Norte, Pacífico Central y el Pacífico Sur, principalmente a lo largo de la Zona de Fracturas de Panamá y la Península de Burica. A continuación se presenta un resumen con la descripción de los principales eventos ocurridos en las regiones anteriormente mencionadas.

Sismicidad en el Pacífico Norte

La batimetría de la placa del Coco que se subduce bajo la Península de Nicoya, se caracteriza por ser relativamente lisa en comparación con la batimetría en la zona del Pacífico Central y Sur. El extremo sur de la península coincide con el límite liso-rugoso (RSB), que marca la transición hacia los montes submarinos del Pacífico Central (Morell, 2016). Dicho límite también marca la transición entre rocas más viejas y frías, a rocas más recientes y calientes. La diferencia de temperatura, reología, fricción, entre otros, establece una diferencia en la sismogénesis en la región de Nicoya en comparación con la del resto del país.

Durante los meses de octubre y noviembre del 2021, se registró un aumento significativo en la sismicidad al norte de la Península de Nicoya, concentrada principalmente en el segmento sísmico de Papagayo (figura 7). Este incremento en la actividad sísmica coincide espacial y temporalmente con el patrón de deformación observado en las estaciones GNSS, por lo que, dicho incremento puede estar asociado a la ocurrencia de sismos lento (deslizamiento asísmico), como respuesta al cambio de esfuerzos impuesto a lo largo de una

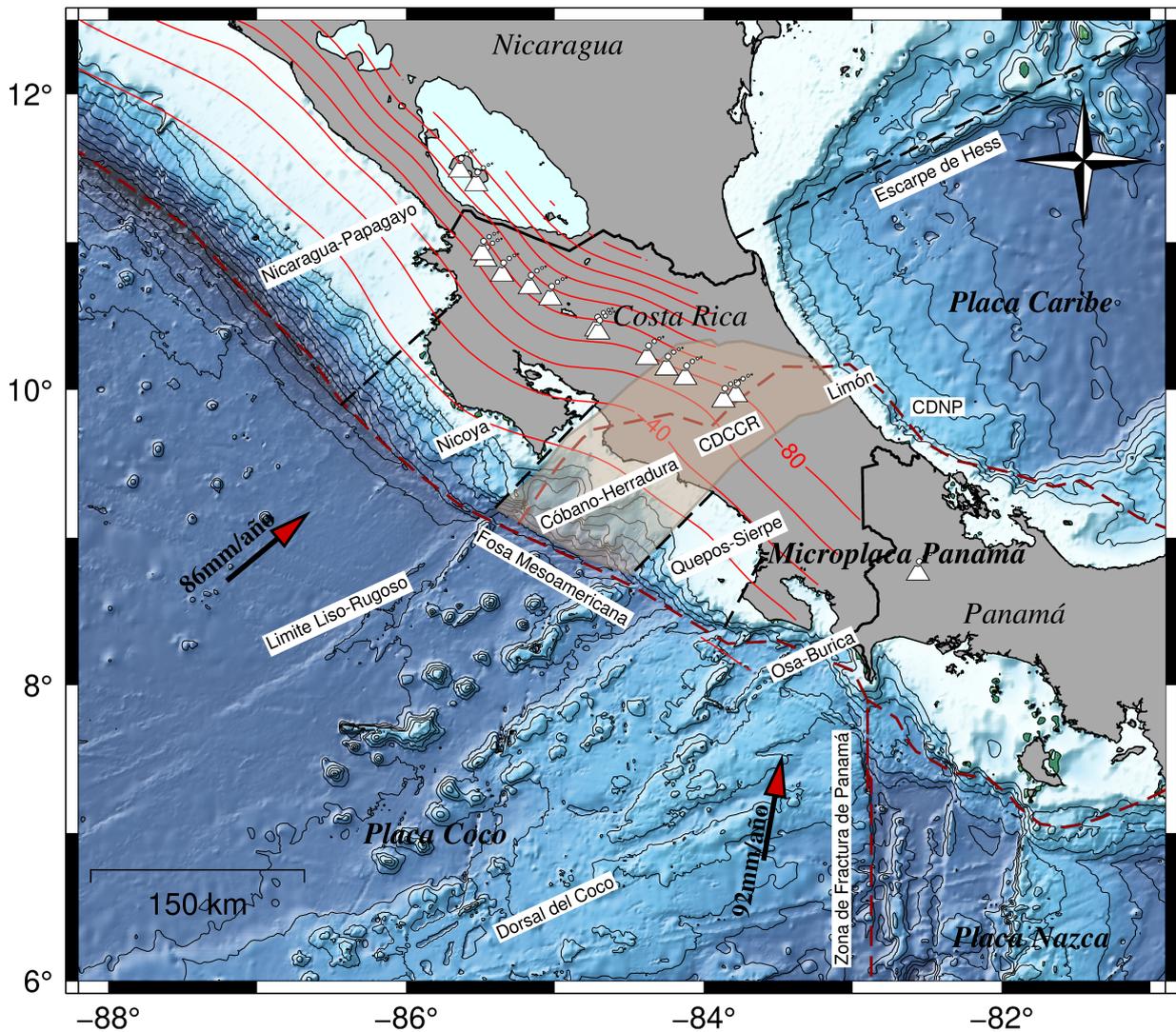


Figura 6: Mapa con la descripción de las principales características y segmentos sismo-tectónicos de Costa Rica.

