



## Para iniciar, reflexiona

1. Lee los siguientes textos.

Un nuevo sismo de intensidad 6.7 en la escala Richter ha vuelto sacudir hoy a Nepal, 24 horas después del terremoto de intensidad 7.8 que ha dejado alrededor de 2 430 muertos y 6 000 heridos en país, según las últimas cifras facilitadas por el Ministerio del Interior del gobierno nepalí.



Las calles de Katmandú han amanecido llenas de personas que pasaron la noche al raso mientras se repetían las réplicas.

Tomada del periódico El Mundo, 26 de abril de 2015. Disponible en: [http://images.sumadiario.com/cms/nuevo-terremoto-de-7-4-grados-con-replicas-en-la-zona-mas-castigada-de-nepal/2015\\_5\\_12](http://images.sumadiario.com/cms/nuevo-terremoto-de-7-4-grados-con-replicas-en-la-zona-mas-castigada-de-nepal/2015_5_12). [Consulta 26/04/2015]

Más de 18 horas continuas de caída de lava y ceniza desde la tarde de ayer arrasaron con decenas de viviendas apostadas en las faldas del volcán Tungurahua, destruyendo por completo las poblaciones de Bilbao y Juive, dejando una persona muerta, trece heridos y más de 60 desaparecidos.

El alcalde de Penipe, Juan Salazar, aseguró esta mañana que desde las 00 horas 33 minutos de hoy el proceso eruptivo del volcán se intensificó, botando gran cantidad de rocas incandescentes hasta las poblaciones aledañas, lo que no dio tiempo a decenas de personas para escapar del lugar.



Los que sí lograron huir de la fuerza del Tungurahua, unas 3 000 personas, regresaron a los refugios donde aguardaron desde el pasado 14 de julio, cuando reinició el proceso eruptivo del volcán. Los heridos fueron trasladados al hospital de Riobamba donde permanecen en estado delicado.

Añadió que “aquí no podemos seguir viviendo, parte de (la localidad de) Bilbao ya no existe, (los poblados de) Chilibú, Choglontuz, Palitagua ya no existen, todo está arrasado, pueblos bajo escombros y difícilmente esto se podrá volver a habitar”.

Fuente: Diario El Mirador de Sudamérica Disponible en: <http://diarioelmirador.com.ar/9985/el-volcan-tungurahua-sigue-activo.html> [Consulta: 12/05/2015].



## Aprende más

### La litosfera: la capa sólida de la Tierra

**Litosfera.** el origen de la palabra litosfera proviene del griego litos, que significa piedra, y sphaíra, o esfera, por lo que se entiende como la capa sólida de la Tierra.



Pasaron millones de años para que la Tierra fuera adquiriendo su constitución interna y externa, tal como la conocemos hoy día. Pero, ¿cómo es que los científicos saben cómo está por dentro nuestro planeta, si entre el centro de la Tierra y su superficie hay una distancia de 6 370 kilómetros?

Para explorar el interior de nuestro planeta, además de haber realizado perforaciones hasta aproximadamente 12 kilómetros, han extraído materiales y los han analizado; asimismo, también lo han hecho mediante métodos indirectos, como el estudio de las ondas sísmicas; es decir, cómo la energía liberada durante un sismo se propaga mediante vibraciones, cada una de las cuales tiene características particulares en cuanto a velocidad y forma de propagarse de acuerdo con el material por el que cruza; esto permite saber que la estructura existente en los sustratos inferiores varía en espesor y características físicas y químicas, gracias a ello se sabe que la Tierra está constituida por capas.



### Sabías que...

Cómo se formó la Tierra. Explicarse el origen de la Tierra ha sido una acción permanente desde épocas antiguas. Las teorías al respecto han sido varias, por lo que la información es mucha. Tanto el video como la lectura aquí sugeridos son un ejemplo de difusión de tales teorías y por ello es recomendable que las veas.

Video Origen de la Tierra: Cómo se hizo la Tierra

<https://www.youtube.com/watch?v=FgdBE127FCQ> [Consultado el 14-03-2015.]

