



ovsicori@una.ac.cr



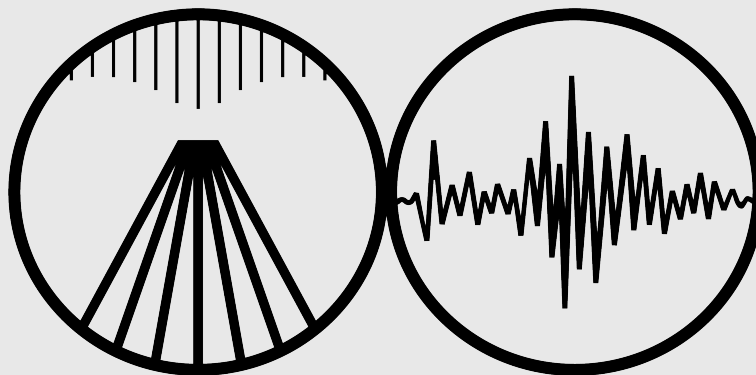
2562-4001



<https://www.ovsicori.una.ac.cr>

REPORTE DE ACTIVIDAD SISMICA

EL SISMO DE SAN JOSÉ, COSTA RICA, ML=4,1 DEL 22 DE AGOSTO DE 2025 Y SU SECUENCIA DE RÉPLICAS



***Observatorio Vulcanológico y Sismológico de
Costa Rica, OVSICORI
Universidad Nacional, Campus Omar Dengo
Heredia, Costa Rica, 40101***

Autores:

*Esteban J. Chaves, Floribeth Vega, Walter
Jiménez, Sonia Hajaji, Marino Protti &
Evelyn Nuñez*

INDICE

LICENCIA	2
RESUMEN	3
INTRODUCCION	3
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	5
Evento principal, MI, 4,1 del 22 de agosto	6
Réplicas del sismo principal del 22 de agosto	6
Momento sísmico acumulado	6
CONCLUSIONES	8
REFERENCIAS	8



LICENCIA

Este trabajo está bajo una **Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)**. Esto implica que se permite copiar, redistribuir y adaptar el material en cualquier medio o formato, siempre que se dé el crédito apropiado a los autores, no se use con fines comerciales y las obras derivadas se distribuyan bajo la misma licencia.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



RESUMEN

El Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI-UNA) presenta un análisis detallado de la sismicidad en la región central de San José, destacando su relación con la compleja interacción tectónica entre las placas de Cocos y Caribe. En los últimos quince años se registraron aproximadamente 2300 microsismos con magnitudes locales entre 0 y 3,0, concentrados en fallas del Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR). El 22 de agosto de 2025, a las 00:45 h, ocurrió un sismo de magnitud local 4,1 en Barrio Tournón, constituyendo el evento de mayor magnitud documentado instrumentalmente en la Gran Área Metropolitana. Su epicentro, a 4 km de profundidad, produjo fuertes aceleraciones del suelo perceptibles en todo el Valle Central. El mecanismo focal indica una falla de tipo transcurrente sinestral con orientación NE-SO, de aproximadamente 1 km de longitud, un deslizamiento máximo de 2 cm y un tiempo de ruptura de 0,3 s. Posteriormente, hasta el 23 de agosto se registraron 14 réplicas, siendo la mayor de magnitud 3,1.

INTRODUCCION

Costa Rica, en general, es un país altamente sísmico. Diariamente la red sismográfica del OVSICORI-UNA registra un promedio de 35 ± 5 sismos, pero de estos, tan sólo el ~ 3% es percibido por la población nacional. Después de 15 años de haber iniciado con el registro instrumental digital, el catálogo del OVSICORI-UNA exhibe claramente aquellas zonas de nuestro país que tienen una alta producción sísmica. Dentro de estas, la región central. Esta zona se caracteriza por generar una tasa muy alta de microsismicidad de fondo, eventos que tienden a distribuirse en las decenas de fallas tectónicas locales que forman parte de una gran zona de corte.

