

Red sísmica de Zacatecas

Juan Martín Gómez-González¹, Felipe de Jesús Escalona-Alcázar², Juan Carlos Montalvo-Arrieta³,
Miriam Judith Cedillo-Candelas², Víctor Hugo Ramírez-Márquez¹, David Leonardo Carrillo-Sánchez²

¹Centro de Geociencias de la UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro, México.

²Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

³Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra. Linares, Nuevo León, México.

fescalona@hotmail.com

Antecedentes

Se ha considerado tradicionalmente que la región hacia el norte del Eje Neovolcánico Transmexicano es asísmica pese a la ocurrencia de algunos sismos. Los antecedentes históricos de sismicidad son esporádicos, de magnitud pequeña y de efectos destructivos mínimos o nulos para la población. En la zonificación sísmica de la República Mexicana (CFE, 2008), la Mesa Central y los estados que la limitan al norte y oriente (Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí) han sido consideradas como regiones de baja sismicidad (INEGI, 2017). Ello ha influido para que la cantidad de estaciones sísmicas desplegadas en la región también sea pequeña. Por ejemplo, la estación de banda ancha más próxima a Zacatecas se encuentra en Aguascalientes, a 90 km. El resto de las “estaciones cercanas” se localizan entre 260 km y 400 km. A esas distancias, la magnitud mínima analizable de un sismo regional es de 3. La microsismicidad sólo se registrará en una estación cercana. Por ello, para garantizar la detección y la calidad en la localización de este tipo de actividad es necesario contar con redes locales suficientemente densas.

Pese a la separación tan amplia entre las estaciones de la red sísmica del Servicio Sismológico Nacional (SSN) desplegadas en el norte de México, su distribución ha permitido registrar eventos de magnitudes pequeñas a moderadas que antes pasaban desapercibidos. De hecho, en algunas zonas se han instalado pequeñas redes locales, como en el límite meridional de la Mesa Central (MC), en el Sistema de Fallas San Luis-Tepehuanes (SLT) (Nieto-Samaniego et al., 2012), zona media de San Luis Potosí (Gómez-González et al., 2005), sur y norte de Querétaro (Dávalos et al., 2005; Gómez-González et al. 2007).

El límite MC-SLT se extiende desde la Sierra de San Miguelito, San Luis Potosí, hasta Tepehuanes, Durango (Nieto-Samaniego et al., 2005). Las redes temporales desplegadas en los extremos del sistema han evidenciado la existencia de un nivel de sismicidad de fondo (Gómez-González et al., 2005; Montalvo et al., 2008; Nieto-Samaniego et al., 2012; Pérez-González et al., 2014). Otra región también considerada durante mucho tiempo como asísmica es la de Nuevo

León, donde una red permanente de pocas estaciones ha mostrado que la tasa de sismicidad es más alta de lo que se pensaba, cuyos sismos de magnitudes $M > 3.5$ son más frecuentes de lo que se suponía (v.gr., Montalvo-Arrieta et al., 2011; Ramos-Zúñiga et al., 2012; Salinas-Jasso et al., 2019). El hecho de que en éstas zonas las magnitudes han sido inferiores a 4, provocó que hasta finales del siglo XX no se les prestara importancia para la búsqueda de las estructuras sismogénicas asociadas. Esto ha ido cambiando con el tiempo pues el acceso a sismógrafos de bajo costo ha permitido la incorporación de datos sísmicos en el diseño de estructuras y en la búsqueda de una regionalización sísmica más realista (Pérez-González et al., 2014; Salinas-Jasso et al., 2019).

En Zacatecas existen evidencias del impacto de algunos sismos históricos fuertes, como el ocurrido el 21 abril de 1841 (Mw 6.2) en la zona norte del estado (Sosa-Ramírez et al., 2021). De 1990 a 2016 el catálogo del SSN reporta 12 sismos regionales (Figura 1a) (UNAM, 2022). La

primera estación sísmica de banda ancha del SSN se instaló en febrero de 1997. Durante los primeros años la sismicidad fue prácticamente nula, sin embargo, entre 2017 y 2019 empezó a cambiar pues el SSN reportó 13 eventos. A partir de junio de 2020 la sismicidad en los alrededores de la ciudad de Zacatecas se incrementó notablemente y esta tendencia se ha mantenido hasta la fecha. La mayoría de las magnitudes es inferior a 2, aunque hay algunos eventos que se

aproximan a M_w 4.6 (Figura 1b; UNAM, 2022). Llama la atención que su distribución parece describir una circunferencia alrededor de los municipios de Zacatecas y Guadalupe. La mayoría de los epicentros se concentran hacia el norte y oeste de la ciudad de Zacatecas (Figura 2). Dado que algunos eventos están cerca de las fallas cartografiadas por Barr (1976) y Escalona-Alcázar et al. (2009; 2016), es necesario dar seguimiento constante a dicha actividad.

