



REPORTE TÉCNICO

Publicado: 30 de Noviembre

Año 2025

SECUENCIA SÍSMICA DE JUTIAPA, 2025



Descripción: una de las viviendas afectadas por los sismos del 29 de julio de 2025.

INS-DG-SS-RT-2025-05



Ministerio de
Comunicaciones,
Infraestructura y
Vivienda

Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos
Sección de Sismología

Instituto Nacional de
Sismología, Vulcanología,
Meteorología e Hidrología

INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA -INSIVUMEH-

DIRECTOR GENERAL:
Ing. Edwin Aroldo Rojas Domingo

SUBDIRECTOR GENERAL:
Ing. Mario René Mejía Clara

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS GEOFÍSICOS

JEFE DE DEPARTAMENTO:
Lic. Robin Onelio Yani Quiyuch

SECCIÓN DE SISMOLOGÍA

COORDINADOR
Ing. Diego Andrés Castro Rojas

PERSONAL
Lic. Rodolfo Alvarado Sosa
Luis Alberto Arriola
Rony Rocael Cabnal
Dulce Pamela Calán Chon
Brando Leonel Coc Chen
Irene Almadaly Ligorria Sierra
Carlos Enrique Pérez Tórtola
Luis Ángel Teos Zuleta
Alejandra Dessiré Zapeta Hernández

COMPUTACIÓN CIENTÍFICA

COORDINADOR
Ing. Oscar Anibal Chamalé Grijalva

PERSONAL
Adonis Abimael Rodríguez Juárez

INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICA

COORDINADOR
Joshua David Paz García

PERSONAL
Allan Gustavo Camey Ajvix
Williams Alexander Juárez Jiménez
Oscar Guillermo Lemus Mazariegos
Walter René Pérez Morales
Josué Onan Rodríguez Chiroy

Índice

1. Introducción	2
2. Contexto Geológico	3
2.1. Marco Geo-tectónico	3
3. Descripción General	5
3.1. Distribución epicentral	7
3.2. Distribución temporal	7
3.2.1. Evolución del comportamiento de la tasa de ocurrencia de sismos	8
3.2.2. Evolución de las sismicidad en función de la magnitud	9
4. Análisis de Intensidades	11
4.1. Intensidades Instrumentales	12
4.2. Mapas de movimiento del suelo (ShakeMap)	12
4.2.1. Intensidades sísmicas para los municipios y centros poblados	12
5. Visita de Campo	17
5.1. Evaluación geológica	17
5.1.1. Planos de falla	20
6. Análisis de la Fuente Sísmica	22
6.1. Mecanismo Focal obtenido por FMNEAR	22
6.2. Inversión de la Fase W (W-Phase)	23
6.3. Comparaciones entre métodos y catálogos internacionales	25
6.4. Integración con las observaciones de campo	26
6.5. Mediciones de Deformación	28
7. Conclusiones	30
8. Agradecimientos	32

PAGINA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

1. Introducción

Durante el mes de julio de 2025, la actividad sísmica capturó la atención de la población guatemalteca tras el inicio de una secuencia sísmica en el municipio de Santa María de Jesús, departamento de Sacatepéquez, el día martes 8 de julio a las 15:11:10 horas. Los eventos principales de esta secuencia fueron percibidos en gran parte del territorio nacional y dejaron un saldo de al menos 8 personas fallecidas, así como daños severos en la infraestructura de las comunidades más cercanas a los epicentros.

Exactamente tres semanas después, a las 15:21:47 horas del día martes 29 de julio, dio inicio una secuencia sísmica diferente en el departamento de Jutiapa, tras la ocurrencia de un sismo de magnitud 5.8 con epicentro en el municipio de Zapotitlán. Este evento fue seguido rápidamente por otro sismo de magnitud 5.7, localizado en el municipio vecino de Comapa, el cual ocurrió exactamente 3 minutos y 36 segundos más tarde. Estos sismos también provocaron el fallecimiento de la menos 2 personas, y causaron destrucción en las comunidades cercanas.

La secuencia sísmica de Santa María de Jesús tuvo un mayor impacto social y mediático debido a su proximidad a los principales centros urbanos del país; sin embargo, un mayor número de eventos sísmicos y valores más elevados de las magnitudes sísmicas alcanzadas fueron registrados en la secuencia de Jutiapa. Hasta la fecha de emisión del presente reporte, se continúa observando actividad sísmica esporádica de bajas magnitudes en ambas regiones.

El presente documento constituye una recopilación de los principales resultados y productos derivados del análisis de los primeros 52 días de la secuencia sísmica del departamento de Jutiapa. Dicho análisis fue realizado por el personal de la Sección de Sismología del Departamento de Investigación y Servicios Geofísicos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología - INSIVUMEH -, utilizando los registros de la Red Sismológica Nacional (RSN) y de estaciones de la Red Sísmica Nacional de El Salvador, proporcionados al INSIVUMEH por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de la República de El Salvador.

Este reporte está dirigido tanto al público en general como a profesionales y especialistas en el campo de la sismología. Por ello, algunas de las técnicas sismológicas utilizadas en el análisis de los eventos sísmicos son mencionadas, mas no se detallan a profundidad. Así mismo, se describen algunas de las acciones tomadas por la Sección de Sismología en respuesta a la emergencia sísmica.

2. Contexto Geológico

2.1. Marco Geo-tectónico

Guatemala es afectada por la interacción entre las placas de Norteamérica, el Caribe y Cocos; el movimiento relativo entre ellas, su composición (oceánica y continental) y su edad geológica produce dos tipos principales de interacción: entre las placas de Norteamérica y El Caribe ocurre una interacción de tipo transcurrente, y entre las placas de Cocos y el Caribe existe una interacción de tipo convergente [Dewey and Suárez, 1991], tal y como se observa en la Figura 1.

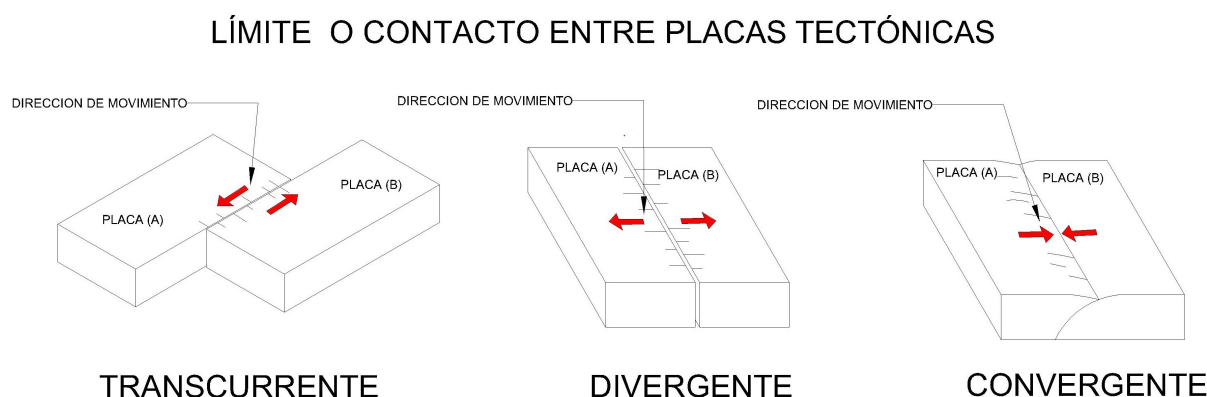


Figura 1: Representación de los tipos de interacción entre placas tectónicas, mostrando la dirección del movimiento.

Las interacciones regionales mencionadas derivan en un proceso de deformación interna de la placa del Caribe, generando un sistema de fallas de rumbo en la región sur de Guatemala. Este sistema presenta una orientación preferencial Noroeste-Sureste (NW-SE) y se extiende a lo largo del arco volcánico centroamericano, conectando estructuras desde la Caldera de Amatitlán y el departamento de Santa Rosa hacia el Sistema de Fallas de El Salvador [Authemayou et al., 2011].

La falla de Jalpatagua es la estructura predominante de este sistema en Guatemala; se caracteriza por ser una falla transcurrente de movimiento dextral, con una sismicidad predominantemente superficial (cortical). Estudios geodésicos recientes [Garnier et al., 2021] han estimado una tasa de deslizamiento (slip rate) para la falla de Jalpatagua de aproximadamente 7.6 ± 2.1 mm/año con un azimut de $N75^{\circ}W$. Es notable observar que esta tasa de deformación presenta un gradiente de incremento hacia el sureste, alcanzando valores de 9.7 ± 1.4 mm/año en el occidente de El Salvador

y hasta 10.3 ± 1.2 mm/año en su región central, lo que evidencia la partición de esfuerzos a lo largo del borde del Bloque del Antearco Centroamericano (BAAC).

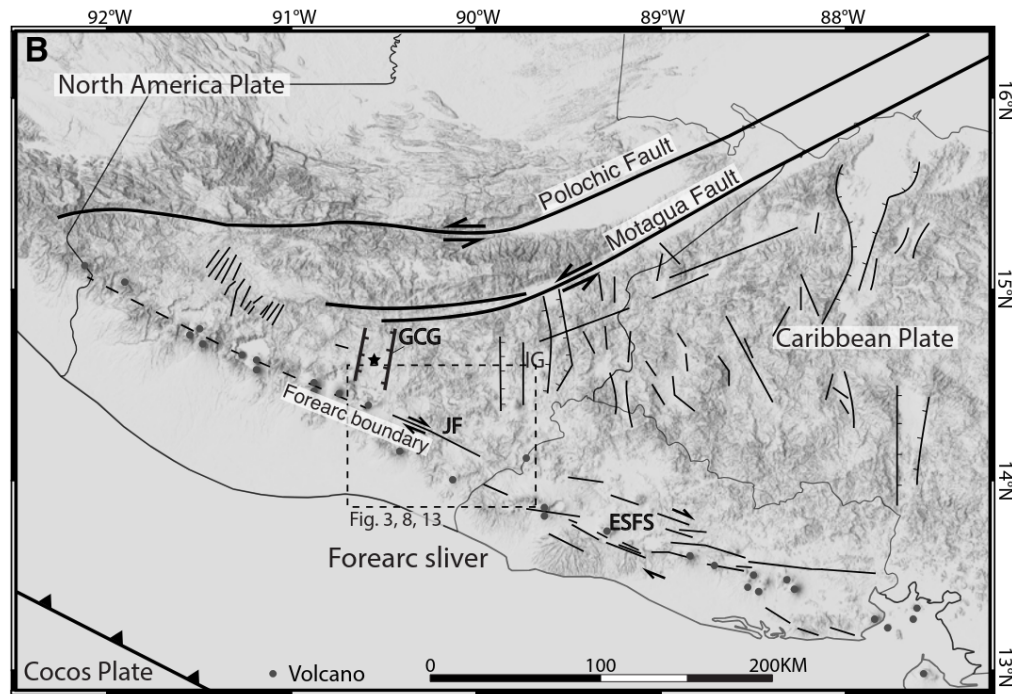


Figura 2: Mapa de Guatemala a escala regional con los principales sistemas de fallas geológicas, incluyendo la zona de falla de Jalpatagua, que se extiende por el arco volcanico de Guatemala. Reproducido de [Garnier et al., 2021]

3. Descripción General

La secuencia sísmica del departamento de Jutiapa inició el 29 de julio de 2025 a las 15:21:47 horas, tras la ocurrencia de un evento sísmico de magnitud local (ML) 5.8 con epicentro en el municipio de Zapotitlán. Menos de 4 minutos después, ocurrió un evento de ML 5.7, localizado en el municipio de Comapa, mismo municipio en el cual ocurrió a las 17:05:21 horas un evento sísmico con ML 5.2 (el cual terminaría siendo el tercer evento más grande de la secuencia sísmica). En la figura 3 se muestra la localización de los epicentros de los tres sismos mencionados.

