



Tectónica del Estado de Puebla

Saby Gabriela Félix Romero

Resumen

Las fuentes sísmicas, son procesos capaces de causar ondas sísmicas, existen fuentes asociadas con fallas (fuentes tectónicas) y las asociadas a otros procesos. El comportamiento sísmico del Estado de Puebla ha sido cuantificado a lo largo de su historia en función del número de temblores que se han registrado dentro del mismo, Sin embargo, hasta la fecha no se han realizado estudios que permitan conocer a fondo las causas de este comportamiento, ni tampoco el porqué de muchos de los efectos producidos. El conocimiento y estudio de la propagación de las ondas sísmicas, así como la evaluación del peligro que se genera al ocurrir fuertes temblores, se constituye en fundamental para la prevención de desastres y la elaboración de planes de contingencia para prevenir los efectos en zonas que se ubican en las partes de mayor riesgo sísmico en el Estado.

Palabras clave:

Tectónica, Sismicidad, Vulcanismo

Abstract

Seismic sources are processes capable of causing seismic waves, there are sources associated with faults (tectonic sources) and those associated with other processes. The seismic behavior of the State of Puebla has been quantified throughout its history based on the number of tremors that have been registered within it. However, to date, no studies have been carried out to fully understand the causes of this behavior, nor the reason for many of the effects produced. Knowledge and study of the propagation of seismic waves, as well as the evaluation of the danger generated by strong tremors, is essential for disaster prevention and the preparation of contingency plans to prevent the effects in areas that are They are located in the parts of the highest seismic risk in the State.

Keywords:

Tectonics, Seismicity, Volcanism

Introducción

Los antecedentes históricos del Estado de Puebla dan muestra de la vulnerabilidad ante la ocurrencia de eventos sísmicos de grandes magnitudes, por lo que resulta de gran importancia la identificación de las diferentes fuentes de actividad sísmica. El estudio en general de los movimientos del terreno debidos a un sismo, la manera en que las ondas sísmicas se propagan a través del suelo y atraviesan muchas fronteras y dislocaciones en la estructura geológica dependen de numerosos factores, entre ellos: a) el origen del sismo, b) la magnitud del sismo, c) la distancia del sitio a la fuente principal de liberación de energía, d) las características geológicas de las formaciones rocosas a través de las cuales las ondas sísmicas deberán propagarse desde el foco hasta el sitio, y e) las condiciones locales del sitio.

El conocimiento de la actividad sísmica, así como su distribución geográfica en el Estado es relevante, ya que contribuye a la determinación de las fuentes sísmicas y de la atenuación de las ondas sísmicas al propagarse en la zona, además permite la elaboración de mapas de zonificación de riesgos con el fin de desarrollar programas de prevención de desastres sísmicos y volcánicos.

Antecedentes

El Estado de Puebla, a través de su historia, ha mostrado su debilidad ante temblores fuertes, tales como el temblor ocurrido en Orizaba de magnitud 7.0 del 28 de agosto de 1973, los de Huajuapán de León de magnitudes 6.5 y 6.7 del 24 de octubre de 1980 y del 15 de junio de 1999, respectivamente; así como el del 19 de septiembre de 2017 de magnitud 7.1, localizado en límite estatal de Puebla y Morelos; que ocasionaron daños a estructuras en acueductos, colapsos en cúpulas de iglesias, derrumbes de taludes en caminos, caídas de techos en numerosas casas habitación, cuarteaduras y destrucción total en edificios de gran valor histórico, como el Palacio Municipal, la iglesia de la Compañía, el Edificio Carolino de la BUAP, entre otros. Es importante señalar que estos temblores causaron la muerte a cientos de habitantes y dejaron heridos a miles de ellos en los Estados de Puebla y Veracruz.

El Estado de Puebla está situado en la zona Neo-volcánica, al norte colinda con la Sierra Norte de Puebla, derivada de prolongaciones de la Sierra Madre Oriental, donde se levanta el volcán Cofre de Perote, la zona de Derrumbadas y el volcán Citlaltépetl; al sur se encuentra limitado por la Sierra Negra, la Mixteca y las prolongaciones de la Sierra Madre Oriental constituidas por la Sierra Madre del Sur, que presenta varios sistemas orogénicos, entre los que es particularmente importante la falla de Tehuacán; al oeste limita con los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl y en la parte central se localiza la Malinche. El Estado está atravesado por cinco fallamientos, de los cuales destacan por su importancia el Popocatepetl – Chignahuapan, el de la Malinche y el Atoyac-Minas. Existen además dos fallas geológicas menores que son la de Valsequillo y Hueyotlipán. Ciertamente, la actividad

sísmica que se manifiesta en la región debe originarse por movimientos tectónicos, vulcanismo o por acomodamientos superficiales de la corteza terrestre.

