Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra
Guatemalan Journal of Earth Sciences
Vol. 13, Núm. 1, 2026 | ISSN impreso 2410-728X | ISSN electrónico 3106-0056
https://www.geologiausac.com

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Secuencia sísmica de Santa María de Jesús–Palín (julio 2025): implicaciones para la tectónica activa y el campo de esfuerzos local

Santa María de Jesús–Palín seismic sequence (July 2025): implications for active tectonics and the local stress field

José Tojil[1], Helén Marina Morán Chén[1,*], Kevin Chún Quinillo[1] y Josué Cuzco[1]

[1] Instituto de Investigaciones de Ingeniería, Matemática y Ciencias Físicas (in3), Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, 3.ª avenida 9-00, zona 2, Interior Finca El Zapote, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

*** Autor de correspondencia:** helen.moran@umg.edu.gt

Correos: jose.tojil@umg.edu.gt; kevin.chun@umg.edu.gt; josue.cuzco@umg.edu.gt

ORCID: José Tojil https://orcid.org/0009-0008-5432-2941; Helén Marina Morán Chén https://orcid.org/0009-0002-2802-0612; Kevin Chún Quinillo https://orcid.org/0000-0001-5996-1285; Josué Cuzco https://orcid.org/0000-0001-8924-7779

Recibido: 16/10/2026 | **Aceptado:** 15/11/2026 | **Publicado:** 27/11/2026

Resumen

En la región de Santa María de Jesús, Sacatepéquez, Guatemala, a partir del 8 de julio de 2025 se registró una secuencia sísmica caracterizada por un evento premonitor de magnitud ML 4.8, seguido por un sismo principal de Mw 5.7 y más de 800 réplicas. El objetivo de este estudio fue analizar la evolución espacio-temporal de la secuencia sísmica y caracterizar el campo de esfuerzos asociado, con el propósito de interpretar las implicaciones en la tectónica activa local. Con datos del Servicio Sismológico de Guatemala (SSG) y de estaciones de banda ancha (FDSN), se determinaron mecanismos focales mediante FMNEAR y a partir de estas soluciones se realizó la inversión del tensor de esfuerzos mediante STRESSINVERSE. Los resultados muestran un predominio de mecanismos de rumbo y un campo de esfuerzos caracterizados por σ_1 y σ_3 subhorizontales y σ_2 próximo a la vertical, consistente con un régimen de esfuerzos de tipo strike-slip. Se identificaron dos familias de planos nodales de orientación NE-SO y NO-SE, compatible con una configuración de fallamiento conjugado. La sismicidad presenta además una geometría aparente en forma de "L", con dos orientaciones principales. La integración de la sismicidad, los mecanismos focales y el campo de esfuerzos sugiere un control de estructuras corticales con diferentes orientaciones bajo un régimen de esfuerzos predominantemente transcurrente. Estos resultados aportan evidencia para caracterizar la tectónica activa y comprender las estructuras que acomodan la deformación cortical en la región de Santa María de Jesús–Palín.

Palabras clave: campo de esfuerzos; fallamiento de rumbo; mecanismos focales; tectónica activa

Abstract

In the Santa María de Jesús region of Sacatepéquez, Guatemala, beginning on July 8, 2025, a seismic sequence was recorded, characterized by a foreshock with a magnitude of ML 4.8,

followed by a mainshock with a magnitude of Mw 5.7 and more than 800 aftershocks. The objective of this study was to analyze the spatiotemporal evolution of the seismic sequence and characterize the associated stress field, with the aim of interpreting the implications for local active tectonics. Using data from the Guatemalan Seismological Service (SSG) and broadband stations (FDSN), focal mechanisms were determined using FMNEAR, and based on these solutions, the stress tensor was inverted using STRESSINVERSE. The results show a predominance of strike-slip mechanisms and a stress field characterized by subhorizontal σ1 and σ3 components and a nearly vertical σ2 component, consistent with a strike-slip stress regime. Two families of nodal planes with NE-SW and NW-SE orientations were identified, consistent with a configuration of conjugate faulting. Seismicity also shows an apparent "L"-shaped geometry with two main orientations. The integration of seismicity, focal mechanisms, and the stress field suggests control by crustal structures with different orientations under a predominantly strike-slip stress regime. These results provide evidence for characterizing active tectonics and understanding the structures that accommodate crustal deformation in the Santa María de Jesús–Palín region.

Keywords: active tectonics; focal mechanisms; stress field; strike-slip faulting

Cómo citar este artículo (APA 7.ª ed.)
Tojil, J., Morán Chén, H. M., Chún Quinillo, K., & Cuzco, J. (2026). Secuencia sísmica de Santa María de Jesús–Palín (julio 2025): implicaciones para la tectónica activa y el campo de esfuerzos local. *Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra, 13*(1), 19–30.

1. Introducción

La actividad sísmica de Guatemala responde a un contexto tectónico complejo en el que, además de las principales fuentes asociadas con los límites entre las placas de Norteamérica, Caribe y Cocos, existe sismicidad cortical relacionada con estructuras tectónicas localizadas dentro de la placa Caribe (Authemayou et al., 2011; Guzmán-Speziale & Molina, 2022; Garnier et al., 2022). Parte de la deformación tectónica se distribuye hacia el interior de la placa Caribe mediante estructuras secundarias, entre las que se encuentran las fallas Jalpatagua y Jocotán-Chamelecón, así como estructuras extensionales asociadas con los grabens de la Ciudad de Guatemala e Ipala. En este contexto el estudio de la sismicidad cortical y su relación con las estructuras tectónicas locales constituye un elemento importante para comprender cómo se distribuye la deformación y cuáles son las condiciones de esfuerzos que favorecen la actividad sísmica en la región.