La presencia de una zona o volumen de corte en el centro de Costa Rica responde a la compleja interacción tectónica entre la placa de Cocos y la placa del Caribe. La subducción oblicua, junto con la incorporación de montes submarinos, genera una deformación intensa en la corteza superior, caracterizada por sismicidad abundante y reactivación de fallas preexistentes (Peacock *et al.*, 2005; Montero *et al.*, 2017). Estos procesos no se concentran en una única falla, sino que se distribuyen en el denominado *Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica* (CDCCR), una franja difusa de deformación activa donde coexisten fallas normales, inversas y de deslizamiento lateral (*strike-slip*) (Fisher *et al.*, 1994; Marshall *et al.*, 2000).

Además, el desplazamiento lateral del antearco costarricense, que se mueve hacia el noroeste, contribuye a la generación de esfuerzos transcurrentes en la región central del país. En conjunto, estos factores dan origen a la zona de corte donde se encuentra el Valle Central y por tanto la provincia de San José. Durante los últimos quince años, en



la región central de San José, han ocurrido un total de 2300 microsismos con un rango de magnitud local, M_L , entre 0 y 3,0. Es hasta las 00:45 horas del 22 de agosto de 2025 que se registra por primera vez en nuestra era instrumental moderna, un sismo con magnitud 4,1, con epicentro en las cercanías de Barrio Tournón en el centro de San José (<https://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php/sismos-sentidos>), una de las zonas más densamente urbanizadas de nuestro país.

La figura 1, presentada a continuación, pretende comparar la densidad sísmica con respecto a la densidad poblacional en esta región de nuestro país.

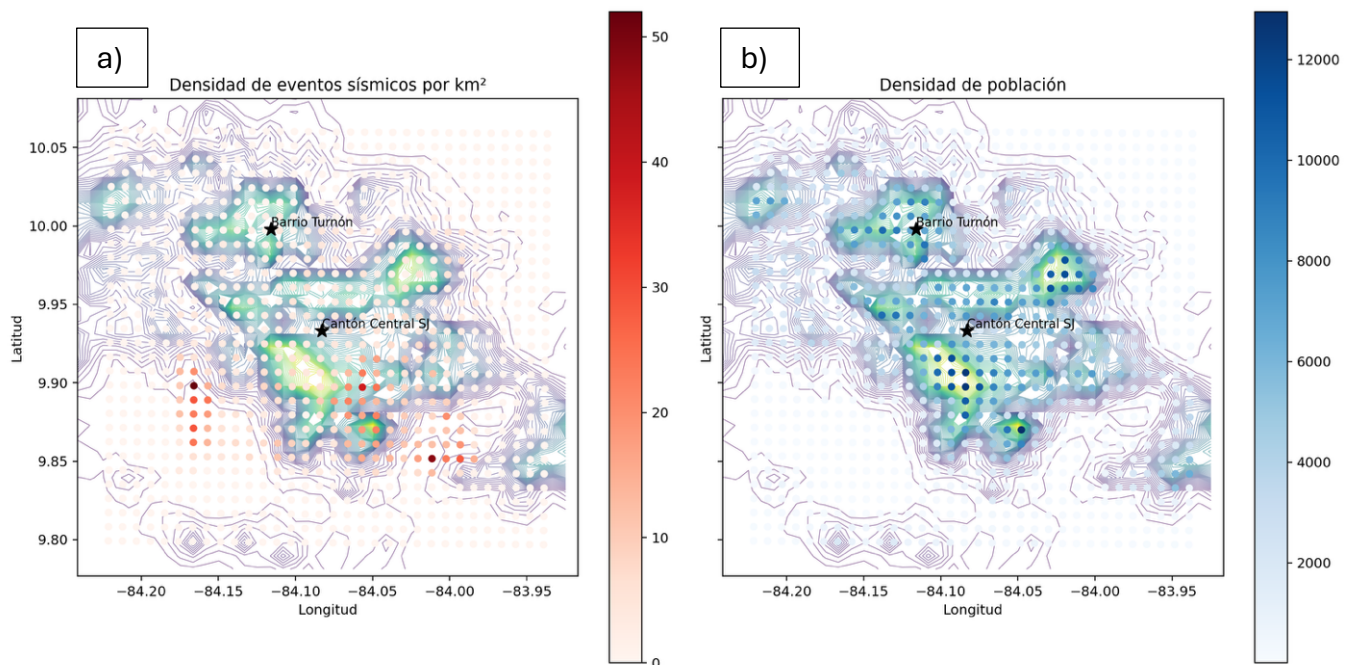


Figura 1. a) Densidad de eventos sísmicos (sismos por kilómetro cuadrado) y b) densidad poblacional en la región central de la provincia de San José desde 2010 hasta el 22 de agosto de 2025.



