

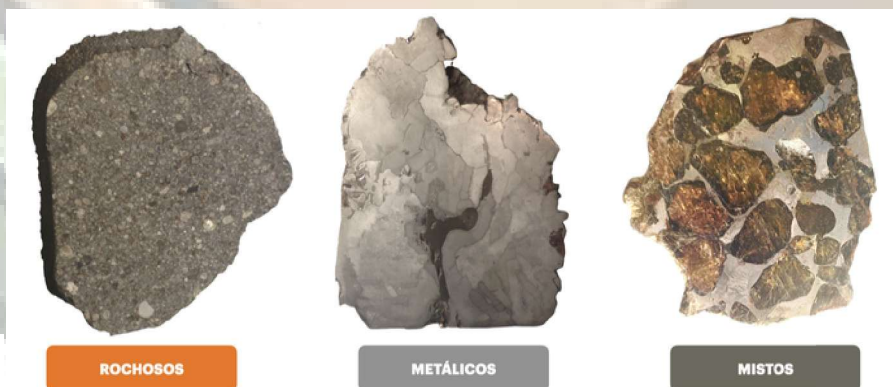
Tema 2: Geodinámica interna y tectónica de placas

2.1. Métodos de estudio del interior terrestre

El interior de la Tierra no es accesible de forma directa: la corteza terrestre tiene decenas de kilómetros de espesor, mientras que el radio de la Tierra es de unos 6.371 km. Las minas y perforaciones más profundas apenas llegan a unos kilómetros. Por ello, los científicos han desarrollado métodos directos e indirectos para investigar la estructura interna.

Los métodos directos se basan en el análisis de materiales accesibles:

1. **Perforaciones y minas:** el pozo de Kola, en Rusia, es la perforación más profunda realizada por el ser humano. Alcanzó más de 12 km, lo cual parece mucho pero apenas representa un 0,2 % del radio terrestre. Este ejemplo demuestra lo limitado de este método.
2. **Materiales volcánicos:** los magmas que ascienden desde el interior terrestre, ya sea en volcanes o dorsales oceánicas, transportan fragmentos de rocas que se formaron a gran profundidad (xenolitos). Analizarlos nos da información sobre el manto superior.
3. **Meteoritos:** como restos de cuerpos que se formaron en los inicios del Sistema Solar, son una “ventana al pasado” de la Tierra primitiva. Según su composición se clasifican en:
 - a) Meteoritos metálicos, ricos en hierro y níquel, comparables a los materiales del núcleo.
 - b) Meteoritos rocosos (condritas), que se parecen a la composición del manto y la corteza.
 - c) Meteoritos mixtos (siderolitos), con características intermedias.

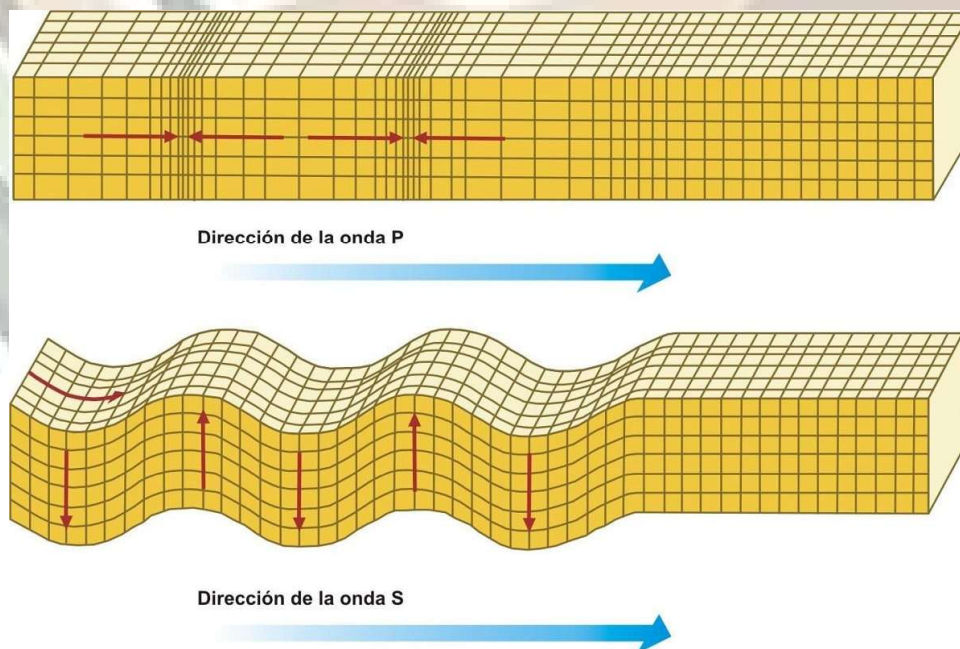


Sin embargo, la información que podemos obtener por estos métodos es parcial, por ello resultan fundamentales los métodos indirectos, que permiten conocer el interior a través de señales físicas:

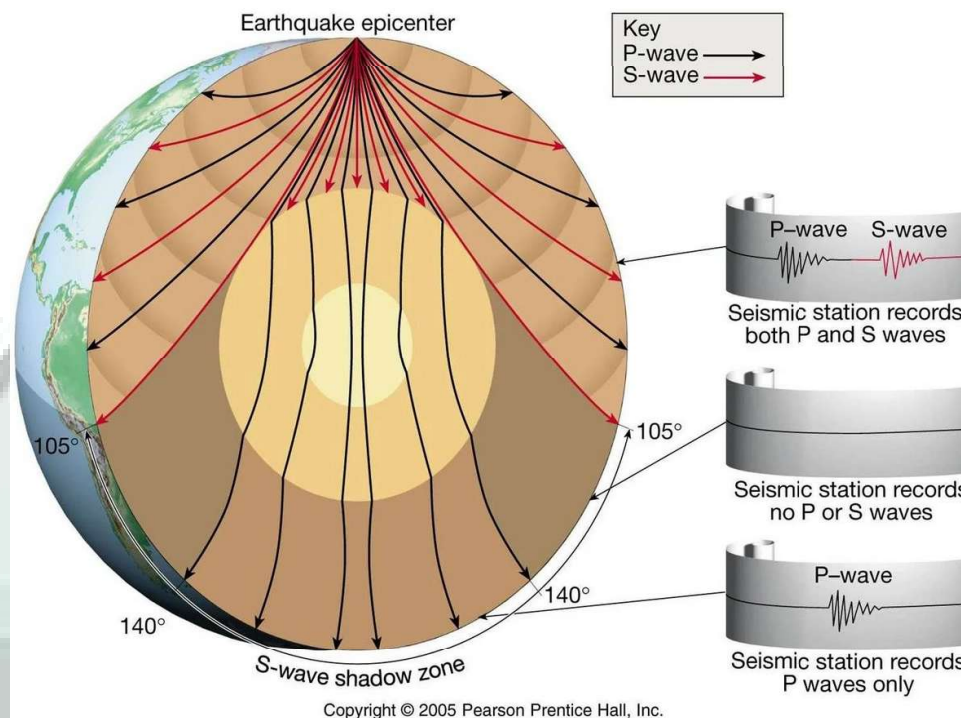
1. **Campo gravitatorio:** miden las variaciones en la aceleración de la gravedad en distintos puntos para detectar anomalías que indican cambios de densidad en el subsuelo y sus materiales, pudiendo señalar la presencia de yacimientos minerales o variaciones en las capas de la corteza terrestre.
2. **Campo magnético terrestre:** mediante el análisis de las anomalías de este campo causadas por la presencia de minerales ferromagnéticos como la magnetita en las rocas. Se utilizan magnetómetros para detectar anomalías magnéticas y así identificar estructuras geológicas, fallas, o yacimientos minerales como oro o diamantes, lo que permite cartografiar el subsuelo sin necesidad de contacto directo.
3. **Sismología:** es el método más preciso. Analiza la propagación de las ondas sísmicas, que se generan por terremotos o explosiones, y se detectan con sismógrafos por todo el mundo. La velocidad y el comportamiento de estas ondas (P y S) varían según las propiedades elásticas y la rigidez de las capas terrestres, lo que permite deducir la estructura y la composición de zonas como el núcleo, que se sabe es líquido por la detención de las ondas S.

Existen dos tipos principales de ondas sísmicas:

- **Ondas P** (primarias o longitudinales): son las más rápidas, se transmiten por sólidos, líquidos y gases, y producen compresiones y dilataciones en la misma dirección de propagación.
- **Ondas S** (secundarias o transversales): se mueven más lentamente, sólo atraviesan sólidos y provocan oscilaciones perpendiculares a la dirección de avance.



El registro de estas ondas en estaciones sísmicas de todo el mundo ha permitido identificar zonas de sombra y cambios bruscos de velocidad, lo que condujo al descubrimiento de las principales capas internas y de las llamadas discontinuidades sísmicas.