Una de las áreas que ha registrado actividad cortical corresponde al sector comprendido entre Santa María de Jesús, Sacatepéquez, y Palín, Escuintla, donde se han documentado distintos episodios sísmicos durante los últimos años. En 2019 se registró actividad de tipo enjambre en el departamento de Sacatepéquez, principalmente en el flanco noreste del volcán de Agua (INSIVUMEH, 2019). Posteriormente, en enero de 2024, se registró una secuencia sísmica en el límite departamental entre Guatemala y Sacatepéquez (INSIVUMEH, 2024). Estos antecedentes evidencian la ocurrencia de sismicidad cortical en distintos períodos en sectores próximos al área de estudio y plantean

la necesidad de evaluar su posible relación con las estructuras tectónicas locales.

En este sector el 8 de julio de 2025 se inició una secuencia sísmica en la región de Santa María de Jesús–Palín, caracterizada por la ocurrencia de un evento precursor de magnitud local (ML) de 4.8, seguido por un evento principal de magnitud de momento (Mw) 5.7 y más de 800 réplicas hasta diciembre de 2025. La concentración espacial de los eventos y la disponibilidad de registros instrumentales permitieron analizar su evolución y relación con las estructuras tectónicas locales. En este contexto, la integración de la distribución de la sismicidad, los mecanismos focales y la inversión del campo de esfuerzos permite caracterizar el régimen tectónico predominante del área, contribuyendo a la comprensión de fuentes sismogénicas locales.

Para abordar estos aspectos el análisis de los mecanismos focales constituye una herramienta que permite caracterizar la cinemática y analizar su relación con las estructuras tectónicas. Sin embargo, su interpretación presenta limitaciones relacionadas con la incertidumbre de las observaciones y la ambigüedad entre los dos planos nodales de cada solución (Hardebeck & Shearer, 2002). De manera complementaria la inversión de mecanismos focales permite estimar las orientaciones de los esfuerzos principales y caracterizar el régimen de esfuerzos asociado con la actividad sísmica (Vavryčuk, 2014). La integración de estos resultados con el análisis espacial y temporal de la sismicidad proporciona una base para interpretar las características sismotectónicas de regiones donde las estructuras responsables de la actividad sísmica no están completamente identificadas.

Por todo lo anterior, el objetivo de este estudio es analizar la evolución espacio-temporal de la secuencia sísmica de Santa María de Jesús–Palín iniciada en julio de 2025 y caracterizar el campo de esfuerzos local asociado, con el propósito de interpretar sus implicaciones para la tectónica activa del sector. Para ello, se examinan la distribución espacial de la sismicidad, su comportamiento temporal y frecuencia–magnitud, así como los mecanismos focales determinados mediante FMNEAR (Delouis, 2014) y las orientaciones de los esfuerzos principales obtenida mediante la inversión del tensor de esfuerzos (Vavryčuk, 2014).

2. Materiales y métodos

La detección y localización de la secuencia sísmica se realizó a partir de los registros de la red instrumental del Servicio Sismológico de Guatemala (SSG), integrada por estaciones de banda ancha, período corto y acelerógrafos distribuidos en el territorio nacional. Se compiló un catálogo de eventos registrados del 8 de julio al 31 de diciembre de 2025, considerando localizaciones revisadas y un mínimo de seis fases sísmicas identificadas; para complementar la información, se incorporaron registros de estaciones internacionales disponibles mediante FDSN *Web Services de EarthScope Data Services* para mejorar la cobertura azimutal y aumentar el número de fases utilizadas en la localización hipocentral. Las señales fueron revisadas y procesadas manualmente mediante *scolv* de SeisComP. El análisis espacio-temporal consideró los eventos localizados entre 14.35°–14.55° N y 90.78°–90.60° O, considerando el tiempo de origen, localización hipocentral y magnitud. La distribución espacial de los eventos se representó cartográficamente para identificar patrones de concentración y su relación con las estructuras geológicas y la geometría de fallas del sector. A partir de esta información, se examinó la distribución espacial de la sismicidad para reconocer patrones de concentración y su posible relación con las estructuras geológicas y las fallas cartografiadas en el sector. La evolución temporal se evaluó mediante la distribución de

magnitudes, el número diario de eventos y el ajuste de las relaciones de Omori–Utsu y Gutenberg–Richter, utilizadas para caracterizar el decaimiento temporal de la actividad sísmica y la distribución frecuencia–magnitud, respectivamente (Guglielmi, 2017; Utsu et al., 1995; Palacios et al., 2006). Para caracterizar la geometría y cinemática de las fuentes sísmicas, se determinaron mecanismos focales mediante FMNEAR (Delouis, 2014), para eventos con ML ≥ 3.0, utilizando como criterios de selección un mínimo de 10 polaridades, cuatro formas de onda de diferentes estaciones y una adecuada cobertura azimutal. Las formas de onda fueron procesadas mediante filtros pasa banda definidos en función de la magnitud de cada evento y las soluciones focales obtenidas se analizaron mediante los parámetros de rumbo (strike), buzamiento (dip) y ángulo de deslizamiento (rake), además de los ejes de presión (P) y tensión (T), y se clasificaron según su régimen de fallamiento. Posteriormente, el campo de esfuerzos local se estimó mediante la inversión de los mecanismos focales utilizando STRESSINVERSE (Vavryčuk, 2014), a partir de los parámetros de entrada los valores de strike, dip y rake. Este procedimiento permitió obtener las orientaciones de los esfuerzos principales (σ_1, σ_2 y σ_3) y la relación de forma del tensor de esfuerzos (R). Finalmente, los resultados de la inversión se analizaron conjuntamente con la distribución espacial de la sismicidad, las orientaciones de los planos nodales y la información geológica disponible, incorporando además antecedentes sísmicos de 2019 y 2024, incluidos mecanismos focales representativos, para comparar las características espaciales y cinemáticas de los distintos períodos de actividad e interpretar sus implicaciones para la tectónica activa local.