Lectura: Barrios, P. (s/f). La formación de la Tierra. Barcelona: Salvat (Biblioteca Salvat Grandes temas) Disponible en: [www.librosmaravillosos.com/laformaciondelatierra/capitulo01.html](http://www.librosmaravillosos.com/laformaciondelatierra/capitulo01.html) [Consulta: 11/05/2015].

### Capas internas y externas de la Tierra

¿Alguna vez has utilizado un durazno como modelo representativo de estudio? Te invito a hacerlo ahora. Consigue uno y observa cómo está conformado por varias capas y, aunque es difícil distinguir la separación entre ellas, ahí están. La Tierra se asemeja a un durazno que, cuando lo vas pelando, deja al descubierto sus capas internas. Como esta fruta, nuestro planeta está constituido por capas y subcapas concéntricas, que se envuelven unas a otras, y cuyo peso es mayor al interior que al exterior; las capas están compuestas por elementos (como níquel y hierro) en estado sólido y líquido; en el centro están los elementos más pesados y en la superficie los más ligeros.

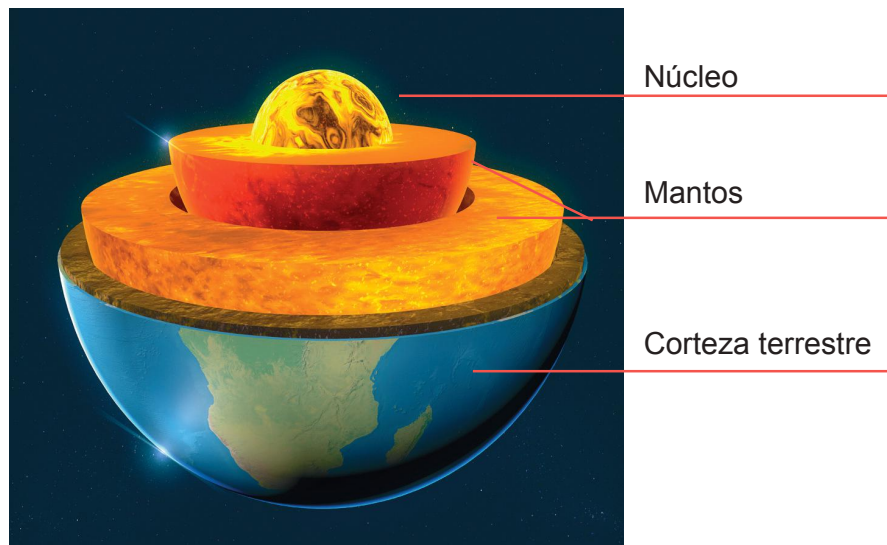
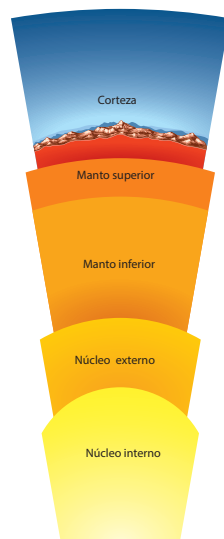


Figura 3.1. Esquema de las capas de la Tierra, en el cual se pueden observar de manera precisa el núcleo, el manto y la corteza terrestre.



Las capas de la Tierra de adentro hacia fuera son: el núcleo, los mantos y la litosfera o corteza terrestre, que es la que habitamos nosotros. Entre una capa o subcapa existen zonas de transición o discontinuidades, que tienen una composición física y química distinta a las capas. Las discontinuidades principales son: Gutenberg (entre el núcleo externo y el manto) y Mohorovicic (entre el manto y la corteza terrestre). Las discontinuidades llevan el nombre de los científicos que las descubrieron.

Figura 3.2. Capas de la Tierra.

Las capas internas de nuestro planeta: núcleo, manto y corteza presentan distintos tipos de propiedades físicas y químicas. A continuación verás en qué consiste cada una de ellas.

El *núcleo*, es la capa más profunda, tiene una temperatura que alcanza los 6 700 °C, su composición es básicamente de dos minerales, hierro y níquel, aunque contiene otros elementos más ligeros, como azufre y oxígeno. El espesor del núcleo es de 3 500 km, que corresponde a 60% de la masa del planeta.