Los dos primeros eventos, los cuales fueron reportados sensibles en la mayor parte del territorio nacional, marcaron el inicio del incremento abrupto en la tasa de ocurrencia de sismos en el área; a dicho incremento es a lo que se le denomina como **la Secuencia Sísmica de Jutiapa 2025**. En la Figura 3 se observan los epicentros de los sismos asociados a la secuencia, resaltando con símbolos de estrellas los 3 sismos de mayor magnitud (ver Sección 3.3.2). A continuación se presenta un resumen general de las características principales de la secuencia:

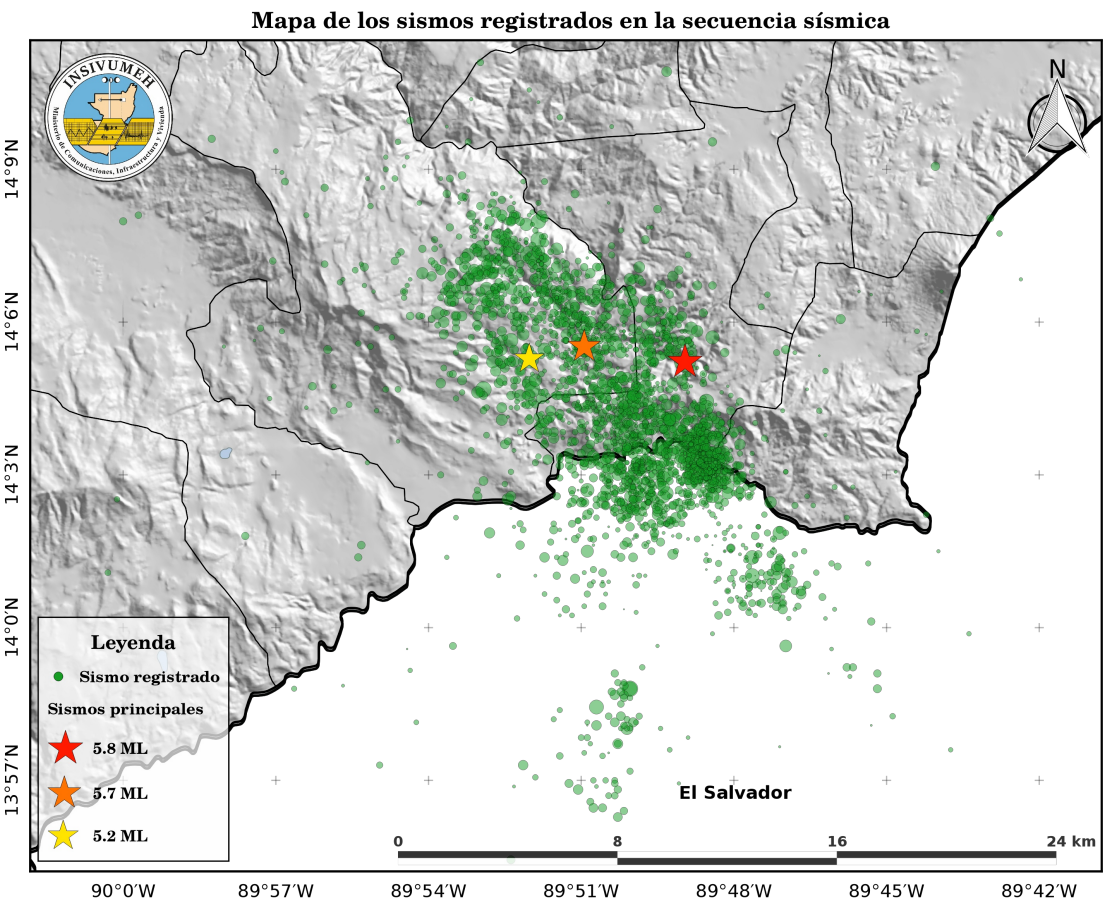


Figura 3: Distribución geográfica de la actividad sísmica asociada a la secuencia.

- **Tiempo de Origen:** la secuencia inició a las 15:21:47 horas del día 29 de julio de 2025, con la ocurrencia del sismo de magnitud 5.8 en Zapotitlán, Jutiapa.
- **Región Epicentral:** se han asociados al menos 2811 sismos a la secuencia, localizados en la región fronteriza entre la República de Guatemala y la República de El Salvador. La mayor parte de la actividad ocurrió en territorio guatemalteco, en la zona central-este del departamento de Jutiapa.
- **Magnitudes:** las magnitudes máximas corresponden a los eventos iniciales de 5.8 y 5.7, respectivamente. En la Figura 4 se representan las diferentes magnitudes asociadas a la secuencia sísmica.
- **Intensidades:** Los eventos de mayor magnitud generaron intensidades máximas de VII en la Escala de Mercalli Modificada, causando serios daños en la infraestructura y la pérdida de vidas humanas. Así mismo, al menos 88 sismos asociados a la secuencia fueron reportados sensibles al INSIVUMEH.
- **Hipocentros:** la actividad ocurrió a bajas profundidades; la mayoría de los eventos sísmicos se localizan entre los 0 y los 10 km de profundidad. Tan solo 11 eventos asociados a la secuencia superaron los 10 km de profundidad, siendo 14.1 km la profundidad máxima.
- **Fuente Sísmica:** la estimación de mecanismos focales permite asociar la fuente de la actividad a sistemas de fallas normales con orientaciones perpendiculares a la falla de Jalpatagua.
- **Estatus:** a la fecha de emisión de este reporte, la secuencia sísmica aún se mantiene activa.

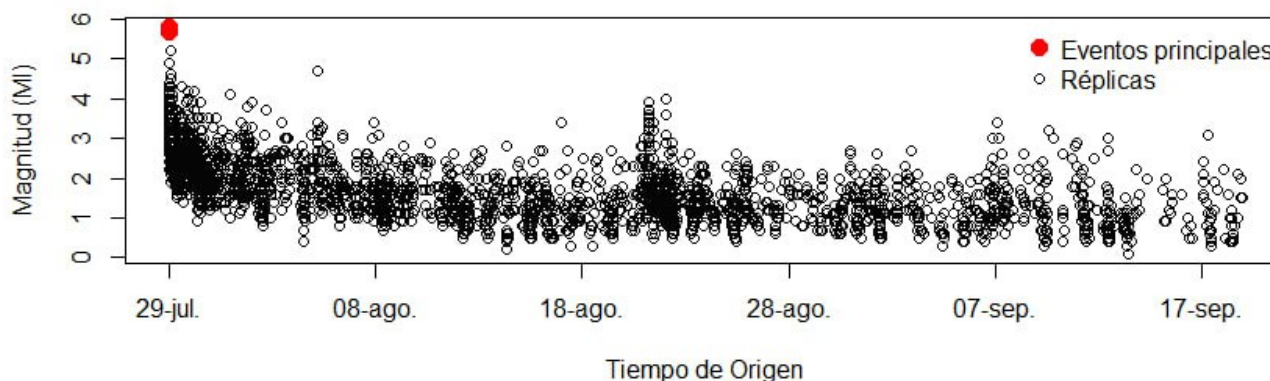


Figura 4: Magnitudes de los eventos sísmicos asociados a la Secuencia Sísmica.

3.1. Distribución epicentral

Geográficamente, la secuencia se ubica en la región fronteriza entre la República de Guatemala y la República de El Salvador. De los 2811 eventos sísmicos asociados a la secuencia, 1837 ocurrieron en territorio guatemalteco y 974 en territorio salvadoreño. En Guatemala, la sismicidad se concentró en su totalidad en el departamento de Jutiapa, con los epicentros distribuidos a lo largo de 9 municipios diferentes, como se muestra en la figura 6.

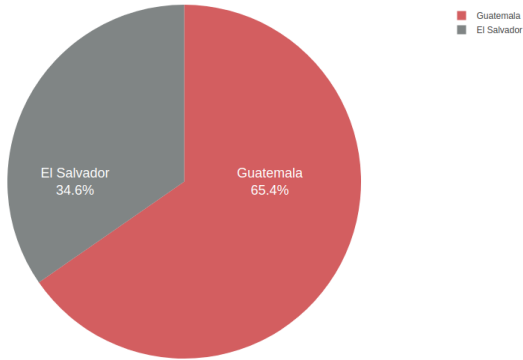


Figura 5: Distribución epicentral de la secuencia sísmica.

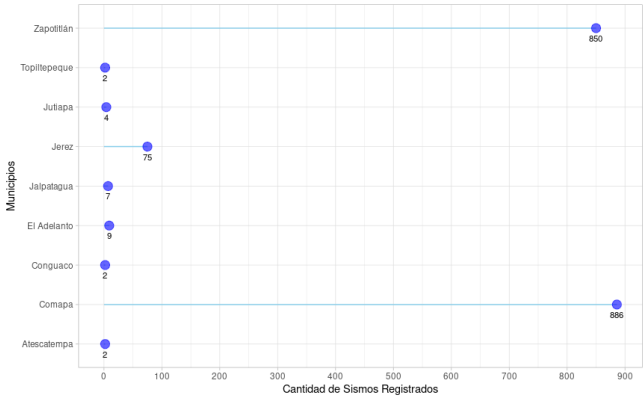


Figura 6: Cantidad de sismos de la secuencia registrados en el departamento de Jutiapa

Zapotitlán y Comapa se destacan como los municipios más relevantes de la secuencia, dado que dentro de sus límites se generó un 61.75 % de la sismicidad total asociada. Fue en estos dos municipios donde inició la secuencia, con la ocurrencia de los eventos de mayor magnitud (5.8 y 5.7), los cuales generaron las mayores intensidades.

En general, la sismicidad de mayores magnitudes ocurrió en territorio guatemalteco: de los 23 eventos que alcanzaron o superaron un valor de magnitud de 4.0, solamente 3 ocurrieron en territorio salvadoreño. El evento más fuerte que ocurrió en El Salvador alcanzó una magnitud de 4.7, siendo el quinto mayor evento de la secuencia, pero su epicentro ocurrió a menos de 500 metros de la frontera con Zapotitlán (distancia que cae dentro del margen de incerteza de una localización sísmica).

3.2. Distribución temporal

La secuencia se mantuvo activa durante varios meses, caracterizándose por una alta tasa de ocurrencia de sismos al inicio, seguida de una disminución progresiva de la actividad. Así mismo, durante las primeras horas se registraron también las mayores magnitudes.

3.2.1. Evolución del comportamiento de la tasa de ocurrencia de sismos

La figura 7 muestra que los tres primeros días presentaron la mayor actividad (con 258, 256 y 183 sismos registrados respectivamente), seguidos de una disminución significativa en la sismicidad registrada (75 sismos registrados durante el cuarto día), la cual se mantuvo hasta el 21 de agosto, día en el cual se dio un nuevo incremento en la actividad registrada.

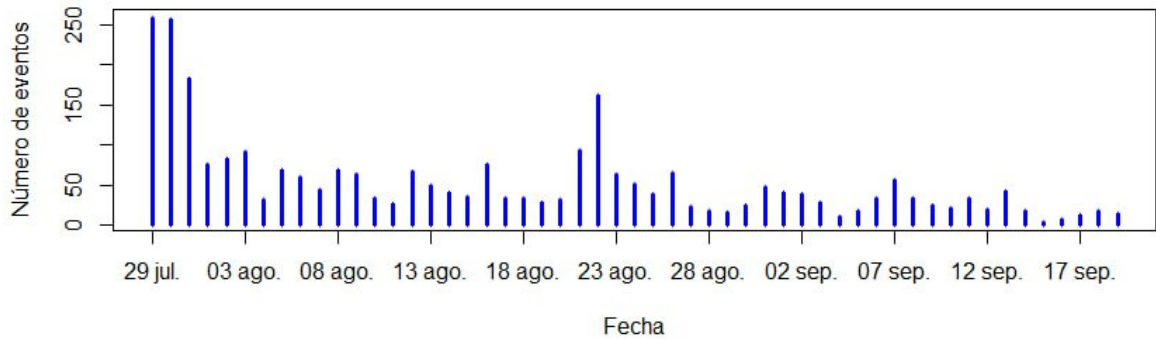


Figura 7: Eventos sísmicos diarios registrados durante los primeros 52 días de la secuencia sísmica.