3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos permiten caracterizar la evolución espacio-temporal de la secuencia sísmica de Santa María de Jesús–Palín, las características geométricas y cinemáticas de los mecanismos focales y el campo de esfuerzos local. La integración de estos elementos proporciona una base para interpretar el comportamiento sismotectónico de la secuencia y discutir sus implicaciones para la tectónica activa del sector.

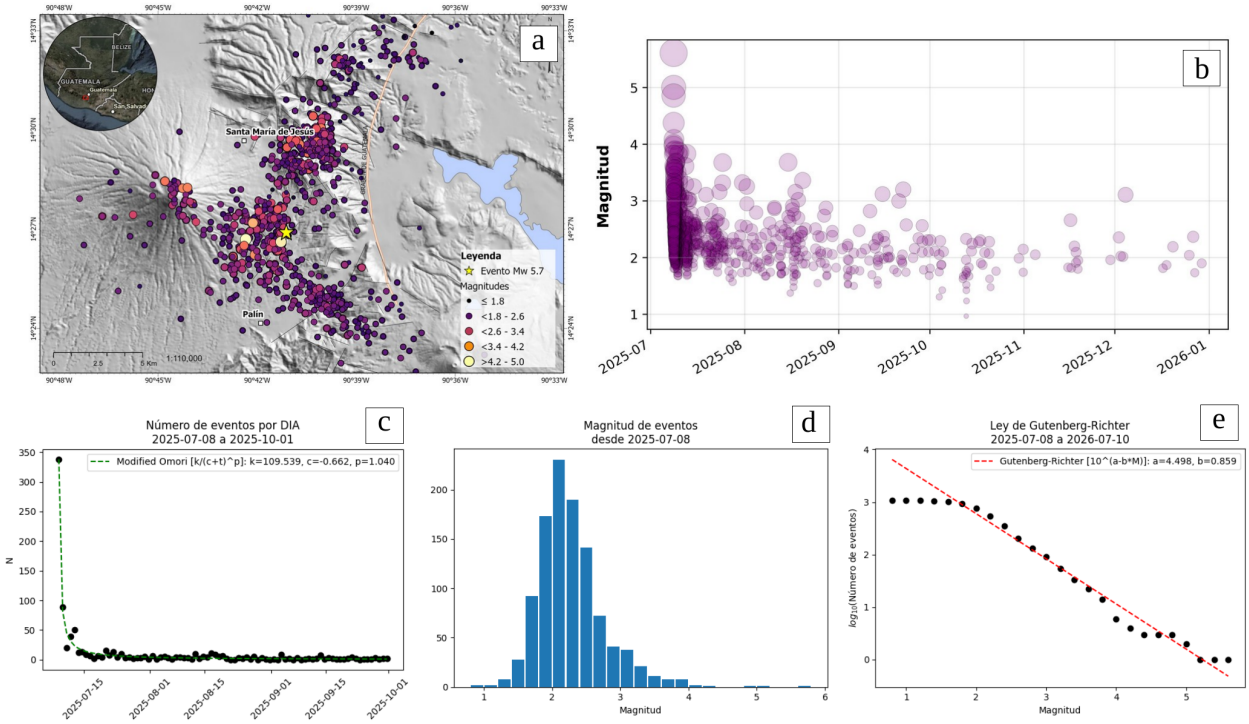
3.1 Evolución espacio-temporal de la secuencia

La distribución espacial de la secuencia sísmica muestra una concentración principal de epicentros en los alrededores de Santa María de Jesús y Palín, con una mayor densidad de eventos en el sector central del área de estudio y una distribución más dispersa hacia el norte (Figura 1a). Los agrupamientos presentan distintas orientaciones preferenciales, lo que permite reconocer variaciones en la disposición espacial de la sismicidad. Estas características proporcionan una base para examinar posteriormente su posible relación con las orientaciones de los planos nodales y las estructuras tectónicas del sector.

La evolución magnitud-tiempo (Figura 1b) muestra una disminución progresiva de la actividad posterior al evento principal, tanto en la frecuencia de ocurrencia como en las magnitudes registradas. El ajuste de la Ley Modificada de Omori-Utsu (Utsu et al., 1995) al número diario de réplicas proporciona valores de $k = 110 \pm 13$, $c = -0.66 \pm 0.06$ y $p = 1.04 \pm 0.08$ (Tabla 1). El valor de p, cercano a 1, es compatible con el comportamiento esperado para una secuencia principal-réplicas y describe un decaimiento rápido durante los primeros días, seguido por una tasa de ocurrencia considerablemente menor durante el resto del período analizado.

Figura 1

Distribución espacial de la secuencia y evolución magnitud-tiempo



Nota. a) Epicentros de la secuencia registrada a partir del 8 de julio de 2025; la estrella representa el evento principal (Mw 5.7). b) Magnitud de los eventos en función del tiempo. c) Número diario de eventos sísmicos y ajuste de la ley modificada de Omori-Utsu. d) Distribución de frecuencias de magnitud de los eventos registrados. e) Relación frecuencia-magnitud acumulada y ajuste de la ley de Gutenberg-Richter. Elaboración propia con datos del Servicio Sismológico de Guatemala (SSG).