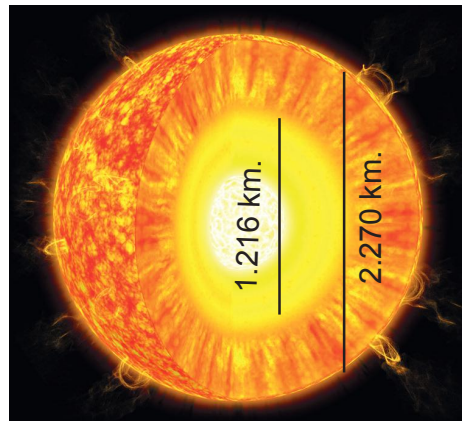


Figura 3.3. Diagrama representativo del núcleo. En él se observan las medidas precisas.

Al núcleo lo conforman dos subcapas: núcleo interno y núcleo externo. A pesar de sus altas temperaturas, el núcleo interno se encuentra en estado sólido debido a las presiones de la carga de todo el resto del material que forma a la Tierra, lo que se traduce en un peso enorme (50 000 Tm/cm<sup>3</sup>), que provoca que las partículas no se puedan mover ni cambiar de estado físico. ¿A qué equivale este peso? Es como si construyeras un cubo de cartón de 1 cm<sup>2</sup> y sobre él colocarás casi 15 000 camionetas de carga de 3.5 T. El espesor del núcleo interno es de 2 250 km.

Sin embargo, el núcleo externo posee la misma composición química y básicamente la misma temperatura que el interno, pero su estado es fluido debido a que la presión disminuye hasta las 20 000 Tm/cm<sup>3</sup>. Su radio aproximado es de 1 220 km.



### Sabías que...

El descubrimiento entre el límite del núcleo externo y el interno de la Tierra se debe a Inge Lehmann, una sismóloga danesa. Fue la primera en aseverar que el núcleo estaba compuesto por dos partes: una sólida y otra líquida.

El *manto* es la capa intermedia de la Tierra, localizada entre el núcleo y la corteza terrestre, se sitúa desde la discontinuidad de Gutenberg hasta la de Mohorovicic, y está formada principalmente por silicatos de hierro y de magnesio; tiene un espesor que va desde 35 hasta 2 900 km. Ocupa 45% de la masa del planeta y también está constituido por dos subcapas: el manto inferior y el manto superior; tiene temperaturas que oscilan entre 500 a 900 °C en la frontera con la corteza terrestre y más de 4 000 °C cerca del núcleo.

El *manto inferior* se encuentra en estado sólido por la composición de sus materiales y por las fuertes presiones que recibe; en cambio, el manto superior se encuentra en estado viscoso. Entre la parte más superficial de éste y la litosfera se encuentra la astenosfera, cuya característica más importante es que presenta movimientos muy lentos, llamados de convección, que permiten flotar a las grandes placas tectónicas sobre ella, lo que provoca la generación de sismos, además de la actividad volcánica.

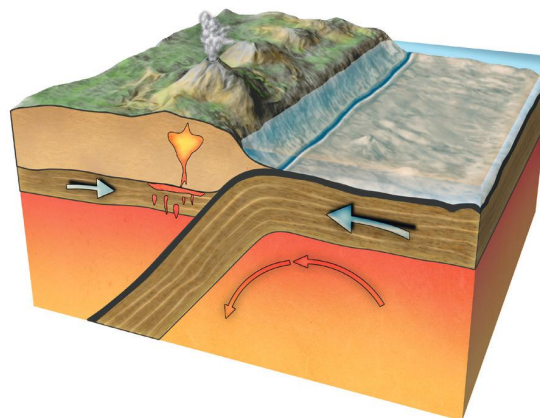


Figura 3.4. La astenosfera es una delgada capa donde los movimientos lentos permiten flotar a las placas.

Este movimiento se lleva a cabo por la salida de material del manto a través de los volcanes y cuando las placas tectónicas chocan unas con otras. Dentro de los gases que arrojan los volcanes está el vapor de agua, que ayuda a mantener la humedad de la atmósfera.

La *corteza terrestre* es la única parte sólida de las capas de la Tierra; cubre al manto y al núcleo. En la litosfera ocurren los terremotos, las erupciones volcánicas y las transformaciones del relieve del planeta. Está situada desde la discontinuidad de Mohorovicic hasta la atmósfera. Es la capa en la que habitamos los seres humanos y sobre la cual realizamos todas nuestras actividades.