Marco Tectónico del Estado de Puebla

El planeta Tierra está conformado principalmente por tres capas: corteza, manto (superior e inferior) y núcleo (externo e interno); con espesores variables, en promedio 30, 2900 y 3500 km, respectivamente. La corteza es completamente sólida y facturable. El estado físico del manto oscila entre sólido y plástico, debido a las condiciones de temperatura y presión dominantes en el material de ese estrato. El núcleo, se considera que se encuentra en estado sólido.

Debido al mecanismo por el cual se formaron, las capas externas son más ricas en minerales compuestos por sílice y aluminio, y a medida que aumenta la profundidad aumenta también el contenido de hierro y magnesio hasta llegar al núcleo supuestamente formado por hierro y níquel. Al enfriarse, la corteza terrestre se ha solidificado poco a poco, sin embargo, las capas interiores no lo han hecho tan rápidamente porque la corteza es muy mala conductora de calor y actúa como un aislante en las capas interiores, de esta manera es posible mantener las temperaturas tan altas (4000°C). El transporte de calor en el interior de la Tierra se lleva a cabo por medio de tres mecanismos: conducción (el calor se transporta de un cuerpo más caliente a uno más frío con el que se encuentra en contacto), convección (se da solamente en fluidos; al calentarse la parte inferior se produce un efecto de expansión y se vuelve menos densa que la parte superior, más fría, por lo que tenderá a subir y la parte más fría queda en contacto con la fuente de calor, repitiéndose el proceso y generando celdas de convección, de las cuales existen corrientes ascendentes y descendentes) y radiación que es emitida por cuerpos con temperaturas muy altas, pero la frecuencia de la radiación es proporcional a la temperatura del material.

La corteza terrestre y una parte del manto superior componen la “costra fría”, que se forma en la superficie de las corrientes de convección al entrar en contacto con la atmósfera, que generalmente se encuentra con una temperatura promedio de 10°C con variación de 30°C. Las temperaturas del manto son mucho más altas, implicando una diferencia mayor de 600°C. Esta variación de la temperatura del material que surge del manto hace que se solidifique en las partes más superficiales; esta solidificación alcanza una profundidad de alrededor 100 km. A esa capa con características correspondientes a un sólido se le llama litosfera y se localiza sobre una capa de mayor viscosidad, que presenta fusión parcial, denominada astenosfera y se comporta como un fluido viscoso.

La teoría de la tectónica de placas afirma que los fenómenos geológicos que se observan en la superficie son consecuencia de las características que presenta el transporte de calor en el interior de la Tierra. Además, afirma que el motor generador de todos los acontecimientos geológicos es la convección del material del manto que se comporta como un fluido de alta viscosidad. Debido a la circulación provocada en las celdas de convección, el material del manto asciende en algunos lugares y se hunde en otros. La extensión de la litosfera entre la parte en que esta se crea y se destruye se denomina placa. Las placas se mueven entre si y sus desplazamientos son del orden de algunos centímetros por año (0.1-8.0).

Hasta la fecha se ha determinado un conjunto de placas de diferentes tamaños que forman la superficie terrestre. Entre ellas: Placa de Norteamérica, Placa de Sudamérica, Placa Juan de Fuca,

Placa de Rivera, Placa de Cocos, Placa del Caribe, Placa del Pacífico, Placa Nazca, Placa Antártica, Placa Euroasiática, Placa Africana, Placa Mar de Filipinas, Placa Indoaustraliana, Placa de Escocia (Imagen 1).