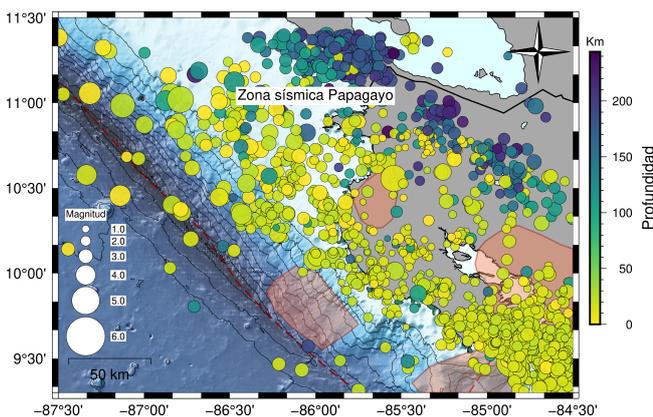


Figura 7: Mapa de la sismicidad en la región del Pacífico Norte - Guanacaste, durante el 2021. El color y tamaño de los círculos representa la profundidad y magnitud de los sismos, respectivamente. Las zonas marcadas en rojo representan áreas de ruptura de sismos lentos.

sección de la interfaz donde la placa del Coco se subduce por debajo de la placa del Caribe.

Similarmente, en la parte sur de la Península se han regis-

trado sismos lentos con un periodo de recurrencia de aproximadamente 22 meses, específicamente entre Jacó en el Pacífico Central y la Isla Chira, así como en la región entre playa Garza y en la zona de Coco-Brasilito (Voss et al., 2018). La sismicidad en el resto de la provincia de Guanacaste es principalmente producida por los procesos de subducción bajo la corteza continental, deformación interna de la porción subducida de la placa del Coco y deformación de la corteza de la placa del Caribe, así como sismicidad asociada a procesos volcánicos.

Al nivel de deformación cortical, se detectó a partir de finales de 2020, un cambio en el patrón (magnitud y dirección) de la deformación cortical en el noroeste del país. Entre 2018 y 2020, las velocidades de las estaciones GNSS (figura 8, panel a) en esta zona presentan generalmente una dirección noroeste, casi paralela a la geometría de la Trincheras Mesoamericana. Sin embargo, desde finales del 2020 y hasta la fecha de este informe, se observó una rotación en al menos 7 de las estaciones GNSS que monitorean el NorOeste de Costa Rica (elipse de color verde en la figura 8, panel b). La rotación de los vectores de velocidad en dirección del segmento sísmico de Papagayo podría indicar una disminución del acoplamiento elástico generada por un proceso transito-

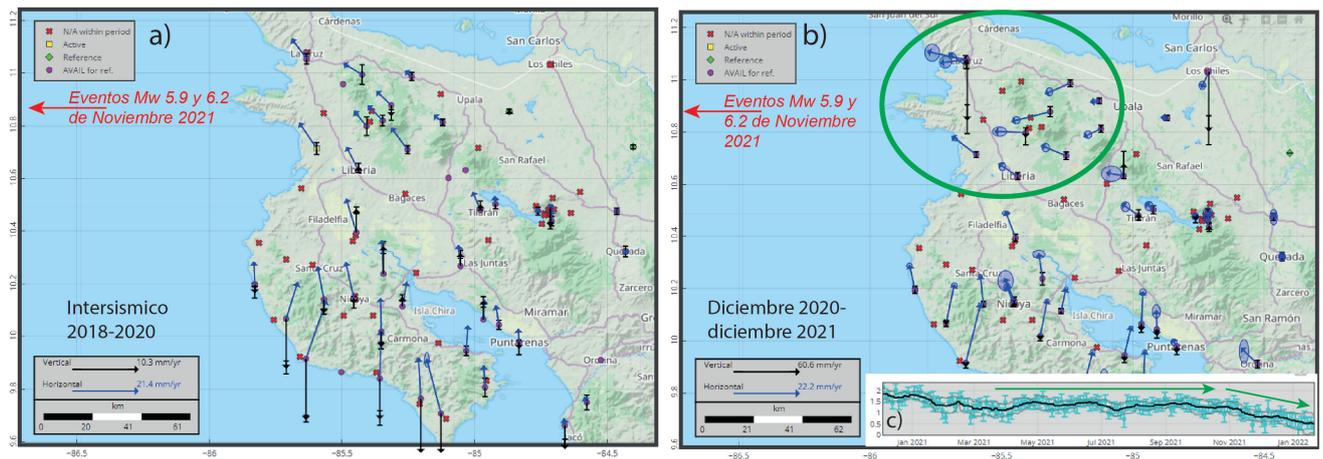


Figura 8: Velocidades de la corteza del norte de Costa Rica, medida por GNSS. a) velocidades 2018-2020. Las flechas azules y sus respectivos elipses muestran las velocidades horizontales e incertidumbres. Flechas negras y su barra de error muestran las velocidades verticales e incertidumbres, respectivamente. b) Velocidades de diciembre del 2020 a diciembre del 2021. El elipse verde encierra las estaciones GNSS con un cambio de velocidad. c) La serie de tiempo en el componente oeste, del GNSS continuo en la Cruz muestra un aumento significativo de la velocidad en dirección de la trinchera.

rio asísmico, como por ejemplo, un sismo lento, que ocurrió a lo largo de la interfaz donde la placa del Coco interactúa con la placa del Caribe.