Aumentando la resolución temporal del análisis, se observa como la tasa de ocurrencia de sismos fue particularmente elevada durante las primeras tres horas de la secuencia, registrándose al menos 40 eventos por hora. En promedio, la tasa de ocurrencia del día 29 de julio superó los 28 sismos por hora, cifra que se redujo a tan solo 11 sismos por hora el día 30 de julio. La figura 8 muestra la cantidad de sismos registrados durante las primeras 100 horas de actividad.

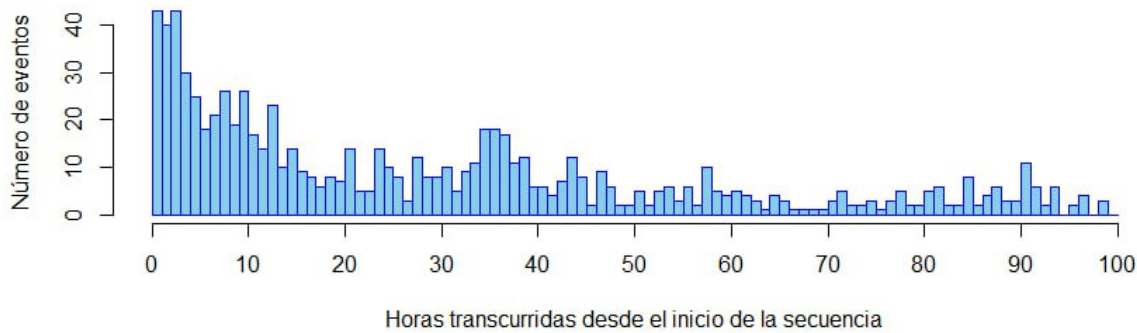


Figura 8: Cantidad de eventos sísmicos registrados por hora, durante las primeras 100 horas de la secuencia sísmica.

3.2.2. Evolución de las sismicidad en función de la magnitud

Los dos eventos de mayor magnitud, que generaron las intensidades de mayor impacto para la población, se registraron durante los primeros 4 minutos de la secuencia. El tercer evento más fuerte, con una magnitud de 5.2, ocurrió una hora y cuarenta y cuatro minutos después, a las 17:05:21 horas; a partir de ese momento, no se registraron eventos posteriores que alcanzaran o superaran una magnitud de 5.

En total, se registraron 23 eventos sísmicos con magnitudes iguales o mayores a 4.0, de los cuales 20 ocurrieron durante los primeros dos días de actividad. No obstante, se evidenciaron episodios tardíos de liberación de energía dentro de la secuencia, ya que el quinto evento de mayor magnitud currió hasta el 5 de agosto a las 20:32:52 horas. El último evento que alcanzó una magnitud de 4 ocurrió el viernes 22 de agosto, a las 17:13:32 horas.

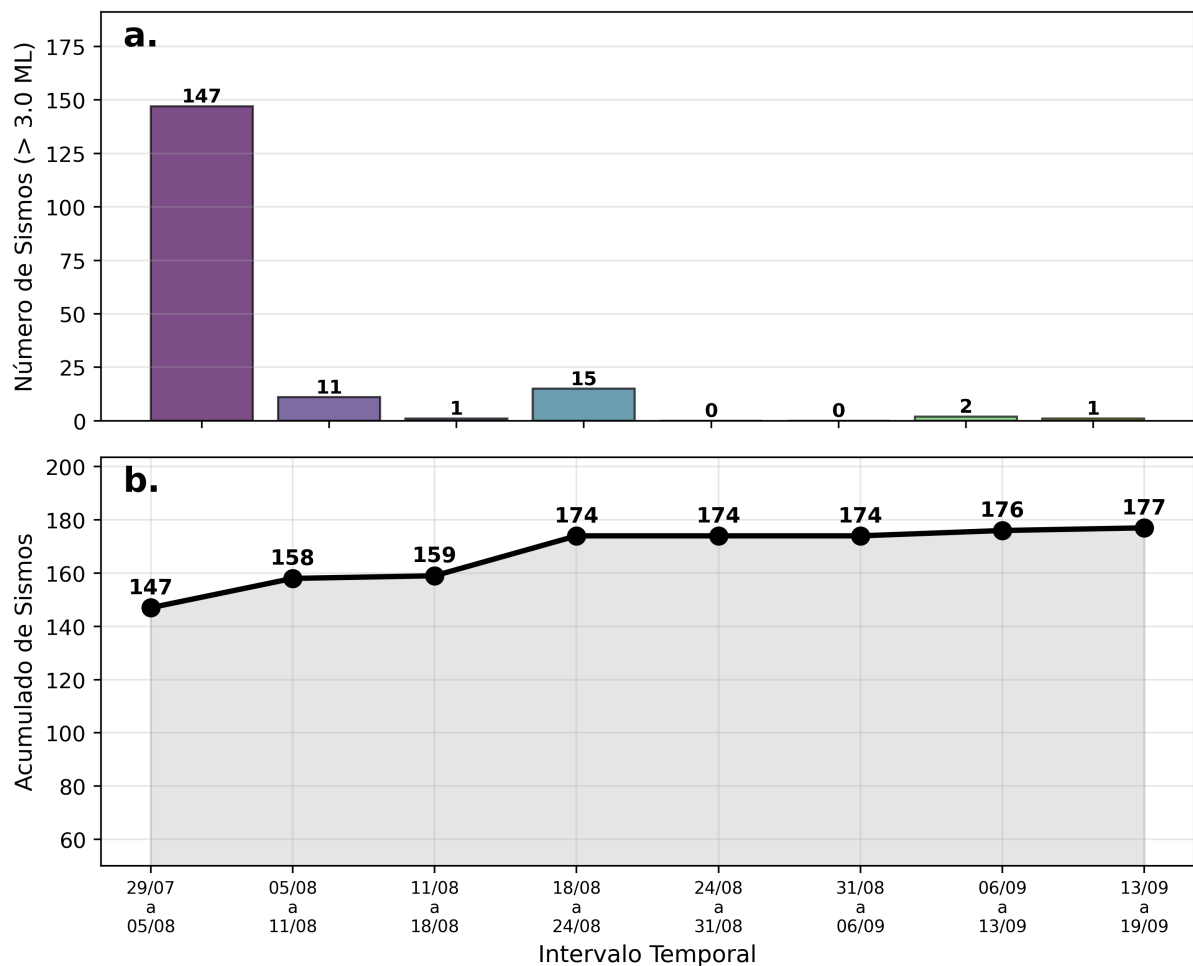


Figura 9: a. Sismos con magnitudes mayores o iguales a 3.0 para diferentes periodos de tiempo. b. Acumulado de sismos con magnitudes mayores o iguales a 3.0 para cada periodo.

La figura 9 muestra cuantos sismos con magnitudes mayores o iguales a 3.0 fueron asociados a la secuencia para diferentes periodos de tiempo; la figura 10, por otro lado, muestra cuales fueron las magnitudes promedio de la secuencia para cada uno de esos periodos de tiempo.

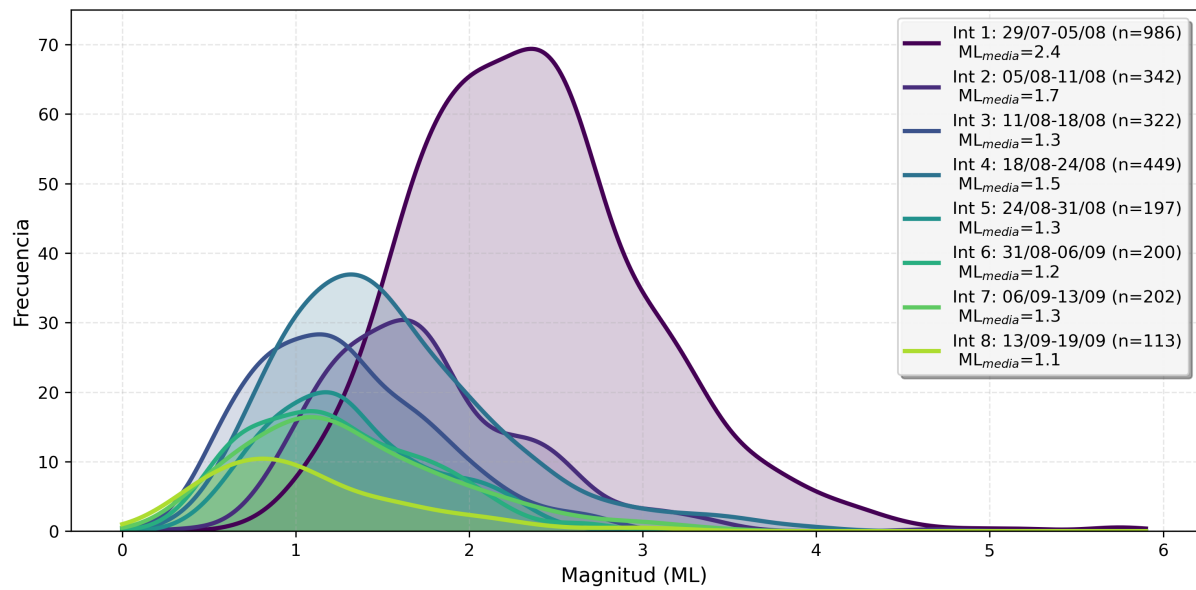


Figura 10: Distribución de magnitudes para diferentes periodos de tiempo de la secuencia.

4. Análisis de Intensidades

En este capítulo se presentan los principales productos derivados del análisis de intensidades del primer evento sísmico de la secuencia, realizado automáticamente minutos después de su ocurrencia.

La información técnica generada por la Sección de Sismología se deriva principalmente del procesamiento y análisis de los registros de la Red Sismológica Nacional - RSN, la cual está conformada por estaciones sísmicas distribuidas en diferentes puntos del territorio nacional, cuyos registros son transmitidos en tiempo real a las instalaciones centrales del INSIVUMEH, localizadas en la zona 13 de la Ciudad Capital.