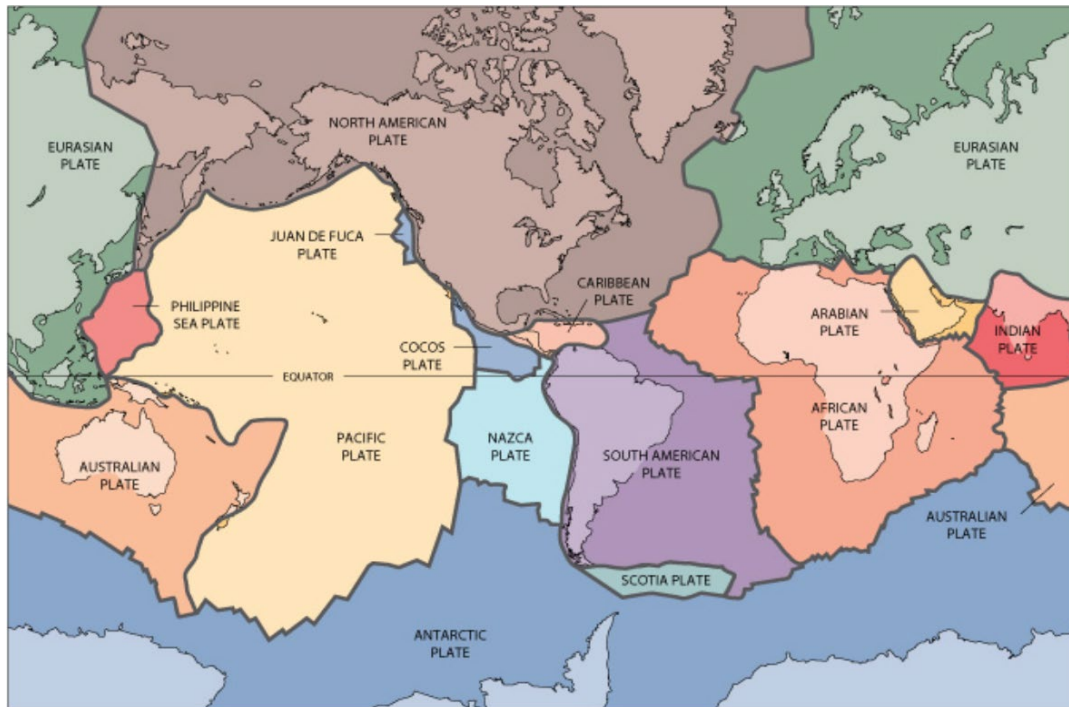


Imagen 1. USGS (2011). Placas tectónicas. Recuperado de <https://pubs.usgs.gov/publications/text/slabs.html>

Las placas tectónicas se distinguen por los estrechos cinturones de sismicidad que las rodean. La división de la litosfera en placas no está enlazada con la división de los continentes y de los océanos. La mayoría de las placas incluyen tanto zonas continentales como oceánicas, sólo la placa del Pacífico posee exclusivamente superficie oceánica. Los límites de las placas generalmente son de tres tipos:

- a) Divergentes (límites constructivos): donde las placas se están separando
- b) Convergentes (límites destructivos): una de las placas se introduce debajo de la otra, o bien, dos placas chocan entre sí.
- c) De transformación o transcurrentes: Dos placas se mueven entre sí lentamente sin crear o destruir placa.

Los movimientos de las diferentes placas hacen que los bordes interactúen entre sí. No todas las interacciones son iguales. Un ejemplo de ello es la separación de los continentes de África y Asia, debido a que entre estas dos placas hay una gran fractura que llega hasta el manto, por ella emerge el material fundido que, al contacto con el agua de mar, se solidifica y forma el piso oceánico empujando y separando los continentes.

Cuando una placa oceánica se sumerge bajo la placa continental forma una depresión oceánica o trinchera, muy notoria en la zona marina que rodea la costa, a este tipo de interacción se le llama subducción.

En los límites entre placas, donde éstas hacen contacto, se generan fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento de una con respecto a la otra, generando grandes esfuerzos en el material que las constituye. Si dichos esfuerzos sobrepasan la resistencia de la roca o se vencen las fuerzas friccionantes, ocurre un desplazamiento o ruptura violenta y liberación repentina de la energía acumulada. Esta se irradia desde el foco o hipocentro en forma de ondas que, a través del medio sólido de la Tierra, se propagan en todas direcciones. A éstas se les conoce como ondas sísmicas.

La República Mexicana se ubica en la Placa de Norteamérica y las placas tectónicas por las cuales es afectada son: Rivera, Cocos, del Pacífico y del Caribe. En el oeste de México, se encuentra la subducción de la Placa de Cocos que genera los sismos en la parte oeste y centro de la República y que afecta al Estado de Puebla.