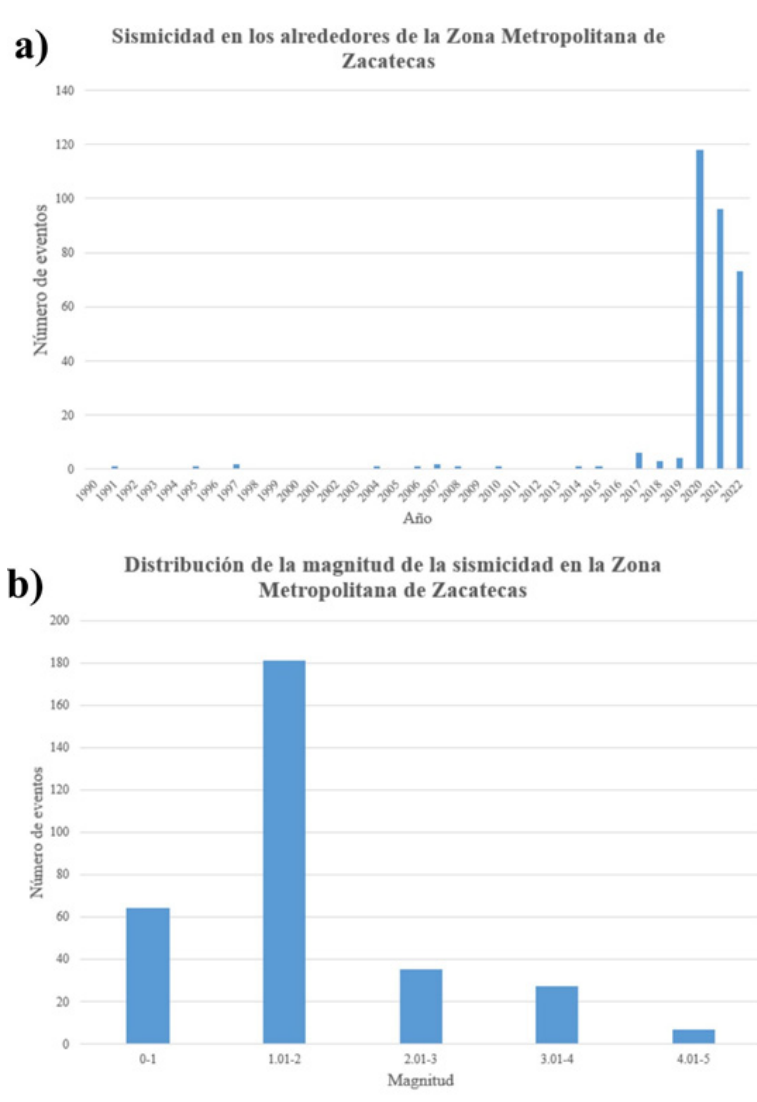


Figura 1. Población de sismos registrados por el SSN, (a) por año y (b) magnitud, en la Ciudad de Zacatecas (tomados de la UNAM, 2022). Nótese el incremento en los años recientes, cuyas magnitudes predominantes son entre 1 y 2.

En mayo de 2022 instalamos alrededor de la ciudad de Zacatecas una red sísmica de cuatro estaciones de bajo costo de una sola componente (Figura 2). La distancia de prueba promedio entre estaciones es de 5 km, con lo que buscamos confirmar la tasa y distribución de la microsismicidad registrada por la única estación de banda ancha en el estado. Para

ello requerimos garantizar el acceso continuo a internet y corriente eléctrica, ya que los equipos “babyshark” utilizados no almacenan datos, por lo que se debe garantizar la transmisión continua de datos en tiempo real. Los equipos de bajo costo tienen entre sus ventajas la facilidad de programación e instalación.