2.2 Estructura interna de la Tierra

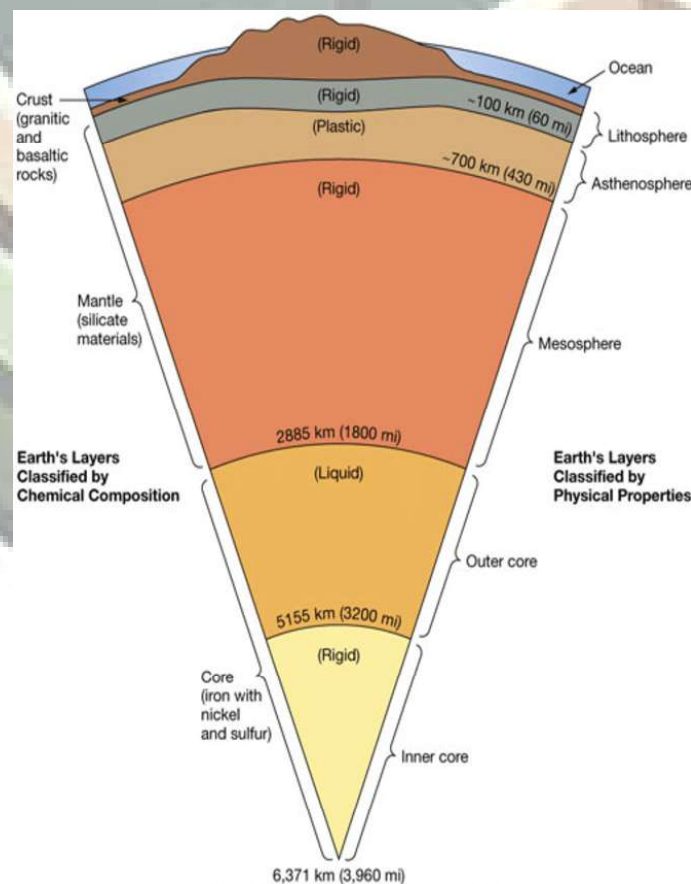
La organización interna del planeta puede describirse mediante dos modelos complementarios:

- Modelo geoquímico (por composición): distingue la corteza (continental, menos densa, y oceánica, más densa), el manto (rocas ricas en hierro y magnesio, como las peridotitas) y el núcleo (externo líquido e interno sólido, formado sobre todo por hierro y níquel).
 - Corteza: capa más externa, sólida y delgada. Puede ser continental, formada principalmente por granitos, con un grosor de 30–70 km y densidad baja; o bien oceánica, formada sobre todo por basaltos, más delgada (7–10 km) y más densa.
 - Manto: se extiende desde la base de la corteza hasta unos 2.900 km de profundidad. Está compuesto por peridotitas, ricas en hierro y magnesio.
 - Núcleo: llega hasta el centro de la Tierra (6.371 km). Dividido en núcleo externo (2.900–5.150 km), líquido y formado por hierro y níquel fundidos; su movimiento genera el campo magnético terrestre. Y núcleo interno (5.150–6.371 km), sólido debido a la enorme presión que soporta de los materiales sobre él, aunque las temperaturas superan los 5.000 °C.
- Modelo geodinámico (por comportamiento mecánico): diferencia la litosfera, rígida y fragmentada en placas; la astenosfera, plástica y con corrientes de convección; la mesosfera, manto inferior más rígido debido a la presión; y la endosfera, que corresponde al núcleo, generador del campo magnético terrestre.

- Litosfera: incluye corteza y parte superior del manto; rígida y fragmentada en placas. Su grosor varía: 100–150 km bajo los continentes y unos 50–100 km bajo los océanos.
- Astenosfera: capa del manto superior (100–250 km de profundidad), plástica y capaz de fluir lentamente; en ella se generan corrientes de convección que permiten el movimiento de las placas.
- Mesosfera: corresponde al manto inferior, desde los 660 km hasta los 2.900 km; es más rígida por la presión.
- Endosfera: corresponde al núcleo externo e interno, responsable de la dinámica magnética de la Tierra.

Los límites entre capas se conocen gracias a las discontinuidades sísmicas en los que cambian bruscamente la velocidad y la trayectoria de las ondas sísmicas:

1. Moho (Mohorovicic): se sitúa entre 7 km de profundidad (bajo los océanos) y hasta 70 km (bajo cordilleras continentales). Las ondas sísmicas se aceleran bruscamente al pasar de la corteza al manto.
2. Repetti: a unos 670 km, marca la transición entre el manto superior y el inferior. Se observa un cambio de densidad y de velocidad de las ondas.
3. Gutenberg: a 2.900 km, separa el manto del núcleo externo. Aquí desaparecen las ondas S (porque no se transmiten en líquidos) y las ondas P se ralentizan.
4. Lehmann: a unos 5.150 km, divide el núcleo externo líquido del núcleo interno sólido. Las ondas P aumentan de velocidad al atravesar el núcleo interno.