En los últimos años los sismos que han afectado gravemente al Estado de Puebla son los ocurridos el 15 de junio de 1999, con epicentro cerca del municipio de Tehuacán y el 19 de septiembre de 2019, ocurrido entre los límites de Puebla y Morelos.

Fuentes sísmicas

Cuando las fuerzas que actúan sobre la roca se incrementan rápidamente, y si además las fuerzas son tan grandes que la roca no pueda soportarlas, la roca falla, es decir, se rompe rápidamente.

Parte de la energía que estaba almacenada en forma de esfuerzo de la roca deformada se gasta en crear la falla, romper la roca y vencer la fricción entre ambas caras de la fractura que trata de frenar el movimiento, otra parte de esa energía puede permanecer en las rocas y el resto se libera en forma de ondas sísmicas. Esta energía sísmica es la que viaja (a veces atravesando la Tierra) causando daños aun en lugares alejados de la zona de ruptura, y se le conoce como sismo.

Cuando se rompe el sitio donde hay una gran concentración de esfuerzos de los bordes de la ruptura (mayores de los que puede soportar la roca), entonces, la falla se propaga, esto es, que crece y continúa creciendo hasta que las concentraciones de esfuerzo que produce ya no sean lo suficientemente grandes para romper la roca, creándose una nueva superficie de falla.

Además de las fuentes tectónicas, existen otros tipos de fuentes sísmicas, que son: las fuentes de colapso, fuentes explosivas, fuentes de impacto y fuentes volcánicas.

En el Estado de Puebla está ubicado en un valle rodeado de volcanes importantes como son: Iztaccíhuatl (que son 7 volcanes inactivos), la Malinche (volcán inactivo) Popocatepetl y el Pico de Orizaba, éstos últimos monitoreados por el Centro Nacional de Desastres (CENAPRED). El Popocatepetl es uno de los volcanes más activos del país y al tener a más de 25 millones de personas a menos de 100 km del cráter, lo convierten en uno de los volcanes más peligrosos del planeta. En 1994 reinició su actividad, tiempo en el que ha registrado erupciones explosivas mayores. En 1998 el volcán generó un sismo volcanotectónico de 3.5° Richter.

El 30 de junio de 1999 ocurrió un sismo de 6.7° Richter entre los Estados de Puebla y Oaxaca, que aparentemente no modificó la actividad del volcán, pero un día después ocurrieron sismos volcanotectónicos de magnitudes menores a 3.

Conclusión

México es uno de los países más sísmicos de mundo. Su geología refleja que gran parte de su territorio está sometido a grandes esfuerzos que causan, entre otros efectos, grandes sismos. El Estado de Puebla, se ve afectado por los sismos que se generan en las costas de Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chispas; por la subducción de la placa de Cocos en la placa del Pacífico. Por otra parte, los sismos de tipo volcánico son de menor magnitud, pero el peligro es latente en el Estado.

Bibliografía

- Orantes Jiménez, Sandra Dinora Trejo Soto, Gloria Irene. (2002). Módulo XML para acceder al sistema administrador de base de datos SQLmx a través de Internet. 11.06.18, de Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación en Computación Sitio web: <http://repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/6898>
- Video2Brain. (2013). Découvrir le langage XML Structurez et échangez vos données avec le XML. 24.07.18, de Video2Brain Sitio web: <https://www.video2brain.com/fr/formation/decouvrir-le-langage-xml>
- MicroSoft. (2018). Langage XML pour les débutants. 24.07.18, de Microsoft Sitio web: http://www.cva.itesm.mx/biblioteca/pagina_con_formato_version_oct/apaweb.html
- Lujan Mora Sergio. (2014). XML Ejemplos de uso. 29.05.18, de Universidad de Alicante Sitio web: <https://youtu.be/-7HttBjnk9g>
- Melton, J., & Buxton, S. (2006). Querying XML : XQuery, XPath, and SQL/XML in Context. San Francisco, Calif: Morgan Kaufmann.
- HELLAND, P. (2017). XML and JSON Are Like Cardboard. Communications Of The ACM, 60(12), 46-47. doi:10.1145/3132269
- FRAIGNIAUD, P., & KORMAN, A. (2016). An Optimal Ancestry Labeling Scheme with Applications to XML Trees and Universal Posets. Journal Of The ACM, 63(1), 6:1-6:31. doi:10.1145/2794076