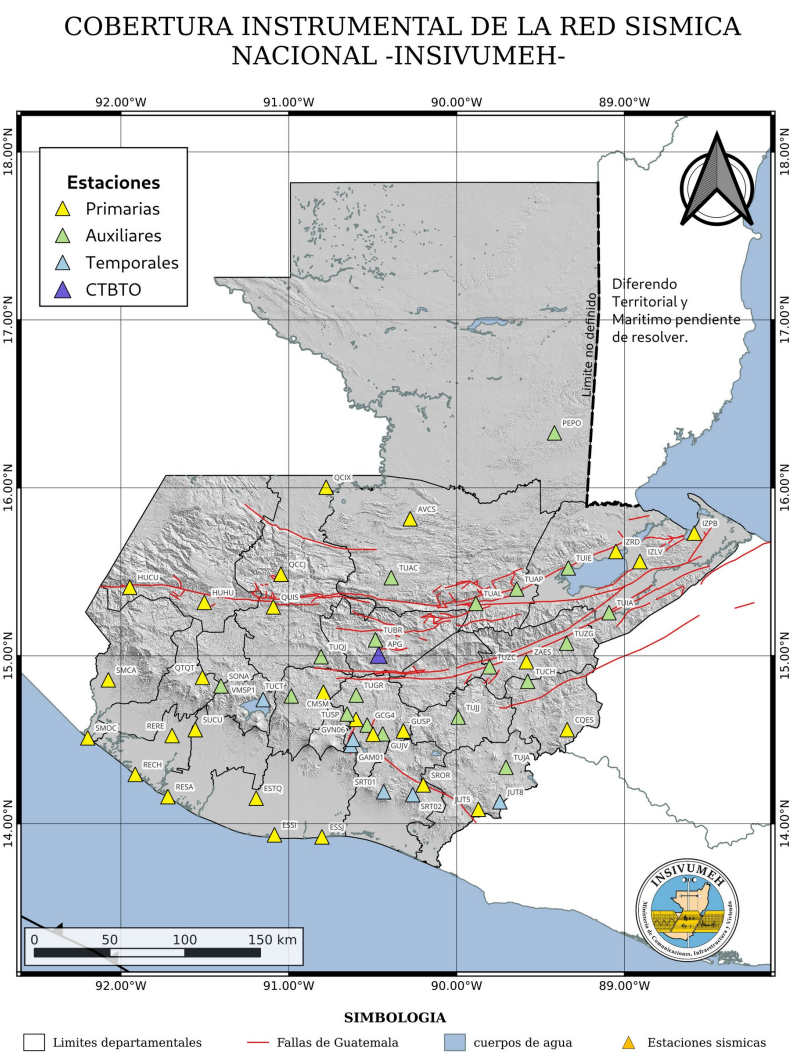


Figura 11: Mapa actualizado de la Red Sismológica Nacional

En la actualidad, la RSN está conformada por más de 80 estaciones, incluyendo estaciones para la vigilancia volcánica; algunas estaciones cuentan solamente con sismómetros de banda ancha o periodo corto, otras con sensores de movimiento fuerte (acelerómetros) y otras incluyen tanto sismómetros de banda ancha como acelerómetros (Figura 11).

4.1. Intensidades Instrumentales

Tras la ocurrencia de un evento sísmico es posible estimar parámetros del movimiento del suelo a partir de los registros de las estaciones de la Red Sismológica Nacional, como la aceleración pico del terreno (PGA). Dado que existen relaciones empíricas entre los valores de la aceleración del terreno y los valores de intensidad en la escala de Mercalli Modificada (IMM), estos registros permiten realizar estimaciones instrumentales de las intensidades sísmicas en los sitios donde se encuentran instaladas las estaciones [Wald et al., 1999].

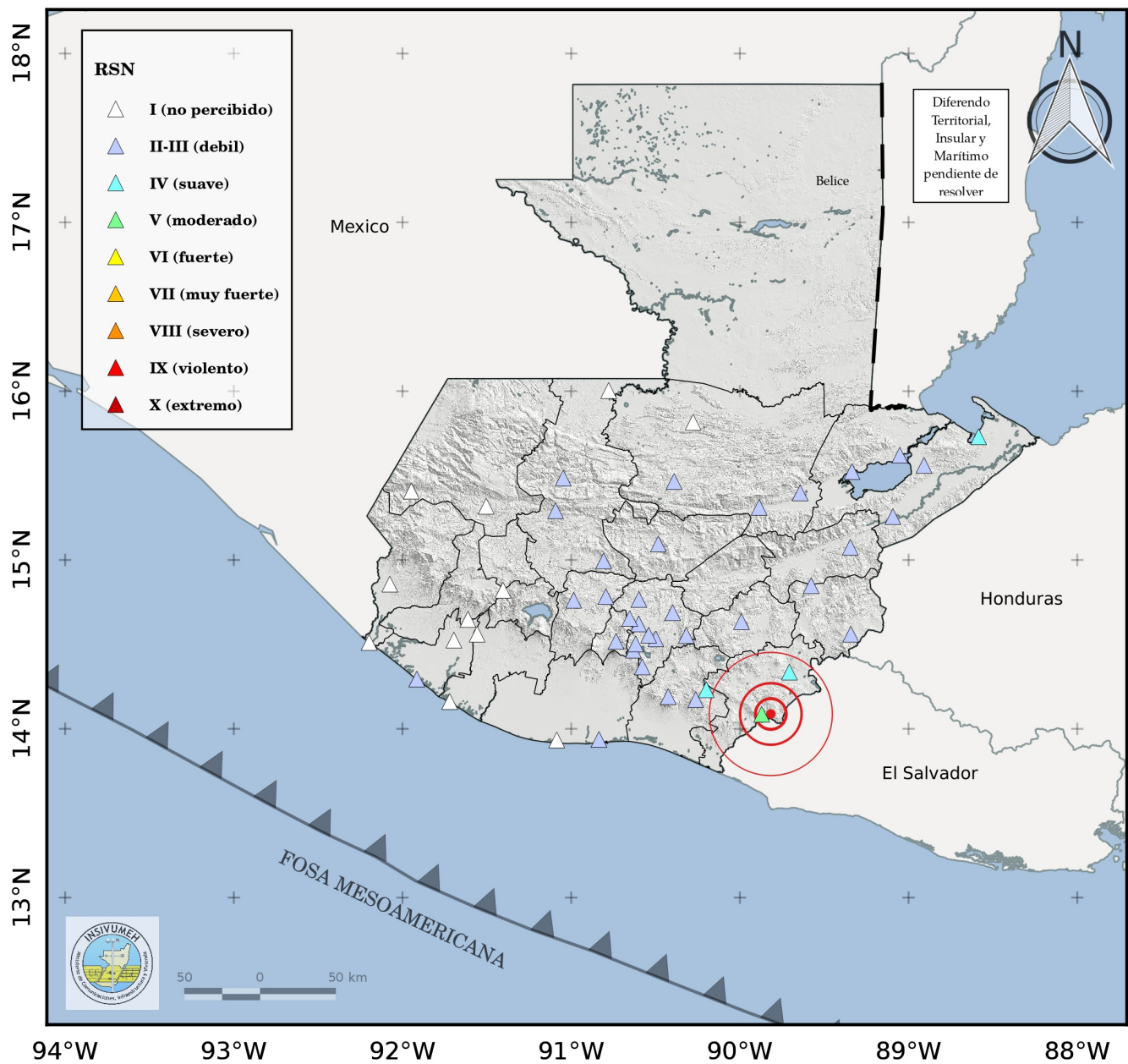
La figura 12 muestra las intensidades instrumentales registradas por la RSN para el primer sismo de la Secuencia de Jutiapa; la intensidad instrumental máxima se registró en las cercanías de la región epicentral.

4.2. Mapas de movimiento del suelo (ShakeMap)

Mediante la interpolación de los valores instrumentales de intensidad, combinados con modelos teóricos del movimiento del suelo asociado a la propagación de las ondas sísmicas, es posible generar mapas de intensidades sísmicas estimadas, conocidos como **ShakeMaps**, para una región geográfica determinada. Estos mapas permiten estimar la distribución de las intensidades sísmicas en el territorio nacional. En la figura 13 se presenta el ShakeMap compartido a los equipos de primera respuesta minutos después de la ocurrencia del sismo en donde se evidencia que la intensidad máxima registrada es VII en escala de Mercalli Modificada (IMM).

4.2.1. Intensidades sísmicas para los municipios y centros poblados

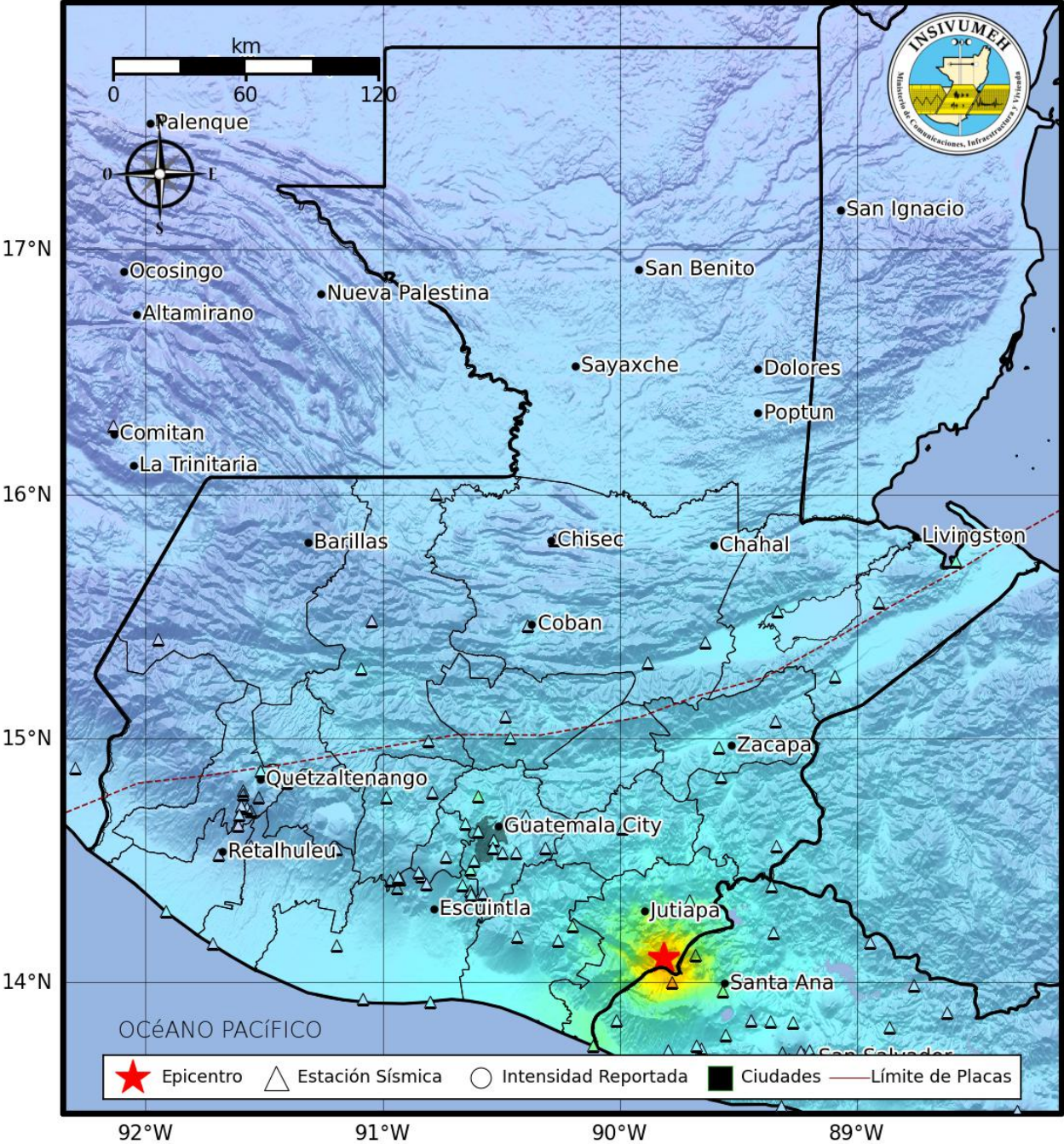
Con la información obtenida a partir de la generación del ShakeMap se procede a realizar una estimación de las posibles intensidades para las cabeceras municipales (figura 14) y los diferentes centros poblados del país (figura 15). Actualmente se utiliza como referencia los datos oficiales del censo 2018.



INFORMACIÓN DEL EVENTO SÍSMICO

Tiempo de origen (hora local)	Latitud (N)	Longitud (O)	Profundidad (km)	Magnitud
2025-07-29 15:21:47	14.08703232	-89.81582642	3.4	5.8

Figura 12: Intensidades instrumentales registradas por la RSN.