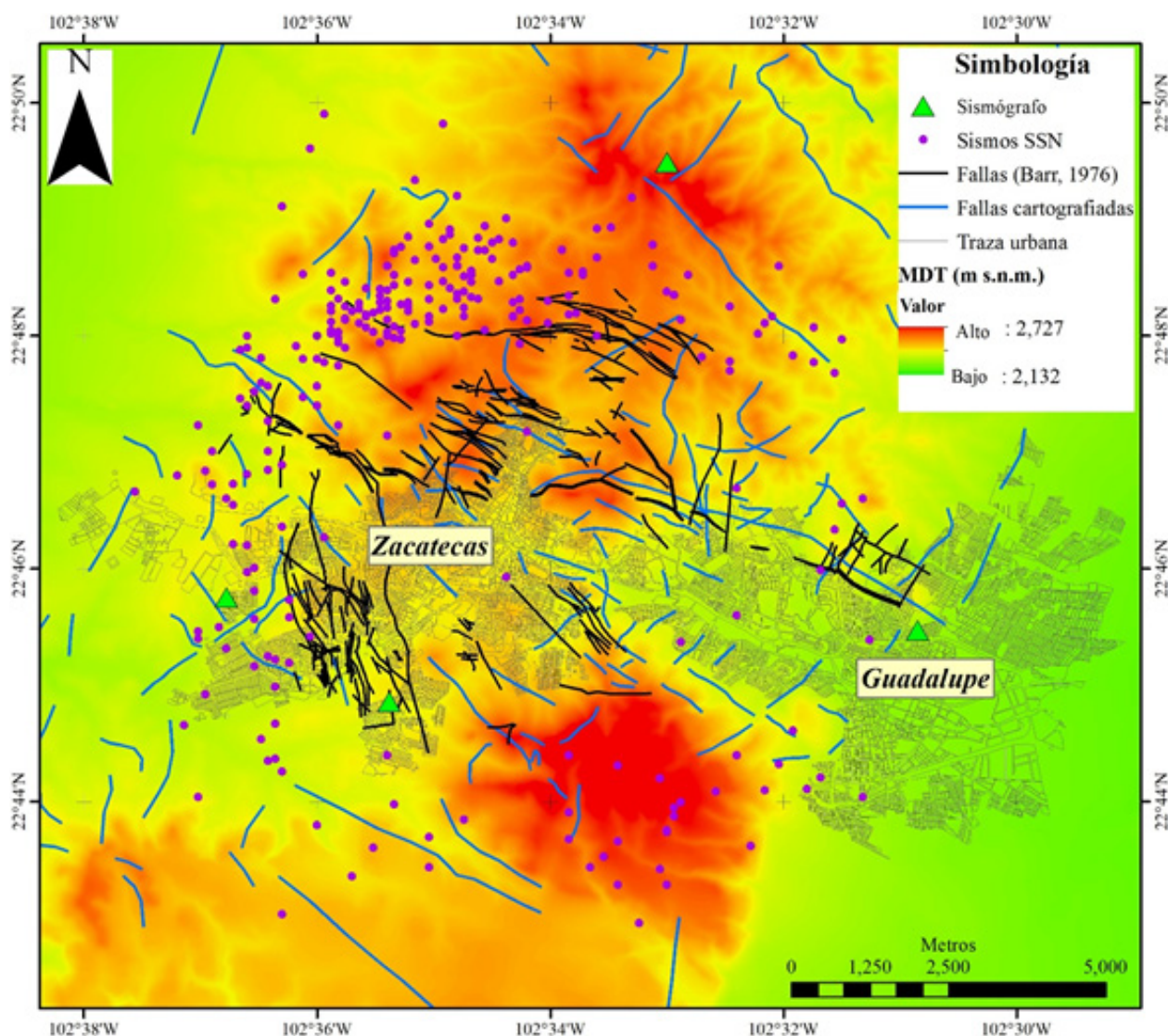


Figura 1. Distribución de epicentros (círculos morados) registrados por el SSN (UNAM, 2022) de enero de 1990 al 31 de mayo de 2022 en la zona urbana de Zacatecas y Guadalupe. Los triángulos verdes corresponden a la ubicación de los sismógrafos instalados en mayo de 2022, y las líneas negras y azules a las fallas cartografiadas por Escalona-Alcázar et al. (2009 y 2016) y las reportadas por Barr (1976), respectivamente.

Esta pequeña red sísmica permitirá monitorear en la ciudad de Zacatecas la sismicidad local sistemáticamente por primera vez. El periodo inicial de registro será de seis meses. Dada la poca cantidad de estaciones y las magnitudes tan pequeñas de los sismos, en el siguiente periodo se modificará su ubicación espacial para mejorar la detección y acotar las zonas sismogénicas. A nivel regional también, el registro de eventos más grandes quedará cubierto por algunas estaciones localizadas en Nuevo León, San Luis Potosí y Querétaro. Los resultados, además de permitir identificar el origen de la sismicidad, serán de gran ayuda para las autoridades de Protección Civil.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo de CONACYT a través del proyecto A1-S-35374 de Ciencia Básica. Los autores agradecen a la Dra. Lucia Capra Pedol, Directora del Centro de Geociencias de la UNAM, y al Dr. Santiago Valle Rodríguez, Director de la Unidad Académica de Ciencias de la Tierra de la UAZ por su apoyo para la realización de este proyecto.

