

Analía Pérez Riobo - Ana Vrba

SEGUNDA EDICIÓN

CIENCIAS DE LA TIERRA



Muestra distribuida por la editorial

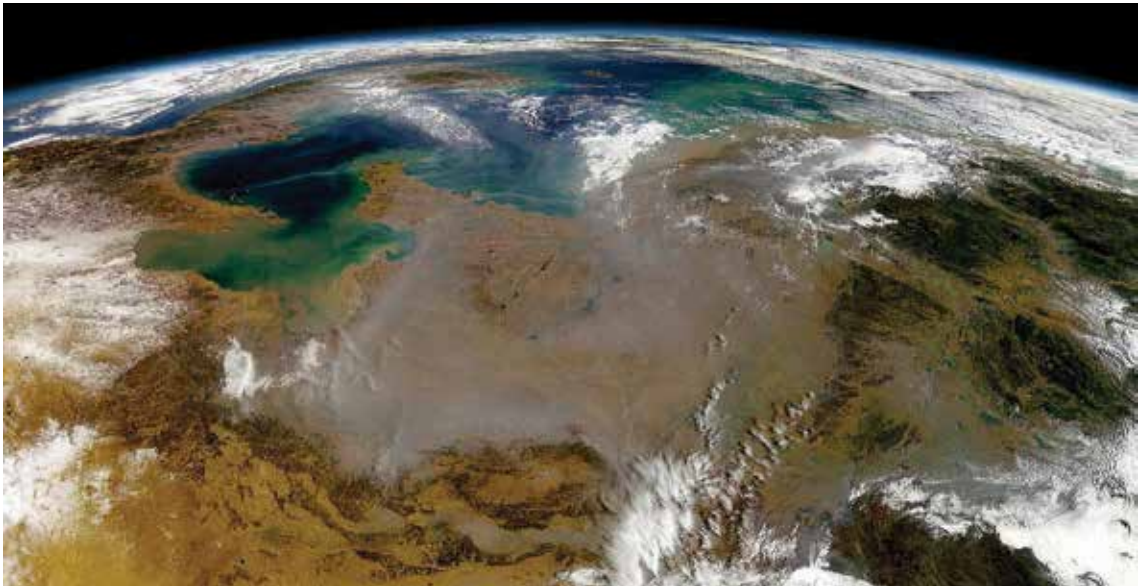
ÍNDICE

Capítulo 1: La Tierra	7
Características de la Tierra	7
Características principales de la litósfera continental	9
Características principales de la litósfera oceánica	10
Teoría de la Tectónica de Placas: una revolución científica	11
Paleomagnetismo	16
Teoría de la Tectónica de Placas	17
¿Cómo se forman los bordes de placas?	18
Orogenia	24
Manifestaciones externas de la dinámica interna planetaria	25
Deformación de las rocas	30
 Capítulo 2: El paisaje geológico	36
El paisaje	36
Procesos exógenos y endógenos	37
¿Cuál es la diferencia entre piedra, roca y mineral?	38
Los minerales	38
Propiedades físicas de los minerales	41
Mineralogía descriptiva	43
Las rocas y su ciclo	45
Morfogénesis debida a procesos endógenos	53
 Capítulo 3: Recursos, reservas y riesgos geológicos	64
Las tres “R” vinculadas pero diferentes	64
Recursos mineros	65
Recursos edáficos: los suelos	72
Órdenes del suelo	74
Recursos hídricos	76
Uso del territorio	78
Convivir con la madre Tierra	79
Geoética	84
 Capítulo 4: Historia geológica del paisaje	87
Escala	89
Corte geológico	91
Mapa geológico	92
Tiempo geológico	93
Edad relativa	95
¿Qué ocurre si no hay deposición de sedimentos y/o ha habido erosión de las rocas?	97

Correlación estratigráfica	97
Edad absoluta	98
Fósiles	99
División del tiempo geológico	101
¿Cómo se formó nuestro planeta?	103
¿Cómo se formaron la atmósfera y los océanos?	104
Eón precámbrico	104
Eón fanerozoico	105
Era mesozoica	109
Era cenozoica o terciaria 65,5-2,6 Ma	110
Bibliografía	119

CAPÍTULO 1

La Tierra



CARACTERÍSTICAS DE LA TIERRA

La Tierra es el tercer planeta del sistema solar. Tiene, aproximadamente, la forma de un elipsoide de revolución, aplastado en los polos y ligeramente abultada alrededor del Ecuador. Allí, el radio es de 6378 km y, en los polos, de 6357 km. Es un planeta rocoso en el que predominan los compuestos constituidos por silicio, oxígeno, aluminio y hierro. La temperatura y la presión aumentan a medida que avanzamos hacia el centro de la Tierra.

El interior terrestre consiste en una serie de capas de diferente composición, densidad y propiedades físicas. Los materiales más densos están concentrados en el centro y los menos se ubican en la superficie.

De acuerdo a la composición de los materiales que forma la Tierra, se la divide en tres capas: corteza, manto y núcleo como podemos observar en la figura 1.1.

Se distinguen desde su periferia hacia el interior:

La **corteza** es la parte superficial terrestre o capa rocosa externa. Según su naturaleza continental u oceánica, se las clasifica en **corteza oceánica** y **corteza continental**.

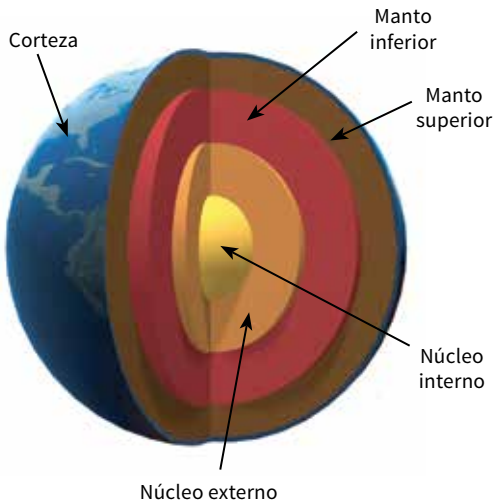


Figura 1.1 Estructura de la Tierra que muestra su estratificación

La corteza continental tiene un grosor medio de 35 a 40 km, en algunas regiones montañosas, supera los 65 km. La corteza oceánica tiene cerca de 7 km de grosor.

La **discontinuidad de Mohorovičić** o **Moho** marca el límite inferior de las cortezas y el límite superior del manto.

El **manto** tiene como límite superior el Moho que se extiende hasta los 2900 km. Representa el 67% de la masa terrestre. Es rocoso y, los minerales formadores de roca son ricos en magnesio y hierro. Se lo divide en manto superior e inferior.

El manto superior se localiza desde el Moho hasta los 700 km. Entre los 700 km y hasta los 2900 km, se encuentra el manto inferior; esta es una zona de elevada temperatura y presión. La **discontinuidad de Gutenberg** separa al manto del núcleo.

Al núcleo se lo divide en externo e interno, y representa el 32% de la masa terrestre. Se extiende desde la discontinuidad de Gutenberg hasta aproximadamente los 6370 km.

El núcleo externo compuesto sobre todo de hierro está ubicado a partir de los 2900 km y hasta los 5100 km. Al igual que el núcleo interno que, además, está formado por níquel. Este se localiza a partir de los 5100 km hasta el centro de la Tierra.

En las figuras 1.2 y 1.4, se representa el modelo basado en las propiedades físicas que divide a la Tierra en capas: **corteza**, **litósfera**, **astenósfera**, **mesósfera** y **núcleo**.

La cáscara que envuelve al planeta se llama **corteza**, su grosor varía entre los 5 y 70 km. Sus rocas están formadas por minerales que contienen metales livianos como el aluminio, el sodio, el potasio y el calcio, además de abundante silicio y oxígeno.

La **litósfera** es una capa de roca dura y quebradiza. Está compuesta por la corteza y parte del manto superior. Se fragmenta en grandes bloques denominados placas litosféricas. Su grosor varía desde los 50 km a más de 250 km.

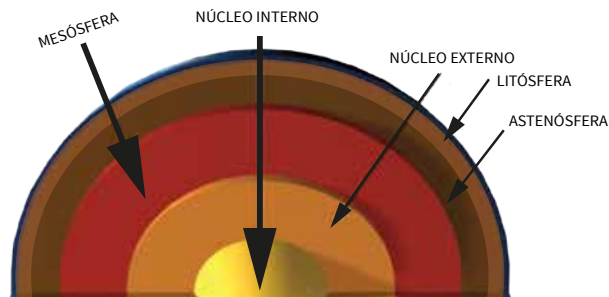


Figura 1.2 Distribución de las capas terrestres de acuerdo con el modelo basado en las propiedades físicas

De acuerdo a las cortezas que la constituyen, se la denomina litósfera continental u oceánica.

Llamaremos **litósfera continental** a aquella litósfera de elevado grosor emergida respecto del nivel del mar y constituida por la corteza continental. Posee una densidad menor que la media.

La **litósfera oceánica** tiene una densidad mayor que la media y, por lo tanto, tiende a hundirse, está constituida por la corteza oceánica.

Bajo la litósfera, hasta unos 410 km, yace la **astenosfera**. Esta es la capa blanda del manto superior y su temperatura es de aproximadamente 1400 °C. Las diferencias de temperatura entre la litósfera y la astenosfera determinan que la litósfera se encuentra mecánicamente separada de la astenosfera, lo que le facilita desplazarse sobre ella.

La **mesósfera** o manto rodea al núcleo, es una capa rocosa de 2900 km de grosor. Se la ubica a partir de la astenosfera hasta la capa D, en el límite con el núcleo.

Los elementos predominantes en la mesósfera son el silicio, hierro, magnesio y oxígeno. La mesósfera es sólida y, está sometida a elevadas temperaturas y presiones.

A los 410 km y hasta los 660 km, se ubica una zona de transición. La densidad incrementa a medida que aumenta la profundidad. La composición mineralógica de la roca del manto cambia en función de la temperatura y la presión dominante.

Alrededor de los 660 km comienza el manto inferior, las rocas que lo forman están muy calientes debido a las elevadas temperaturas y presiones reinantes a esa profundidad. Como consecuencia, la composición mineralógica cambia nuevamente.

En el límite entre el manto inferior y el núcleo, se encuentra la capa D. Se caracteriza por estar constituida por diferentes tipos de rocas y por estar parcialmente fundida en determinados sectores.

El **núcleo** es una aleación de hierro y níquel. Lo constituyen dos regiones denominadas núcleo externo e interno. El primero es líquido y su grosor es de aproximadamente 2300 km. El segundo es sólido y tiene forma de esfera.

El núcleo terrestre es responsable del campo magnético terrestre; este campo es análogo al que desarrollaría una barra imantada, situada en el centro de la Tierra. El eje del campo magnético está inclinado 11,5 grados respecto del eje geográfico, pero varía su posición con el tiempo.

Hasta la década del 60, a la Tierra, se la consideraba formada por tres capas: **sial**, **sima** y **nife**. Estos nombres resultan de la composición química asignada a cada capa: sílice y aluminio a la exterior; sílice y magnesio a la intermedia y, níquel y hierro al núcleo. A partir de la implementación de la teoría de la Tectónica de Placas, estos términos han evolucionado.

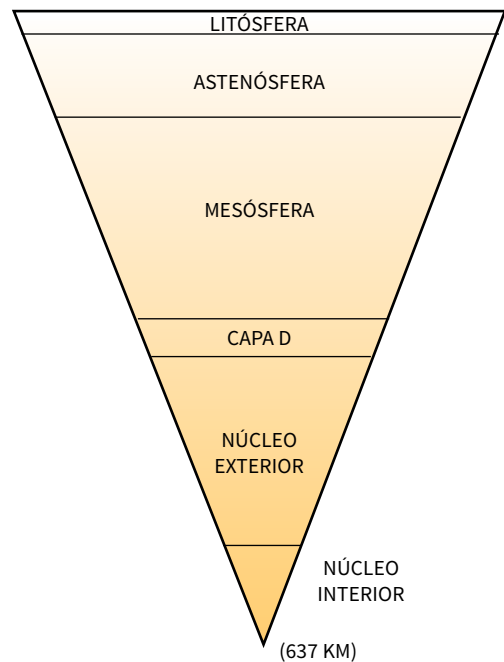


Figura 1.3 Distribución de las capas terrestres de acuerdo con el modelo basado en las propiedades físicas, representado en una sección vertical

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA LITÓSFERA CONTINENTAL

Las masas de corteza continentales se elevan por encima del océano, las rocas que las componen son **ígneas**, **metamórficas** y **sedimentarias**. Presentan una gran variedad en las formas de su superficie: llanuras, valles, mesetas y montañas.