Para su estudio se subdivide en corteza oceánica y corteza continental; en promedio tienen un espesor de 50 km, que varía desde las cuencas oceánicas (corteza oceánica), en donde puede llegar a tener sólo 5 km, hasta 70 km en las zonas montañosas (corteza continental). Sus temperaturas disminuyen considerablemente mientras van subiendo hacia la superficie y aumentan conforme bajan hacia el interior del planeta. Los compuestos fundamentales de la corteza terrestre son silicatos de aluminio y magnesio; pero también la corteza oceánica comprende rocas de granito y basalto.



En la corteza terrestre convergen dos capas: la hidrosfera y la atmósfera.

La hidrosfera es una capa formada por agua, por lo que incluye océanos, mares, ríos, lagos y corrientes subterráneas, así como la nieve y el hielo.

La atmósfera es la capa gaseosa que rodea a la Tierra y cuya combinación química permite no sólo la vida sobre la superficie, sino que también nos protege de los rayos del Sol.





**Aprende más**

## La dinámica interna de la litósfera

### Las placas tectónicas

Desde hace millones de años, la dinámica interna de la litósfera ha estado sujeta a una serie de movimientos internos de distintos niveles de intensidad que la han fracturado en varios fragmentos denominados placas tectónicas, que se mueven por las corrientes convectivas del manto superior y se desplazan sobre la atmósfera con lentitud (algunos centímetros por año), cambiando la apariencia de los continentes a lo largo del tiempo geológico, que se cuenta en miles y millones de años. Algunas veces estos movimientos crean corteza y amplían los fondos oceánicos y otras a la inversa.

Se reconocen dos tipos de placas: continentales y oceánicas; es importante estudiarlas por las consecuencias que traen consigo cuando de manera repentina sus movimientos bruscos e intempestivos ocasionan el terror entre la población. Ciertos países están asentados en medio de una placa, en tanto que otros son atravesados en sus bordes, situación que también se ve influenciada por el origen y dirección del desplazamiento de las placas. Quizá te preguntes, ¿y cómo supo el hombre de la existencia de las placas tectónicas? Su antecedente lo tenemos en la teoría de la deriva continental, que veremos a continuación.

### La teoría de deriva continental

Durante la segunda década del siglo XX, Alfred Wegener, geólogo alemán, expuso que hace aproximadamente 300 millones de años en la Tierra existía un supercontinente, al que llamó Pangea, que significa “toda la tierra”. Presentó pruebas geográficas, las cuales basó en observaciones de la forma de los continentes y cómo estos encajaban. Fundamentó esta tesis a partir de pruebas paleoclimáticas, es decir, comparando lugares que poseían climas muy parecidos entre sí, como Sudáfrica, Sudamérica, India y Australia. También utilizó pruebas geológicas, como los procesos de formación de montañas y rocas con la misma edad en América del Norte y Europa. Incluyó, además, pruebas paleontológicas, comparando fósiles similares de plantas y animales de los diversos continentes.

A pesar de los intentos por expresar la lógica que ello tenía, no tuvo forma de explicar cómo es que los continentes flotaban, es decir, cómo estaban a la deriva, y su teoría no tenía, en ese momento de la ciencia, oportunidad de ser probada.



Figura 3.5. Las teorías sobre la formación de los continentes son varias, porque ésta ha sido muy estudiada a lo largo de la historia. Las primeras eran más bien de origen divino, las últimas son de origen científico.

### La teoría de la tectónica de placas

No fue sino hasta 1960, cuando Harry Hess sustenta la teoría de tectónica de placas, basada en la teoría de la deriva continental y la expansión de los océanos, y explica que, gracias a las corrientes convectivas que se localizan en la astenosfera, es posible que enormes bloques de distintos tamaño, conocidos como *placas tectónicas*, sobre las que se asientan continentes y suelos oceánicos, puedan moverse lentamente con direcciones definidas, crear nuevas tierras, chocar entre sí y desarrollar grandes cadenas montañosas marinas, llamadas dorsales.