Desde final de septiembre de 2021, esta tendencia parece haber aumentado como lo muestra la serie de tiempo del GNSS continuo en la Cruz (figura 8, panel c). Un hecho interesante es que esta aceleración hacia el oeste se ha repetido en varias ocasiones en los últimos 3 años, aunque con un amplitud menor. Es necesario investigar con mayor profundidad para corroborar la relación entre los cambios observados en los datos de GNSS y las secuencias sísmicas ocurridas el día 09 del mes de noviembre de 2021.

Sismicidad en el Pacífico Central

La actividad sísmica en el Pacífico Central para el 2021 estuvo concentrada especialmente en el sector sismo-tectónico conocido como Cóbano-Herradura (figura 9), es una zona compuesta por montañas submarinas (Morell, 2016) que influyen en la sismicidad frente a las costas de Jacó, Esterillos y Quepos. Se definieron dos regiones dentro de este sector donde se concentra la sismicidad de dicha zona. Ambos grupos tienen una orientación aproximada Norte-Sur, casi perpendicular a la dirección de subducción de la placa del Coco.

El primer grupo (C1, figura 9) se ubica en la entrada del Golfo de Nicoya, donde se localizaron eventos sísmicos con profundidades entre 17 y 40 km, lo que corresponde a fallamiento a lo largo de la interfaz Coco-Caribe y el fallamiento interno en la placa del Coco. El segundo grupo (C2, figura 9) está ubicado frente a las costas de Jacó y Esterillos, en donde la sismicidad se encuentra a profundidades de entre los 4 a 15 km, esta sismicidad se asocia principalmente a fallamiento en la corteza continental.

Esta es una zona tectónicamente compleja, dominada por la subducción de montañas submarinas, roquedades y sedimentos poco consolidados y saturados con fluidos. Todas estas características producen variaciones laterales y en profundidad en las propiedades mecánicas de la roca, generando,

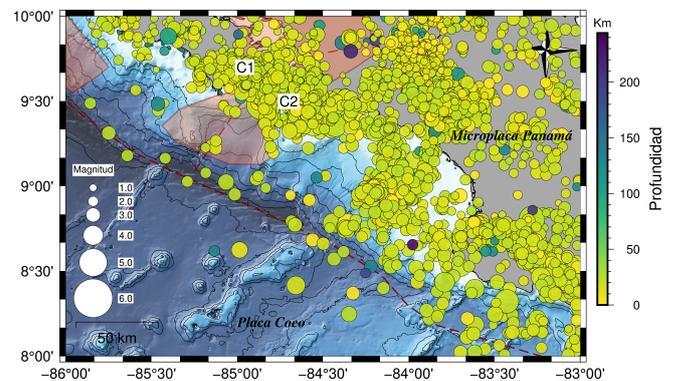


Figura 9: Mapa de la sismicidad en la región del Pacífico Central durante el 2021. El color y tamaño de los círculos representa la profundidad y magnitud de los sismos, respectivamente. Las zonas marcadas en rojo representan áreas de ruptura de sismos lentos.

por ejemplo, tanto deslizamiento sísmico (terremotos) como asísmico (sismos lentos).

Sismicidad en el Pacífico Sur y Zona de Fractura de Panamá

Las costas del Pacífico Sur de Costa Rica se caracterizan por tener una batimetría muy variada en un espacio relativamente pequeño. En la parte norte, limitando con el Pacífico Central, se encuentra la cadena montañosa del Coco (Morell, 2015). Esta es una cadena montañosa formada en el punto caliente de los Galápagos, que actualmente se subduce bajo de la Península de Osa y Burica. Hacia la Península Burica, se genera un punto triple debido a la subducción bajo la microplaca de Panamá del límite transformante entre la placa del Coco y la placa Nazca, conocido como la Zona de Fracturas de Panamá (ZFP). Las diferencias batimétricas entre el punto más alto de la cordillera del Coco y el punto más bajo de la ZFP puede alcanzar los 2500m (Morell, 2016). Dicha configuración tectónica contribuye generalmente a que el Pacífico