Pero observando la Tierra mediante una imagen satelital, encontramos formas más complejas de la corteza. Desde una perspectiva regional, encontramos como componentes característicos de la corteza continental a los cratones y los cinturones montañosos.

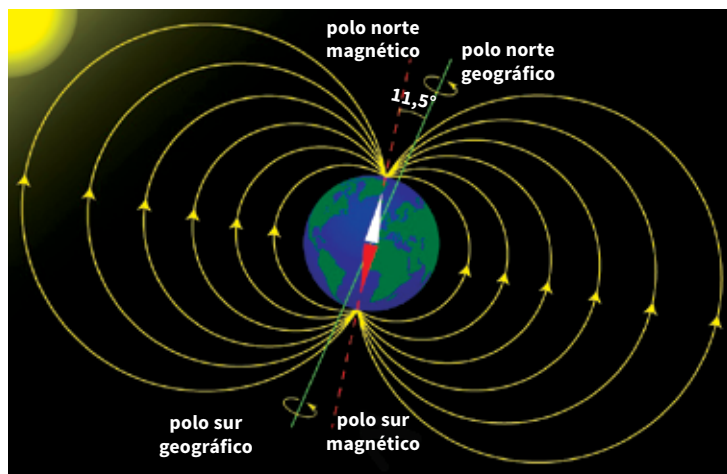


Figura 1.4 Campo magnético terrestre

Vocabulario



● Rocas

Material constitutivo de la corteza terrestre, formado en general por una asociación de minerales característicos.

● Rocas ígneas

Se forman a partir de un magma o roca fundida que se enfría y se solidifica. Cuando la roca fundida alcanza la superficie, se la denomina lava. Si la roca fundida no llega a la superficie, se cristaliza en profundidad.

● Rocas metamórficas

Están formadas por la transformación de otras rocas preexistentes en el interior terrestre, debido a la elevación de la temperatura y/o de la presión o a la presencia de fluidos químicamente activos.

● Rocas sedimentarias

Resultan de la acumulación de fragmentos minerales o de conchas y/o precipitaciones de minerales a partir de soluciones.

Los **cratones** son regiones estables alejados de los bordes de las placas y constituidas por rocas antiguas deformadas. Su edad es de alrededor de 700 millones de años o incluso anterior. En los cratones, se distinguen dos áreas: los escudos y las cubiertas de rocas sedimentarias o plataformas estables continentales de rocas sedimentarias. Por ejemplo, el Escudo Canadiense y el cratón del Río de la Plata.

Los cinturones montañosos antiguos y recientes son zonas lineales intensamente deformadas, por lo general, están formadas por **rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias**. Por ejemplo, la cordillera de los Andes.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA LITÓSFERA OCEÁNICA

La corteza oceánica es de **basalto**, una roca volcánica densa y, en general, más joven que la continental, su edad es de alrededor de 150 millones de años.

Las observaciones indirectas de la superficie oceánica detectaron distintos tipos de formas de relieve: la cordillera centro-oceánica, las llanuras abisales, las fosas, los montes submarinos y los márgenes continentales.

TEORÍA DE LA TECTÓNICA DE PLACAS: UNA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA

La teoría de la Tectónica de Placas ha producido un cambio radical en la forma de entender la Tierra y generó una revolución científica.

A mediados del siglo XX, en 1960, se consolida una teoría que había empezado a delinearse a fines del siglo XIX. Esta explicaría una serie de fenómenos geológicos relacionados con la formación de las cadenas montañosas, el origen de la corteza oceánica, la extinción de la vida y la migración de la fauna.

Los científicos observaron que la litósfera terrestre es móvil y que los continentes migran a lo largo del tiempo geológico.

La teoría de la Tectónica de Placas propone que la litósfera terrestre se rompe en placas debido al calor interno. El calor se distribuye por las corrientes de convección térmica en el manto terrestre y resulta en la rotura de la litósfera en placas litosféricas. Los límites de estas placas son zonas de intensa actividad geológica; sus movimientos generan fallas, terremotos, volcanes y montañas.

Mapa planetario de las placas litosféricas

En la figura 1.5, se observa cómo está conformada la litósfera terrestre. Las placas son unidades rígidas y se mueven como una sola unidad. Existen seis placas grandes y otras menores. La placa Pacífica es excepcional por ser la única constituida exclusivamente por la litósfera oceánica.

Las placas litosféricas se fragmentan y por interacción entre ellas, se desarrollan tres tipos de bordes de placas: **expansión** o **divergente**, **convergente** o **de subducción** y **transformante**.

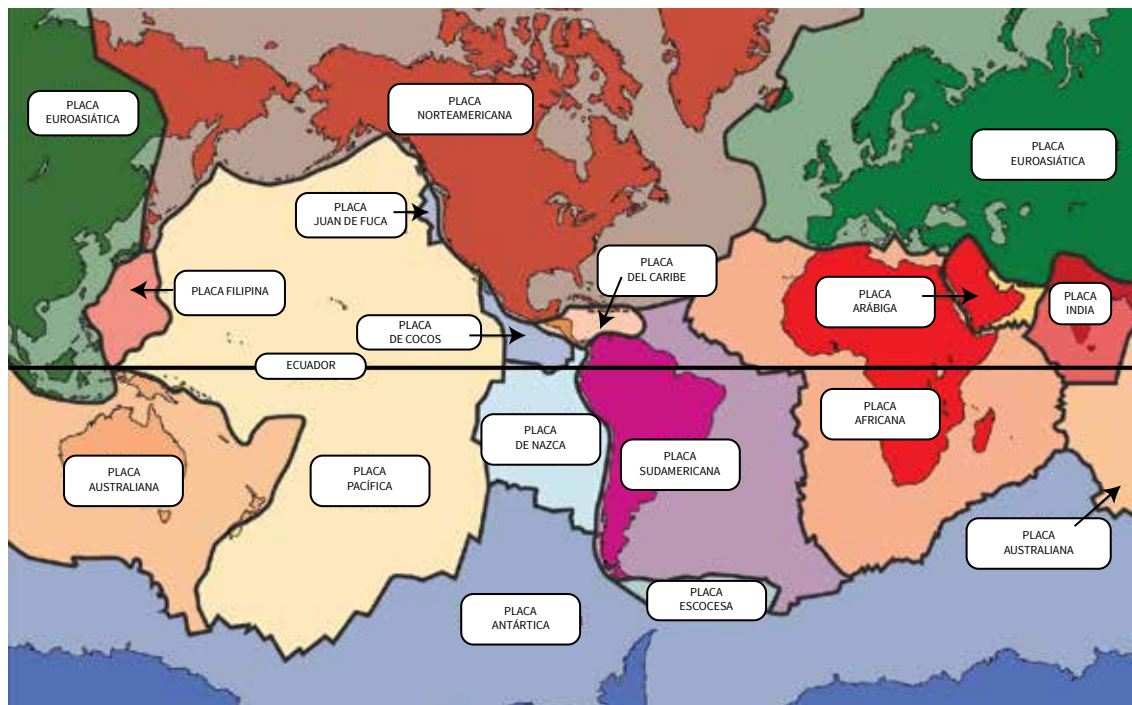


Figura 1.5 Placas tectónicas

Cómo los científicos desarrollaron la revolucionaria teoría

Durante gran parte del siglo XX, la mayoría de los geólogos y los geofísicos opinaban que los continentes y las cuencas oceánicas estaban fijos; la teoría tradicional en esa época, consideraba a la Tierra como un cuerpo rígido.

Sin embargo, ya a comienzos de 1900, Frank Taylor, Howard Baker y Alfred Wegener propusieron la idea de que los continentes van a la deriva sobre la superficie terrestre.

Pero fue Wegener, un meteorólogo alemán, el primero que realizó una profunda investigación sobre la deriva continental. En su libro *El Origen de los Continentes y Océanos*, publicado en 1915, plantea la relación de las formas de los continentes y las evidencias de fósiles similares encontrados en América del Sur y África. Dibujó una serie de mapas que mostraban cómo se fueron separando los continentes a lo largo del tiempo geológico, comenzando por un supercontinente al que denominó **Pangea** (que significa “todas las tierras”).

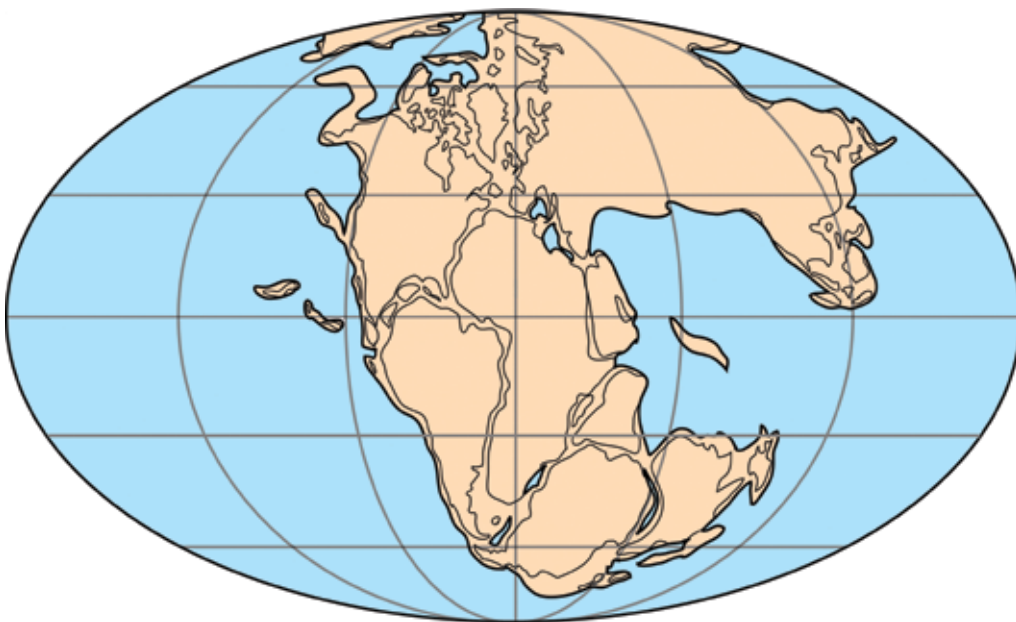


Figura 1.6 Masa continental: Pangea

De acuerdo con Wegener, hace 200 millones de años antes de la era mesozoica, todos los continentes han estado unidos en una única masa de tierra, un supercontinente. Bajo la acción de fuerzas asociadas con la rotación de la Tierra, los continentes se rompieron y se separaron, abriendo los océanos Índico y Atlántico.

Wegener estableció un considerable número de pruebas o evidencias geológicas y paleontológicas, que indicaban un registro histórico común entre los continentes de América del Sur y África.

Evidencias paleontológicas

La historia de la vida pasada sobre ambos continentes se realiza a partir del análisis de fósiles. Si la distribución de formas de vida primitivas es idéntica en ambos continentes, estas necesitarían puentes intercontinentales a través de los océanos para poder trasladarse o bien existía una disposición diferente de los continentes.

Wegener estudió varios organismos fósiles encontrados en diferentes masas continentales. Aquellos hallados, en rocas de América del Sur y África, eran idénticos. Si ambos continentes estuvieran separados, sería fácil de entender que la flora y la fauna sean muy distintas.

Los fósiles de *Mesosaurus* y *Glossopteris* encontrados en ambos continentes eran ejemplos clásicos de vida del pasado geológico, ya que para Wegener significaban la prueba de que las masas continentales estaban unidas en el supercontinente Pangea, porque los organismos que los originaron no podían atravesar el océano a nado ni volando.