El movimiento constante de las placas tectónicas provoca que en ocasiones choquen entre sí o se friccionen una con respecto a otra, o bien que se separen, por lo cual se observa en sus tres tipos de límites o contornos distintos procesos: los convergentes o destructivos, los transformantes y los divergentes o constructivos.

Son *límites convergentes* cuando las placas que acercan y colisionan forman cadenas montañosas, como es el caso de India y Asia, en donde este movimiento dio origen a las montañas del Himalaya, incluyendo el monte Everest, el más alto del mundo, que seguirá creciendo mientras este movimiento continúe. En la colisión de una placa oceánica con una continental, o cuando chocan dos placas oceánicas entre sí, se da el “proceso de subducción”, que ocurre cuando una placa oceánica se hunde por debajo de otra continental y se funde y se destruye, es decir, la placa más delgada se hunde por debajo de la más pesada y el material se funde para salir a través de las erupciones volcánicas. Este contacto también genera la formación de montañas, como los Andes en Sudamérica. En ambos casos los desplazamientos provocan sismos o terremotos, como sucede en nuestro país, en los límites de las placas de Cocos y Norteamericana (al desplazarse la primera por debajo de la segunda). Además las zonas de límites de subducción crean las fosas o trincheras en el relieve submarino, que son los espacios oceánicos más profundos.



Los *límites transformantes* son aquellos en donde una placa fricciona con otra a lo largo de una línea de falla, es decir, el movimiento es lateral pero en sentidos opuestos. No forman montañas, pero sí generan graves terremotos y continuos sismos, como el de 1906 en la ciudad de San Francisco, en Estados Unidos de América, ubicada sobre la Falla de San Andrés, que es una ruptura de la corteza terrestre que se desliza horizontalmente y se encuentra entre las placas Norteamericana y Pacífica. ¿Sabías que... sobre esta misma falla está ubicada la península de Baja California en nuestro país?

Los *límites divergentes* se dan en los océanos, cuando desde grandes fallas en los suelos surge el magma del manto de la Tierra, provocando la separación de dos o más placas y dando lugar a nuevos suelos, así como a cadenas montañosas submarinas, conocidas como “dorsales”, y a profundas depresiones como el Gran Valle del Rif en África oriental, en donde con el paso de millones de años se podría dividir este continente por una dorsal.

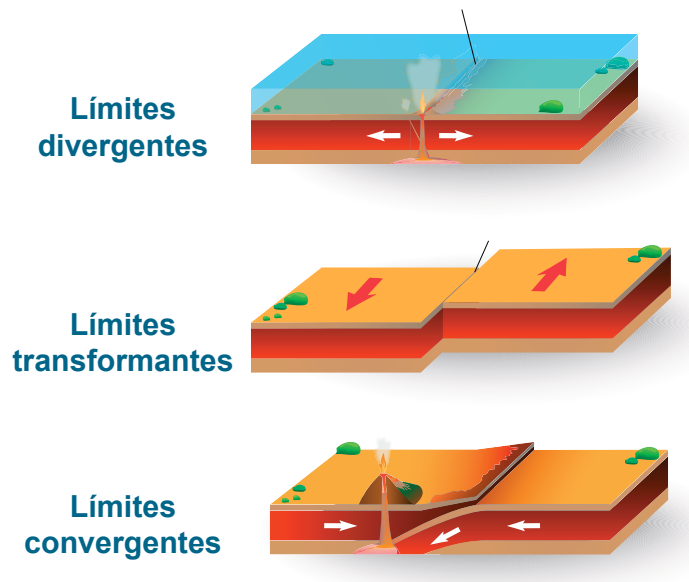


Figura 3.6. Los límites o fronteras de las placas se mueven en diversas direcciones ocasionando choques o colisiones.

Las principales placas tectónicas del mundo las puedes observar en la figura 3.10, y son: la Norteamericana, la del Pacífico, la de Nazca, la Sudamericana, la Euroasiática, la Africana, la Indoaustraliana y la Antártica. Y dentro de las placas tectónicas menores o secundarias, se encuentran: la de Cocos, la de Rivera y la del Caribe, que inciden sobre nuestro país, como veremos más adelante. Saberlo es importante porque nos permite detectar en qué regiones hay mayor riesgo de actividad sísmica o volcánica, así como comprender por qué éstos no se distribuyen de manera homogénea en la superficie terrestre.