La distribución de frecuencias de magnitud aumenta hacia magnitudes menores y alcanza su máxima frecuencia alrededor de M = 2.0, valor adoptado como magnitud de completitud (Mc). Considerando los eventos con magnitud igual o superior a este umbral, el ajuste de la relación Gutenberg-Richter (Gutenberg & Richter, 1944) proporciona a = 4.498 ± 0.017 y b = 0.859 ± 0.004. En conjunto, la evolución temporal, el decaimiento de la tasa de ocurrencia y la distribución frecuencia-magnitud permiten caracterizar el comportamiento de la secuencia. Estos resultados complementan el análisis de la distribución espacial de la sismicidad, los mecanismos focales y el campo de esfuerzos, proporcionando un contexto temporal y estadístico para interpretar la actividad sismotectónica del sector.

Tabla 1

Parámetros estadísticos de la secuencia sísmica de Santa María de Jesús–Palín

Parámetro	Valor	Descripción
Evento principal	5.7 Mw	Sismo principal de la secuencia
Período analizado	8 jul – 31 dic de 2025	Intervalo temporal del catálogo
N.º de eventos (total / M ≥ Mc)	884 / 681	Total de eventos / eventos con M ≥ 2.0
Mc	2.0	Magnitud de completitud
k	110 ± 13	Parámetro de productividad (Omori-Utsu)
c	−0.66 ± 0.06	Constante temporal (ley de Omori-Utsu)
p	1.04 ± 0.08	Tasa de decaimiento (ley de Omori-Utsu)
a	4.498 ± 0.017	Nivel de actividad (Gutenberg-Richter)
b	0.859 ± 0.004	Relación frecuencia-magnitud (Gutenberg-Richter)

Nota. Los parámetros k, c y p corresponden al ajuste de la ley modificada de Omori-Utsu; a y b, a la relación Gutenberg-Richter. Para el análisis frecuencia-magnitud se considera una magnitud de completitud Mc = 2.0. Elaboración propia con datos del Servicio Sismológico de Guatemala (SSG).

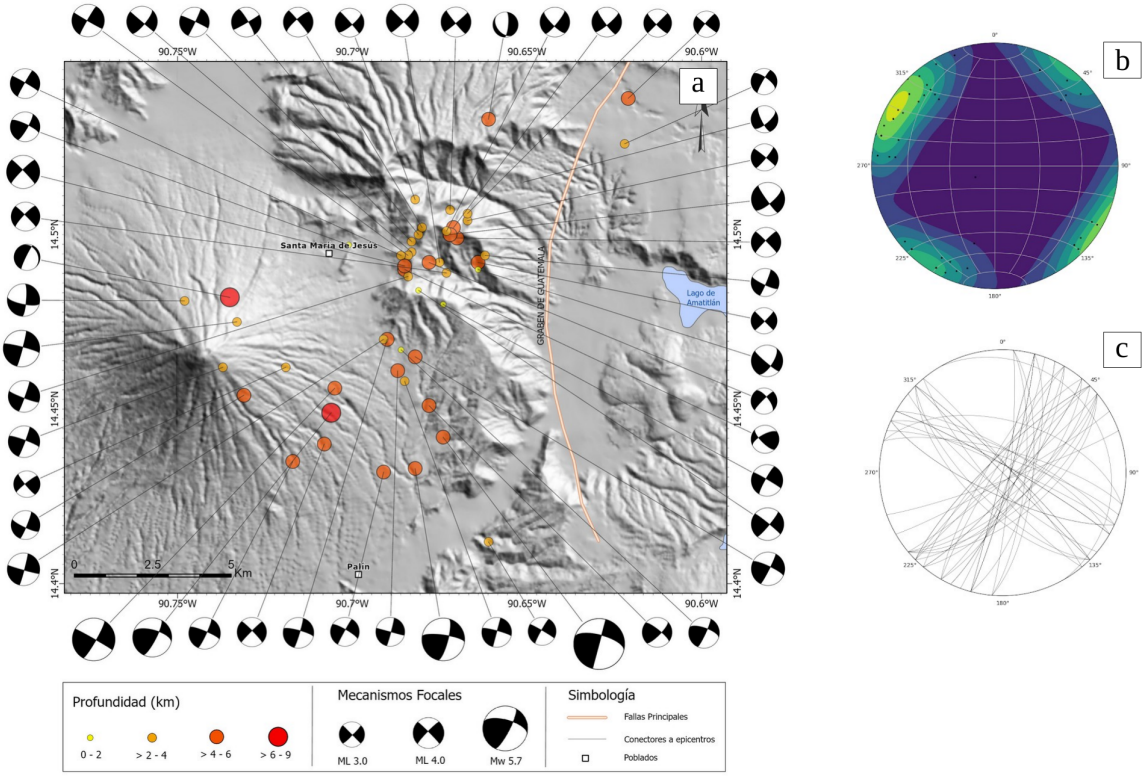
3.2 Geometría y cinemática de los mecanismos focales

Se obtienen 53 mecanismos focales para la secuencia de Santa María de Jesús-Palín (Figura 2a). El análisis de los parámetros de rumbo (strike) y buzamiento (dip) de los planos nodales permitió reconocer orientaciones preferenciales, con una concentración principal alrededor de 40°–50° y 220°–230°, correspondiente a una tendencia NE–SO, y otra aproximadamente entre 130°–140° y 310°–320°, con tendencia NO–SE (Figura 2c). A pesar de la dispersión entre las soluciones individuales, el diagrama de densidad (Figura 2b) permite distinguir estas orientaciones predominantes. Asimismo, los buzamientos se concentran principalmente entre 70° y 90°, lo que indica un predominio de planos nodales de inclinación alta a subvertical.