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

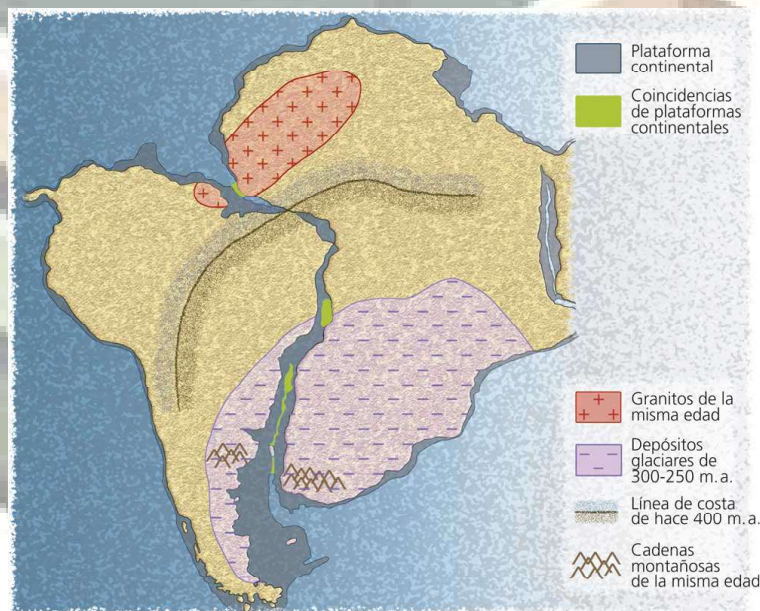
2.3 Teoría de la tectónica de placas

Durante el siglo XIX y comienzos del XX se pensaba que la Tierra solo experimentaba movimientos verticales explicados por la **isostasia**: el equilibrio entre bloques de la corteza flotando sobre un manto más plástico. Se comparaba con “icebergs de roca” que flotan en el agua: las montañas, al erosionarse, perderían masa y “flotarían” más alto, mientras que los sedimentos acumulados harían descender otras zonas. Aunque este concepto es válido para algunos fenómenos, no podía explicar la distribución de fósiles ni la formación de grandes cordilleras.

La deriva continental

En 1912, comienzos del siglo XX, **Alfred Wegener**, meteorólogo y no geólogo de profesión, propuso que todos los continentes habían estado unidos en un **supercontinente** llamado **Pangea** que comenzó a fragmentarse hace unos 200 millones de años, desplazándose sus fragmentos lentamente. Su teoría se basaba en pruebas:

- **Geográficas**: el encaje casi perfecto de las costas de África y Sudamérica.
- **Paleontológicas**: fósiles idénticos como Mesosaurus encontrados en continentes separados.
- **Paleoclimáticas**: huellas de glaciaciones en zonas que hoy son tropicales.
- **Geológicas**: similitud de cadenas montañosas separadas por océanos.

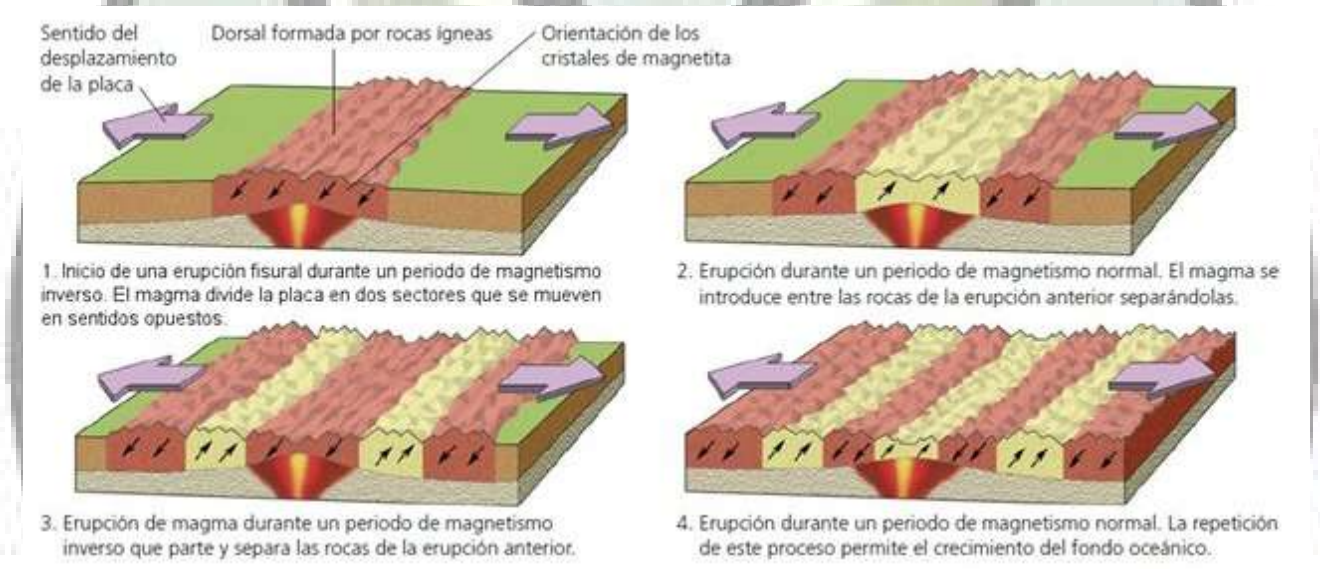


Wegener fue duramente criticado y ridiculizado, en parte porque no pudo explicar cuál era el motor de esos desplazamientos y en parte porque no pertenecía al círculo de geólogos académicos, lo que le colocó en una situación de desprestigio social y científico. Su visión, sin embargo, abrió el camino a una revolución en la geología.