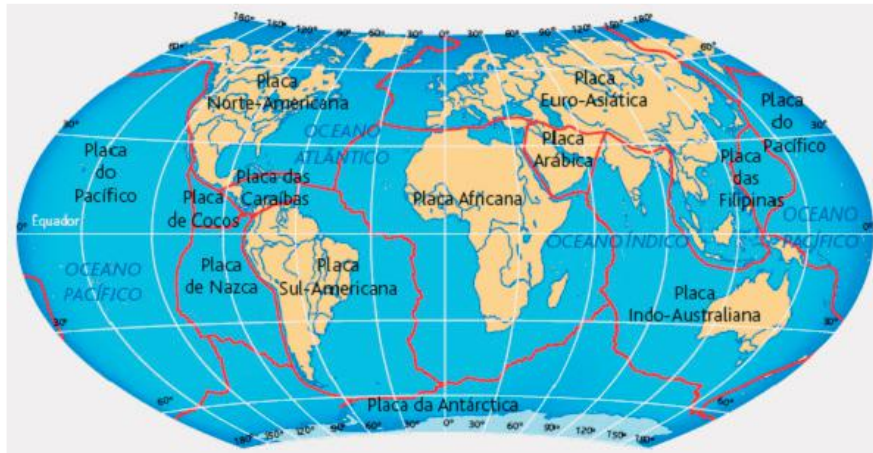


Figura 3.7. Placas tectónicas del mundo.

Las principales placas tectónicas de México las puedes observar en la figura 3.11 y son: la Norteamericana, que abarca la mayor parte de nuestro país; la del Pacífico, donde está la península de Baja California; la de Rivera y la de Cocos, frente a los litorales de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y parte de Chiapas. El movimiento de la placa de Cocos, frente a las costas del océano Pacífico, es la causante de la mayor parte de los sismos que ocurren en nuestro país, como el de 1985 en la Ciudad de México.

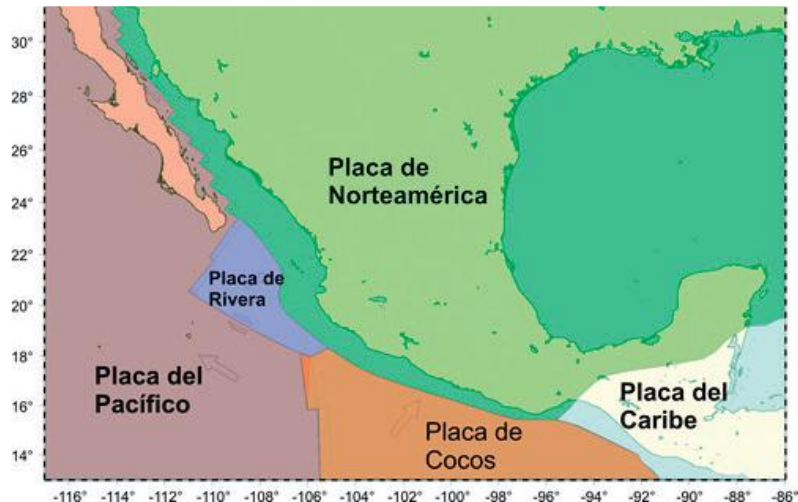


Figura 3.8. Mapa de las placas tectónicas de México. Tomada de Servicio Sismológico Nacional.