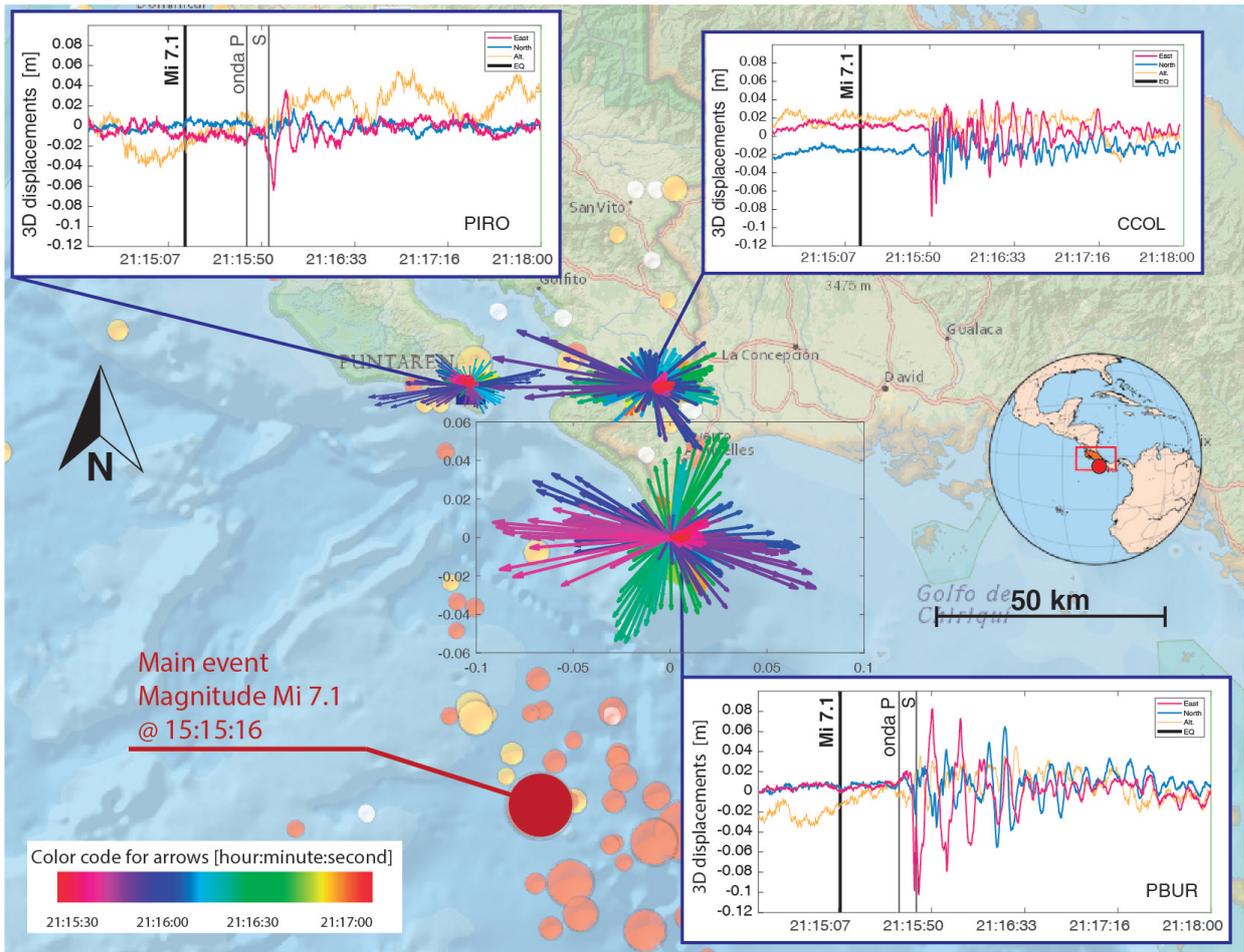


Figura 10: Movimientos registrados en las estaciones GNSS de PIRO, CCOL y PBUR. Los gráficos muestran los desplazamientos en las componentes este (magenta), norte (cian) y altura (anaranjado) entre 21:15 y 21:18 hora UTC. Las líneas verticales muestran el tiempo del evento principal (negrita) así como el tiempo de las llegadas de las ondas P y S en cada estación. En el mapa se muestra para cada estación los vector de desplazamiento 2D (las flechas de color) de los gráficos. Los colores de los vectores son en función del tiempo (por ejemplo: 21:15:30 en rojo y 21:16:00 en azul, ver leyenda para más detalle).

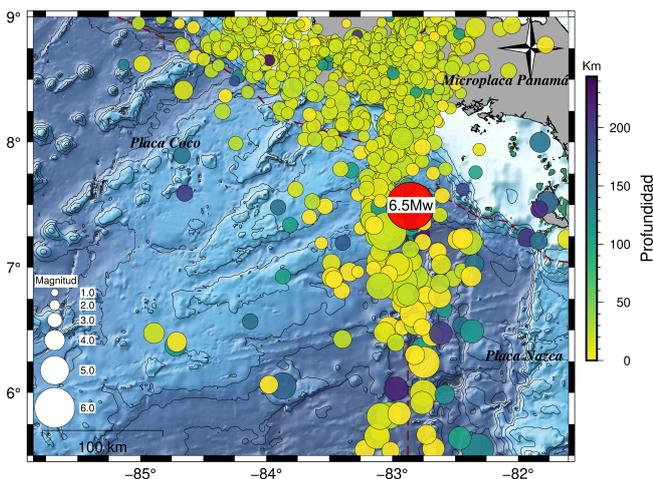


Figura 11: Mapa de la sismicidad en la región del Pacífico Sur y la Zona de Fracturas de Panamá durante el 2021. El color y tamaño de los círculos representa la profundidad y magnitud de los sismos, respectivamente.