La clasificación de los 53 mecanismos focales muestra un predominio de soluciones de fallamiento de rumbo (strike-slip), con 43 mecanismos (81.1 %), seguidos por seis de fallamiento inverso (TF), dos inversos-oblicuos (TS), uno normal (NF) y uno normal-oblicuo (NS). Esta distribución evidencia que la cinemática transcurrente constituye el tipo de movimiento predominante durante la secuencia, aunque también se identifican componentes de deformación inversa y normal en una proporción menor.

Figura 2

Distribución espacial de los mecanismos focales y orientación de los planos nodales de la secuencia sísmica de Santa María de Jesús–Palín



Nota. a) Distribución espacial de los mecanismos focales según la localización y magnitud de los eventos. b) Diagrama estereográfico de densidad de orientaciones de los planos nodales. c) Proyección estereográfica de los planos nodales mediante círculos máximos. Elaboración propia con datos del Servicio Sismológico de Guatemala (SSG).

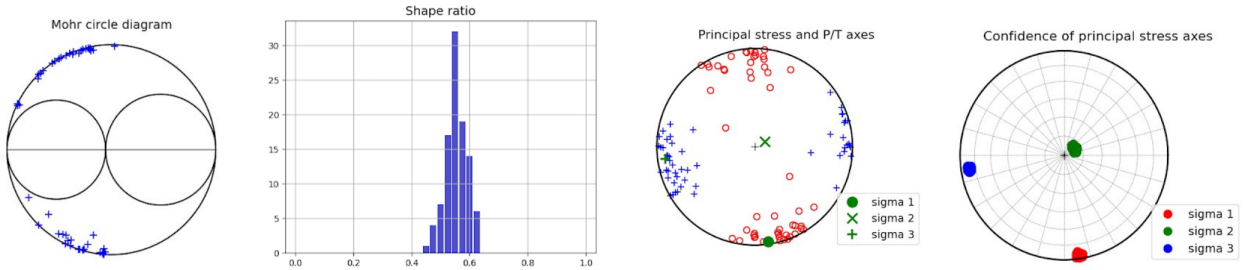
Las orientaciones preferenciales de los planos nodales (Figura 2c), junto con el predominio de mecanismos de rumbo y altos ángulos de buzamiento sugieren la posible participación de estructuras corticales con diferentes orientaciones, sin embargo, los mecanismos focales definen dos planos nodales posibles para cada evento y, por sí solos, no permiten determinar con certeza cuál corresponde al plano físico activado. Por esta razón, la interpretación de las posibles estructuras involucradas se realiza considerando conjuntamente la distribución espacial de la sismicidad, las orientaciones de los planos nodales y el campo de esfuerzos obtenido mediante la inversión.

3.3 Campo de esfuerzos local

La inversión de los 53 mecanismos focales permitió estimar el campo de esfuerzos local asociado con la secuencia sísmica de Santa María de Jesús–Palín. Los esfuerzos principales presentan las siguientes orientaciones: σ_1 con azimut 171.7° e inmersión de 3.3°, σ_2 con azimut 61.3° e inmersión de 80.7°, y σ_3 con azimut 262.2° e inmersión de 8.7°. Estos resultados indican que σ_1 y σ_3 son subhorizontales, con orientaciones aproximadas N–S y E–O, respectivamente, mientras que σ_2 presenta una orientación cercana a la vertical. Esta configuración corresponde a un régimen de esfuerzos predominantemente transcurrente, consistente con el predominio de mecanismos focales de rumbo identificado en la secuencia.

Figura 3

Resultados de la inversión del tensor de esfuerzos de la secuencia sísmica



Nota. a) Diagrama de Mohr de los esfuerzos normalizados. b) Distribución de la relación de forma (R) del tensor de esfuerzos. c) Proyección estereográfica de los ejes P y T de los mecanismos focales y de los esfuerzos principales (σ_1, σ_2 y σ_3). d) Orientación de los ejes principales del tensor de esfuerzos y sus regiones de confianza. Resultados obtenidos mediante STRESSINVERSE. Elaboración propia a partir de datos del Servicio Sismológico de Guatemala (SSG).

La distribución de los ejes P y T (Figura 3c) muestra una concentración de los ejes P próxima a la orientación de σ_1 y de los ejes T alrededor de σ_3, lo que evidencia coherencia entre las orientaciones derivadas de los mecanismos focales y el tensor de esfuerzos estimado. La inversión proporciona además una relación de forma R ≈ 0.53, cuya distribución se concentra alrededor del valor estimado. En el círculo de Mohr, los planos considerados muestran dos agrupaciones con signos opuestos de esfuerzo cortante. En conjunto, estos resultados permiten examinar la compatibilidad entre las orientaciones de los planos nodales, la cinemática de los mecanismos focales y el campo de esfuerzos local, proporcionando elementos para discutir la posible participación de estructuras con distintas orientaciones en la actividad sismotectónica del sector.

3.4 Implicaciones para la tectónica activa

La integración de la distribución espacial de los eventos, los mecanismos focales y el campo de esfuerzos permite reconocer una tendencia NO–SE que podría estar asociada con la orientación de estructuras corticales activas en el área de estudio (Figura 4). La disposición de los epicentros, en conjunto con las soluciones de los mecanismos focales, es compatible con un régimen de deformación predominantemente transcurrente, en el cual algunas estructuras de orientación NO–SE podrían presentar una componente de movimiento lateral derecho o dextral. Los mecanismos focales correspondientes a la actividad sísmica de 2019 y 2024 también muestran características compatibles con fallamiento de rumbo, lo que sugiere que este tipo de deformación no se limita a la secuencia de julio de 2025, sino que podría estar relacionado con la actividad recurrente de estructuras corticales en la región.

