

Análisis de la actividad sísmica en el noroeste de México durante el periodo de enero a diciembre 2025.

Oscar Alberto Castro Artola, María Alejandra Nuñez Leal *, Rogelio Arce Villa, Sergio Manuel Arregui Ojeda, Itzel Gabriela Frías Gómez, Rogelio Ojeda Aréchiga, Luis Alejandro Yegres Herrera
Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.
División de Ciencias de la Tierra, Departamento de Sismología.
Carretera Ensenada – Tijuana No. 3918, Zona Playitas, C. P. 22860, Ensenada, Baja California, México
*anunez@cicese.mx

Introducción

La Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM) ha operado durante más de cuatro décadas y forma parte importante de la infraestructura del Departamento de Sismología de la División de Ciencias de la Tierra del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE). Esta red detecta y registra en forma continua la actividad sísmica que ocurre en los estados de Baja California, Sonora, Baja California Sur y Sinaloa. Esta región se caracteriza por un alto nivel de actividad tectónica debido a la interacción entre las placas Pacífico y Norteamérica. Esta frontera incluye al Sistema de Fallas San Andrés y a los sistemas asociados al proceso de apertura del Golfo de California.

Para llevar a cabo este monitoreo, la RESNOM procesa las señales de 116 estaciones (Figura 1) de las siguientes subredes: Red Sísmica del Noroeste de México (RESNOM) (CICESE, 2024), Red Sismológica de Banda Ancha del Golfo de California (RESBAN) (Castro *et al.*, 2018), Redes Acelerométricas Urbanas de Baja California (RAUBC), Red Acelerométrica del Noroeste de México (RANOM) y la Red Sismológica de La Paz (RSLP). A través de convenios de colaboración interinstitucionales se integran datos de la Red de Banda Ancha del Servicio Sismológico Nacional (SSN-UNAM, 1998) y de la Red Sísmica del Sur de California (SCSN; Caltech, 2013). Estas estaciones contribuyen al procesamiento inicial automatizado que genera localización, magnitud y un mapa preliminar de intensidades. Posteriormente, los analistas realizan un refinamiento manual que incluye la determinación de parámetros avanzados

como el mecanismo focal y el tensor de momento sísmico (TMS) para eventos sísmicos significativos (Vidal-Villegas *et al.*, 2018).

Durante el periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2025 la RESNOM registró un total de 3 393 eventos sísmicos, con magnitudes que variaron entre M_L 0.3 y M_W 5.5. Esta actividad sísmica se concentró principalmente en cuatro regiones: el Valle de la Trinidad, el Valle de Mexicali, el sur de California, Estados Unidos (E.U.A.) y frente a las costas cercanas a Santa Rosalía, Baja California Sur, en el Golfo de California. Entre los sismos registrados se identificaron dos eventos cuyas magnitudes son mayores o iguales a 5. El primer evento, de magnitud 5.4, ocurrió el 14 de abril en Julian, California, E.U.A, a 52.5 km al norte de Tecate, Baja California. El segundo, de magnitud 5.5, ocurrió el 7 de noviembre en el Golfo de California a 71.8 km al norte de Santa Rosalía, Baja California Sur. La actividad sísmica restante se distribuyó de la siguiente manera: 23 sismos con magnitudes entre 4 y 5, 193 eventos con magnitudes entre 3 y 4, 840 eventos con magnitudes entre 2 y 3, 1 974 eventos con magnitudes entre 1 y 2 y 361 sismos con magnitudes menores a 1.

Estaciones de la RESNOM

Actualmente la RESNOM cuenta con 28 estaciones de banda ancha, 13 de las cuales están integradas por un sensor de velocidad triaxial marca Guralp 3ESPC y un sensor de aceleración triaxial marca Kinematics, modelo Episensor FBA ES-T. Las señales se procesan utilizando digitalizadores Reftek 130-01 de seis canales con 24 bits de resolución. Otras 13 estaciones cuentan con un sismómetro