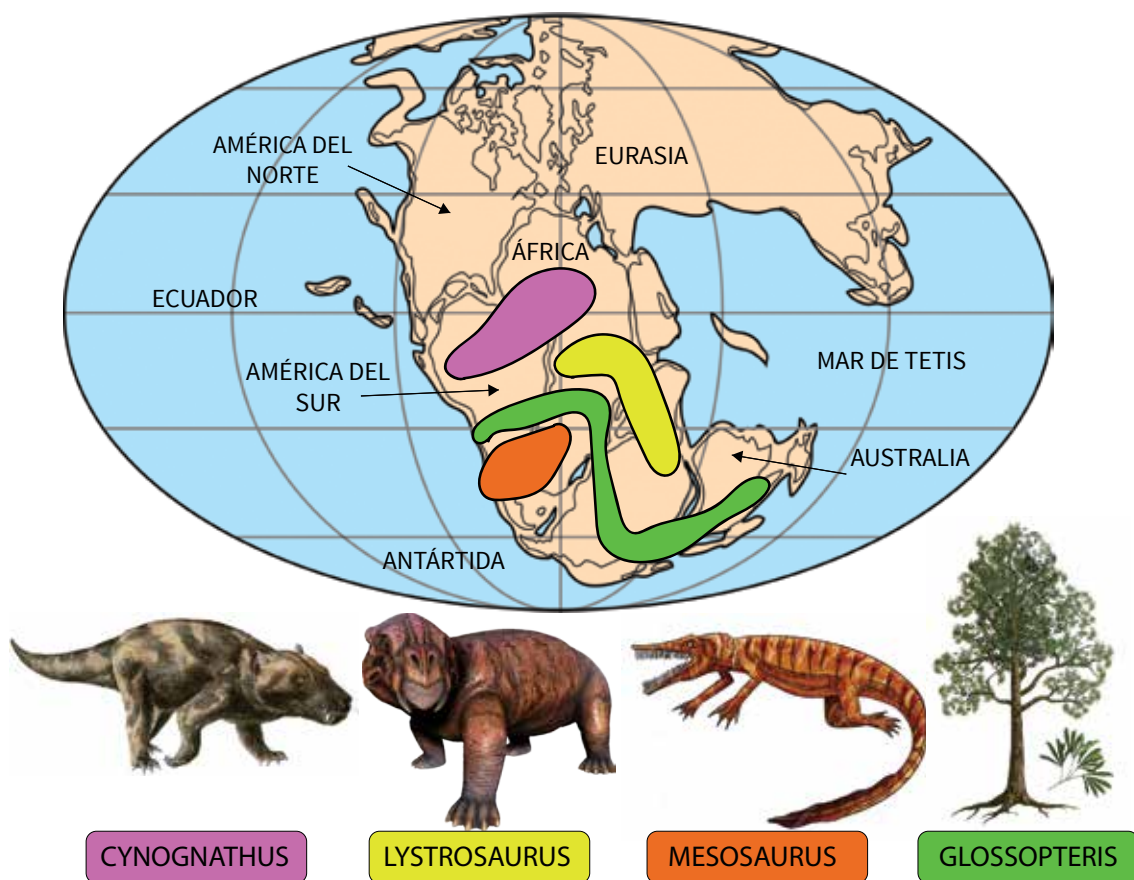


Figura 1.7 Distribución de las plantas y animales fósiles encontrados en América del Sur, África, Madagascar, India, Antártida y Australia

En la figura 1.7, se observan los siguientes fósiles de plantas y animales ligados al mundo viviente del pasado: *Cynognathus* (1) era un reptil que vivió en el Triásico en América del Sur y África. *Lystrosaurus* (2) era un reptil característico del Triásico, que vivió entre 245 y 205 millones de años atrás, sus restos fueron encontrados en Antártida, India, América del Sur y Sudáfrica. *Mesosaurus* (3) era un reptil acuático. Estos animales vivieron al final del Paleozoico, hace más de 245 millones de años, en América del Sur y Sudáfrica. *Glossopteris* (4) era un helecho, se caracterizaba por sus grandes semillas que no podían ser arrastradas muy lejos por el viento, por lo que solo se encontró disperso en todo el sur del continente de Pangea.

Evidencias paleoclimáticas

Wegener también encontró pruebas de cambios climáticos en el hemisferio sur. Hace 300 millones de años, es decir, a fines del Paleozoico, grandes masas de hielo cubrían extensas áreas del planeta. Actualmente la prueba de esta edad de hielo se encuentra distribuida en los distintos continentes del hemisferio sur, a los 30° del Ecuador, en climas subtropicales o tropicales. La evidencia es difícil de explicar en un contexto en donde los continentes están fijos, debido a que las zonas climáticas se determinan por la latitud.

Wegener propuso que el continente de Pangea se encontraba ubicado cerca del polo Sur, en donde las condiciones climáticas favorecen el desarrollo de climas muy fríos y la formación de gruesas masas de hielo de gran extensión sobre la superficie.

Wegener escribió “esta prueba es tan convincente que, por comparación, todos los demás criterios deben ocupar una posición secundaria”.

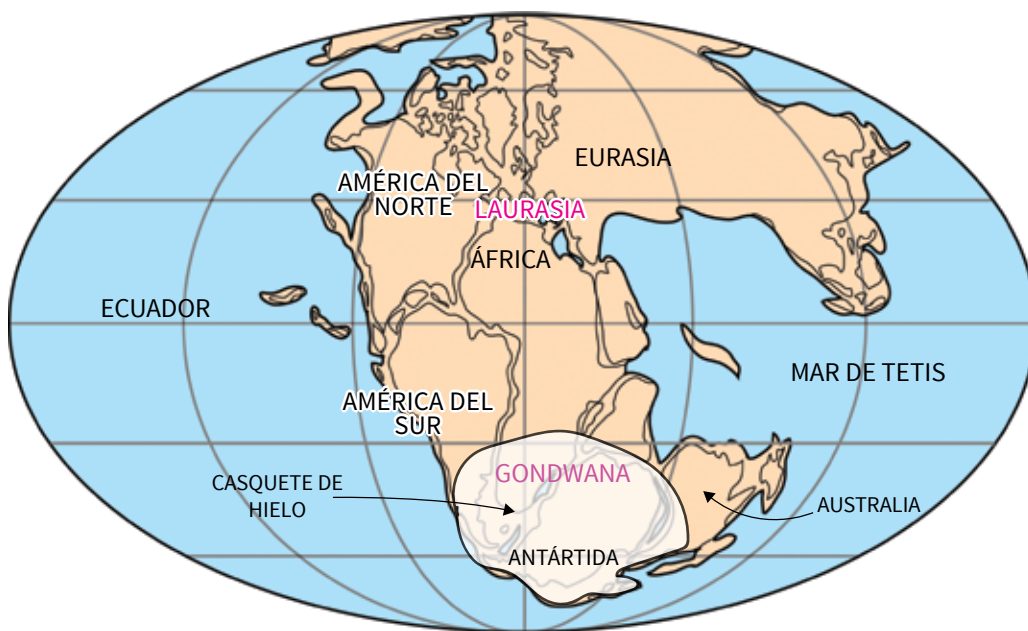


Figura 1.8 Distribución del casquete de hielo que cubría la región sur de Pangea

En la figura 1.8, se observa la distribución de los continentes en una sola masa de tierra. La glaciación paleozoica afectó, en especial, la región sur de Pangea y fue considerada una de las evidencias más importantes de la deriva continental.

Evidencias debido a tipos de rocas y estructuras

Si los continentes estuvieron juntos en el pasado, las rocas situadas a ambos lados de las masas continentales tendrían que ser similares y de la misma edad.

Wegener encontró rocas ígneas de 2200 millones de años de antigüedad en Brasil, de conformación parecida a rocas de similar edad en África y cinturones montañosos antiguos de ubicación continua a lo largo de los bordes continentales a ambos lados del océano Atlántico.

Wegener dijo “es como si fuéramos a recolocar los trozos rotos de un periódico juntando sus bordes y comprobando después si las líneas impresas coinciden. Si lo hacen, no queda más que concluir que los trozos estaban realmente unidos de esta manera”.

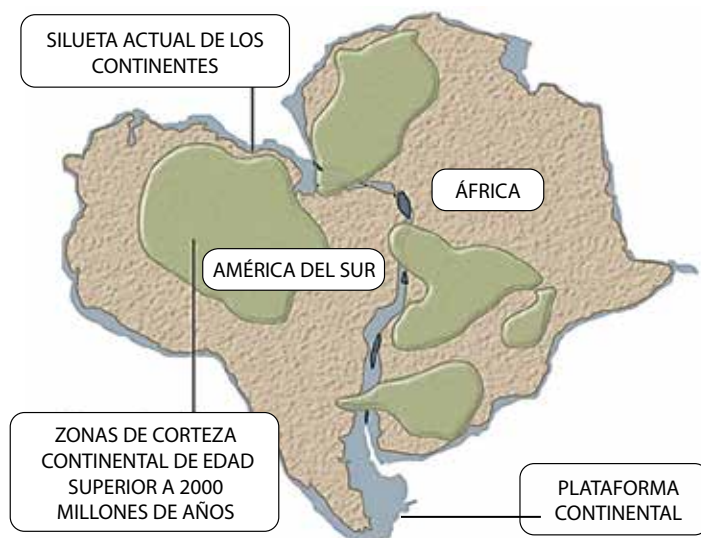


Figura 1.9 América del Sur y África juntas, coinciden en las líneas de contorno, el tipo de rocas y las estructuras geológicas

La coincidente geografía entre América del Sur y África antes de la rotura de Pangea, se evidencia en las áreas de color gris de la figura 1.9. Las áreas de color verde formadas por rocas metamórficas, tienen en común su edad, 2000 millones de años. En aquel tiempo, la mayoría de los científicos rechazaron las ideas de Wegener, ya que el pensamiento científico de la época coincidía con la visión de una tierra rígida y estática.

Recién, en 1944, el geólogo inglés Arthur Holmes al publicar su libro *Principios de Geología Física* consideró a la teoría de la Deriva Continental como un aporte significativo en el estudio de las ciencias geológicas.

Vocabulario



Ecosondas

Aparato que utiliza la detección acústica o los ecos reflejados sobre el fondo marino para obtener información acerca de los fondos oceánicos.

Desarrollo de la teoría de la Tectónica de Placas

Las nuevas tecnologías utilizadas a partir de 1960 facilitaron el conocimiento del fondo oceánico, los geólogos tuvieron nueva información y nuevas ideas resultaron de las investigaciones llevadas a cabo en dos áreas: en la geología del fondo oceánico y en el paleomagnetismo (estudio de las características del campo magnético del pasado geológico).

La geología del fondo oceánico

A partir de 1960, el desarrollo de **ecosondas** facilitó a los geólogos y geofísicos realizar mapas de detalles de la topografía del fondo oceánico. Cuando los estudios se completaron, mostró algo que hasta el momento se conocía poco: la cuenca oceánica estaba dividida por una gran cordillera

centro-oceánica de aproximadamente 64.000 km de largo y 1500 km de ancho. En su parte más alta, aparece una fosa de hundimiento, de alrededor de 1 a 3 km de profundidad, denominada **zona rift**, que es el lugar donde se separan dos placas. Otras evidencias mostraron que el fondo oceánico era relativamente joven y que la composición de la corteza oceánica era muy distinta de la continental.

PALEOMAGNETISMO

A partir de 1950, se mejoraron los sensores magnéticos y, por lo tanto, el estudio de las propiedades magnéticas de las rocas. Los nuevos instrumentos de medición permitieron medir la intensidad y la dirección del campo magnético generado por una muestra de roca.

El **paleomagnetismo** es el magnetismo permanente que adquieren las rocas a lo largo del tiempo geológico.

Muchas rocas contienen minerales con hierro, como la **magnetita**, y se convierten en imanes fósiles. Estos minerales se orientan según el campo magnético terrestre en el momento en el que la roca se está formando.

Dichas rocas preservan la información paleomagnética, es decir, conservan a modo de huella el campo magnético terrestre de la época en la que se originaron.

Las rocas formadas a lo largo de los bordes de separación de las placas litosféricas se orientan según el campo magnético terrestre. En estas zonas de expansión, las rocas contienen un registro de la dirección de los polos magnéticos, que presentan la característica de formar fajas de mayor y menor intensidad de campo orientadas en forma paralela y simétrica a la cordillera centro-oceánica.

La evidencia paleomagnética se convirtió en un elemento de certeza de la expansión del fondo oceánico.

En la figura 1.10, se esquematiza un fenómeno natural, que ocurre a lo largo de millones de años. Las flechas indican la separación de las placas, las lavas formadas durante este proceso contienen minerales magnéticos, que se magnetizan de forma natural y se orientan según el campo magnético terrestre.