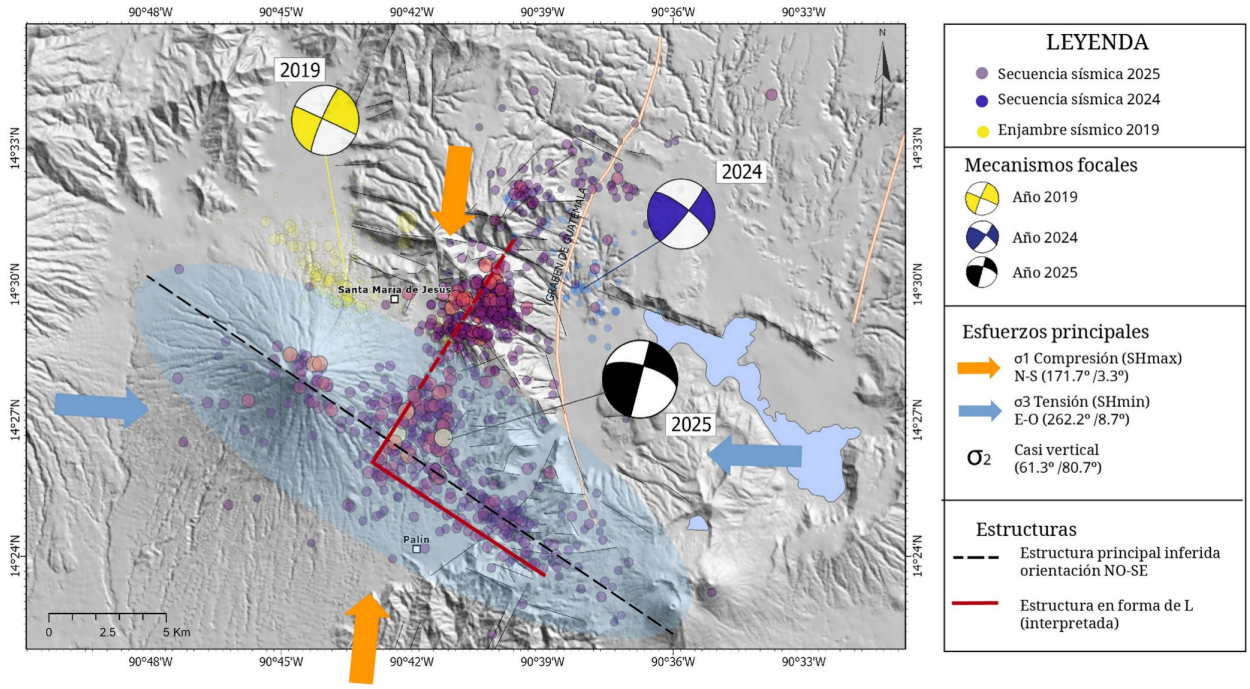
El predominio de mecanismos focales de tipo transcurrente es coherente con los resultados de la inversión del campo de esfuerzos, caracterizado por un esfuerzo principal máximo (σ_1) aproximadamente horizontal y orientado N–S, un esfuerzo principal mínimo (σ_3) aproximadamente horizontal y orientado E–O, y un esfuerzo intermedio (σ_2) cercano a la vertical. Esta configuración corresponde a un régimen de esfuerzos predominantemente transcurrente (*strike-slip*) y es compatible con la actividad de estructuras de distintas orientaciones bajo un mismo campo de esfuerzos.

Asimismo, la distribución epicentral de la sismicidad muestra una geometría aparente en forma de "L", definida por concentraciones de eventos con orientaciones diferentes (Figura 4). Esta configuración se distingue al considerar

conjuntamente la secuencia de 2025 y la actividad sísmica registrada en años anteriores. La disposición espacial observada podría reflejar la participación de más de una estructura cortical, en lugar de una ruptura concentrada sobre un único plano de falla. Sin embargo, esta interpretación requiere considerar la distribución de los hipocentros en profundidad y la posible relación entre las distintas concentraciones de sismicidad.

Figura 4

Distribución de la sismicidad de 2019, 2024 y 2025 e interpretación sismotectónica del sector



Nota. Distribución espacial de la sismicidad y mecanismos focales representativos de la registrada en 2019, 2024 y 2025 y las orientaciones de los esfuerzos principales. La línea negra discontinua representa la orientación inferida de una posible estructura sismogénica NO–SE, mientras que la línea roja indica una geometría estructural aparente en forma de "L", interpretada a partir de la distribución de los eventos. Las flechas representan las orientaciones horizontales de los esfuerzos principales σ_1 y σ_3. Elaboración propia con datos sismológicos del Servicio Sismológico de Guatemala (SSG).

La interpretación de estos resultados debe considerar la complejidad tectónica regional. Guzmán-Speziale y Molina (2022), en su revisión de la sismicidad y el fallamiento activo de Guatemala, describen diferentes fuentes de sismicidad cortical asociadas con los principales sistemas de fallas y otras estructuras tectónicas del país. Por su parte, Maurer et al. (2026), mediante la integración de información sísmica, geológica y geodésica, muestran que la deformación cortical en Guatemala no se concentra exclusivamente en las fallas principales, sino que también es acomodada por estructuras secundarias y deformación distribuida. En este contexto, las orientaciones preferenciales de la sismicidad y el campo de esfuerzos estimado para Santa María de Jesús–Palín son compatibles con la participación de estructuras corticales locales dentro de un marco regional de deformación complejo.