de banda ancha marca Nanometrics modelo Trillium Compact 120S, un sensor de aceleración triaxial marca Kinematics Episensor FBA ES-T y un digitalizador Reftek 130-01 de seis canales con 24 bits de resolución. Una estación cuenta con un sismómetro de banda ancha Nanometrics, Trillium Compact 120S, un sensor de aceleración triaxial Nanometrics modelo Titan y un digitalizador Nanometrics Centaur de seis canales. La estación restante, está conformada por un sensor de velocidad marca Guralp CM-40T y un digitalizador DAS Reftek 130 de tres canales. Todas las señales se digitalizan a 100 muestras por segundo y para el control del Tiempo Universal Coordinado (UTC) se utilizan Sistemas de Posicionamiento Global (GPS). Las señales digitalizadas se transmiten de manera continua en tiempo real a la Sala de Procesamiento de Datos de la RESNOM en el CICESE, utilizando enlaces de internet convencional, celular o satelital.

Para la localización de los sismos y el cálculo de magnitudes, además de las estaciones propias de RESNOM, se procesan 18 estaciones de RESBAN (banda ancha y aceleración), 25 estaciones de RAUBC (aceleración), 3 estaciones de la RSLP (banda ancha), 13 estaciones del Servicio Sismológico Nacional (banda ancha) y 24 estaciones de la Red del Sur de California SCEDC (banda ancha y periodo corto). La cobertura de todas las estaciones procesadas se muestra en la Figura 1.

Procesamiento de datos

Automático

Las señales sísmicas se reciben en la Sala de Procesamiento de Datos de la RESNOM y se analizan y procesan automáticamente utilizando el sistema AQMS/Earthworm (Hartog *et al.*, 2020 y Johnson *et al.*, 1995) para la detección, determinación de tiempos de arribo, localización hipocentral y cálculo de magnitudes: M_L y M_C (en la sección Magnitudes reportadas se describen los detalles). Además, para los sismos de magnitud mayor a

3 se generan mapas de intensidad utilizando el programa Shakemap (Worden y Wald, 2016).

Manual

Después del proceso automático un analista revisa los datos para obtener tiempo de origen, localización hipocentral y magnitud de cada evento con una incertidumbre menor que la del sistema automático. Además, para los sismos importantes se complementa la información con la obtención de mecanismos focales utilizando alguno de los siguientes programas: FMHASH, ISOLA (Sokos y Zahradnik, 2008) y FMNEAR (Delouis, 2014).

Los programas utilizados para el post-procesamiento son Seisan (Havskov *et al.*, 2020) y Jiggle (Hartog *et al.*, 2020).

Localizaciones hipocentrales

El cálculo de la localización hipocentral automática es realizado con el programa Earthworm en conjunto con ANSS Quake Monitoring System (AQMS, por sus siglas en inglés) y con el programa Hypoinverse (Kleim, 2002). Para el cálculo manual, el cual es reportado en este boletín y en el catálogo de RESNOM, se utilizan los programas Jiggle y Seisan.

Modelos de velocidad

Para la localización de eventos locales y regionales se usan cinco modelos de velocidad que se muestran en la Tabla 1. Para los sismos en el Macizo Rocoso de Baja California se utiliza el modelo de velocidades de Nava y Brune (1982) y para el Valle de Mexicali se usa una versión modificada del modelo de velocidades propuesto para el Valle Imperial por McMechan y Mooney (1980). En el Golfo de California se utilizan tres modelos de velocidades: En la sección de Bahía de los Ángeles-Canal de Ballenas se usa el modelo propuesto por González-Fernández *et al.* (2005) y para el centro y sur se toman los modelos de Lizarralde *et al.* (2007).