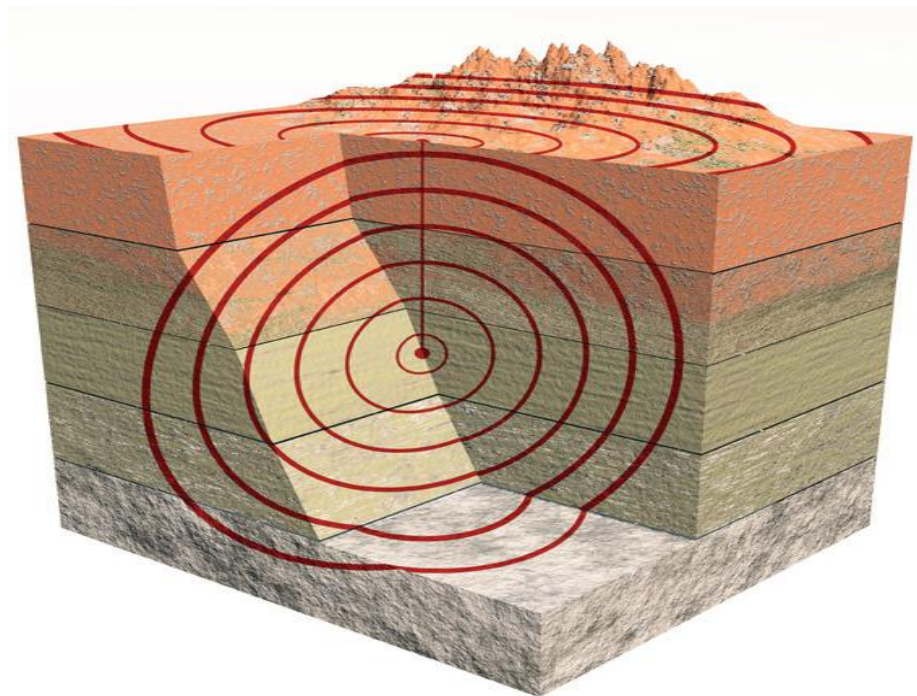
### Sabías que...

Videos de placas tectónicas. Te invitamos a que, si te es posible, veas un par de videos sobre las placas tectónicas. Uno es: <https://www.youtube.com/watch?v=qF7wKnubg1w>. El segundo es: [http://www.dailymotion.com/video/xr3pos\\_deriva-continental-collision-de-placas-tectonicas\\_school](http://www.dailymotion.com/video/xr3pos_deriva-continental-collision-de-placas-tectonicas_school)

## Sismicidad

Probablemente no has sentido un gran terremoto, pero aquellos que sí, siempre recuerdan y han comentado sus experiencias y todos están de acuerdo en la sensación de impotencia cuando el suelo y todo lo que te rodea se mueve y no lo puedes detener, o no te puedes mantener en pie.

Reflexiona sobre: ¿qué fenómenos se presentan cuando hay un choque de placas (convergente) y cuáles otros cuando se separan (divergente)? Para ello localiza los límites de las placas tectónicas, ya que están en estrecha relación con la sismicidad. Los sismos, temblores o movimientos telúricos son fenómenos geográficos creados por los movimientos vibratorios bruscos de la corteza terrestre que nacen en el interior de la Tierra y se sienten en la superficie.



Debido a la misma dinámica de la litósfera, numerosos sismos tienen lugar diariamente a lo largo del día, sólo que debido a su baja intensidad no los percibimos.

Los sismos son transmitidos por ondas sísmicas cuya trayectoria y velocidad es estudiada por los geofísicos, quienes para su estudio las han clasificado en tres tipos: las ondas de compresión o primarias (P),

las transversales o secundarias (S) y las superficiales (R o L).

- Las *ondas de compresión o primarias* (P) son longitudinales porque se mueven paralelas a la dirección de su propagación y se transmiten por todo tipo de materiales (sólidos, líquidos, viscosos, fluidos y gaseosos); son las primeras en llegar y las más rápidas, su velocidad depende del tipo de rocas por las que se propagan.
- Las *ondas transversales o secundarias* (S) son transversales, es decir, que se mueven en sentido vertical y se transmiten perpendicularmente a la dirección de su propagación y a la superficie y sólo se transmiten por materiales sólidos; su velocidad es casi la mitad que las P, pero su impacto se siente más fuerte.
- Las *ondas superficiales* (R/L) son dos: las ondas Rayleigh, que se mueven ondulatoriamente y se pueden comparar con las ondas que se producen en la superficie del agua. Tienen una forma elíptica, en la superficie alcanza su amplitud máxima y a mayor profundidad decrecen exponencialmente.

El otro tipo de ondas superficiales son las Love, muy parecidas en su movimiento a las ondas S, pues viajan perpendicularmente al plano de la superficie; al igual que las Rayleigh, decrecen con la profundidad.