Sur y la Zona de Fracturas de Panamá sean una de las regiones sísmicamente más activas de Costa Rica, cuya expresión se manifestó durante el mes de julio, cuando se generó el

sismo más grande del 2021 en el país.

Tan sólo durante los primeros 4 meses del 2021 se registraron en Punta Burica un total de 301 eventos, con un rango de magnitud local que varía entre 1,5 y 5,6. Estos eventos se localizaron entre 0 y 20 km de profundidad. Posteriormente, una importante cantidad de eventos ocurrieron de manera sostenida hasta el día 17 de Julio, cuando un sismo con magnitud 6,2 Mw, ocurrió en el segmento norte de la ZFP. Este sismo fue el premonitor de una abundante secuencia sísmica generada por el evento del 21 de julio, el cual tuvo una magnitud de 6,8 Mw, y fue el sismo de mayor magnitud registrado en Costa Rica durante el 2021 (figura 11). El epicentro de este temblor se ubicó 45 km al sur de Punta Burica, a 10 km de profundidad. Dada la ubicación epicentral del evento, así como la poca cobertura azimutal de la red sísmica del OVSICORI-UNA en la región, para poder capturar la mayor cantidad de réplicas se utilizaron métodos modernos de computación avanzada, específicamente Deep Learning, con los cuales se lograron detectar hasta 700 réplicas registradas en la estación PBUR, ubicada en el extremo sur de la Península Burica. Dicha secuencia sísmica continúa actualmente.

Además de la red sísmica, el sismo principal del 21 de Julio fue detectado por los receptores de observación satelital

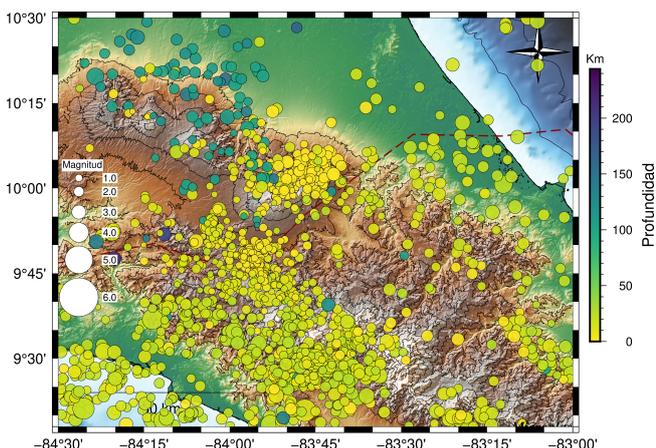


Figura 12: Mapa de la sismicidad en la región del Valle Central durante el 2021. El color y tamaño de los círculos representa la profundidad y magnitud de los sismos, respectivamente.

GNSS (Global Navigation Satellite System) de la zona. A diferencia de los sismómetros, los equipos GNSS detectan la deformación del suelo asociada a la ocurrencia de sismos con magnitud momento (M_w) mayor a 5 y su señal no se satura en el campo cercano (como sí ocurre con las estaciones sismológicas) debido al rango dinámico instrumental y la frecuencia de la señal registrada. Por lo tanto, las estaciones GNSS son un excelente complemento a los equipos sismológicos.

Para este sismo, se procesaron los datos GNSS midiendo los satélites de las constelaciones GPS de los EE.UU. y GLO-NASS de Rusia con el servicio de Precise Point Positioning del Natural Resources Canada. El procesamiento calcula la posición en 3D, 5 veces por segundos (5 Hz) por cada sitio GNSS.

La estación PBUR ubicada en la punta de la Península de Burica registró los movimientos más importantes, con una oscilación de hasta ~ 18 cm (figura 10, gráfico esquina inferior derecha). A 15:15:28 hora local (20 segundos después del evento), la onda P empujó la estación hacia el noreste (3 cm), luego, con la llegada de la onda S, la estación se desplazó ~ 10 cm hacia el oeste (casi perpendicular a la dirección del evento).

Posteriormente, en la misma estación se observó una oscilación perpendicular, la cual podría estar relacionada con el efecto producido por la llegada del tren de la onda Love (figura 10, flechas de magenta y azul perpendicular a las flechas verdes en el mapa). Esta segunda oscilación tuvo una amplitud máxima de 12 cm. En la estación de Caracol y en la punta sur-oeste de la península de Osa (CCOL y PIRO figura 10), se registraron patrones de oscilación verticales similares, con amplitudes máximas de 5 cm.

A pesar del fuerte movimiento producido por la llegada de las ondas sísmicas y la duración del mismo (2 minutos), no se detectó un movimiento cosísmico residual en las estaciones GNSS. En otras palabras, después de las oscilaciones provocadas por la llegada de las ondas sísmicas, el sitio se regresó a la misma posición, apuntando un movimiento elástico, sin cambio significativo en el campo de esfuerzo de la placa Caribe.