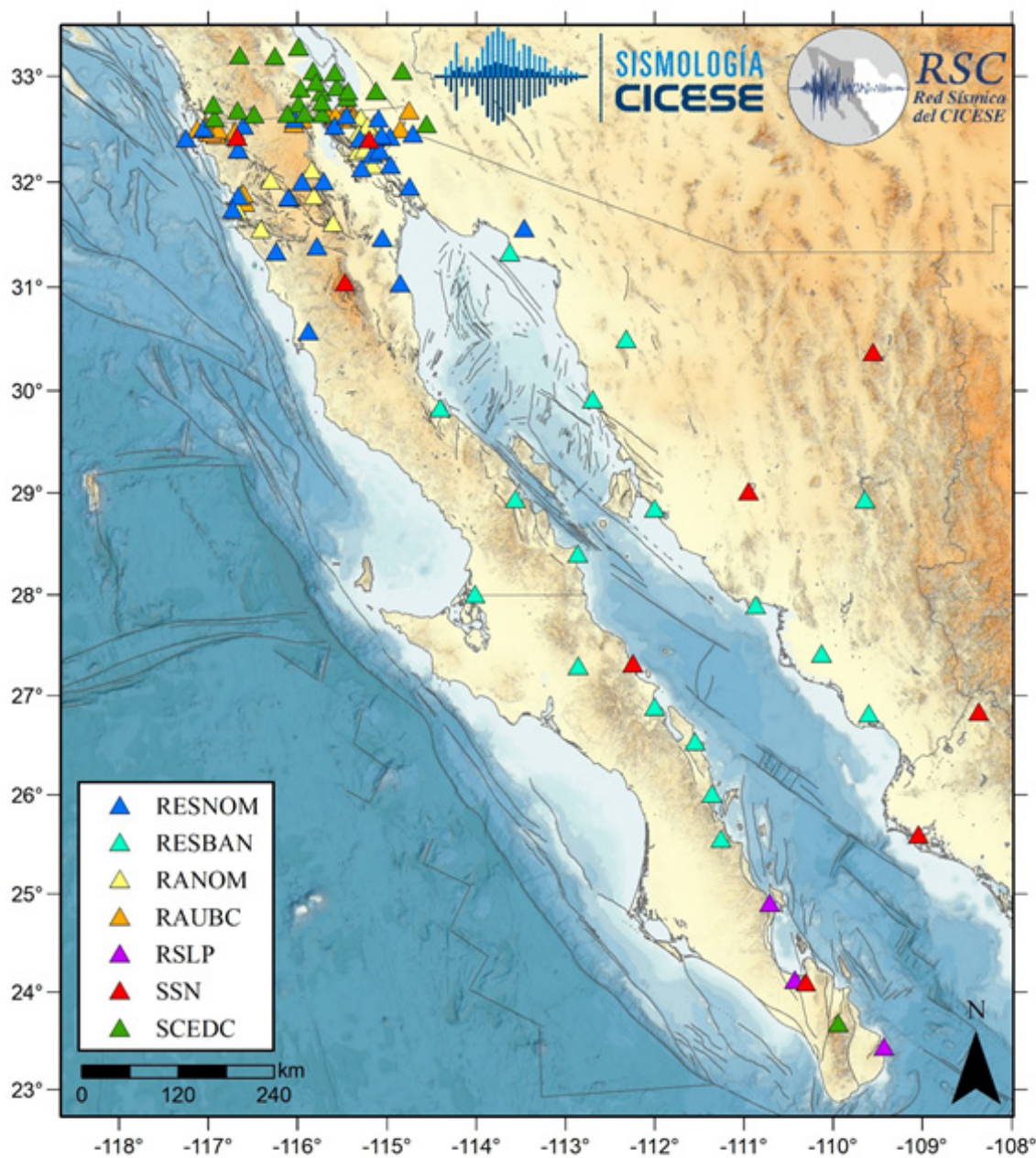


Figura 1. Ubicación de las estaciones procesadas por la RESNOM para la detección de actividad sísmica en el noroeste de México durante 2025.

Tabla 1. Modelos de velocidades sísmicas utilizados por RESNOM.

Macizo Rocoso (O)		Valle de Mexicali (v)		Bahía de los Ángeles (F)		Golfo Centro (G)		Golfo Sur (L)	
Prof. Km	Vel. km/s	Prof. km	Vel. km/s	Prof. km	Vel. km/s	Prof. km/s	Vel. km/s	Prof. km	Vel. km/s
0.0	5.6	0.0	1.7	0.0	1.96	0.0	4.0	0.0	4.0
5.0	6.6	0.10	2.0	2.0	4.60	4.0	5.7	2.0	6.0
19.8	7.0	0.73	2.3	8.0	5.52	8.0	6.7	7.0	6.40
41.8	8.0	1.8	2.6	19.0	6.66	24.0	8.0	14.0	6.90
		2.9	3.0	24.0	7.90			24.0	7.60
		5.62	5.0	55.0	8.30			80.0	8.0
		10.0	6.1						
		20.0	7.8						
		30	8.0						

Nota: Golfo se refiere a Golfo de California.