En el área de estudio, la identificación de dos familias de orientaciones, NE–SO y NO–SE, junto con los elevados ángulos de buzamiento de los planos nodales y el predominio de mecanismos de rumbo, plantea la posibilidad de una configuración de fallamiento conjugado. La disposición de ambas familias respecto al campo de esfuerzos estimado es compatible con la

existencia de estructuras de diferente orientación capaces de acomodar deformación transcurrente. No obstante, esta interpretación debe considerarse preliminar, debido a que la relación cinemática entre ambas familias y la identificación de los planos de falla efectivamente activados no han sido establecidas de manera independiente.

En conjunto, la secuencia de julio de 2025 aporta evidencia sismológica para caracterizar el régimen de esfuerzos y las posibles orientaciones y cinemáticas de las estructuras corticales involucradas en la actividad tectónica del sector Santa María de Jesús–Palín. La integración de estos resultados con los antecedentes sísmicos de 2019 y 2024 sugiere que la actividad transcurrente constituye una característica recurrente de la región. Sin embargo, la identificación de las estructuras responsables requiere información geológica y estructural complementaria, considerando la complejidad tectónica del área y la ambigüedad inherente a los planos nodales de los mecanismos focales. Por tanto, los resultados permiten establecer implicaciones para la tectónica activa local sin atribuir de manera definitiva la secuencia a una falla geológica específica.

4. Conclusiones

La secuencia sísmica de Santa María de Jesús–Palín de julio de 2025 presentó un comportamiento característico de una secuencia principal–réplicas, con una disminución progresiva en la frecuencia de ocurrencia de los eventos, descrita mediante la ley de Omori–Utsu con un valor de p = 1.04. Su distribución espacial, junto con los antecedentes de actividad sísmica registrados en 2019 y 2024, evidencia la ocurrencia recurrente de sismicidad cortical en esta región del centro-sur de Guatemala.

El análisis de 53 mecanismos focales mostró un predominio de soluciones de fallamiento de rumbo (*strike-slip*), correspondientes al 81.1 % del total. Asimismo, se identificaron dos familias principales de orientaciones de los planos nodales, aproximadamente NE–SO y NO–SE, con predominio de buzamientos elevados, características compatibles con una cinemática predominantemente transcurrente.

La inversión de los mecanismos focales permitió caracterizar un campo de esfuerzos consistente con un régimen transcurrente, definido por un esfuerzo principal máximo (σ_1) aproximadamente N–S y subhorizontal (azimut 171.7°, plunge 3.3°), un esfuerzo principal mínimo (σ_3) aproximadamente E–O y subhorizontal (azimut 262.2°, plunge 8.7°), y un esfuerzo intermedio (σ_2) cercano a la vertical (azimut 61.3°, plunge 80.7°). Esta configuración es compatible con la actividad de estructuras de distintas orientaciones bajo un mismo campo de esfuerzos.

La integración de la distribución espacial de la sismicidad, los mecanismos focales y el campo de esfuerzos sugiere la posible participación de estructuras corticales con diferentes orientaciones. La distribución epicentral presenta una geometría aparente en forma de "L", mientras que las orientaciones de los planos nodales podrían ser compatibles con una configuración de fallamiento conjugado. Sin embargo, la complejidad geológica del área y la ambigüedad inherente a los planos nodales impiden identificar de manera definitiva las fallas sismogénicas responsables de la secuencia.

Contribución de los autores

Los autores no proporcionaron un desglose individualizado de sus contribuciones según la taxonomía CRediT al momento de la entrega del manuscrito; sin embargo, todos los autores declaran haber participado en la elaboración del trabajo y aprueban la versión final publicada.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los hallazgos de este estudio están disponibles a través del autor de correspondencia, Helén Morán (correo: helen.moran@umg.edu.gt), previa solicitud razonable

Referencias

Authemayou, C., Brocard, G., Teyssier, C., Simon-Labric, T., Guttiérrez, A., Chiquín, E. N., & Morán, S. (2011). The Caribbean–North America–Cocos triple junction and the dynamics of the Polochic–Motagua fault systems: Pull-up and zipper models. *Tectonics, 30*(3), TC3010. https://doi.org/10.1029/2010TC002814

Delouis, B. (2014). FMNEAR: Determination of focal mechanism and first estimate of rupture directivity using near-source records and a linear distribution of point sources. *Bulletin of the Seismological Society of America, 104*(3), 1479–1500. https://doi.org/10.1785/0120130151

Garnier, B., Tikoff, B., Flores, O., Jicha, B., DeMets, C., Cosenza-Muralles, B., Hernandez, D., Marroquin, G., Mixco, L., & Hernandez, W. (2021). An integrated structural and GPS study of the Jalpatagua fault, southeastern Guatemala. *Geosphere, 17*(1), 201–225. https://doi.org/10.1130/GES02243.1

Garnier, B., Tikoff, B., Flores, O., Jicha, B., DeMets, C., Cosenza-Muralles, B., Hernandez, W., & Greene, D. (2022). Deformation in western Guatemala associated with the NAFCA (North America–Central American Forearc–Caribbean) triple junction: Neotectonic strain localization into the Guatemala City graben. *Tectonics, 41*(2), e2021TC006739. https://doi.org/10.1029/2021TC006739