Sismicidad en el Valle Central

Desde la entrada a la Península de Nicoya hasta el sector de Guápiles en Limón, se encuentran varios sistemas de fallas con geometría de tipo corrimiento sinistral SO-NE y dextral NO-SE, conocido como el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR) (línea roja punteada, figura 6 y 12), el cual continúa hacia el Cinturón Deformado del Norte de Panamá (CDNP) (línea roja punteada, figura 6) por el sector sur del Caribe con fallas tipo inversas. En conjunto, estos sistemas de fallas conforman el límite noroeste de la Microplaca de Panamá (Montero, 2001). Hubo actividad intensa en el 2021 a lo largo de los sistemas de fallas de Aguacaliente y el Río Navarro, que delimitan el Valle Central al sur de San José y hacia al este de la ciudad de Cartago.

La deformación superficial en la corteza en la región sur de San José, generó durante el 2021 una serie de enjambres entre las comunidades de Higuito y Los Guido de Desamparados. El primero de estos enjambres ocurrió entre el 30 y 31 de enero, con más de 80 microsismos con magnitudes momento sísmico, $0 \leq M_w \leq 3$. El estudio de este enjambre indicó la presencia de 14 familias de sismos repetidos con periodos de retorno de entre minutos a pocos años, sugiriendo un deslizamiento lento. Posteriormente el 19 de julio se presentó un segundo enjambre con 75 eventos. El evento principal tuvo una magnitud de 4.6 M_w , y fue localizado a 8 km de profundidad. Dichos enjambres pueden asociarse a la dislocación de la falla Aguacaliente, ya que el tensor momento del evento del 19 de julio tiene movimiento tipo sinistral, el cual coincide con la cinemática de dicha falla (Montero et al., 2005). Cabe destacar que este enjambre ha sido recurrente desde el año 2014.

En la provincia de Cartago, durante los meses de julio y agosto se localizaron varios enjambres hacia el sur de la ciudad. La re-localización hipocentral de dicha sismicidad, utilizando métodos de doble diferencia, permitió definir más claramente la falla causante de estos enjambres, ubicándose al extremo Este del sistema de fallas Aguacaliente, cerca de la intersección con la falla Navarro. Asimismo, gracias a la re-localización de los eventos se determinó la presencia de una falla no descrita anteriormente, a la cual se le denominó falla San Cristóbal. Dicha falla tiene una orientación SO-NE, paralela a las fallas Tarrazú Norte y Tarrazú Sur del sistema de fallas Navarro. Con base en la distribución espacial de la sismicidad, dicha falla tiene una longitud aproximada de 10 km, e interseca las fallas Navarro y Cangreja. El tensor de momento sísmico para los sismos de esta falla muestran un movimiento de tipo sinistral, por lo que se considera que es parte del sistema de fallas Navarro.

Sismicidad en la región Caribe

Debido a sus características geológicas, la región del Caribe costarricense se caracteriza por tener una baja tasa de sismicidad en comparación con el resto del país. Sin embargo, esta región tiene el potencial para generar eventos de gran importancia, como lo fue el Terremoto del Valle de la Estrella ($M_w = 7,7$), del 22 de abril de 1991.

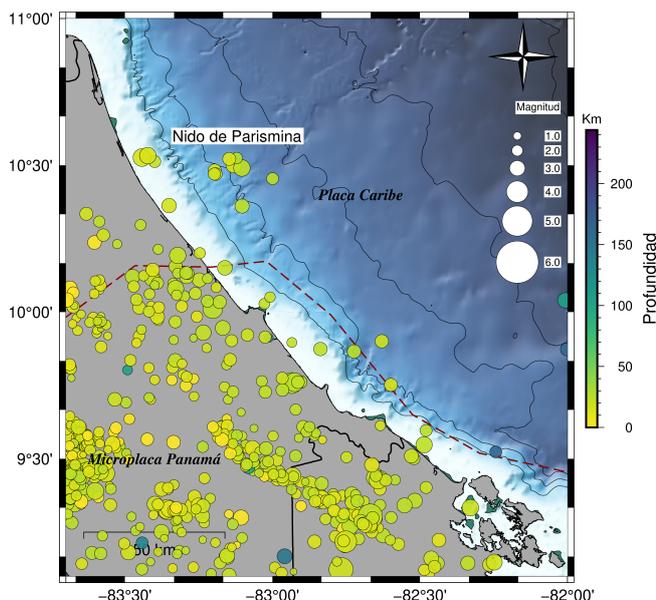


Figura 13: Mapa de la sismicidad en la región Caribe durante el 2021. El color y tamaño de los círculos representa la profundidad y magnitud de los sismos, respectivamente.

Una de las zonas sísmicamente más activas en el Caribe, es el llamado Nido de Parismina (figura 13), localizado específicamente en el Caribe Norte, hacia la desembocadura del río Parismina, donde interactúan el Escarpe de Hess, la Depresión de Nicaragua y el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR) junto con el Cinturón Deformado del Norte de Panamá (CDNP) (figura 6). La sismicidad en esta zona es de tipo enjambre, que se repite en periodos o pulsos cada 500 días ($\sim 1,4$ años), con sismos a profundidades de entre 15 y 30 km.