Magnitudes reportadas

En este Boletín se reportan tres tipos de magnitudes: magnitud local (M_L), magnitud de coda (M_C) y, para los sismos de magnitud mayor a 5, se reporta la magnitud de momento (M_W).

Magnitud Local (M_L)

M_L se calcula con base en las amplitudes registradas corregidas por la respuesta instrumental (amplitudes Wood-Anderson sintéticas en nm). Para este cálculo, son utilizadas las expresiones de Vidal y Munguía (1999) que se muestran enseguida.

Para los sismos en el Valle de Mexicali:

$$M_L = \log_{10}(amp) + 1.0134 \log_{10}(dist) + 0.0025(dist) - 1.96,$$

Para los sismos en el Macizo Rocoso:

$$M_L = \log_{10}(amp) + 1.1319 \log_{10}(dist) + 0.0017(dist) - 2.11,$$

donde *dist* es la distancia hipocentral en km y *amp* es la amplitud corregida por la respuesta instrumental (amplitudes Wood-Anderson sintéticas en nm).

Magnitud de coda (M_C)

Esta se calcula con base en la duración de la señal. Se obtiene con la fórmula propuesta por González y García (1986):

$$M_C = -0.85 + 2.24 \log_{10}(T),$$

donde T es la longitud de coda en segundos.

Magnitud Momento (M_W)

El cálculo de la magnitud de momento se basa en el momento sísmico escalar M_0 .

$$M_W = 2/3 (\log_{10}(M_0) - 9.1).$$

Descripción de la sismicidad de enero a diciembre de 2025

Durante el año 2025 la Red Sísmica del Noroeste de México registró y procesó un total de 3,393 eventos dentro de un rango de $0.3 \leq M \leq 5.5$. En la Tabla 2 se muestra la distribución de los sismos por mes y en la Figura 2 la distribución por magnitud.

Tabla 2. Sismos registrados por RESNOM durante 2025

Mes	No. Sismos	M < 1	1≤M<2	2≤M<3	3≤M<4	4≤M<5	5≤M<6	6≤M<7	M≥7
Enero	286	22	148	97	17	2			
Febrero	260	19	152	76	11	2			
Marzo	226	19	134	59	14				
Abril	206	16	116	59	12	2	1		
Mayo	204	13	128	53	9	1			
Junio	207	14	119	62	11	1			
Julio	281	29	168	70	11	3			
Agosto	256	35	154	47	19	1			
Septiembre	395	67	244	66	16	2			
Octubre	329	41	206	61	20	1			
Noviembre	404	44	181	129	41	8	1		
Diciembre	339	42	224	61	12				
Total	3393	361	1974	840	193	23	2		

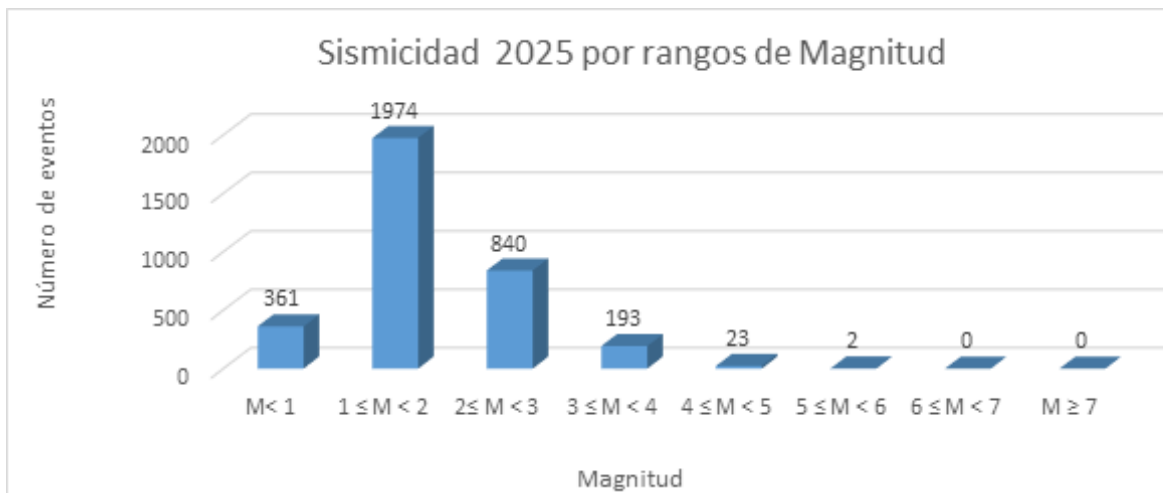


Figura 2. Distribución por magnitud de los sismos registrados por RESNOM durante 2025.