La tectónica de placas

A mediados del siglo XX, nuevos descubrimientos confirmaron que Wegener estaba en lo cierto:

- **Harry Hess**(1960): propuso la teoría de la expansión del fondo oceánico en las dorsales, según la cual en las dorsales oceánicas, cordilleras submarinas, se formaba nueva corteza oceánica.
- **Vine y Matthews** (1963): demostraron que el fondo oceánico registraba las inversiones del campo magnético en bandas simétricas a ambos lados de las dorsales, adaptándose a la polaridad del campo magnético de la Tierra al enfriarse.
- **Marie Tharp**: cartógrafa que, a pesar de que no se le permitió embarcar en expediciones por ser mujer, elaboró mapas detallados del relieve oceánico a partir de datos de sonar. Sus mapas mostraron la existencia de dorsales y fosas, confirmando el proceso de expansión. Su trabajo fue esencial aunque en su época no recibió el reconocimiento merecido.



Con estas aportaciones, se formuló la **teoría de la tectónica de placas**, que explica que la litosfera está fragmentada en **placas litosféricas** que se mueven sobre la astenosfera impulsadas por corrientes de convección. En la actualidad se definen siete grandes placas, además de varias decenas de placas secundarias y microplacas. Algunas están formadas por litosfera oceánica, como la del Pacífico, mientras que otras como la euroasiática son mixtas e incluyen litosfera tanto oceánica como continental.

El motor de la tectónica de placas

El movimiento de las placas tectónicas se debe a la energía interna de la Tierra, que se libera en forma de calor y provoca movimientos en el interior del planeta. Este calor constituye el motor que impulsa la dinámica terrestre y explica cómo la superficie del planeta cambia lentamente a lo largo del tiempo geológico.

EL CALOR INTERNO DE LA TIERRA

La Tierra conserva parte del calor originado durante su formación, cuando las colisiones de materiales y la compresión interna generaron temperaturas muy elevadas. A este calor primitivo se suma el que se produce de manera continua por la desintegración radiactiva de elementos como el uranio, el torio y el potasio. Esta energía térmica se transmite desde las zonas más profundas del planeta hacia el exterior, provocando el movimiento de los materiales del manto.

El calor interno, por tanto, es la fuente de energía que mantiene activa la maquinaria interna de la Tierra y hace posible los procesos geológicos a gran escala, como la deriva de las placas y la formación de montañas y océanos.

CORRIENTES DE CONVECCIÓN EN EL MANTO

En el manto terrestre, las diferencias de temperatura originan movimientos lentos y continuos del material rocoso. Las zonas más calientes, situadas en profundidad, se vuelven menos densas y ascienden; al enfriarse, se hunden nuevamente. Este movimiento circular, comparable al que ocurre en el agua cuando hierve, recibe el nombre de **corrientes de convección**.

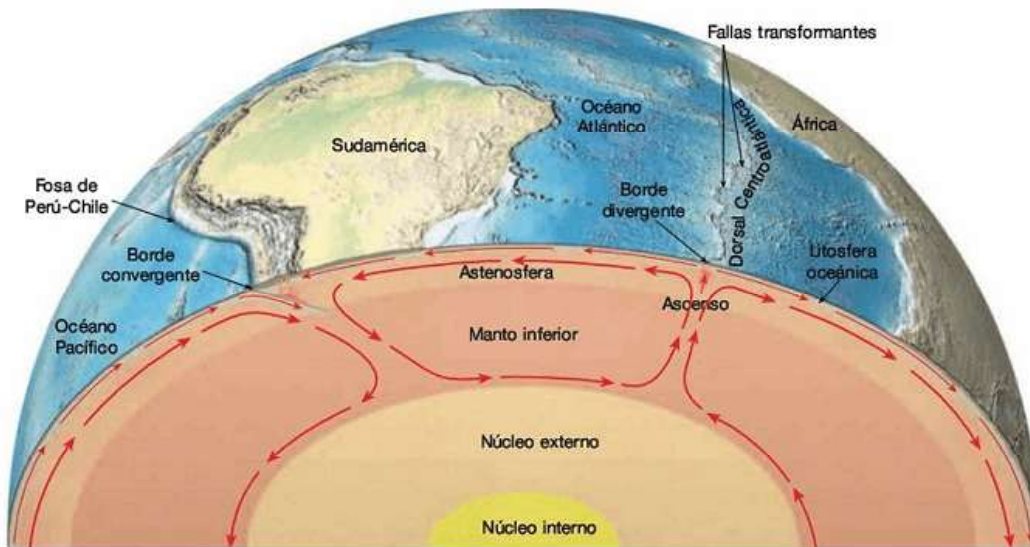
Las corrientes de convección se desarrollan en el manto terrestre, donde el calor del interior hace que el material se mueva lentamente. Aunque abarcan gran parte del manto, su influencia es más evidente en la zona superior, la **astenosfera**, que es parcialmente plástica y permite el desplazamiento de las placas litosféricas situadas encima. De este modo, las corrientes del manto transmiten parte de su energía a la superficie terrestre, impulsando la tectónica de placas.