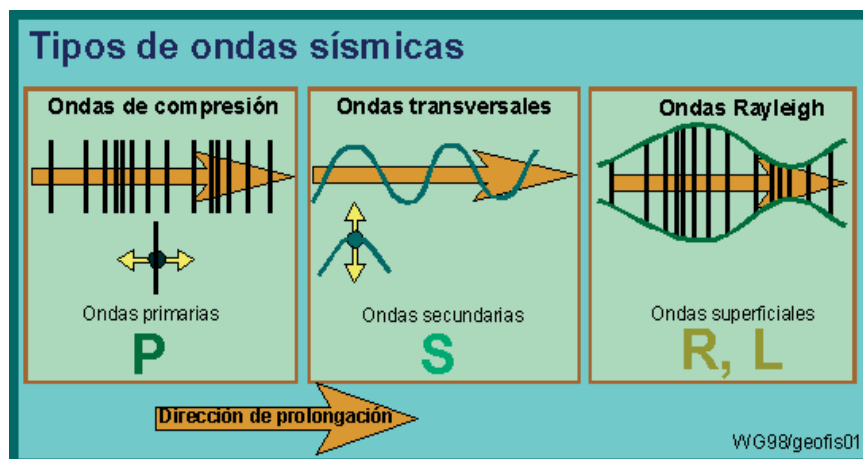


Figura 3.9. Como observas en el esquema, las ondas sísmicas son de tipos diversos y, según los expertos, las de mayor riesgo para las poblaciones son las superficiales.

Cuando uno conoce la cantidad y cualidades de las ondas sísmicas que se presentan en un movimiento telúrico, se entiende la capacidad que tienen para generar la destrucción de comunidades y ciudades completas.

Existen dos puntos importantes en el estudio de los sismos:

- El hipocentro, o foco sísmico, que es el lugar donde se origina el movimiento, es decir, donde se libera la energía acumulada y se ubica en algún lugar en el interior de la tierra.
- El segundo es el epicentro o epifoco, que es el lugar donde se reflejan las ondas sísmicas en la superficie. Es decir, el origen del sismo y el lugar del impacto del mismo en la superficie.

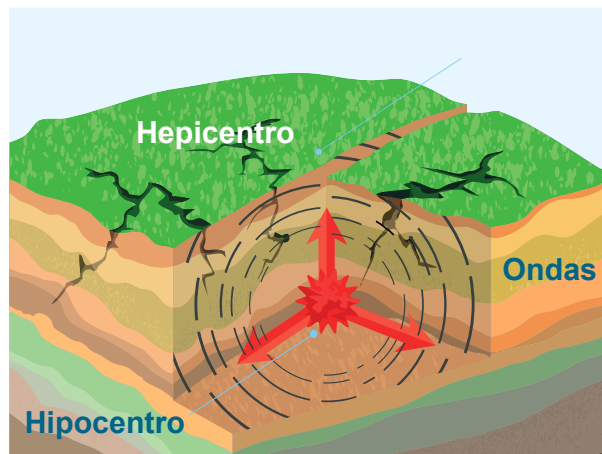


Figura 3.10. Desde que inicia un sismo, las vibraciones que genera tocan dos puntos: hipocentro y epicentro, que de manera conjunta conforman el perímetro sísmico.

Los sismos se clasifican por su origen, tipo de movimiento y profundidad. Por su origen existen dos tipos: los volcánicos y los tectónicos.

- Los *volcánicos* son sismos locales, de poca magnitud y que duran poco tiempo, generalmente se presentan antes, durante y después de la actividad volcánica y no provocan daños por sí mismos.
- En cambio, los sismos de origen *tectónico* son provocados por el choque de dos placas tectónicas, cubren amplias zonas de la superficie, son de gran magnitud y pueden durar hasta varios minutos, ocasionando graves daños mientras mayor sea su duración y magnitud.
- Por su movimiento, los sismos pueden ser *oscilatorios*, cuando el movimiento es horizontal o circular, y la sensación es como de ir en una lancha o barco en aguas agitadas. Los *trepidatorios* son de movimientos verticales, ascendentes y descendentes, y éstos ocasionan mayor daño. Este tipo de sismos fue el que se presentó en la Ciudad de México en 1985.