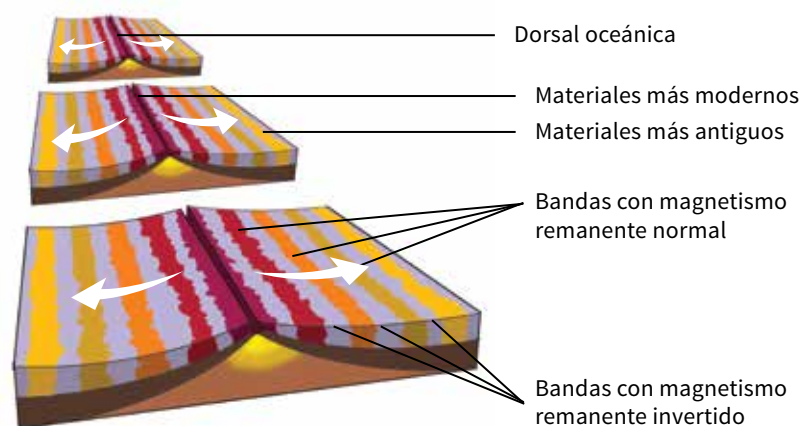


Figura 1.10 Épocas normales del campo magnético alternadas con otras de polaridad inversa, a lo largo de la dorsal centro-oceánica

A lo largo de millones de años, el campo magnético terrestre cambia de polaridad periódicamente. Una época de **polaridad magnética normal** indica, que la roca formada hace millones de años, tiene el mismo campo magnético que el actual. En cambio, las épocas de **polaridad inversa** o invertida indican lo opuesto. Durante una inversión magnética, el polo Norte magnético se convierte en polo Sur y viceversa.

A la luz de la nueva información, se retoma el concepto de la deriva continental formulada por Wegener y se reconstruyen las posiciones de las placas litosféricas en el pasado sobre la base de anomalías del campo magnético bien conocidas.

El estudio del paleomagnetismo ha permitido confirmar la hipótesis de la deriva continental y formular nuevos conceptos científicos a cerca de la expansión de los fondos oceánicos.

TEORÍA DE LA TECTÓNICA DE PLACAS

La teoría de la Tectónica de Placas estudia los movimientos de las placas litosféricas y las interacciones entre ellas. Permite explicar las principales características estructurales terrestres a consecuencia de los movimientos de las placas tectónicas.

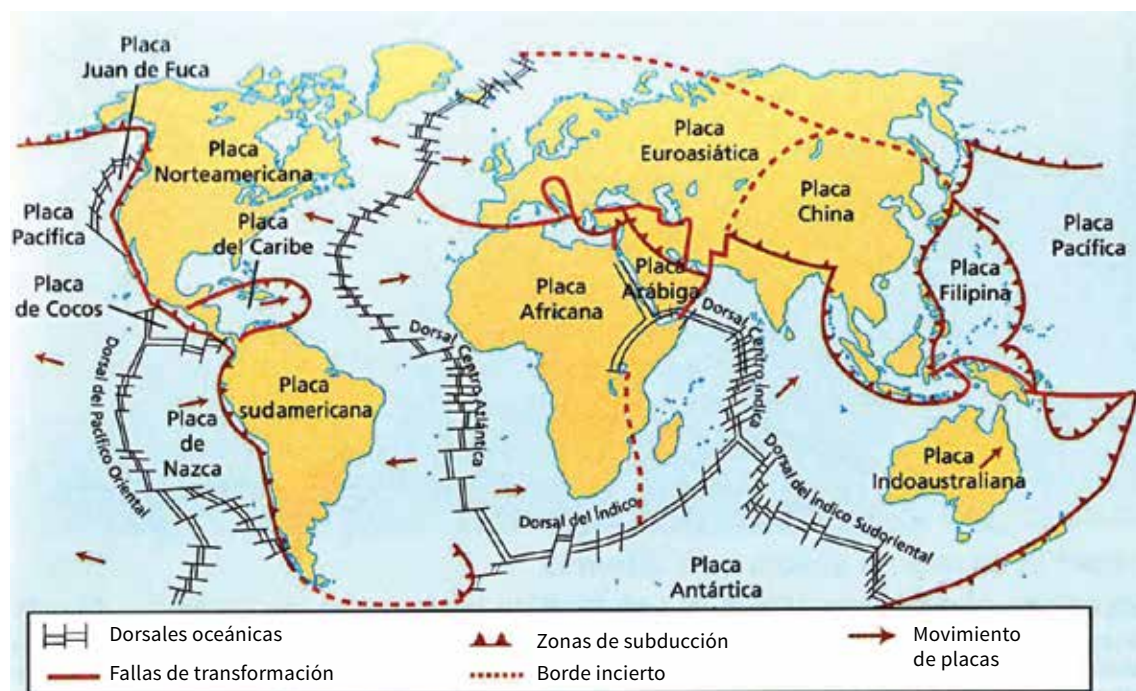


Figura 1.11 Placas tectónicas con sus respectivos bordes de placas y movimientos relativos

¿Por qué se mueven las placas litosféricas?

La energía interna terrestre se manifiesta en forma de calor, que las corrientes de convección redistribuyen desde el interior terrestre hasta la superficie, lo que hace que las rocas calientes asciendan y las frías y densas se hundan; el resultado es el movimiento de las placas litosféricas sobre la astenósfera.

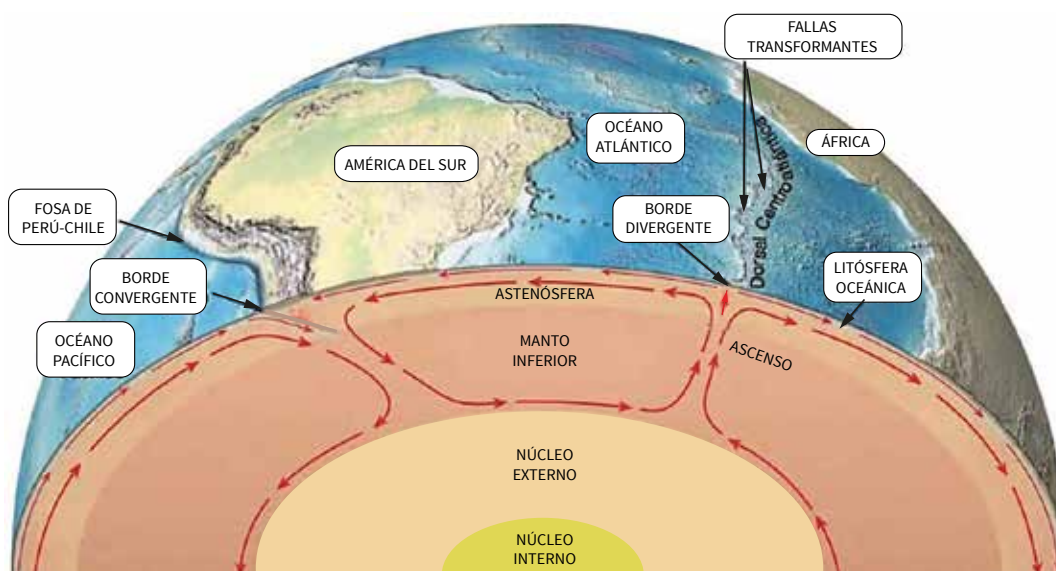


Figura 1.12 La Tierra y sus capas: núcleo interno, núcleo externo, manto inferior, manto superior y la astenósfera, y sus respectivas corrientes de convección

La litósfera es rígida, como se mencionó antes, incluye a la corteza terrestre y parte del manto superior, por debajo se encuentra la astenósfera. Es una capa blanda, capaz de fluir bajo débiles esfuerzos, lo que permite el desplazamiento de la litósfera que flota sobre ella.

Bordes de placas litosféricas

Existen tres tipos de bordes de placas:

- Bordes transformantes
- Bordes divergentes o también llamados bordes de separación o de acreción
- Bordes convergentes o también llamados bordes de colisión, de subducción o bordes destructivos

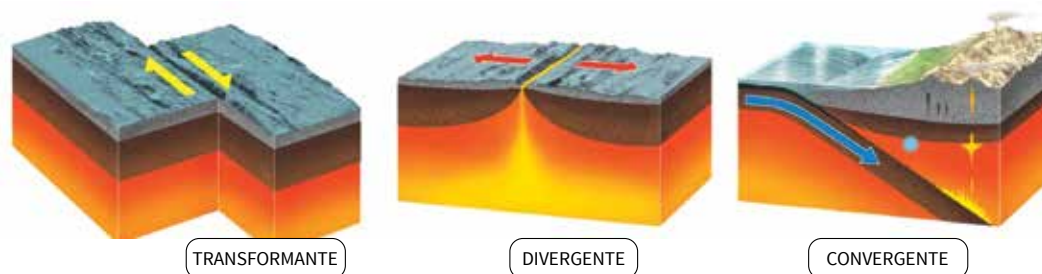


Figura 1.13 Bordes de placas. Las flechas indican el movimiento de una placa respecto de la otra

¿CÓMO SE FORMAN LOS BORDES DE PLACAS?

En la figura 1.12, se observa la convección térmica del manto inferior y superior. Sus efectos por arrastre de material generan una columna de ascenso de material del manto y otra de descenso.

Como resultado, determina la formación de un borde divergente de placa, donde la corriente de convección asciende y un borde convergente, donde desciende.

Borde divergente

Es el lugar en donde dos placas se separan, lo que origina que el material del manto ascienda y se forme un nuevo fondo oceánico de litósfera oceánica.

La acreción oceánica es la formación de un nuevo fondo oceánico a partir del rift; por eso, también a este borde de placa se lo denomina **borde de acreción**.

La litósfera oceánica recién formada se ubica a ambos lados del valle de rift, las placas se separan del centro de manera progresiva, e inmediatamente otra litósfera más joven ocupa su lugar. A medida que la litósfera se aleja de la dorsal, se enfría y se vuelve más densa tendiendo a la **subsistencia**, es decir, al hundimiento. La edad máxima del fondo oceánico actual es de alrededor de 200 millones de años.

Los bordes divergentes están relacionados con las **dorsales oceánicas**. Estas elevaciones del fondo oceánico son zonas con gran flujo de calor y vulcanismo. Se ubican en el océano Atlántico, el océano Pacífico y en el océano Índico, reciben el nombre de dorsal centro-atlántica, dorsal del Pacífico Oriental y dorsal centro-índica respectivamente.

Representan el 20% de la superficie de la Tierra, su ancho oscila entre los 1000 a 4000 km y su altura varía entre los 2 a 3 km sobre el fondo del océano. El valle de rift se sitúa en la cresta de la dorsal. Este es el lugar donde se evidencia la separación de las placas y se crea nueva litósfera oceánica.

La velocidad promedio de separación de las placas litosféricas es de 5 cm por año. La menor velocidad de separación o divergencia de placas observada en la dorsal centro-atlántica es de 2 cm por año y la máxima es de 15 cm por año y se registra en la dorsal del Pacífico Oriental.

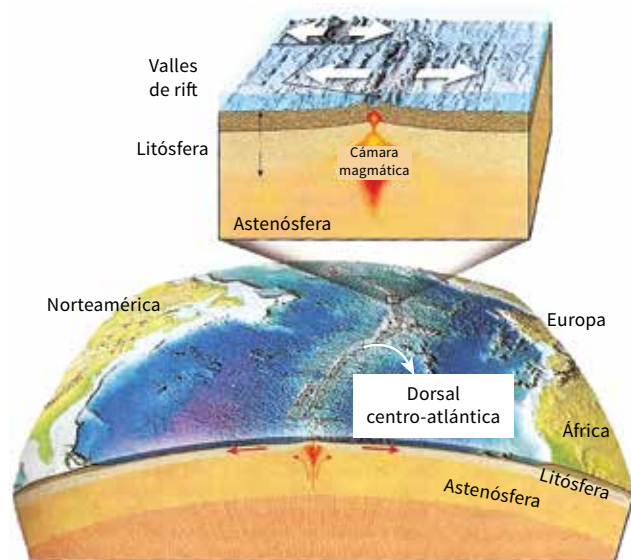


Figura 1.14 Dorsal centro-atlántica o cordillera centro-oceánica, formada a partir del borde divergente de placa. Obsérvese el material del manto en ascenso que forma un nuevo fondo oceánico de litósfera oceánica

Vocabulario



Subsistencia

La geología describe a la subsistencia como el movimiento de una superficie en la que el componente vertical de desplazamiento es claramente predominante sobre la horizontal. Este fenómeno se observa en los bordes de placas convergentes, en donde una placa litosférica más densa se hunde sobre otra que tiende a flotar sobre la anterior.