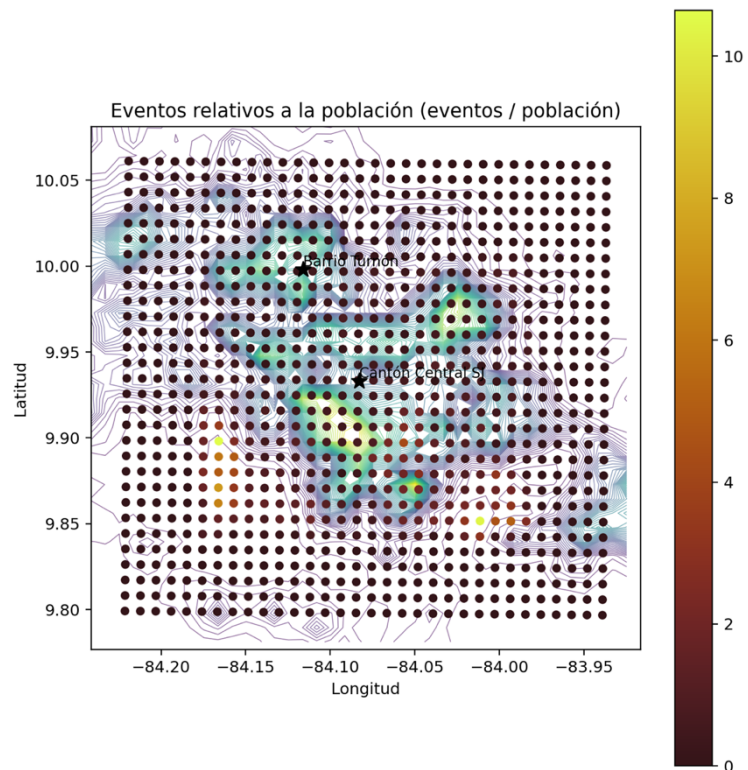
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La comparación entre la distribución de la sismicidad y la densidad poblacional en el Valle Central de Costa Rica revela una superposición espacial significativa en el área metropolitana de San José. El mapa de densidad sísmica muestra un aumento en la recurrencia de eventos hacia el sector sur y sureste de la ciudad, donde la actividad se asocia a sistemas de fallas activas vinculadas al CDCCR.

Esta deformación difusa incluye fallas con diferentes tamaños y geometrías, lo que genera un entramado complejo de estructuras activas. Al mismo tiempo, el mapa de densidad poblacional evidencia que los sectores con mayor concentración urbana, como el Cantón Central de San José y sus alrededores, coinciden con estas zonas de alta sismicidad, incrementando de manera sustancial la exposición de la población a procesos sísmicos recurrentes.

De acuerdo con estas observaciones, en el área mostrada en el mapa de la figura 1 existe en promedio por kilómetro cuadrado, un total de 2114 personas y un total de ~2,39 sismos. Esto significa que, por cada sismo por kilómetro cuadrado hay un total de 884 personas. Esta comparación se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Relación espacial entre la densidad de eventos sísmicos y la densidad poblacional en el Valle Central de Costa Rica. El mapa muestra el cociente entre el número de eventos sísmicos y la población (eventos/población) por kilómetro cuadrado. Los valores más altos indican áreas donde la actividad sísmica relativa a la población es mayor, mientras que los valores bajos corresponden a zonas densamente habitadas con menor número relativo de eventos. Se destacan como referencia geográfica el Cantón Central de San José y Barrio Tuornón. El fondo topográfico permite apreciar la relación entre la distribución de la sismicidad relativa y la morfología del terreno.



Evento principal, Ml, 4,1 del 22 de agosto

El 22 de agosto, a las 00:45 horas, un sismo con una magnitud local, Ml, 4,1 y con epicentro en las cercanías de barrio Tournón en San José, sacudió prácticamente todo el Valle Central del país. Al ocurrir a tan solo 4 km de profundidad, la radiación de alta frecuencia emitida por la fuente sísmica generó una fuerte aceleración del suelo que fue percibida y reportada por la población a través de las redes sociales del OVSICORI-UNA. Incluso, el paso de las ondas sísmicas fue registrado, como nunca, por un gran número de cámaras de vigilancia distribuidas en diferentes partes del Valle Central.