Durante el mes de setiembre del 2021 se registró actividad sísmica en esta zona. Los mecanismos focales calculados para los sismos históricos de mayor magnitud en la zona, muestran una geometría del tipo sinistral con componente normal, consistente con la geología local y régimen de esfuerzos. Durante el mes de setiembre del 2021, se registró, además, en la zona del Parque Nacional Braulio Carrill, cerca de Sarapiquí de Heredia, un enjambre con 67 eventos con un rango de magnitud momento (M_w) entre 0,1 y 2,6. Estos eventos fueron relocados utilizando el método de doble diferencia, ubicándose finalmente a profundidades de hasta 2,8 km. Mediante la correlación cruzada de las formas de onda de todos los eventos que conformaron este enjambre, se detectó la presencia de una familia de sismos repetidos. El origen de este enjambre pudo estar asociado a la falla Hondura, ubicada en el Bajo de La Hondura, entre el Volcán Barva y el Volcán Irazú. Sin embargo, se necesitan más estudios sobre la sismotectónica del Bajo de la Hondura para confirmar el trazo de la falla.

ACOPLE DE LA PENÍNSULA DE OSA CON LA PLACA COCO

Utilizando los datos GNSS para la zona sur del país entre los años 2019 y 2021, se modeló el empuje o movimiento relativo de la interfaz a lo largo del segmento sísmico Osa-Burica. Para esto, se definió una interfaz con un ángulo de inclinación promedio de 15 grados, con una extensión máxima en profundidad de 30 km. La figura 14 presenta los resultados obtenidos de este modelaje, en donde los vectores (flechas) en color negro corresponden con la velocidad a la que se están moviendo las estaciones GNSS en la superficie de la corteza, en unidades de milímetros por año.

En la figura 14 los contornos de color indican la magnitud del empuje (m/año) distribuido espacialmente a lo largo del plano de falla en la zona de subducción, de manera que, los colores amarillos o más claros denotan aquellas regiones en la falla desde donde se ejerce un mayor empuje hacia la superficie, mientras que los colores verde-azulados, o más oscuros, corresponden con las secciones de falla donde el empuje hacia la superficie es de menor magnitud.

Nuestros resultados demuestran que las regiones con mayor acoplamiento elástico (donde el movimiento de la interfaz es casi nulo o cero) corresponden con las áreas entre Bahía Drake y la isla del Caño, es decir, por debajo de la Península de Osa y hacia el noroeste de la Península de Osa, demarcadas por la “dona” de color amarillo (color claro) en la figura 14.

En esta región del país, la amplitud máxima del empuje de la interfaz hacia la corteza superior alcanza los 7 cm/año, entre 4 y 13 km de profundidad. Esto corresponde con un 78 % de la tasa de convergencia de la Placa del Coco con respecto a la microplaca de Panamá y significa un acoplamiento o bloqueo casi completo de la falla. Las observaciones tanto de GNSS como sísmicas, junto con la sismicidad historia en esta región, justamente por debajo de la Península de Osa, indican que en los próximos años podría ocurrir un sismo con magnitud momento (M_w) igual o superior a 7, debido a que la zona de estudio tiene el potencial para producir este tipo de eventos con una periodicidad de aproximadamente cada 40 años, como ha ocurrido anteriormente (1983, sismo de 7,4 M_w).

En la figura 14, las regiones de la falla demarcadas por contornos de color verde-azulado (contornos oscuros) y cuya magnitud de empuje se encuentra entre 0.01 y 0.04 m/año, han presentado un comportamiento más dinámico ya que están menos acopladas elásticamente. Es en estas áreas, donde durante el último año ha ocurrido una gran cantidad de microsismicidad y sismos de magnitud intermedia, además de al menos 3 sismos lentos con magnitud variable.