FUERZAS QUE MUEVEN LAS PLACAS

El movimiento de las placas tectónicas no depende únicamente de las corrientes de convección, sino que intervienen también otras fuerzas que actúan en conjunto. Una de ellas es el **empuje en las dorsales** (*ridge push*), que se produce cuando el material caliente que asciende en las dorsales oceánicas forma nueva corteza. Esta corteza, más elevada, ejerce una ligera presión lateral que empuja las placas hacia los lados.

Otra fuerza importante es la **tracción en las zonas de subducción** (*slab pull*). En estos lugares, la parte más fría y densa de una placa oceánica se hunde en el manto y arrastra consigo al resto de la placa. Este proceso, impulsado por la gravedad, es considerado uno de los principales motores del desplazamiento de las placas.

En conjunto, las corrientes de convección, el empuje en las dorsales y la tracción en las zonas de subducción explican el lento pero constante movimiento de las placas tectónicas, que avanzan unos pocos centímetros cada año y transforman de manera continua la superficie terrestre.



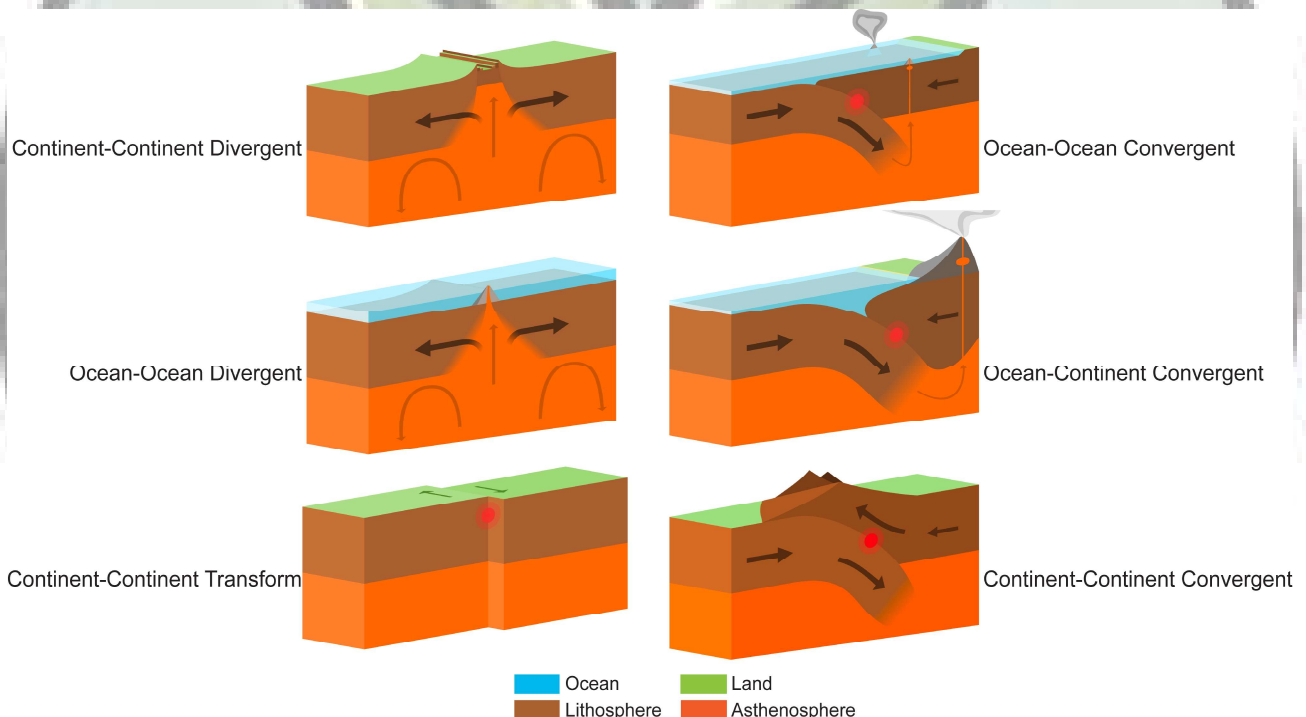
Cuestiones:

1. Observa un esquema con la trayectoria de las ondas sísmicas en el interior de la Tierra.
 - a) ¿Qué cambios en la velocidad o dirección de las ondas indican la existencia de capas con distinta densidad o composición?
 - b) Explica por qué las ondas P pueden atravesar el núcleo y las ondas S no.
2. Si un geólogo detecta una zona del manto donde las rocas se comportan como un material semifluido, ¿a qué capa del modelo geodinámico correspondería? Justifica tu respuesta.
3. Alfred Wegener propuso la teoría de la deriva continental, pero su hipótesis no fue aceptada en su momento. Explica qué observaciones apoyaban su idea y qué elemento faltaba para que la comunidad científica la aceptara.
4. Si una zona del océano presenta una dorsal, ¿qué tipo de movimientos de las placas ocurren allí? ¿Qué evidencias geológicas y geofísicas podrías esperar encontrar (edades de rocas, actividad volcánica, magnetismo, etc.)?
5. Relaciona el movimiento de las placas tectónicas con la aparición de terremotos y volcanes. ¿Por qué es importante conocer la tectónica de placas para reducir los riesgos naturales en ciertas zonas del planeta?

Tipos de bordes entre placas

Los movimientos de las placas de litosfera sobre la astenosfera generan distintos tipos de contactos:

1. Divergentes: las placas se separan, asciende magma y se forma nueva corteza en las dorsales oceánicas.
2. Convergentes: las placas chocan y pueden dar lugar a distintos procesos:
 - a) Oceánica + oceánica: una se subduce bajo la otra, formando arcos de islas volcánicas.
 - b) Oceánica + continental: la placa oceánica, de mayor densidad, subduce bajo la continental, originando cordilleras y volcanismo.
 - c) Continental + continental: ninguna placa puede subducir, por los materiales se pliegan en un proceso de obducción y surgen grandes cordilleras como el Himalaya.
3. Transformantes: las placas se deslizan lateralmente una respecto a otra, generando terremotos intensos, como en la falla de San Andrés.