Gutenberg, B., & Richter, C. F. (1944). Frequency of earthquakes in California. *Bulletin of the Seismological Society of America, 34*(4), 185–188. https://doi.org/10.1785/BSSA0340040185

Guzmán-Speziale, M., & Molina, E. (2022). Seismicity and seismically active faulting of Guatemala: A review. *Journal of South American Earth Sciences, 115*, 103740. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2022.103740

Hardebeck, J. L., & Shearer, P. M. (2002). A new method for determining first-motion focal mechanisms. *Bulletin of the Seismological Society of America, 92*(6), 2264–2276. https://doi.org/10.1785/0120010200

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). (2019). *Reporte de la actividad sísmica tipo enjambre en el departamento de Sacatepéquez, durante los meses de marzo y abril de 2019* [Reporte técnico]. http://geo.insivumeh.gob.gt/REPORTES_SECCION_SISMOLOGIA/REPORTES_TECNICOS/2019/reporte_enjambre_sacatepequez.pdf

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH). (2024). *Secuencia sísmica en el límite departamental de Guatemala–Sacatepéquez* [Reporte técnico]. http://geo.insivumeh.gob.gt/REPORTES_SECCION_SISMOLOGIA/REPORTES_TECNICOS/2024/REPORTE-RT_INS_2024_01.pdf

Maurer, J., Eckert, A., Sun, Q., & Obrist-Farner, J. (2026). Deformation and earthquake potential on the North America–Caribbean–Cocos plate boundary system in Guatemala. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 131*(4), e2025JB032397. https://doi.org/10.1029/2025JB032397

Michael, A. J. (1984). Determination of stress from slip data: Faults and folds. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 89*(B13), 11517–11526. https://doi.org/10.1029/JB089iB13p11517

Servicio Sismológico de Guatemala (SSG). (s. f.). *Servicio Sismológico de Guatemala*.

Universidad Mariano Gálvez de Guatemala. https://ssg.gt/

Utsu, T., Ogata, Y., & Matsu'ura, R. S. (1995). The centenary of the Omori formula for a decay law of aftershock activity. *Journal of Physics of the Earth, 43*(1), 1–33. https://doi.org/10.4294/jpe1952.43.1

Vavryčuk, V. (2014). Iterative joint inversion for stress and fault orientations from focal mechanisms. *Geophysical Journal International, 199*(1), 69–77. https://doi.org/10.1093/gji/ggu224

Zoback, M. L. (1992). First- and second-order patterns of stress in the lithosphere: The World Stress Map Project. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 97*(B8), 11703–11728. https://doi.org/10.1029/92JB00132

Sobre los autores

José Antonio Tojil Jimenez

Licenciado en Física Aplicada egresado de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Actualmente trabaja en análisis de datos en temas de sismología. Entre sus intereses está la modelación y caracterización de la fuente sísmica. Cuenta con experiencia en automatización de procesos en monitoreo sísmico. Sus intereses académicos incluyen análisis de datos y señales geofísicas, análisis del campo magnético terrestre y algunos temas de meteorología. Correo: jose.tojil@umg.edu.gt. ORCID: https://orcid.org/0009-0008-5432-2941

Helén Marina Morán Chén

Ingeniera geóloga egresada de la Universidad de San Carlos de Guatemala y actualmente cursa la Maestría en Geomática. Cuenta con experiencia en análisis sísmico, elaboración de productos sismológicos y divulgación científica. Inició su trayectoria en sismología en el INSIVUMEH y actualmente se desempeña como analista de señales sísmicas en el Servicio Sismológico de Guatemala de la Universidad Mariano Gálvez. Correo: helen.moran@umg.edu.gt. ORCID: https://orcid.org/0009-0002-2802-0612

Kevin Carlos Enrique Chún Quinillo

Ingeniero Geólogo egresado del Centro Universitario del Norte (CUNOR) de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Actualmente cursa la Maestría en Geomática y cuenta con diplomados en Sismología y Medio Ambiente. Se desempeña como coordinador de Sismología e investigador del Servicio Sismológico de Guatemala (SSG), de la Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, y participa en actividades de investigación y monitoreo volcánico en el Observatorio Guatemalteco de Vigilancia Volcánica (OGVV). Su experiencia científica comprende el monitoreo y análisis de señales sísmicas, la investigación de procesos volcánicos y la elaboración de mapas de peligros volcánicos, con énfasis en la evaluación y modelación de corrientes de densidad piroclástica y lahares. Asimismo, cuenta con experiencia en sistemas de información geográfica y análisis espacial aplicados al estudio de amenazas geológicas y la gestión del riesgo de desastres. Ha participado en congresos científicos internacionales e impartido charlas en el extranjero, contribuyendo al intercambio y la divulgación del conocimiento científico. Correo: kevin.chun@umg.edu.gt ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5996-1285

Josué Daniel Cuzco Rivera

Licenciado en Física Aplicada egresado de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Cuenta con experiencia en programación, análisis de datos, sismología, meteorología y divulgación científica. Inició su trayectoria profesional en INSIVUMEH, pasando primero por el departamento de Geofísica y luego por el de Meteorología. Actualmente se desempeña como analista de señales sísmicas en el Servicio Sismológico de Guatemala de la Universidad Mariano Gálvez, donde participa en actividades de análisis e investigación relacionadas con la sismología. Correo: josue.cuzco@umg.edu.gt ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8924-7779

CC BY-NC-SA 4.0 Creative Commons

© 2026 Los autores. Este artículo se publica en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0). Se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra con fines no comerciales, siempre que se cite la autoría y la publicación original en la Revista Guatemalteca de Ciencias de la Tierra y que las obras derivadas se distribuyan con la misma licencia.