Referencias

- Barr, R.K. (1976). Economic geology of the Zacatecas mining district, Zacatecas, Mexico. Universidad de Nueva Orleans, Tesis de Maestría, 100 pp. Inédita.
- CFE (2008) "Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por Sismo", Comisión Federal de Electricidad. Instituto de Investigaciones Eléctricas.
- Dávalos-Álvarez, O.G., Nieto-Samaniego, A.F., Alaníz-Álvarez, S.A. y Gómez-González, J.M. (2005). Las fases de deformación Cenozoica en la región de Huimilpan, Querétaro y su relación con la sismicidad local. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22 (2), pp. 129-147. (ISSN-printed 1026-8774; ISSN-electronic 2007-2902).
- Escalona-Alcázar, F.J., Solari, L., García y Barragán, J.C., Carrillo-Castillo, C., Bluhm-Gutiérrez, J., García-Sandoval, P., Nieto-Samaniego, A.F. y Núñez-Peña, E.P. (2016). The Palaeocene-ealy Oligocene Zacatecas conglomerate, Mexico: sedimentology, detrital zircon U-Pb ages, and sandstone provenance. *International Geology Review*, 58, p. 826-848.
- Escalona-Alcázar, F.J., Delgado-Argote, L.A., Weber, B., Núñez-Peña, E.P., Valencia, V.A. y Ortiz-Acevedo, O. (2009). Kinematics and U-Pb dating of detrital zircons from the Sierra de Zacatecas, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 26, p. 48-64.
- Gómez-González, J.M., Barboza-Gudiño, J.R., Zúñiga Dávila-Madrid, F. R., Torres Hernández, J. R., Guzmán-Speziale, M., Mata Segura, J. L. (2005). Sismicidad en el Estado de San Luis Potosí. *Folletos Técnicos de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí*, 129, pp. 1-42. (ISSN: 0581-5207).
- Gómez-González, J.M. Descripción preliminar de la actividad sísmica ocurrida en noviembre de 2007 en el Municipio de Landa de Matamoros, Qro. Entregado a Protección Civil del Estado y al Gobierno Municipalidad de Landa de Matamoros, Qro. Noviembre de 2007, 6 pp.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2017). Mapa de los estados Unidos Mexicanos, placas tectónicas, 1 imagen.
- Montalvo-Arrieta, J.C., Ramos-Zúñiga, L.G., Navarro-de León, I. y Ramírez-Fernández, J.A. (2011). Una aproximación a la regionalización sísmica del Estado de Nuevo León, basada en velocidades de propagación de ondas de corte y evidencias geología. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 63, p. 217-233.

- Montalvo, J.C., Gómez, J.M., Ramírez, J.A., Luque, N. y Barboza, R. (2008). Respuesta sísmica de sitio en la ciudad de San Luis Potosí obtenida a partir de registros de microtemores. *GEOS*, 28, p. 198.
- Nieto-Samaniego, A.F., Barajas-Gea, C.I., Gómez-González, J.M., Rojas, A., Alaniz-Álvarez, S.A. y Xu, S. (2012). Geología, evolución estructural (Eoceno al actual) y eventos sísmicos del Graben Santiaguillo, Durango, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29, p. 115-130.
- Nieto-Samaniego, A.F., Alaniz-Álvarez, S.A. y Campribí i Cano, A. (2005). La Mesa Central de México: estratigrafía, estructura y evolución tectónica Cenozoica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, LVII, p. 285-318.
- Universidad Nacional Autónoma de México, I. d. G., Servicio Sismológico Nacional. (2022). Catálogo de sismos. Extraído de <http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/> doi: 10.21766/SSNMX/EC/MX consultado el 30 de mayo de 2022.
- Pérez-González, J.A., Laguna-Zárate, L.F. y Gómez-Rubio, A. (2014). Influencia del coeficiente sísmico en el diseño de estructuras de acero en San Luis Potosí, una propuesta de normatividad. *Memorias del XIX Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, p. 1-9.
- Ramos-Zúñiga, L.G., Medina-Ferrusquía, H.C. y Montalvo-Arrieta, J.C. (2012). Patrones de sismicidad en la curvatura de Monterrey, noreste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29, p. 572-589.
- Salinas-Jasso, J.A., Montalvo-Arrieta, J.C., Alva-Niño, E., Navarro-de León, I. y Gómez-González, J.M., (2019). Seismic site effects in the central zone of Monterrey (northeast Mexico) from a geotechnical multidisciplinary assessment. *Bulletin of Engineering Geology and Environment*, 78, p. 483-495.
- Sosa-Ramírez, R.L., Paz-Martínez, E.G. y Montalvo-Arrieta, J.C. (2021). The MW 6.2 Punta Santa Elena (Coahuila-Zacatecas) earthquake of 28 April 1841, the largest documented pre-instrumental event and its implications on seismic hazard in northeastern Mexico. *The Journal of Seismology*, 25, p. 477-485.

Manuscrito recibido: 16 de junio, 2022.
Manuscrito aceptado: 17 de junio, 2022