MOVIMIENTO	No Sentido	Débil	Suave	Moderado	Fuerte	Muy Fuerte	Severo	Violento	Extremo
DAÑO	Ninguno	Ninguno	Muy Poco	Poco	Moderado	Moderado/Mucho	Mucho	Severo	Desastroso
PGA(%g)	<0.0464	0.297	2.76	6.2	11.5	21.5	40.1	74.7	>139
PGV(cm/s)	<0.0215	0.135	1.41	4.65	9.64	20	41.4	85.8	>178
INTENSIDAD	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Escala por Worden et al. (2012)

Versión 1: Procesado 2025-07-29T22:03:31Z

Figura 13: ShakeMap generado para el primer sismo de la secuencia sísmica.

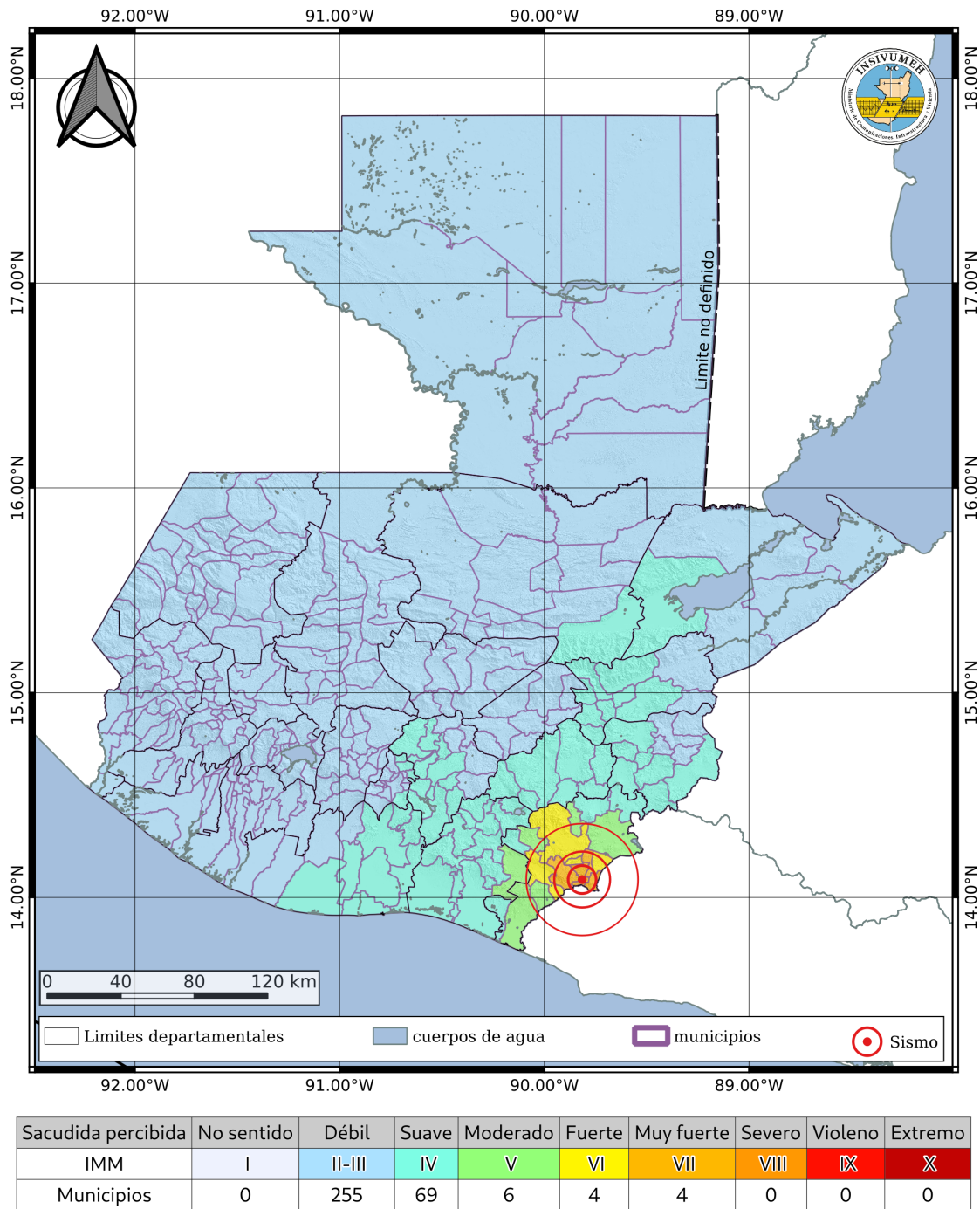
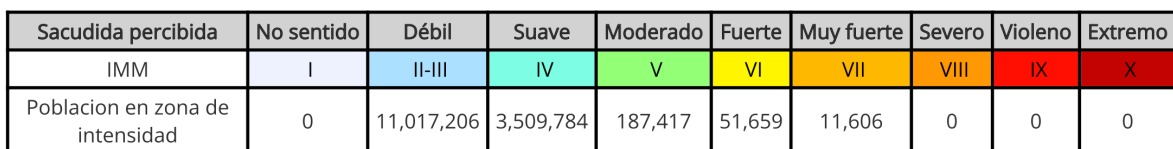


Figura 14: Estimación de las intensidades sísmicas para los municipios del país.



16

5. Visita de Campo

Una de las principales acciones realizadas en respuesta a la amergencia sísmica fue una campaña geológica realizada en el área afectada.

Durante la visita de campo realizada se identificaron diversas evidencias superficiales asociadas a la actividad sísmica, incluyendo rasgos geológicos generados por la activación de estructuras tectónicas. Así mismo, se reconocieron manifestaciones geomorfológicas y estructurales representativas de una zona con comportamiento sísmico recurrente, lo que sugiere un carácter cíclico de la actividad.

5.1. Evaluación geológica

En el caserío Los Ranchos, ubicado en la aldea Escuinapa del municipio de Comapa, Jutiapa, se registró un agrietamiento del suelo posterior a la ocurrencia de los dos sismos principales de mayor magnitud. La grieta se desarrolló de forma aproximadamente rectilínea, extendiéndose a través de varias propiedades dentro del caserío. Este fenómeno se localiza al pie de una ladera de inclinación moderada, de acuerdo a clasificaciones propuestas en la literatura científica [Suárez, 2009].



Figura 16: Caserío Los Ranchos de la aldea Escuinapa, municipio de Comapa, Jutiapa. La línea roja intermitente representa la dirección y posicionamiento del agrietamiento ocurrido.

Se determinó que la orientación de la grieta coincide con algunos de los lineamientos estructurales predominantes en la zona, con dirección Noroeste–Sureste (NW–SE), lo que sugiere un posible control estructural en su desarrollo.

En la figura 16 se observa una fotografía del Caserío Los Ranchos, en donde se ha representado por medio de una línea intermitente de color rojo la ubicación de la grieta. Así mismo, es posible identificar la ladera, la cual se asocia a uno de los lineamientos estructurales característicos de la zona.

En la Figura 17 se presenta una fotografía tomada en el patio de una de las propiedades afectadas por el agrietamiento. La abertura de la grieta alcanzaba aproximadamente 10 cm, mientras que la profundidad, medida 15 días después de la ocurrencia de los sismos principales, era de alrededor de 40 cm.

Se observó un ligero desplazamiento vertical entre los bloques, característico de un movimiento similar al de una falla de tipo normal, en el cual uno de los bloques se desplaza hacia abajo con respecto al otro. Este comportamiento sugiere la presencia de esfuerzos extensionales locales asociados a la dinámica sísmica registrada en la zona.



Figura 17: La grieta se dio sobre suelos compuestos principalmente de arena fina y material arcilloso.

En general, la abertura de la grieta varía entre 2 a 10 cm de ancho, con una profundidad entre 10 y 100 centímetros en los distintos sectores del agrietamiento. Además de la fisura principal, se

identificaron otros sectores con grietas orientadas norte-sur identificadas por la comunidad durante los días posteriores a los sismos principales. Cabe mencionar que el día siguiente a los sismos principales, gente de la localidad estimó que la profundidad de la grieta era de más de 1 metro en algunos sectores.

En la figura 18 se muestran los datos que fueron recolectados durante la vista de campo. Se muestra la orientación preferencial medida en la extensión de la grieta, con una alineación predominante sureste-noroeste.

No.	Coordenadas geográficas		Dirección	Dv (cm)	DH (cm)	Profundidad (cm)	Largo (m)
	Latitud	Longitud					
1	14.075752°	-89.902686°	N160°	-	7	16	5
2	14.075437°	-89.902939°	N155°	-	10	25	7
3	14.074124°	-89.902400°	N145°	-	5	5	6
4	14.073613°	-89.901737°	N115°	-	3.5	15	3.70
5	14.073490°	-89.901674°	N160°	15	20	19	6.3
6	14.073092°	-89.901185°	N150°	-	3	24	9.5
7	14.072339°	-89.900715°	N145°	-	4	8	5.2
8	14.072232°	-89.900298°	N122°	-	24	44	4.6
9	14.072166°	-89.899985°	N132°	-	9	15	12
10	14.088000°	-89.901895°	N185°	-	2	14	10
11	14.069172°	-89.895301°	N118°	9	11	37	15
12	14.068359°	-89.892587°	N140°	-	2	12	20

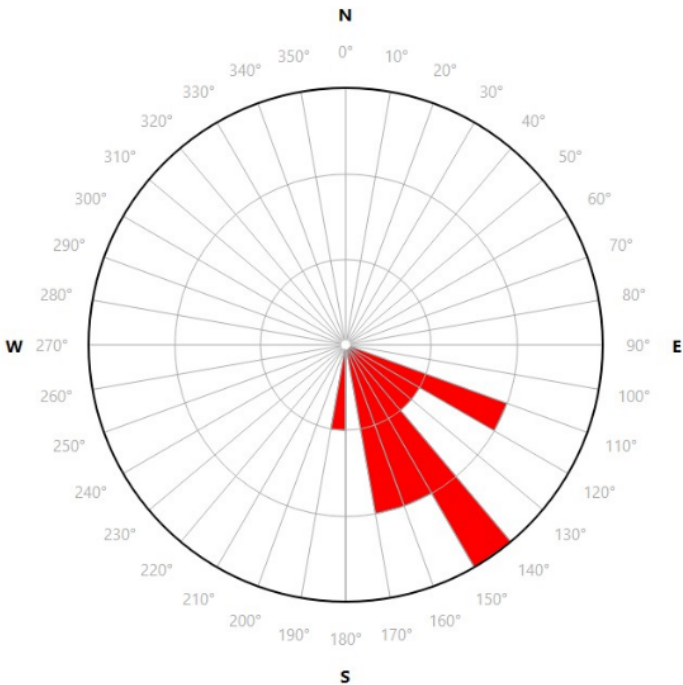


Figura 18: Diagrama de rosas que muestra las orientaciones del transecto inspeccionado por la Sección de de Geología y Geofísica aplicada, INSIVUMEH, 2025. Dv hace referencia al desplazamiento vertical observado, y DH al desplazamiento horizontal.

5.1.1. Planos de falla

Durante el reconocimiento realizado se identificaron múltiples fallas geológicas que evidencian deformaciones tectónicas recientes. La mayoría de los planos de falla se encuentran en cortes de carretera y taludes, en los que se observan cenizas volcánicas y depósitos volcano-sedimentarios. Estas estructuras presentan orientaciones consistentes con la grieta observada en el caserío Los Ranchos.

En el área se identificaron depósitos de ceniza volcánica del cuaternario, con estructuras de formación reciente en la escala de tiempo geológica. También fueron identificados planos de fracturas con orientaciones similares a la de los planos de falla, donde se observó recrystalización, tectoglífos y estrías marcadas por el desplazamiento de los bloques de roca.

Se identificaron planos de fallas geológicas de tipo normal. La orientación de los planos de falla coincide con la dirección preferencial del agrietamiento en la aldea Los Ranchos, lo que es consistente con que ambas evidencias superficiales pertenecen a un mismo sistema de fallas orientadas Noroeste-Sureste.