Este evento, representa el sismo más grande que se haya registrado en la gran área metropolitana en la era instrumental sismológica moderna, permitiendo así, descubrir la existencia de una falla tectónica por debajo de una de las zonas más densamente pobladas de nuestro país. De acuerdo con la inversión de los registros sísmicos y la distribución epicentral de las réplicas, la geometría de la falla causante es del tipo corrimiento de rumbo sinestral (Figura 3), con un plano de falla que tiene orientación Noreste-Suroeste. El tiempo de ruptura (tiempo que le tomó a la falla deslizarse) fue de 0,3 s, y la cantidad de deslizamiento máximo fue de 2 cm. De acuerdo con nuestras estimaciones, la longitud de falla es de ~1 km.

Réplicas del sismo principal del 22 de agosto

Al ser las 11:00 horas del 23 de agosto, se registran un total de 14 réplicas, cuya distribución epicentral se muestra en la figura 3. Hasta el momento la réplica de mayor magnitud ocurrió el 22 de agosto a las 16:55 horas, con una magnitud de 3,1.

Momento sísmico acumulado

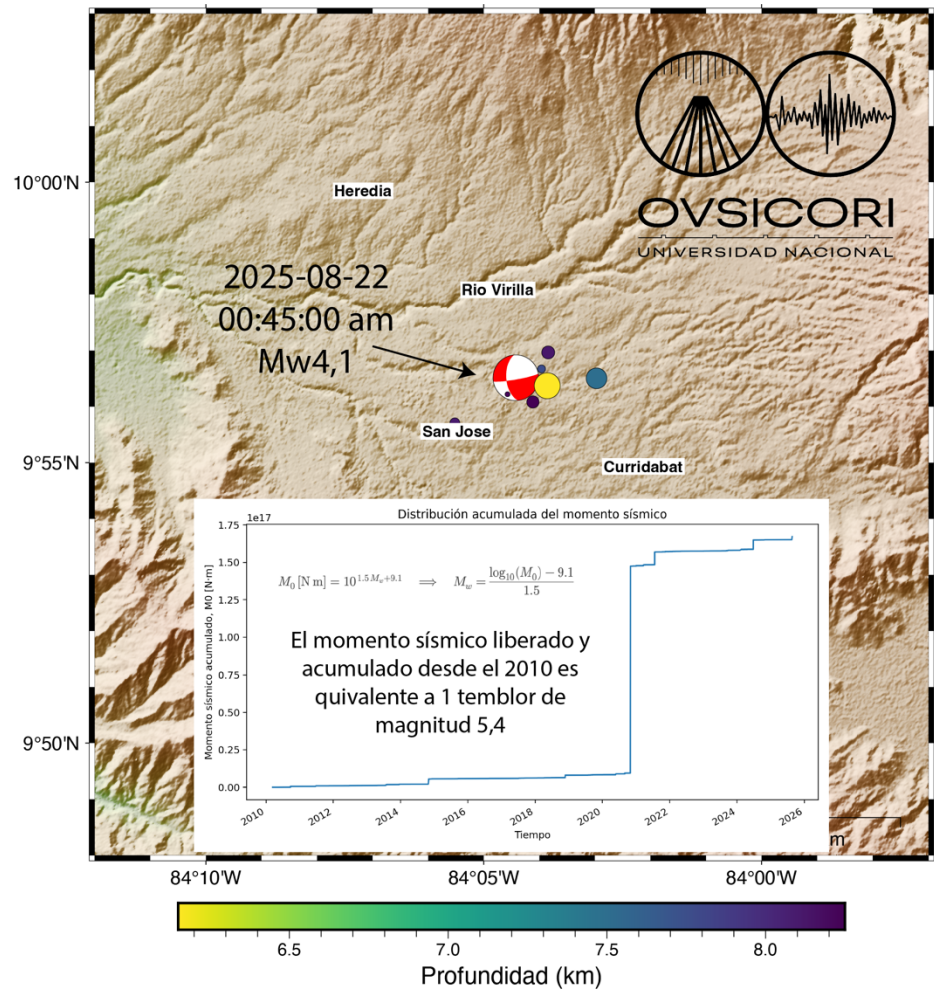
El análisis del momento sísmico acumulado en los últimos quince años para el área de estudio (Figura 3) indica un valor total de $1,75e17$ N·m, equivalente a la liberación de energía de un único sismo de magnitud $M_w=5,4$. Esta cifra revela que, pese a la ocurrencia de numerosos eventos durante el periodo considerado, la sismicidad registrada se ha caracterizado por la ocurrencia de temblores de baja magnitud cuya suma energética corresponde apenas a un sismo moderado. En consecuencia, la tasa anual promedio de liberación de momento sísmico en la región es reducida si se compara con el potencial de las fallas corticales activas que atraviesan el Valle Central.