En el momento de la formación de la litósfera oceánica, las lavas que intervienen en este proceso, al enfriarse fosilizan el campo magnético. El fondo submarino mostrará a ambos lados de la dorsal anomalías magnéticas alargadas y paralelas a la misma, correspondientes a los distintos periodos de tiempo geológico en el que fue creado el fondo oceánico.

Borde convergente

Se trata de un borde a lo largo del cual dos placas litosféricas se acercan hasta colisionar y una de ellas se mueve hacia el manto. Estas son áreas con procesos geológicos complejos, que incluyen actividad ígnea, deformación de la corteza y formación de montañas.

Los bordes convergentes también se denominan bordes de **subducción**. Este es el proceso por el cual una de la placa litosféricas en la zona del borde convergente se hunde o es subducida debajo de la otra. Esta característica se puede observar en la figura 1.15.

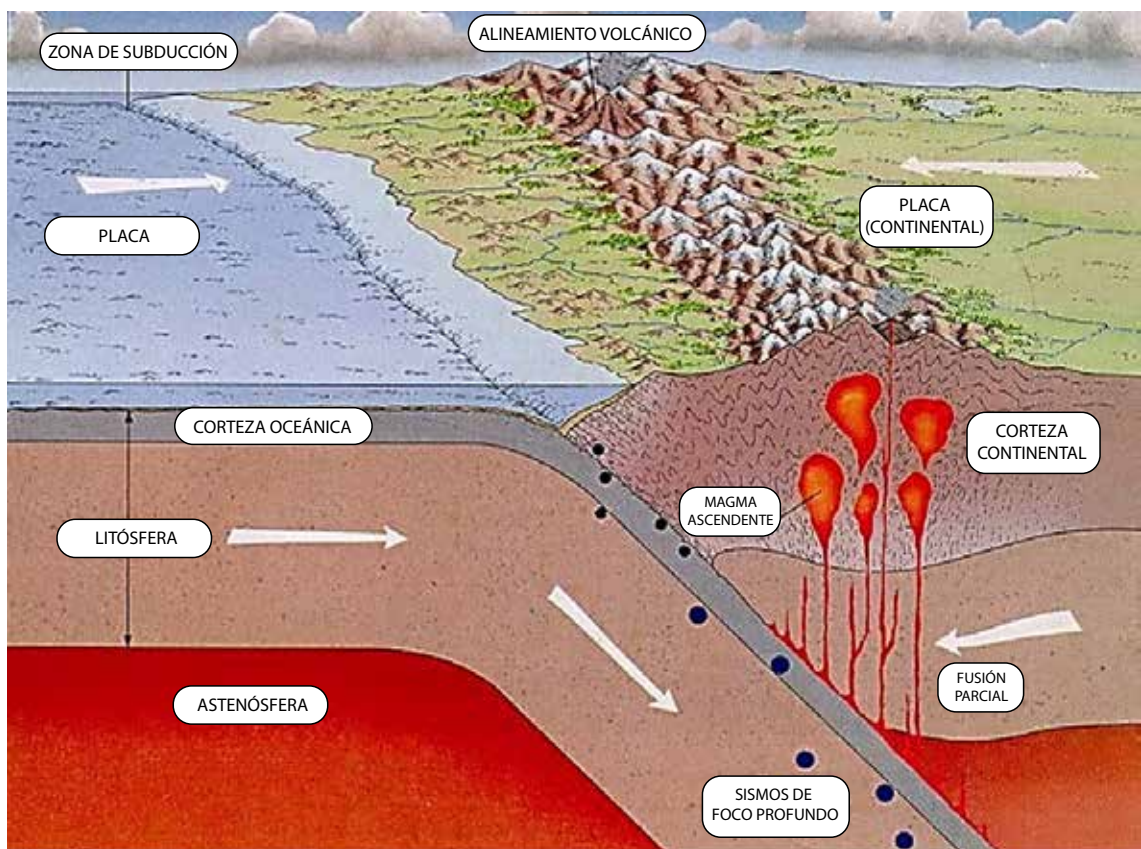


Figura 1.15 Borde convergente de placa

En la figura 1.15, se observa la litósfera oceánica densa descendente. La fosa oceánica sería semejante a una trinchera oceánica de gran profundidad y longitud. Como ejemplo, podemos citar a la fosa de Tonga y la fosa de las Marianas, la de mayor profundidad conocida (11.000 m), ambas situadas en el océano Pacífico occidental.

Los **arcos volcánicos** o **cadena de volcanes** resultan de la fusión parcial de la litósfera descendente. Pueden estar ubicados a modo de arco volcánico sobre el continente, como la cordillera de los Andes, o bien islas volcánicas, como el arco de las islas Kuriles.

En los bordes convergentes de placas, las **rocas ígneas** formadas a partir de la actividad volcánica son rocas de composición andesítica, muy comunes en estos tipos de bordes de placas.

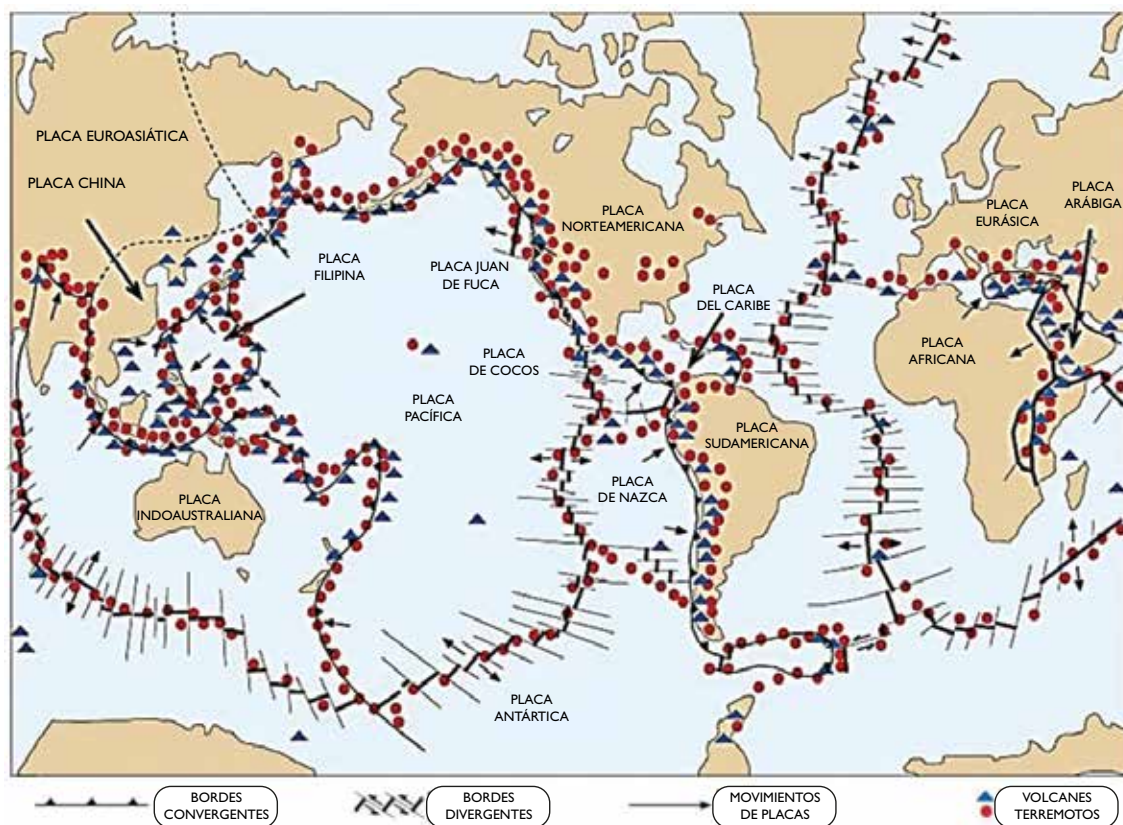


Figura 1.16 Distribución de áreas volcánicas y de cinturones sísmicos asociadas con bordes de placas

La figura 1.16 muestra, en color azul, las zonas volcánicas relacionadas con bordes de placas divergentes y convergentes.

Los cinturones sísmicos o áreas sísmicas que se observan en el mapa están asociados a los tres bordes de placas. Los puntos rojos indican el lugar donde se producen los terremotos.

Los procesos específicos asociados a los bordes convergentes dependen de los tipos de litósfera involucrada en la colisión de las placas tectónicas.

Convergencia oceánica-oceánica

Si ambas placas al converger estaban constituidas por corteza oceánica, una de ellas se hunde por debajo de la astenósfera, siendo finalmente calentada y absorbida dentro del manto.

El vulcanismo, que se origina en este tipo de subducción, forma volcanes submarinos. Si la subducción se mantiene, los volcanes forman islas, que se disponen a modo de arco. Por ejemplo, las islas Kuriles en el océano Pacífico.

Convergencia continente-continente

Cuando convergen dos placas continentales ninguna de las dos puede subducir dentro del manto, ambas placas se fusionan en un solo bloque continental. En la zona de unión de ambas placas, se forman un cinturón montañoso, formado por **rocas metamórficas** y **sedimentarias deformadas**.

Convergencia oceánica-continental

Como se mencionó, la litósfera continental es menos densa que la litósfera oceánica; por lo tanto, la litósfera oceánica más densa, se hundirá en la astenósfera. El ángulo con el que la placa oceánica desciende varía desde unos pocos grados a casi la vertical.

Borde transformante

Es una zona de tensión cortante o de **cizallamiento**, donde una placa se desliza lateralmente respecto de la otra, en este tipo de borde no se crea ni se destruye litósfera.

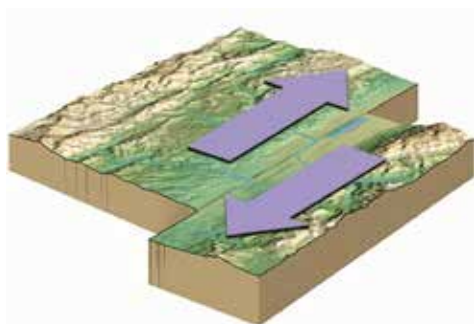


Figura 1.17 Falla transformante: las flechas indican los movimientos de las placas

En este límite de placa, se presenta un tipo especial de falla, denominada **falla transformante**. Esta es una falla de desgarre, donde hay un desplazamiento horizontal y paralelo a la misma.

La mayoría de las fallas transformantes se extienden a lo largo de los bordes divergentes de placas, desplazando segmentos de las dorsales oceánicas. Otras fallas transformantes se extienden a lo largo de una zona de contacto de dos placas continentales, en donde una placa se mueve en sentido horizontal con respecto a la otra.



Figura. 1.18 Falla de San Andrés, obsérvese la similitud de las características geográficas con la figura 1.17

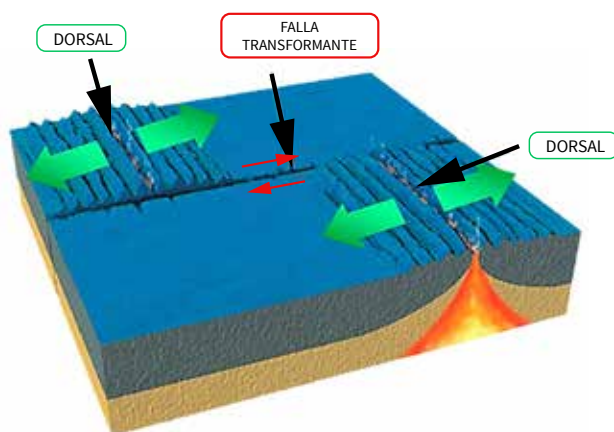


Figura 1.19 Se ilustra cómo la falla transformante en rojo desplaza al rift de la dorsal



Lectura

San Andrés: el peligro real de una de las fallas más temidas del mundo

BBC Mundo, 30 septiembre de 2016

Esta misma semana se produjeron varios temblores en el sur de la falla de San Andrés, varios de ellos de magnitud superior a 4. La Red Sísmica del Sur de California anticipó que los movimientos se pueden prolongar durante los próximos días y emitió una alerta para los condados del sur del estado.

Aunque los expertos no creen que este enjambre sísmico vaya a ser detonante del temido sismo de gran magnitud conocido como Big One, las autoridades recordaron a la población que debe estar preparada para los temblores.