Figura 19: Plano de fallas normales con un desplazamiento de bloques de aproximadamente 10 centímetros.

Así mismo, se observó un plano de falla con un filón recrystalizo de aproximadamente 2-3 centímetros de espesor, mientras que en otros planos se observó desplazamiento de bloques sin recrystalización, lo cual ha sido interpretado como un sistema de fallas activas o potencialmente activas.

En la figura 20 se muestra un afloramiento de depósitos de ceniza en el que se identificó un filón en el plano de una falla normal. Esta recrystalización tiene un espesor de aproximadamente 3 centímetros. En la figura 21 se muestra el desplazamiento de bloques a lo largo de una falla principal, en donde también se observaron otras fallas secundarias con una orientación similar pero con diferente grado de buzamiento.



Figura 20: Afloramiento con los planos de fallas normales, los cuales tienen una orientación muy similar a la dirección del agrietamiento.

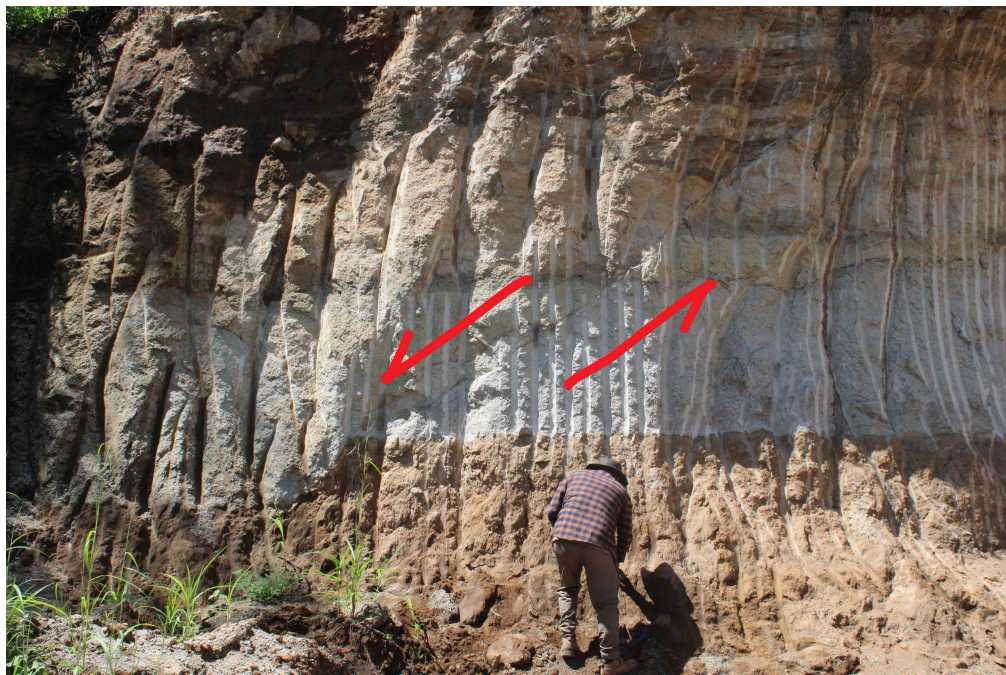


Figura 21: Depósitos de ceniza con fallamientos normales. La longitud de desplazamiento de los bloques es de 40 centímetros aproximadamente, y la falla corta todos los depósitos volcánicos hasta la superficie del afloramiento.

6. Análisis de la Fuente Sísmica

6.1. Mecanismo Focal obtenido por FMNEAR

Un mecanismo focal es una representación gráfica que ofrece una ilustración simplificada de la orientación de los planos de falla y las direcciones de movimiento asociadas a un terremoto. Los mecanismos focales presentados en este reporte, fueron calculados mediante inversión de formas de onda con el software FMNEAR (Focal Mechanism using Near source seismic records), que permitió estimar la magnitud de momento (M_w), los parámetros del doble par sísmico (strike, dip y rake) y la distribución del momento sísmico a lo largo del rumbo, proporcionando así una estimación preliminar de la longitud de ruptura y la directividad [Delouis, 2014].

La inversión se realiza en pasos sucesivos que combinan búsquedas rápidas en cuadrícula para los parámetros de strike, dip y rake, junto con la determinación de los tiempos de inicio de ruptura y la función fuente temporal local. Este enfoque no lineal permite evaluar la unicidad de la solución y calcular un índice de confianza (0–100 %). FMNEAR explora múltiples soluciones del mecanismo focal, cada una asociada a su valor de desajuste RMS (diferencia entre valores predichos y observados). Soluciones similares indican robustez y alta confianza; discrepancias mayores reflejan mayor incertidumbre. Se considera que un índice superior al 70 % corresponde a una solución bien restringida. Además, el software categoriza las soluciones en seis tipos: A, B, C, D, E y F, siendo A la mejor solución y F una solución deficiente. Es importante señalar que para este análisis solo se emplearon soluciones de tipo A y B.

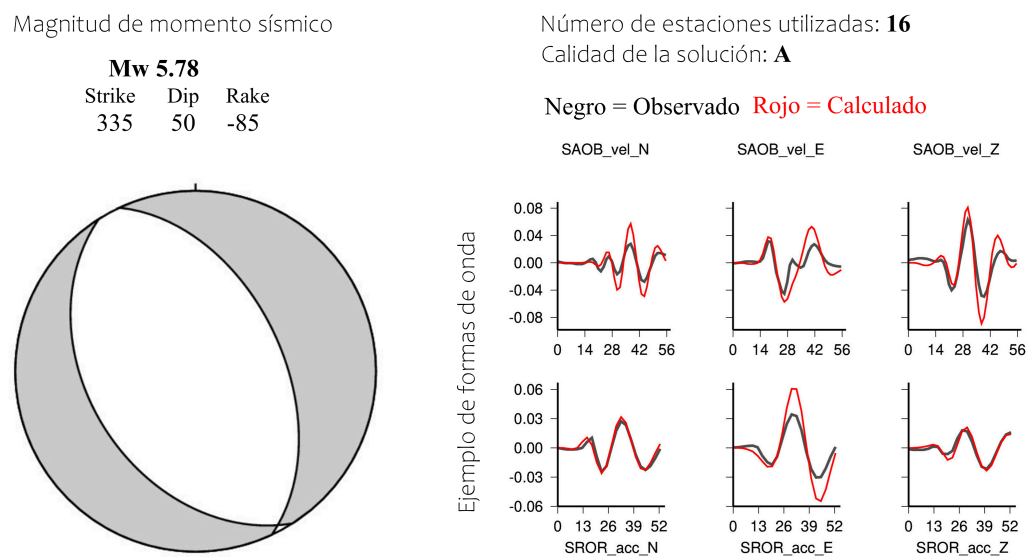


Figura 22: Solución obtenida para el sismo del 2025-07-29 15:25:23, con el software FMNEAR [Delouis, 2014]. Se observa el adecuado ajuste del registro sísmico obtenido (sismograma negro) y el sintético (sismograma rojo), para dos estaciones de la RSN (**SAOB** en San Juan del Obispo, Sacatepéquez, y **SROR**, en Oratorio, Santa Rosa).

La Figura 22 presenta un resumen de la solución obtenida para el sismo de mayor magnitud registrado el 29 de julio de 2025 a las 15:25:23 (hora local), con magnitud de momento M_w 5.8 y profundidad de 2.2 km. A la derecha se muestran algunos sismogramas sintéticos junto con las formas de onda observadas, mientras que a la izquierda se ilustra el mecanismo focal resultante.

La Tabla 1 resume los principales parámetros de los eventos analizados, incluyendo la magnitud de momento, la calidad de la solución, el índice de confianza, el valor de RMS y los mecanismos focales obtenidos para cada sismo.

Sismo registrado: 2025-07-29 21:21:47 ID: insivumeh2025otmk								
Plano	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Mw	Calidad de la solución	Índice de confianza %	RMS	Mecanismo focal
1	310.0	40.0	-147.4	5.68	A	76	0.42	
2	193.9	69.7	-54.7					
Sismo registrado: 2025-07-29 21:25:23 ID: insivumeh2025otmo								
Plano	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Mw	Calidad de la solución	Índice de confianza %	RMS	Mecanismo focal
1	335.0	50.0	-85.2	5.78	B	72	0.67	
2	147.5	40.2	-95.7					
Sismo registrado: 2025-07-29 21:42:26 ID: insivumeh2025otnc								
Plano	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Mw	Calidad de la solución	Índice de confianza %	RMS	Mecanismo focal
1	135.0	20.0	-80.0	4.88	B	74	0.55	
2	304.4	70.3	-93.6					
Sismo registrado: 2025-07-29 23:05:21 ID: insivumeh2025otpv								
Plano	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Mw	Calidad de la solución	Índice de confianza %	RMS	Mecanismo focal
1	150.0	45.0	-97.4	4.97	A	79	0.53	
2	340.5	45.5	-82.6					

Cuadro 1: Resumen de los planos nodales y parámetros del mecanismo focal calculados mediante FMNEAR.

6.2. Inversión de la Fase W (W-Phase)

La *fase W* es una onda de largo período que arriba antes de la llegada de la onda S. Los rangos de velocidad de la fase W se encuentran entre 4.5 a 9.0 km/s y el rango de períodos entre 100 a 1 000 s. Debido a ello no se ve muy afectada por las heterogeneidades en el interior de la Tierra [Kanamori and Rivera, 2008] y resulta relativamente sencillo modelarlo con gran precisión.

La inversión de la fase W puede realizarse con sismogramas saturados por el arribo de las ondas superficiales, debido a que la fase W se encuentra antes de la llegada de la onda S (que a su vez arriba

```

Moment mag.   : 5.86
PDE location : Lat= 14.11N; Lon= 89.77W; Dep= 5.0 km
Centroid loc.: Lat= 14.41N; Lon= 89.88W; Dep= 11.5 km
Origin time  : 2025/07/29 21:21:48.00
Time delay   : 5.0 sec
Half duration: 5.0 sec

Moment tensor: scale= 1.0E+25 dyn.cm
rr=-0.385 ; tt=-0.045 ; pp= 0.430
rt= 0.496 ; rp= 0.169 ; tp=-0.424

Principal Axes:
1.(T) Val= 0.692 ; Plg= 7 ; Azm= 56
2.(N) 0.167 ; 41 ; 319
3.(P) -0.859 ; 48 ; 154

Best Double Couple: M0=7.76E+24 dyn.cm
NP1: Strike=182.4 ; Dip=52.2 ; Slip= -33.1
NP2: Strike=294.2 ; Dip=64.4 ; Slip=-137.1

      ----###
      -----#####
      -----#####
      ----#####
      --##### T
      #####
      #####-----#####
      #####-----#####
      #####-----#####
      #####-----##
      #####-----#
      #####-----
      #####----- P -----
      #####-----
      #####-----
      #####-----
      #####-----
      #####-----

```

Para la inversión se utiliza el software *W-phase* [Kanamori and Rivera, 2008, Hayes et al., 2009, Duputel et al., 2012], ejecutado de forma manual, con él se obtiene una descripción del tensor de momento, el momento sísmico, la magnitud de momento (Mww, magnitud de momento basado en la fase W), información de los planos nodales, parámetros de ajuste, entre otros (ver Figura 23).

24

Cuadro 2: Planos nodales encontrados usando el método de inversión *W-phase*.

	Parámetros del Plano Nodal			Mecanismo Focal
	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	
Planos Nodales	182.4	52.2	-33.1	
	294.2	64.4	-137.1	

Para el segundo sismo principal no es posible obtener un resultado satisfactorio de *W-phase*, ya que ocurrió muy poco tiempo después del primer sismo principal. Mientras que el resto de los sismos de la secuencia no poseen el valor de magnitud suficiente para realizar la inversión de la fase W.