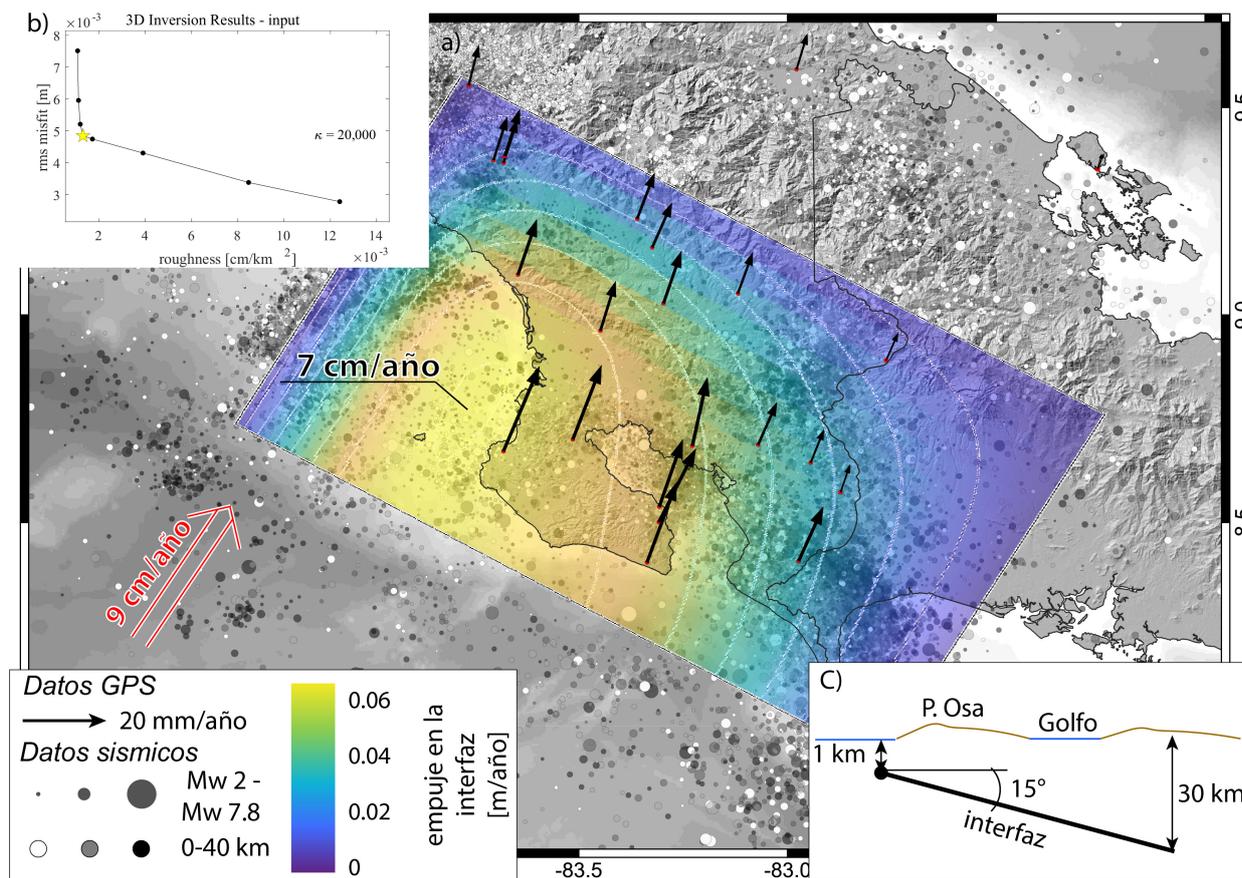


Figura 14: Resultado del modelo del empuje (thrust) en la interfaz entre la placa Cocos y la microplaca de Panamá por debajo de la península de Osa. a) La escala de color muestra la variación del empuje a lo largo de la zona de subducción. Nota: Debe comprenderse que la velocidad de 0 en los bordes del modelo no reflejan la realidad y más bien corresponden con artefactos del modelo producto de la limitación instrumental en ciertas zonas. Los vectores negros muestran la velocidad con la que las estaciones GNSS se mueven en la superficie. Los círculos indican la posición, la profundidad (escala de gris) y la magnitud (tamaño) de los sismos de la zona desde 2010. La flecha roja indica la velocidad promedio de la subducción de la placa Cocos por debajo de la placa Caribe. b) El gráfico muestra la relación del error del modelo y su grado de rugosidad. La solución elegida (estrella amarilla) optimiza ambos parámetros. c) geometría de la interfaz usado en el modelo geofísico.

RESUMEN GENERAL DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA EN COSTA RICA DURANTE EL MES DE DICIEMBRE DE 2021

Un total de 1104 sismos fueron localizados, de forma manual, durante diciembre del 2021. De estos, 8 fueron reportados como sentidos por la población mediante las redes sociales del OVSICORI en Facebook y Twitter. El listado completo que incluye la ubicación, el tiempo de origen, la magnitud y la profundidad de los sismos sentidos, puede ser revisado de manera gratuita por medio de la página web del OVSICORI-UNA: <http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php/sismos-sentidos>. Al igual que en los meses anteriores, las zonas sísmicamente más activas fueron el Pacífico Central, frente a las costas de Jacó y Quepos, el Valle Central, y la Península de Osa junto con la Zona de Fracturas de Panamá. El día sísmicamente más activo durante el mes de diciembre fue el día 09 con 61 eventos, mientras que el día sísmicamente menos activo fue el 16 de diciembre con 18 eventos.

REFERENCIAS

- Montero, W. (2001). Neotectónica de la región central de costa rica: Frontera oeste de la microplaca de panamá. *Revista Geológica de América Central*, 24:29–57.
- Montero, W., Barahona, M., Rojas, M., and Taylor, M. (2005). Los sistemas de falla aguacaliente y río azul y relevos compresivos asociados, valle central de costa rica. *Revista Geológica de América Central*, 33:7–27.
- Morell, K. (2015). Late miocene to recent plate tectonic history of the southern central america convergent margin. *Geochemistry, Geophysisc, Geosystems*, 16:3362–33.
- Morell, K. (2016). Seamount, ridge, and transform subduction in southern central america. *Tectonics*, 35:357–385.
- Voss, N., Dixon, T. H., Liu, Z., Malservisi, R., Protti, M., and Schwartz, S. (2018). Do slow slip events trigger large and great megathrust earthquakes? *Science Advances*, 4(10).