Este resultado es consistente con un régimen sísmico dominado por la ocurrencia frecuente de eventos pequeños, sin que se hayan registrado rupturas superficiales de magnitud intermedia a grande en la zona durante el intervalo analizado. Sin embargo, el



bajo valor acumulado no debería interpretarse como una disminución de la amenaza sísmica. Estudios previos han documentado que sistemas de fallas como Agua Caliente y Río Azul–Cipreses han generado en el pasado sismos de magnitudes entre 5,5 y 6,1 (Montero et al., 2005), lo cual implica tiempos de retorno superiores a la ventana de quince años aquí considerada. Así, el “déficit” aparente de liberación de momento sísmico podría reflejar la acumulación de esfuerzos elásticos en segmentos de falla que no han roto recientemente. En este contexto, los resultados observados por el OVSICORI refuerzan la necesidad de mantener un monitoreo continuo y de actualizar las relaciones de recurrencia sísmica para la región, dado que la coincidencia de estas estructuras activas con áreas densamente pobladas representa un factor crítico en la evaluación de la amenaza y la gestión del riesgo en el Valle Central de Costa Rica.

Figura 3. Mapa con la distribución epicentral de la actividad sísmica (círculos) generada en la región Central de la Provincia de San José el 22 de agosto de 2025. Se muestra el mecanismo focal (o bola de playa) que representa la geometría de ruptura del evento principal. Además, se muestra la distribución de las 9 réplicas ocurridas posterior a este sismo y hasta las 16:16 horas del 22 de agosto. En el panel ubicado al inferior del mapa se muestra el momento sísmico acumulado en los últimos 15 años, el cual es equivalente a un sismo de magnitud 5,4.



CONCLUSIONES

1. La región central de San José presenta una microsismicidad persistente asociada al Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica, lo que confirma su carácter como zona de deformación activa.
2. El sismo del 22 de agosto de 2025 (Ml 4,1) constituye el evento de mayor magnitud registrado instrumentalmente en el área metropolitana, revelando la existencia de fallas activas bajo sectores densamente poblados.
3. La coincidencia entre alta densidad poblacional y elevada recurrencia sísmica incrementa significativamente la exposición al riesgo en el Valle Central.
4. El bajo momento sísmico acumulado en los últimos quince años sugiere la ausencia de rupturas mayores recientes, pero no descarta la posibilidad de futuros sismos moderados a fuertes en la región.
5. Estos resultados enfatizan la necesidad de mantener un monitoreo continuo y de fortalecer la evaluación de la amenaza sísmica para la gestión del riesgo urbano en Costa Rica.

REFERENCIAS

1. Marshall, J. S., D. M. Fisher, and T. W. Gardner (2000), Central Costa Rica deformed belt: Kinematics of diffuse faulting across the western Panama block, *Tectonics*, 19(3), 468–492, doi:[10.1029/1999TC001136](https://doi.org/10.1029/1999TC001136).
2. Montero, W., Lewis, J.C. & Araya, M.C. The Guanacaste Volcanic Arc Sliver of Northwestern Costa Rica. *Sci Rep* 7, 1797 (2017). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01593-8>.
3. Peacock, S. M., van Keken, P. E., Holloway, S. D., Hacker, B. R., Abers, G. A., & Fergason, R. L. (2005). Thermal structure of the Costa Rica–Nicaragua subduction zone. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 149(1–2), 187–200. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2004.08.030>.
4. Fisher, D, Gardner, T, Marshall, J, & Montero, W. Kinematics associated with late Cenozoic deformation in central Costa Rica: Western boundary of the Panama microplate. *Geology*, 22, 3: 263-266, (1994).