Esto se une a los hallazgos de los científicos que asistieron a la Conferencia Nacional de Terremotos el pasado mes de junio y que advirtieron que la sección sur de la falla de San Andrés está “cargada y lista” para provocar un gran temblor. Además, un estudio realizado por la Universidad de Hawái señaló que la falla de San Andrés se está moviendo verticalmente.

Según la investigación, publicada en la revista *Nature Geoscience*, se trata de un movimiento constante y a gran escala, aunque muy sutil, de tan solo unos 2 milímetros al año. Lo interesante de dicho informe es que es la primera vez que se han podido detectar movimientos verticales.

La sección sur

La falla de San Andrés, que recorre California de norte a sur a lo largo de 1300 kilómetros y que delimita la placa norteamericana de la placa del Pacífico, es una de las más estudiadas del planeta, ya que, en su práctica totalidad, se encuentra sobre la superficie terrestre.

Fue la causante del devastador terremoto de 7,8 grados que destruyó gran parte de San Francisco en 1906, provocando la muerte de más de 3000 personas.

La que más preocupa a los científicos es la sección sur de la falla, en la que no se ha producido un sismo en cerca de 300 años, pese a que los registros geológicos indican que es la causante de un gran terremoto con una periodicidad de unos 150 años.

Los cálculos más conservadores apuntan a que, de producirse un temblor de magnitud 7,8 en la escala de Richter en esa sección —que tendría un impacto directo en Los Ángeles, la segunda ciudad más poblada de EE. UU.— cerca de 2000 personas morirían y habría más de 50.000 heridos. Los daños materiales superarían los US\$200.000 millones.

Un gran impacto

Jennifer Andrews, sismóloga del Instituto de Tecnología de California (Caltech), señala que “en el pasado los terremotos en California tuvieron un impacto limitado porque la densidad de población de ese territorio era muy baja. Hoy en día, las cosas serían muy diferentes ya que en zonas como el sur de California viven millones de personas”.

Además, Andrews señala que en el sur de California hay más de 300 fallas y existe el temor de que un gran terremoto en la falla San Andrés haga que estas también se quiebren. Los

últimos grandes sismos que sacudieron California fueron el de Northridge (6,7 grados), en 1994, que dejó 57 muertos en el área de Los Ángeles, y el de Loma Prieta (6,9 grados), que se cobró la vida de 67 personas en San Francisco en 1989.

Sistema de alerta

El sistema —que hace años ya se instaló con éxito en países como Japón y México y que en California se enfrenta a la falta de inversión pública— consiste en una red de sensores que permitirá detectar el inicio de un temblor hasta con 40 segundos de antelación, lo que ayudará a alertar a las autoridades y a la población.

“Un sistema de alerta temprana sería muy útil. Se podrían detener los trenes para que no descarrilen y el tráfico de automóviles en los puentes. Se podría alertar a los hospitales. También ayudaría a que la gente se pudiera proteger, metiéndose debajo de un escritorio o, si hubiera tiempo suficiente, abandonando los edificios”, señala Peggy Hellweg, responsable de operaciones del Laboratorio Sismológico de Berkeley.

Según Hellweg, los sismólogos en California llevan a cabo sus investigaciones con pocos recursos y para que pudieran hacer bien su trabajo “se tendría que invertir mucho más dinero. Nuestros sistemas de alerta de terremotos deberían ser mejores”.

Fuente: <http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/05/150504_eeuu_california_falla_san_andres_pelicula_peligros_jg>.

Para la Web



Con Google Earth Pro, ingresando a GeoMapApp —una aplicación basada en mapas para navegar, visualizar y analizar datos geocientíficos regionales y globales— van a poder observar los bordes de las placas al ingresar en: <http://www.geomapapp.org/GE/Plate_Tectonics/TectonicPlates.kmz>.

OROGENIA

La **orogenia** es un proceso que conduce a la formación de relieves montañosos. Los procesos tectónicos asociados a bordes convergentes originan cinturones montañosos.

Las placas al colisionar proporcionan los materiales necesarios para armar el cinturón montañoso. Estos materiales se deforman debido a los esfuerzos generados a partir de la colisión. El resultado es un engrosamiento y acortamiento de la corteza, en donde rocas originadas al nivel del mar pueden terminar ubicadas a grandes alturas. Por ejemplo, la cordillera de los Andes o del Himalaya.

Ciclo de Wilson

El profesor John Tuzo Wilson fue un investigador que contribuyó a definir los conceptos de falla transformante y puntos calientes. También, identificó una serie de fases en la fragmentación de una placa continental. Al ciclo completo de apertura y cierre de una cuenca oceánica, se lo ha denominado **ciclo de Wilson** en honor a su contribución a la teoría de la Tectónica de Placas.

Apertura y cierre de una cuenca oceánica

A partir del ciclo de Wilson, se puede explicar la rotura de un supercontinente como Pangea.

Fase 1: todo comienza con la fragmentación continental a partir de un borde divergente. Ejemplo, rift de África. (1)

Fase 2: al continuar la separación de las placas, la hidrósfera también cambia, se forma una cuenca oceánica estrecha. Ejemplo, golfo de Adén. (2)

Fase 3: la divergencia continua forma un océano ancho y maduro. Ejemplo, océano Atlántico. (3)

Fase 4/5: luego, la cuenca oceánica se reduce debido a la formación de un borde convergente, las placas se acercan cada vez más. Ejemplo, océano Pacífico. (4/5)

Fase 6: la colisión de placas debido a la convergencia cierra la cuenca oceánica y se forma un cinturón montañoso. (6)

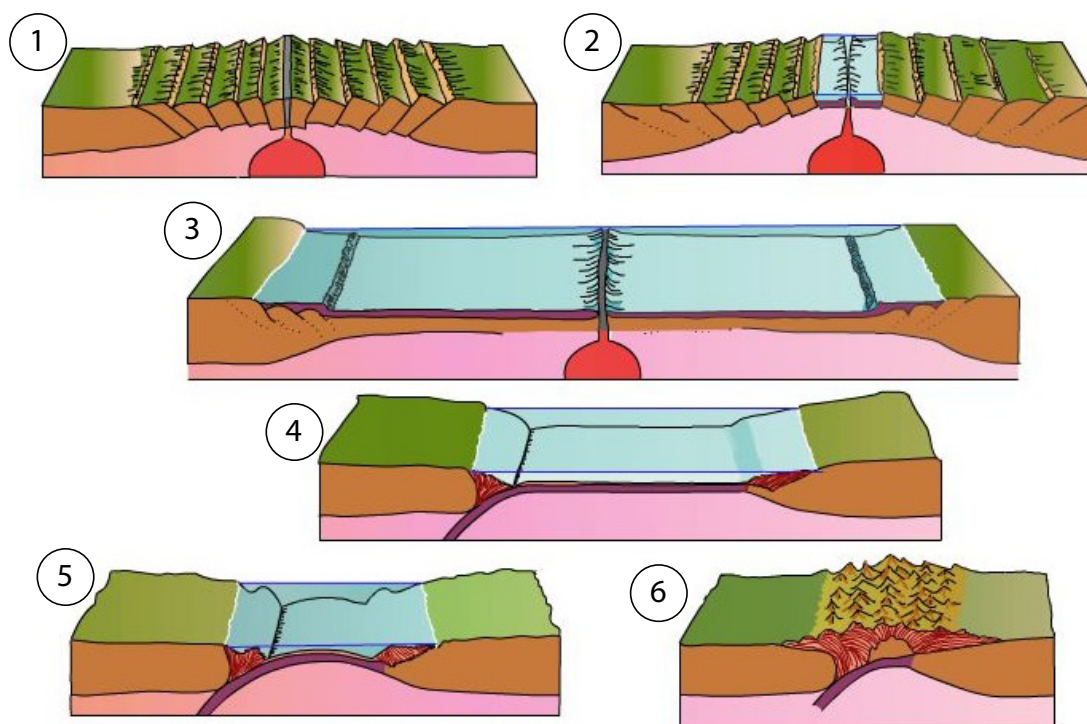


Figura 1.20 Fases del ciclo de Wilson

El ciclo de Wilson explica que, desde la apertura de la cuenca oceánica hasta su cierre definitivo, se producen cambios en las cuatro esferas terrestres: litósfera, hidrósfera, atmósfera y biósfera.

A partir del ciclo de Wilson, se comprenden los cambios en los rasgos de la superficie terrestre producidos a lo largo del tiempo geológico, así como las variaciones de la biodiversidad que resultan de dichos cambios.

MANIFESTACIONES EXTERNAS DE LA DINÁMICA INTERNA PLANETARIA

En lo cotidiano, el movimiento de las placas tectónicas resulta imperceptible. Existen otros tipos de fenómenos naturales que no pasan desapercibidos para la mayoría de las personas, pero son consecuencia de ese movimiento. Los terremotos, las erupciones volcánicas y la deformación de las

rocas de la corteza forman parte de la vida cotidiana de manera directa para una parte importante de la población mundial, debido a la percepción del fenómeno, o indirectamente para otra parte, que solo se entera por las noticias. Todos estos eventos naturales son manifestaciones externas relacionadas con la dinámica interna planetaria.

Terremotos

Nuestro planeta, como ya se mencionó, es dinámico; las placas tectónicas cambian día a día por la acción de las fuerzas tectónicas.

Los terremotos son fenómenos naturales que ocurren con mayor frecuencia a lo largo de los bordes de placas, los de mayor intensidad están relacionados con los convergentes y transformantes.

En los bordes de las placas litosféricas, las rocas se deforman debido a los esfuerzos tectónicos acumulados. Bajo estas condiciones, las rocas van almacenando energía elástica. Cuando dicha energía se libera muy rápido, se produce el terremoto y como resultado se mueve el terreno.

Las ondas sísmicas se generan a partir del sismo. El **foco** o **hipocentro** es el lugar donde se produce el terremoto. El **epicentro** es un punto sobre la superficie terrestre ubicado arriba del foco.

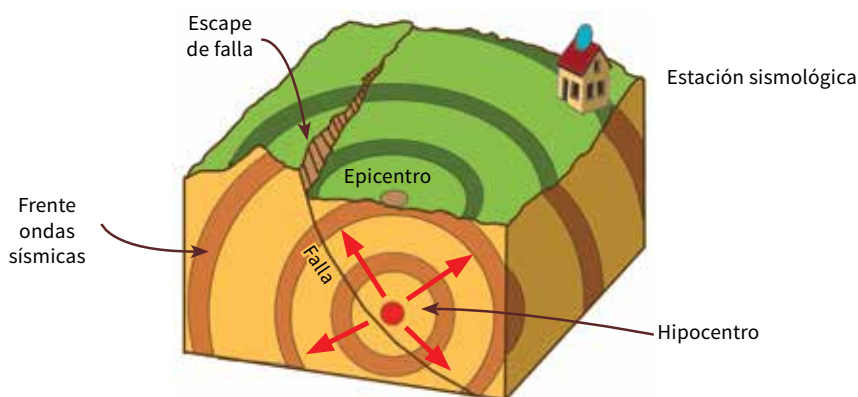


Figura 1.21 Falla, hipocentro, epicentro y ondas sísmicas

Según la ubicación del foco, a los terremotos se los clasifica en: superficiales, intermedios y profundos.

Los terremotos de foco superficial se producen entre los 7 y 69 km. Son característicos de los límites divergentes y transformantes.

Los focos de los terremotos generados entre los 70 y 300 km son intermedios y, profundos cuando ocurren entre los 301 y 600 km. Estos dos últimos son característicos de los límites convergentes.

En un año, se producen más de un millón y medio de terremotos. Las estaciones sísmicas recogen los datos en tiempo real de los sismos ocurridos. En estas estaciones, computadoras de última generación analizan los datos obtenidos sobre la profundidad del sismo, la magnitud y el lugar de ocurrencia.

Las estaciones sísmicas forman parte de una red sísmica de monitoreo global donde se elaboran mapas regionales de detección de terremotos.

Los sismos también proporcionan información acerca de las características del interior terrestre y de su constitución.

Las ondas sísmicas generadas a partir de un sismo pueden dividirse: en ondas de cuerpo y en ondas superficiales.

Las **ondas de cuerpo** atraviesan el globo terrestre y dan indicaciones insustituibles sobre su constitución. Se dividen en varios tipos siendo las dos más importantes las **ondas P u ondas primarias** y **ondas S u ondas secundarias**. Viajan de distinta manera en el interior terrestre y su velocidad de propagación varía de acuerdo con los materiales que atraviesa. Las ondas P son más rápidas que las S y, por lo tanto, son las primeras que los sismógrafos registran.