6.3. Comparaciones entre métodos y catálogos internacionales

Las soluciones obtenidas se compararon con los catálogos del Global CMT y del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) (ver Tabla 3). Si bien se aprecian ligeras variaciones en la profundidad estimada y en la orientación de los planos de falla, en conjunto los resultados son coherentes entre sí. Todas las soluciones indican un tipo de falla normal con componente lateral dextral (derecha). Esto significa que a lo largo del plano de falla se produjo un movimiento vertical, donde el bloque situado a la derecha (respecto del plano de falla, PN1) se desplazó hacia el sureste y el bloque izquierdo hacia el noroeste.

Sismo registrado: 2025-07-29 21:21:47							
Plano	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Mw	Prof (km)	Agencia	Mecanismo focal
1	182.4	52.2	-33.1	5.86	11.5	WPHASE†	
2	294.2	64.4	-137.1				
1	310.0	40.0	-147.4	5.68	4.2	FMNEAR†	
2	193.9	69.7	-54.7				
1	309.0	46.0	-135.0	5.60	13.8	GlobalCMT	
2	185.0	60.0	-54.0				
1	315.0	43.0	-127.0	5.60	11.9	USGS	
2	181.0	57.0	-61.0				
Sismo registrado: 2025-07-29 21:25:23							
Plano	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Mw	Prof (km)	Agencia	Mecanismo focal
1	335.0	50.0	-85.2	5.78	2.2	FMNEAR†	
2	147.5	40.2	-95.7				
1	328.0	39.0	-102.0	5.70	12.0	GlobalCMT	
2	163.0	52.0	-80.0				
1	144.0	62.0	-102.0	5.70	10.0	USGS	
2	348.0	31.0	-69.0				
Sismo registrado: 2025-07-29 23:05:21							
Plano	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	Mw	Prof (km)	Agencia	Mecanismo focal
1	150.0	45.0	-97.4	4.97	9.0	FMNEAR†	
2	340.5	45.5	-82.6				
1	350.0	49.0	-77.0	5.40	10.0	USGS	
2	150.0	43.0	-105.0				

Cuadro 3: Comparación de mecanismos focales de los tres sismos de mayor magnitud del día 29 de julio de 2025, con soluciones de FMNEAR, FASE W, Global CMT y USGS.
 †: producidos por la Sección de Sismología del INSIVUMEH.

6.4. Integración con las observaciones de campo

A continuación, se presenta el análisis integrado de la distribución espacial de la sismicidad, la orientación de estructuras geológicas y los mecanismos focales asociados a la secuencia sísmica. Este análisis permite establecer relaciones entre la actividad sísmica registrada y el sistema estructural identificado en campo.

En la figura 24 se observa la distribución de los epicentros registrados durante la secuencia sísmica, evidenciando que dicha actividad ocurrió principalmente a menos de 5 km de profundidad. Estos tienen una distribución con orientación aparente noroeste-sureste. En el mapa se representa con

líneas rojas los agrietamientos mapeados en campo y con líneas negras los planos de fallas observados; las orientaciones de ambas sugieren que pueden estar asociados con el posible plano de falla de los sismos principales de la secuencia sísmica. Los mecanismos focales históricos (representados como símbolos de pelotas de playa de color gris en la Figura 24, correspondientes a la secuencia sísmica de 2023) y recientes son coherentes con el sistema de fallas que se identificó en la visita de campo al lugar de la actividad sísmica.

Es posible observar que los mecanismos focales registrados al este de la secuencia sísmica son similares entre sí, exhibiendo una componente strike-slip, mientras que el resto de mecanismos focales, al oeste de la secuencia, no parecen mostrar ninguna componente strike-slip. Esto podría indicar que se trata de una fuente sísmica compleja, y no una única falla sísmica activada.

Mapa de la secuencia sísmica registrada en Jutiapa 2025

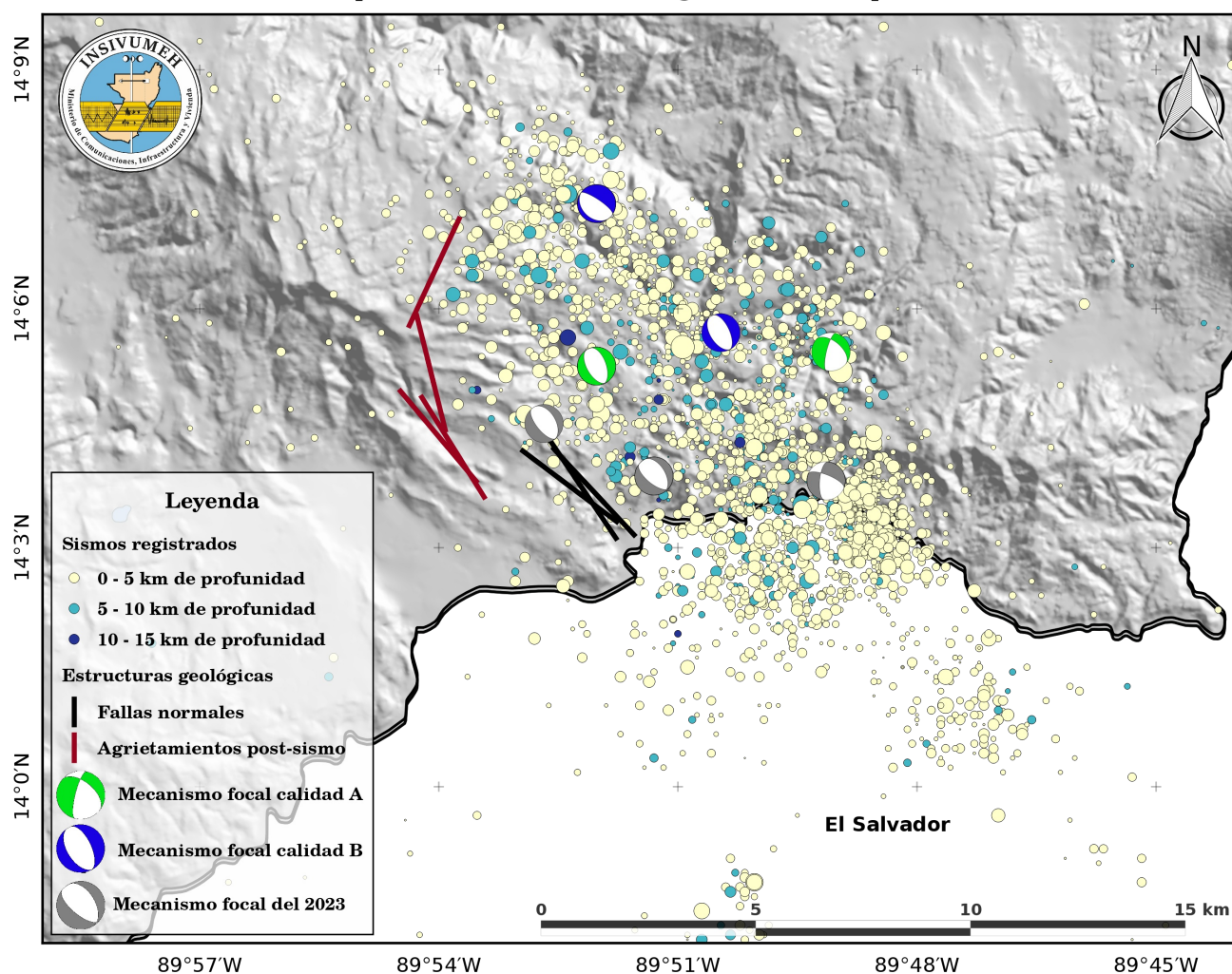


Figura 24: Mapa de la secuencia sísmica junto a las observaciones realizadas en la visita de campo

En la figura 25 se muestra una estereofalsilla con los planos de falla que fueron observados en la

visita de campo, los cuales coinciden con la orientación de los lineamientos topográficos principales del sitio. También se muestra la roseta estructural obtenida con la dirección del agrietamiento en el caserío Los Ranchos y los mecanismos focales de los sismos de mayor magnitud en la secuencia sísmica. Todas estas evidencias apuntan a que el área donde ocurrió la sismicidad está influenciada por un sistema de fallas normales con orientación noroeste-sureste, lo que es consistente con un sistema de extensión provocado por la tectónica local y regional.

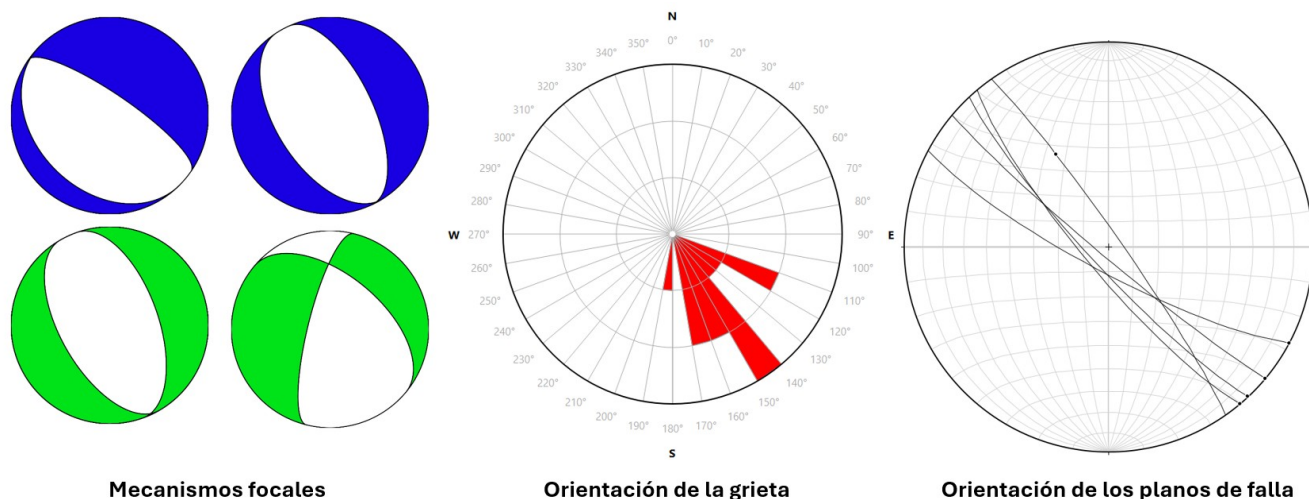


Figura 25: Datos estructurales de la fuente sísmica. Los mecanismos focales obtenidos muestran que los planos de falla tienen una orientación noroeste-sureste, y que corresponden a una falla de tipo normal. La dirección del agrietamiento coincide con los planos de fallas observados en campo.

6.5. Mediciones de Deformación

El portal web COMET-LiCSAR, operado por el Centro para la Observación y Modelamiento de Terremotos, Volcanes y Tectónica (COMET, por sus siglas en inglés), pone a disposición del público productos e imágenes satelitales derivados de técnicas InSAR, que permiten observar el desplazamiento o deformación del terreno en la línea de visión del satélite Sentinel-1, mediante el uso de ondas de radar emitidas por dicho satélite en diferentes instantes de tiempo, con una longitud de onda aproximada de 5.6 cm. Las imágenes resultantes, denominadas interferogramas, muestran franjas interferométricas en forma de anillos concéntricos, cada una de las cuales representa un cambio de distancia de aproximadamente 2.8 cm entre el terreno y el satélite [Lazecský et al. [2020]].