En los mapas de las Figuras 3 y 4 se muestran los epicentros de la actividad sísmica registrada en Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Golfo de California y sur de California, E.U.A (Figura 3). El color del círculo de los epicentros indica la magnitud. Los dos sismos de mayor magnitud, 5.4 y 5.5 se indican con una estrella color rojo. En la Figura 4 se muestra un acercamiento de la región correspondiente al norte de Baja California y sur de California, E.U.A.

Disponibilidad de los datos

El catálogo completo de la RESNOM se encuentra disponible y abierto al público en su página web resnom.cicese.mx. Además, mensualmente se generan boletines de localizaciones y tiempos de arribo, los cuales también están disponibles en la Sección de Boletines de la misma y son enviados al Centro Internacional de Sismología (ISC por sus siglas en inglés). Los tiempos de arribo mensuales de la RESNOM, están disponibles al público en la página web <http://www.isc.ac.uk/>.

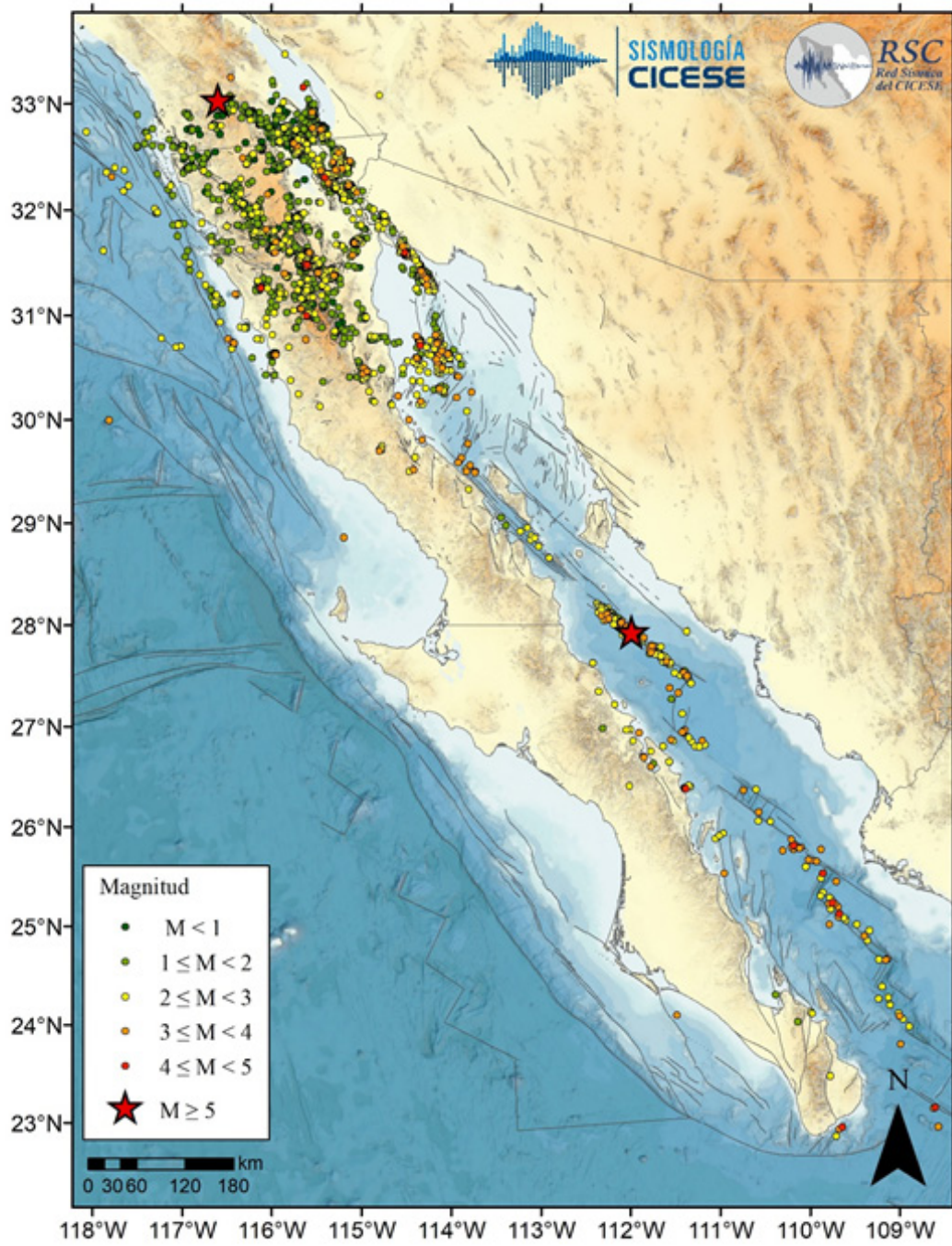


Figura 3. Mapa de sismos registrados por RESNOM durante el periodo enero a diciembre de 2025.

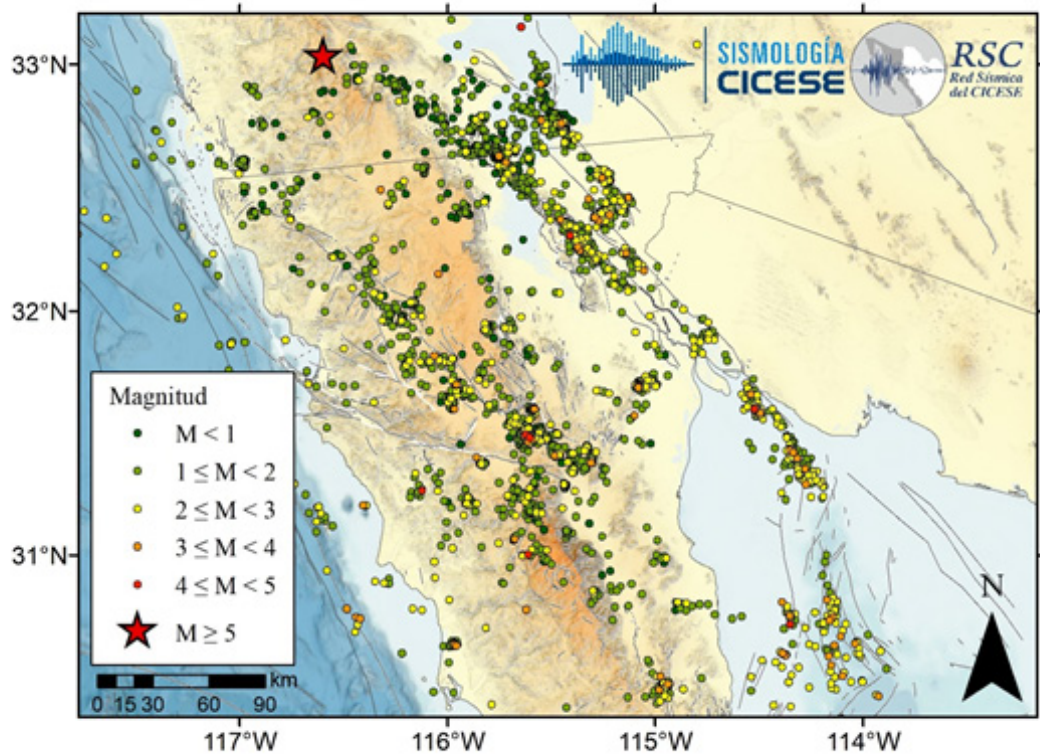


Figura 4. Sismicidad registrada por RESNOM en el norte de Baja California durante el periodo enero a diciembre de 2025.

Agradecimientos

Al SECIHTI y al CICESE por el soporte económico para la operación y mantenimiento de la RSC, bajo el proyecto COF117 “Redes Sismológicas del CICESE”. Al personal administrativo y de apoyo del CICESE. Al personal técnico y coordinadores de las subredes de la RSC: RESBAN RANOM, RAUBC, REGNOM y RSLP. A los directores y personal técnico del Servicio Sismológico Nacional de México (SSN) y la Red Sísmica del Sur de California (SCSN) en los EE.UU., por su disposición y apoyo para el intercambio de datos en tiempo real. A Luis Delgado Argote y el equipo editorial de GEOS.