Las ondas de superficie, como su nombre lo indica, viajan por la parte externa de la Tierra y son las responsables de la mayor destrucción generada por los sismos.

Se utilizan distintas escalas de medición para describir las dimensiones del sismo. La **escala de Mercalli** mide intensidades sísmicas, cuenta con 12 niveles, cada uno se relaciona con los fenómenos observados durante el terremoto y sus consecuencias. La **escala de Richter** es una escala numérica, mide la magnitud del sismo y expresa la cantidad relativa de energía liberada por un terremoto.

La **escala de magnitud de momento** mide la energía liberada en el terremoto y se usa para comparar sismos o registrar grandes terremotos.

Según el Servicio Geológico de Estados Unidos, un sismo de magnitud 7, en la escala de Richter, podría liberar una energía de 31.800.000 toneladas de TNT (trinitrotolueno).

La destructividad de los terremotos depende de por los menos tres factores: la magnitud del sismo, la distancia del terremoto a un centro poblado; y, la distribución y tamaño de las poblaciones perjudicadas y su desarrollo económico.

Los fenómenos naturales o efectos secundarios asociados a los sismos son: los tsunamis, olas gigantes producidas por los terremotos

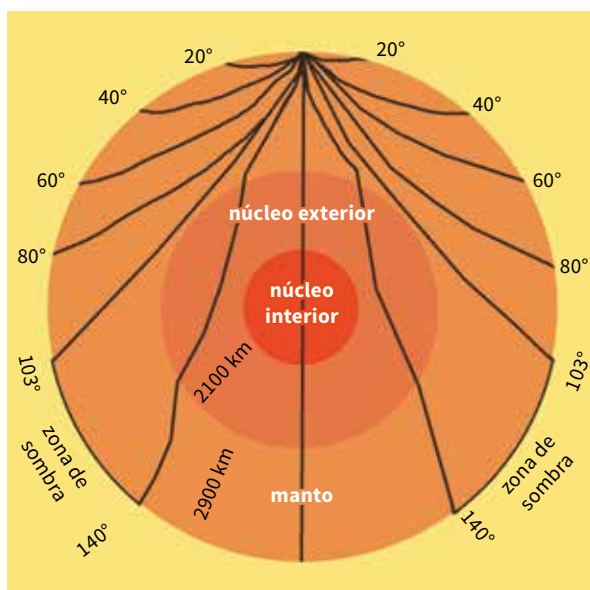


Figura 1.22 Trayectorias posibles de las ondas S y P en el interior terrestre a partir de un foco. En las zonas de sombra, solo se reciben ondas superficiales



Figura 1.23 Daños ocasionados por el terremoto en China en mayo de 2008, cuya magnitud fue de 8,2



Figura 1.24 Edificio destruido por el terremoto de magnitud 8,2 en la escala de Richter, ocurrido en febrero de 2010 en Chile

en zonas costeras, también llamados maremotos; la licuefacción o hundimiento del terreno y los deslizamientos de rocas. Todos ellos solo tienen carácter local.

En la figura 1.25, se observan algunos de los países en riesgo sísmico en América del Sur. El tamaño de los círculos indica los daños producidos en vidas humanas.

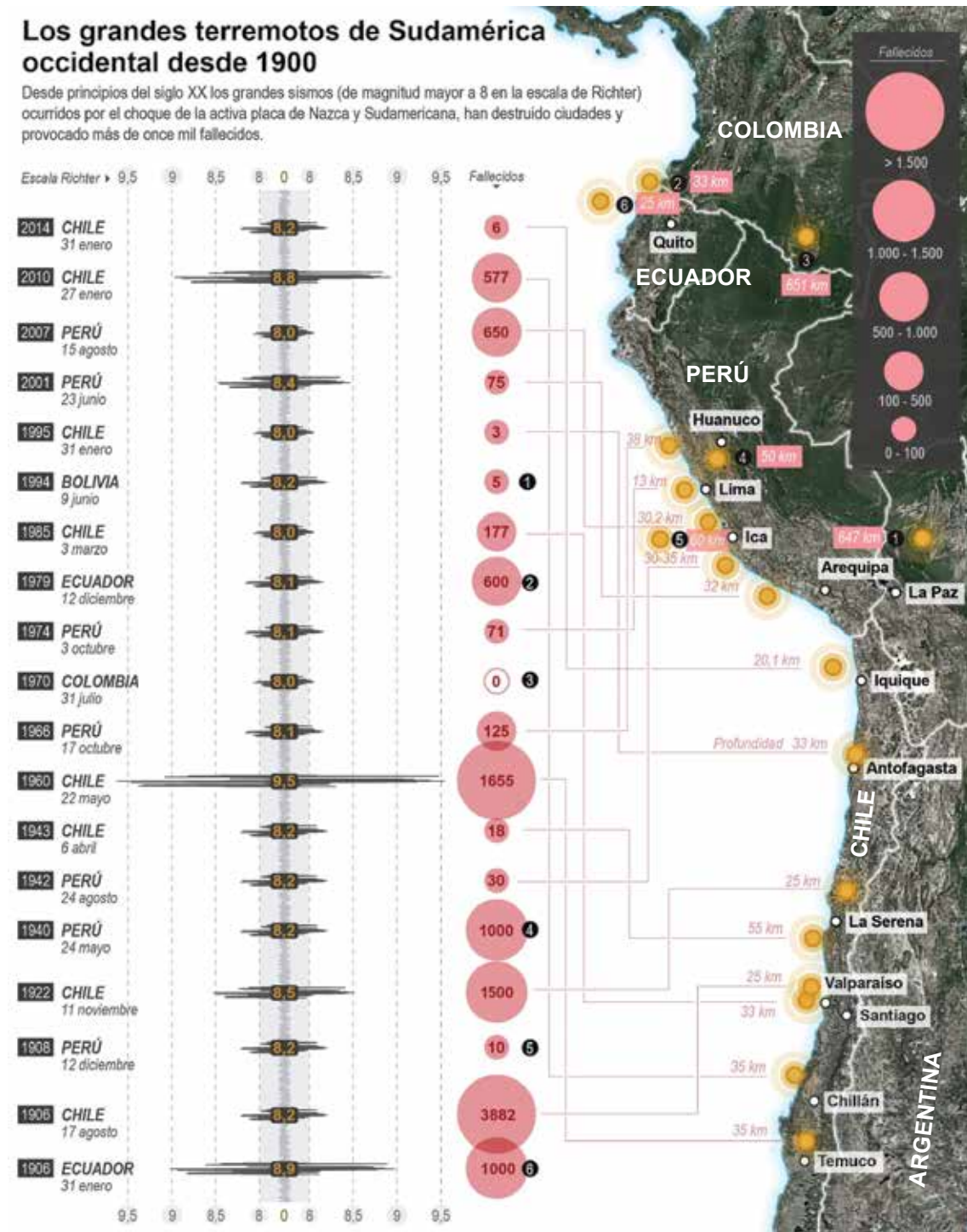


Figura 1.25 Grandes terremotos sudamericanos



Lectura

Tras el secreto submarino de los terremotos

David Shukman

BBC, Ciencia y Medio Ambiente; Sábado, 7 de mayo de 2011

Un equipo de científicos del Reino Unido realiza una expedición en una de las zonas más intrigantes del llamado Anillo de Fuego, el enorme cinturón de intensa actividad sísmica que abarca las costas del océano Pacífico. Su objetivo: entender mejor las causas de los terremotos.

Los investigadores planean estudiar durante un mes la fosa de Tonga, en el lecho del Pacífico Sur, una de las fallas más activas del mundo.

Allí, la placa tectónica del Pacífico se ha estado metiendo por debajo de la placa indo-australiana, en un proceso conocido como subducción y que ocurre en todo el Anillo de Fuego.

Sin embargo, en esa zona del lecho marino, se observa una particularidad: los volcanes están siendo arrastrados dentro de la falla, como si esta se los tragara.

Analizando la fosa de Tonga, los científicos británicos intentan descubrir si hay un vínculo entre las montañas submarinas y los terremotos.

Los volcanes bajo estudio se encuentran en la cordillera submarina Louisville, una cadena montañosa en lecho marino de más de 4000 kilómetros de longitud, y los expertos creen que actúan como freno sobre la placa del Pacífico, demorando una ruptura, o bien intensificando los sismos consecuentes.

En general, la isla de Tonga es sacudida con frecuencia por sismos. El más reciente ocurrió en marzo en mar abierto y tuvo una magnitud de 6,4 en la escala Richter.

En 3D

Este estudio, financiado por el Consejo de Investigación del Ambiente Natural del Reino Unido (NERC, por sus siglas en inglés), involucra la realización de sondeos y desarrollo de modelos en tercera dimensión en siete trayectos de la región.

Uno de los investigadores líderes de la expedición, el profesor Tony Watts, de la Universidad de Oxford, le explicó a la BBC: “Queremos saber si las montañas submarinas que están en activa subducción están deteniendo los terremotos o los están causando”.

Efecto de retraso

Un estudio reciente de un terremoto en Perú en 2001 mostró que las montañas submarinas podrían haber detenido el sismo por 40 segundos antes de la ruptura.

Otra investigación, esta vez del sismo en Nankaido (Japón) en 1946 pudo captar de forma exitosa una montaña en el océano que había sido arrastrada diez kilómetros de profundidad y aparentemente limitó la magnitud de la ruptura y el riesgo de un tsunami.

Según Watts, se requieren más datos sobre la estructura profunda de la fosa de Tonga para entender las fuerzas que están en juego. “Necesitamos saber si las montañas submarinas están más o menos intactas cuando son arrastradas a la fosa, o se han dañado o decapitado. Si descubrimos que hay un vínculo entre esa montaña y los terremotos, el escaneado de imagen del lecho marino nos pondrá en una mejor posición para entender los futuros sismos y tsunamis”.

Fuente: <http://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/05/110426_estudio_anillo_fuego_sao.shtml?print=1>.

DEFORMACIÓN DE LAS ROCAS

Las rocas de la corteza terrestre se deforman debido al constante movimiento de las placas a lo largo del tiempo geológico.

El término **deformación** se refiere a los cambios de forma o de apariencia que pueden afectar a las rocas de la litósfera.

Los esfuerzos o fuerza aplicada por unidad de área son los que actúan en las rocas deformándolas. Hay tres tipos de deformación: **elástica**, **plástica** y **de ruptura**.

Las rocas que se deforman elásticamente ante un esfuerzo, retoman su forma y tamaño original cuando este cesa.

Las rocas que se deforman plásticamente forman pliegues, al igual que los estratos horizontales al aplicarles un esfuerzo de compresión. Si la deformación arquea a las rocas hacia abajo, en una estructura en forma de surco o cubeta, se llaman **pliegues sinclinales**. Si los estratos están deformados en una estructura abovedada, se denominan **pliegues anticlinales**.

PLIEGUES

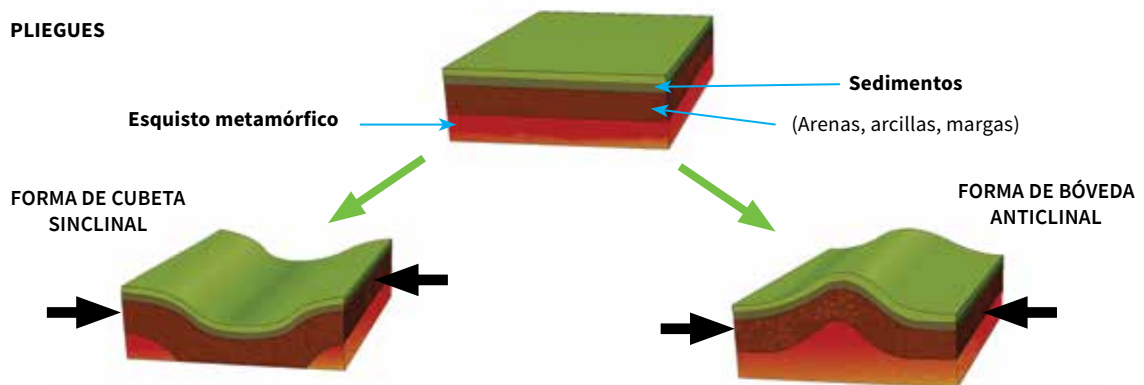


Figura 1.26 Pliegues sinclinales y anticlinales formados por compresión

Vocabulario



• Pliegues sinclinales o anticlinales

Deformaciones que sufren los materiales terrestres que, en su origen, eran planos. Los pliegues sinclinales son cóncavos y las rocas más jóvenes están situadas en el núcleo del pliegue. A su vez, los anticlinales son convexos y las rocas más antiguas se encuentran en el núcleo del pliegue.