En la Figura 26 se puede ver que la ocurrencia de los dos sismos principales de la secuencia sísmica pudieron haber generado un desplazamiento del terreno significativo para que las franjas interferométricas pudieran ser apreciadas claramente. Además, la región que cubre dichas franjas coincide con la distribución epicentral de la secuencia sísmica. De acuerdo a la cantidad de franjas interferométricas, se estima un desplazamiento máximo preliminar de aproximadamente 17 cm. Este valor muestra cierta concordancia con los 10 cm de desplazamiento entre bloques medido en campo para el agrietamiento estudiado; sin embargo, sería necesario aplicar técnicas de procesamiento más

avanzadas para convertir las franjas interferométricas en valores de desplazamiento y poder realizar una mejor comparación.

Mapa INSAR y estructuras geológicas identificadas en campo

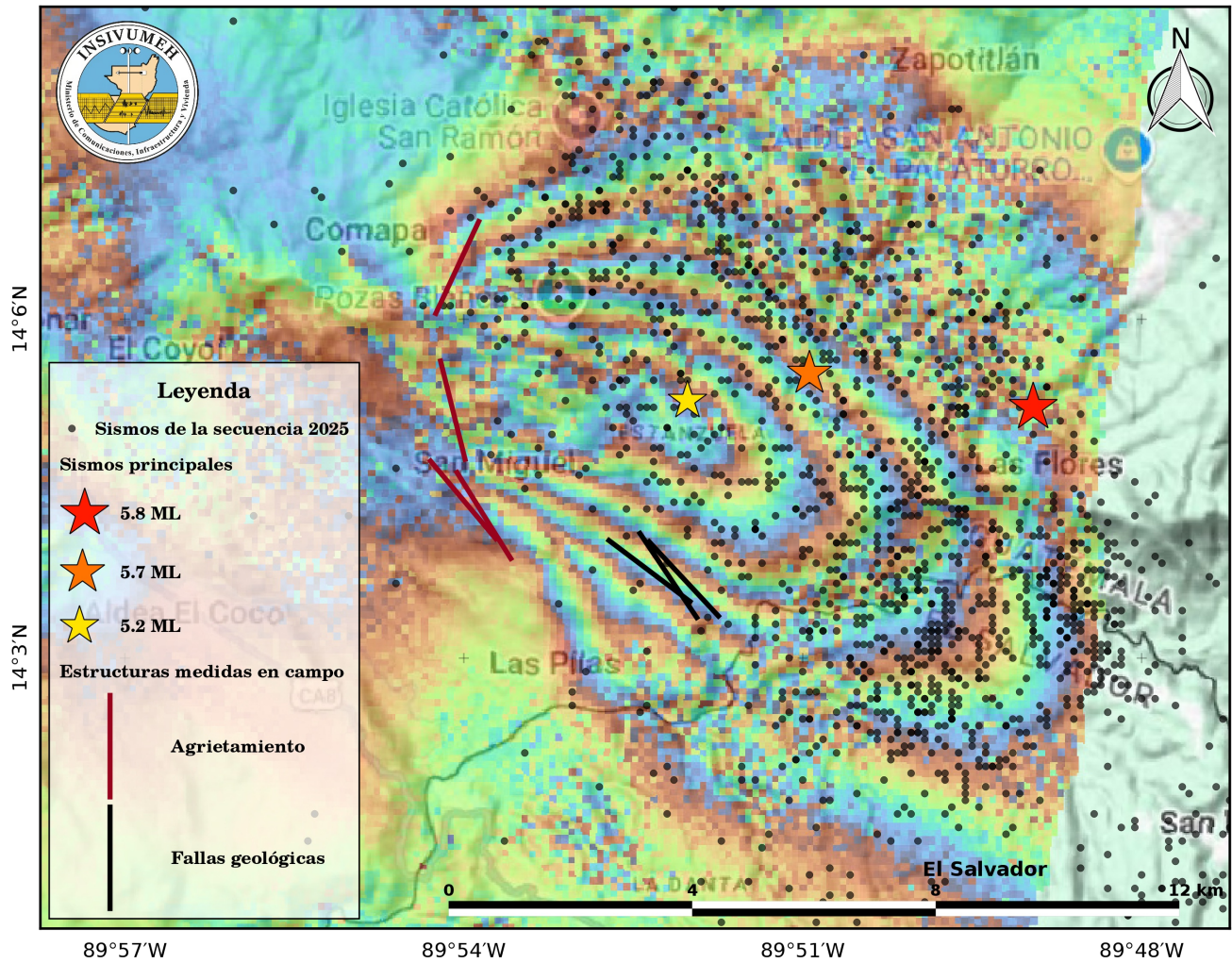


Figura 26: Interferograma en la región epicentral de la Secuencia Sísmica de Jutiapa, 2025. Los patrones de franjas interferométricas fueron observados tras la ocurrencia de los eventos principales de la secuencia sísmica. Esta imagen también sugiere que los agrietamientos observados en campo fueron producidos como consecuencia de la actividad sísmica.

7. Conclusiones

La secuencia sísmica del departamento de Jutiapa se caracterizó por una alta tasa de ocurrencia y liberación de energía en sus etapas iniciales, concentrando la mayor cantidad de eventos y las magnitudes más elevadas durante las primeras horas de actividad. Este comportamiento sugiere un proceso inicial de reajuste rápido de esfuerzos en la zona afectada.

Desde el punto de vista geográfico, la sismicidad mostró una marcada concentración en el territorio guatemalteco de la región fronteriza, particularmente en los municipios de Zapotitlán y Comapa, donde se generó más del 60 % de los eventos registrados. La poca profundidad de los hipocentros evidencia un carácter cortical de la secuencia, y su asociación a estructuras tectónicas locales (aunque las profundidades pueden variar levemente con análisis posteriores, mejorando el modelo de veolcidad y utilizando métodos precisos de relocalización).

A pesar de la disminución gradual en la actividad sísmica tras las primeras horas, la ocurrencia de eventos moderados en días y semanas posteriores resalta la importancia de mantener la vigilancia sísmica permanente, y la comunicación con la población ante este tipo de fenómenos.

El procesamiento automático de la Red Sismológica Nacional permitió estimar que los eventos de mayor magnitud de la secuencia alcanzaron sus mayores intensidades en las cercanías de la región epicentral, donde se estimó una intensidad máxima de VII en la Escala de Mercalli Modificada (IMM).

La generación del ShakeMap permitió delimitar con precisión la extensión de las áreas afectadas en el departamento de Jutiapa tras la ocurrencia del sismo de magnitud 5.8. Al representar gráficamente la distribución de las intensidades, esta herramienta facilitó una estimación rápida de las zonas potencialmente más impactadas en el Departamento, facilitando la identificación de los sectores que requirieron una atención prioritaria por parte de equipos de primera respuesta a emergencias, según los valores estimados de intensidad.

Las imágenes InSAR y las observaciones de campo confirman la ocurrencia de deformación superficial asociada a la secuencia sísmica, manifestada principalmente a través del agrietamiento y desplazamiento del terreno en el caserío Los Ranchos.

Los mecanismos focales obtenidos mediante los métodos de FMNEAR y W-Phase, así como su comparación con soluciones de catálogos internacionales (Global CMT y USGS), muestran una alta consistencia con la identificación de un sistema tectónico dominado por fallamientos normales con una componente lateral dextral en la región oriental.

La integración de los resultados sismológicos con las observaciones de campo evidencian una correspondencia directa entre la orientación de los planos de falla, la distribución de los epicentros y los rasgos superficiales observados. En conjunto, estos elementos indican que la actividad de la secuencia fue generada por un sistema de fallas normales con orientación noroeste-sureste, consistente con

el contexto tectónico regional.

Las limitaciones observadas en la aplicación del método W-Phase, particularmente en relación a la proximidad temporal entre los dos eventos principales de la secuencia, resaltan la importancia de emplear técnicas complementarias en el análisis de fuentes sísmicas. La combinación de diferentes técnicas ayuda a superar dichas limitaciones, y obtener interpretaciones robustas.

8. Agradecimientos

Para generar la información incluida en este reporte, además de la utilización de los registros sísmicos de la Red Sismológica Nacional (RSN) operada por el INSIVUMEH, se utilizó información de la red sísmica nacional de la República de El Salvador, compartida al INSIVUMEH de forma directa por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de El Salvador. También se han integrado a la RSN estaciones sismológicas de socios locales: Municipalidad de Guatemala y Colegio Julio Verne; de la misma manera la integración del apoyo internacional por medio del proyecto *Aumentando la Resiliencia ante Amenazas Naturales en Guatemala*, con la Universidad de Tulsa, Oklahoma y Geocientíficos Sin Fronteras. Además, para los análisis con señales telesísmicas se utilizaron registros sísmicos obtenidos a través de la plataforma Wilber 3, del consorcio EarthScope, con el que el INSIVUMEH intercambia información de forma permanente.

También resaltamos el apoyo permanente de la SE-CONRED, quienes comunican al INSIVUMEH los reportes de la población a través de sus delegados en todo el territorio nacional.

Referencias

- Christine Authemayou, Gilles Brocard, Ch Teyssier, T Simon-Labric, A Guttierrez, EN Chiquín, and S Morán. The caribbean–north america–cocos triple junction and the dynamics of the polochic–motagua fault systems: Pull-up and zipper models. *Tectonics*, 30(3), 2011.
- Bertrand Delouis. 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*, 104:1479–1500, 06 2014. doi: 10.1785/0120130151.
- James W. Dewey and Gerardo Suárez. Seismotectonics of middle america. In *Neotectonics of North America*, volume 1 of *Decade of North American Geology*, pages 309–321. Geological Society of America, 1991. doi: 10.1130/DNAG-NEO.309.
- Z. Duputel, L. Rivera, H. Kanamori, and G. Hayes. W phase source inversion for moderate to large earthquakes (1990–2010). *Geophysical Journal International*, 189:1125–1147, May 2012. doi: 10.1111/j.1365-246X.2012.05419.x. URL <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2012.05419.x>.
- Bridget Garnier, Basil Tikoff, Omar Flores, Brian Jicha, Charles DeMets, Beatriz Cosenza-Murales, Douglas Hernandez, Griselda Marroquin, Luis Mixco, and Walter Hernandez. An integrated structural and gps study of the jalpatagua fault, southeastern guatemala. *Geosphere*, 17(1):201–225, 2021.
- G. Hayes, L. Rivera, and H. Kanamori. Source Inversion of the W-Phase: Real-time Implementation and Extension to Low Magnitudes. *Seismological Research Letters*, 80(5):817–822, September 2009. doi: 10.1785/gssrl.80.5.817. URL <https://doi.org/10.1785/gssrl.80.5.817>.
- H. Kanamori and L. Rivera. Source inversion of Wphase: speeding up seismic tsunami warning. *Geophysical Journal International*, 175:222–238, October 2008. doi: 10.1111/j.1365-246X.2008.03887.x. URL <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2008.03887.x>.
- Milan Lazecký, Karsten Spaans, Pablo J. González, Yasser Maghsoudi, Yu Morishita, Fabien Albino, John R. Elliott, Nicholas Greenall, Emma Hatton, Andy Hooper, and Tim J. Wright. LiCSAR: An automatic InSAR tool for measuring and monitoring tectonic and volcanic activity. *Remote Sensing*, 12(15):2430, 2020. doi: 10.3390/rs12152430.
- Jaime Suárez. *Deslizamientos: Análisis Geotécnico*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2009.
- David J Wald, Vincent Quitoriano, Thomas H Heaton, and Hiroo Kanamori. Relationships between peak ground acceleration, peak ground velocity, and modified mercalli intensity in california. *Earthquake spectra*, 15(3):557–564, 1999a.
- David J Wald, Vincent Quitoriano, Thomas H Heaton, Hiroo Kanamori, Craig W Scrivner, and C Bruce Worden. Trinet “shakemaps”: Rapid generation of instrumental ground motion and intensity maps for earthquakes in southern california. *Earthquake Spectra*, 15(3):537–555, 1999b.