Referencias

- Caltech (2013). Southern California Earthquake Center. <https://doi.org/10.7909/C3WD3xH1>
- Castro, R. R., Mendoza-Camberos, A., Pérez-Vertti, A. (2018). The Broad Band Seismological Network (RESBAN) of the Gulf of California, México. *Seismological Research Letters*, 89(2A), 338–344. <https://doi.org/10.1785/0220170117>
- CICESE (2025). Red Sísmica del Noroeste de México. <https://doi.org/10.7914/SN/BC>

- 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.
- González-Fernández, A., Dañoibeitia, J. J., Delgado-Argote, L. A., Michaud, F., Cordoba, D., Bartolomé, R. (2005). Mode of extension and rifting history of upper Tiburón and upper Delfín basins, northern Gulf of California. *Journal of Geophysical Research*, 110, B01313. <https://doi.org/10.1029/2003JB002941>
- González-G., J.J., García-A., R. (1986). Escala de Magnitud-Coda para estaciones sismográficas en el norte de Baja California. *Memorias de la Reunión 1986 de la Unión Geofísica Mexicana*, 399–406.
- Hartog, J. R., Friberg, P. A., Kress, V. C., Bodin, P., Bhadha, R. (2020). Open-source ANSS quake monitoring system software. *Seismological Research Letters*, 91(2A), 677–686. <https://doi.org/10.1785/0220190219>
- Havskov, J., Voss, P. H., Ottemöler, L. (2020). Seismological Observatory Software: 30 yr of SEISAN. *Seismological Research Letters*, 91(3), 1846–1852. <https://doi.org/10.1785/0220190313>
- Johnson, C. E., Bittenbinder, A., Bogaert, B., Dietz, L., Kohler, W. (1995). Earthworm: A flexible approach to seismic network processing. *IRIS Newsletter*, 14, 1–4.
- Kalafat, D., Kekovali, K., Pinar, A. (2019). *Moment Tensor Solutions*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77359-9>
- Klein, F. W. (2002). User's guide to Hypoinverse-2000, a FORTRAN program to solve for earthquake locations and magnitude. U.S. Geological Survey Open-File Report 02–171, 121 p.
- Lizarralde, D., Axen, G. J., Brown, H. E., Fletcher, J. M., González-Fernández, A., Harding, A. J., Umhoefer, P. J. (2007). Variation in styles of rifting in the Gulf of California. *Nature*, 448(7152), 466–469.
- McMechan, G. A., Mooney, W. D. (1980). Asymptotic ray theory and synthetic seismograms for laterally varying structures: theory and application to the Imperial Valley, California. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 70, 2021–2035.
- Nava, F. A., Brune, J. N. (1982). An earthquake-explosion reversed refraction line in the Peninsular Ranges of southern California and Baja California Norte. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 72(4), 1195–1206.
- Sokos, E. N., Zahradnik, J. (2008). ISOLA: A Fortran code and a Matlab GUI to perform multiple-point source inversion of seismic data. *Computers and Geosciences*, 34(8), 967–977.
- UNAM (1998). Servicio Sismológico Nacional. <http://www.ssn.unam.mx/>
- Vidal-Villegas, J. A., Munguía-Orozco, L. (1999). The ML scale in northern Baja California, Mexico. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 89(3), 750–763.

Vidal-Villegas, J. A., Munguía-Orozco, L., González-Ortega, J. A., Núñez-Leal, M. A., Ramírez-Ramos, E. E., Mendoza-Garcilazo, L. H., Castro-Escamilla, R. R., Wong-Ortega, V. M. (2018). The Northwest Mexico Seismic Network: Real-time seismic monitoring in northern Baja California and northwestern Sonora, Mexico. *Seismological Research Letters*, 89(2A), 324–337. <https://doi.org/10.1785/0220170183>

Worden, C. B., Wald, D. J. (2016). ShakeMap manual online: Technical manual, user's guide, and software guide. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.5066/F7D21VPQ>

Manuscrito recibido: 18 de febrero de 2026

Recepción del manuscrito corregido: 4 de marzo de 2026

Manuscrito aceptado: 4 de marzo de 2026