Figura 1.27 Pliegues anticlinales y sinclinales. Los esfuerzos que deformaron estas rocas responden a orogenias ocurridas hace 300 millones de años

Fallas

Cuando los esfuerzos tectónicos aplicados a las rocas sobrepasan la deformación plástica, las rocas ceden ante los esfuerzos aplicados y se rompen. La falla es el resultado de la ruptura de la roca. Las tensiones sobre las rocas producen su ruptura o fracturación, y el desplazamiento relativo de las partes involucradas.

En la figura 1.28, se observan los distintos tipos de fallas resultantes de los diferentes esfuerzos aplicados (ver las flechas en la figura). Las partes separadas de las fallas se llaman **bloques**.

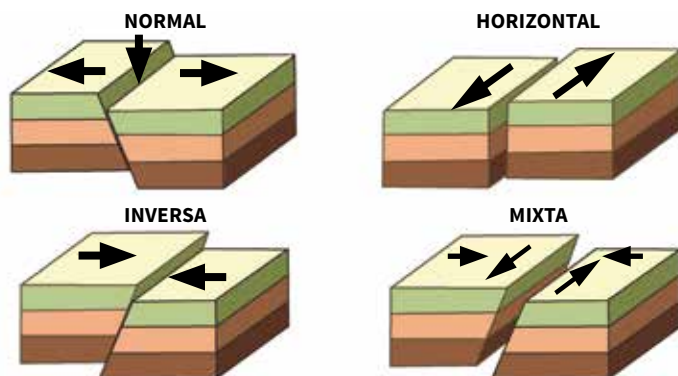


Figura 1.28 Distintos tipos de fallas



Figura 1.29 Falla inversa. Observar el desplazamiento de las rocas a ambos lados de la línea de falla

Vulcanismo

El Cinturón de Fuego es una cadena de volcanes de roca de composición andesítica. Los volcanes se disponen formando arcos montañosos continentales o insulares alrededor de la cuenca del océano Pacífico.



Figura 1.30 Distribución de volcanes en el área del océano Pacífico



Figura 1.31 Cinturón de Fuego

Punto caliente o pluma de manto

Es un centro de actividad volcánica permanente situado debajo de una placa litosférica. Se forma cuando una columna de material caliente del manto, originada alrededor de los 700 km de profundidad, asciende verticalmente y genera el volcán, en forma de escudo.

El volcán resultará activo mientras permanezca sobre el punto caliente. A medida que la placa se desplaza, se forma una cadena de volcanes, en donde el más antiguo es también el más alejado del punto caliente.

En el siguiente mapa, se observan las distintas islas de Hawái y sus edades en millones de años. El volcán Kilauea, en plena actividad, se encuentra actualmente situado sobre el punto caliente.

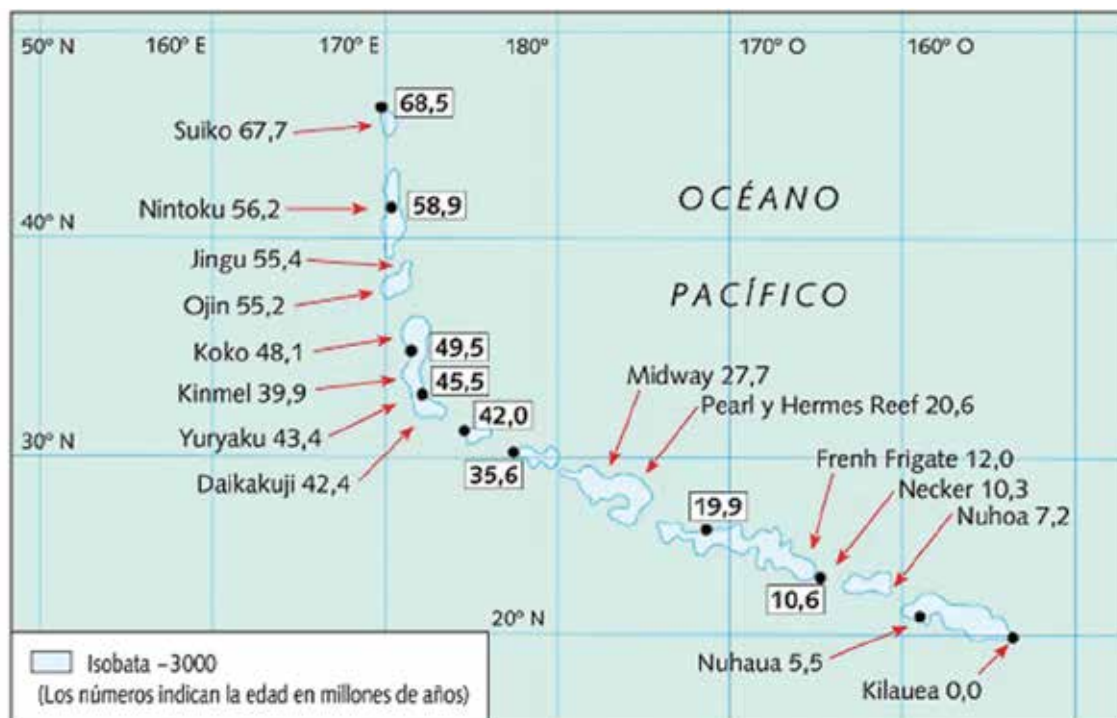


Figura 1.32 Islas de Hawái

Actividades

1 En la Web, analicen los siguientes videos:

Fosa de las Marianas. En este video, podrán observar el punto más profundo de la Tierra, el campo magnético terrestre y, los bordes de placas divergentes y convergentes: <<https://www.youtube.com/watch?v=hy-l7sTU5Pw>>.

Grandes volcanes del mundo. En este video, se presentan una serie de volcanes llamados súper volcanes y los peligros asociados con su erupción: <<https://youtu.be/l5XkoyjVggo>>.

Paisajes submarinos: la dorsal oceánica. En este video, se observa cómo se vería el fondo oceánico si se vaciara el océano: <http://www.dailymotion.com/video/xyvskw_paisajes-submarinos-la-dorsal-oceanica-drenar-el-mar_school>.

Los tsunamis olas gigantes. En este video, podrán observar los maremotos recientes y qué hacen los científicos para estudiar estas olas gigantes para prevenir este tipo de desastres: <https://youtu.be/SU_QrpW6mD0>.

2 La teoría de la Tectónica de Placas

- Determinar en qué placa se encuentra el continente sudamericano.
- Identificar los bordes o límites de la placa de Cocos.
- ¿Cuáles son las placas litosféricas que limitan con la placa sudafricana?
- ¿En qué placa se encuentra la isla de Cuba?

3 Ciclo de Wilson

Los montes Apalaches están ubicados en el sector oriental de Estados Unidos. Con la ayuda de este video, resuelvan cuál es la fase de Wilson que determinó su formación: <https://youtu.be/OFqhwKVC_ao>.

4 Terremotos

El INPRES (<<http://www.inpres.gov.ar>>) es el Instituto Nacional de Prevención Sísmica de Argentina, en su página web, se puede acceder a toda la información sísmica de Argentina. Les proponemos investigar:

- ¿Qué se puede observar en el mapa de sismicidad de Argentina? Justifiquen la respuesta.
- Mencionen por lo menos dos provincias de Argentina en donde se encuentran estaciones sísmológicas.

¿Sabías qué...?

**Chimeneas hidrotermales en el fondo oceánico**

Sabían que en las cercanías de las dorsales centro oceánicas existen unas chimeneas de hasta 60 metros de alto, ubicadas a más de 4000 metros de profundidad, conocidas como **chimeneas hidrotermales** o **fumarolas negras**.

Lo que sale por ellas es un fluido caliente de agua oceánica (a más de 300 °C) que se calentó por los procesos volcánicos asociados al entorno submarino. El agua está cargada de azufre, hidrógeno, manganeso y otros metales.

Alrededor de las chimeneas, existen mas de 400 formas de vida adaptadas a condiciones extremas de calor de gases tóxicos, es un ecosistema exclusivo de este entorno.



Chimeneas hidrotermales en el fondo oceánico

**Ver, oír y pensar**

Para saber más sobre el tema de las chimeneas hidrotermales, pueden ver un video en el siguiente enlace: <<https://www.youtube.com/watch?v=sa98Ui1DcCI>>.



Fumarolas hidrotermales en la Antártida, sumidas a una oscuridad eterna

Terremotos: Cuando tiembla la tierra

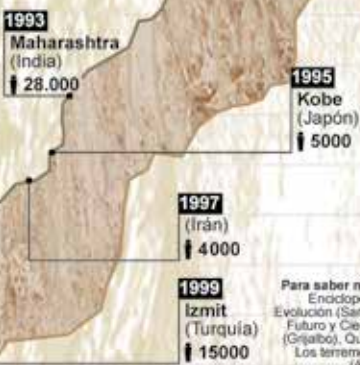
El terremoto, un fenómeno natural capaz de sacudir la Tierra 10.000 veces más violentamente que la bomba de Hiroshima, es aún en gran parte impredecible. Más de 500.000 movimientos sísmicos tienen lugar cada año, aunque el planeta solo es sacudido por un temblor grave cada 5 o 10 años.



El pasado mes de agosto la tierra volvió a rugir en Turquía. Casi una decena de ciudades se vieron afectadas por uno de los más devastadores sismos de la historia de ese país, que alcanzó una magnitud de 6,7 grados en la escala de Richter. 45 segundos fueron suficientes para arrasrar la zona central y noroeste del país. Hubo 15.000 muertos y cientos de miles de damnificados. Las carreteras se resquebrajaron, los puentes y los edificios se hundieron y la gente salió a la calle aterrorizada, por si volvía a suceder.

Origen de un terremoto Las fallas

El frotamiento entre dos placas tectónicas a lo largo de una falla impide que inicialmente se deslicen en direcciones opuestas.



Para saber más:
Enciclopedia
Evolución (Sapere),
Futuro y Ciencia
(Grijalbo), Quest,
Los terremotos
(Akali)

Los peores de la historia



Medida de intensidad de los terremotos En la escala Richter

Intensidad 3,5
Débil. Lo perciben personas que se encuentren en pisos altos de los edificios.



Intensidad 4,5
Moderado. Cristales rotos. Temblores en el mobiliario y coches estacionados.



Intensidad 5,4
Fuerte. Árboles caídos, intensos desplazamientos del mobiliario. Daños en general.



Intensidad 6,5
Destructor. Daños en las estructuras más débiles. Derrumbamiento de muros.



Intensidad 7,3
Desastroso. Destrucción en la albañilería de los edificios. Hundimiento de puentes.



Intensidad 8,1
Catastrófico. Destrucción total. Levantamientos visibles de la corteza terrestre.



Los aparatos de detección

El sismógrafo

Actualmente, los temblores de la Tierra se miden con un sismógrafo, que consiste en una masa suspendida de gran peso. Lleva sujeta un bolígrafo que registra, en una superficie que da vueltas, el trazo causado por el temblor. Anota los movimientos verticales y horizontales.



El detector más antiguo

Lo inventó el filósofo chino Zhang Heng en el año 132 d. C. Era un ingenioso aparato compuesto por una vasija de bronce de dos metros de diámetro con un péndulo pesado en su interior. En cada extremo de la vasija, había dos dragones con una bola en la boca que caía adentro de uno de los sapos, cuando el movimiento se hacía más fuerte, denotando actividad sísmica.

El movimiento de las placas continentales

La corteza terrestre es un vasto rompecabezas de placas tectónicas móviles. La fuerza motriz de estas placas tiene su origen en las profundidades de la Tierra. Cuando las placas chocan unas contra otras en su viaje a través del globo, el movimiento se deja sentir en la superficie. Las fallas sísmicas son la línea donde se unen dos placas (ver la parte del gráfico: «Origen de un terremoto: las fallas»).



Dina Sánchez, Juan Velasco, Gorka Sampedro, Modesto Carrasco / qui / EL MUNDO

Figura 1.33 Infografía sobre cómo se origina un terremoto, cómo se detectan y cuáles fueron los peores de la historia