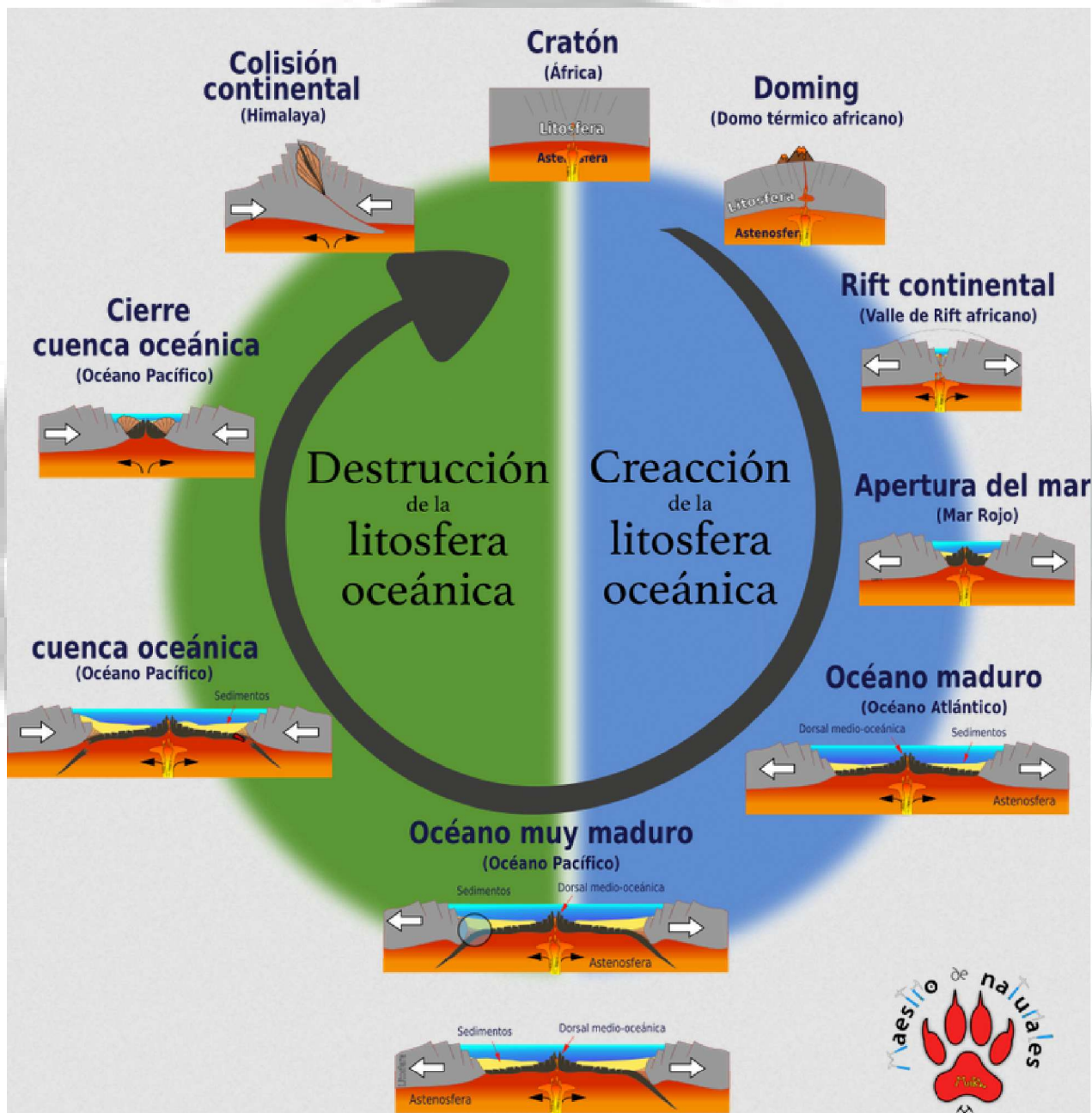


Plumas térmicas o penachos

Además de en los bordes de placa, la actividad geodinámica se manifiesta en puntos calientes, donde el material del manto profundo asciende en forma de **plumas térmicas o penachos**, que atraviesan la litosfera y generan volcanes en medio de una placa, lejos de los límites. Estos puntos calientes explican la formación de cadenas de islas volcánicas como Hawái o Canarias. A lo largo de millones de años, el desplazamiento de la placa sobre la pluma genera alineaciones de volcanes cada vez más antiguos conforme se alejan del punto activo. Su estudio ha permitido comprender que el interior de la Tierra no es estático, sino un sistema dinámico en constante evolución.

El ciclo Supercontinental

Como hemos mencionado, estos procesos no son estáticos. La dinámica terrestre sigue un **ciclo supercontinental** o **ciclo de Wilson**, en el que los continentes se unen, forman un supercontinente y luego vuelven a fragmentarse. Este ciclo está relacionado con el movimiento de las placas y también con la acción de plumas térmicas, columnas de material caliente que ascienden desde el manto profundo y que pueden iniciar la fragmentación de un supercontinente.



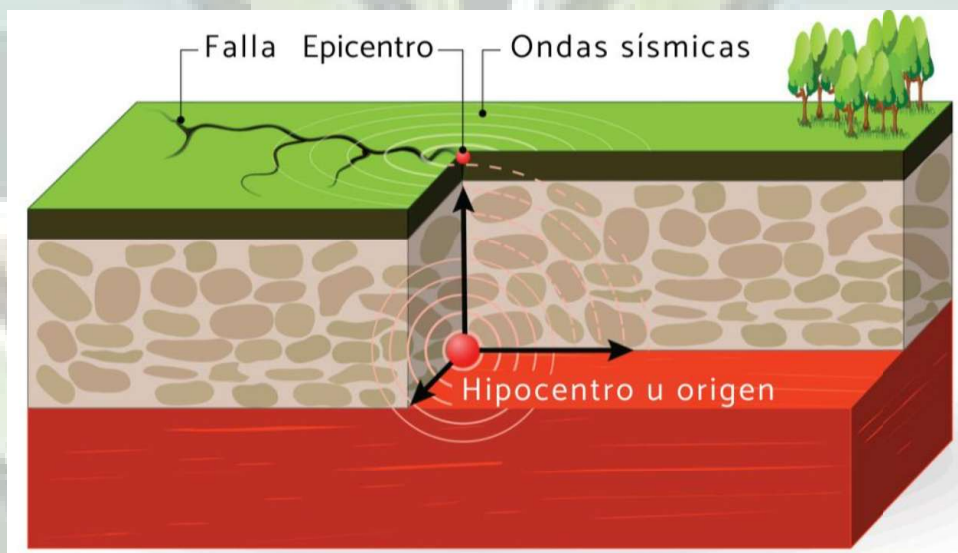
Tal como hemos visto hasta ahora, la superficie terrestre que conocemos no es algo inmóvil. Bajo nuestros pies, enormes fuerzas actúan constantemente debido al calor interno del planeta. Este calor, procedente de la desintegración de elementos radiactivos y del calor residual de la formación de la Tierra, impulsa los movimientos de las placas litosféricas.

De esas interacciones surgen los principales procesos de la **geodinámica interna**, como los terremotos, el vulcanismo, el magmatismo, el metamorfismo y las deformaciones de la corteza. Todos ellos están relacionados entre sí y explican cómo cambia el relieve terrestre a lo largo del tiempo geológico.

Los terremotos

Cuando las placas se desplazan, la energía se acumula en los bordes de contacto, especialmente en las fallas. Si esa energía supera la resistencia de las rocas, se libera bruscamente y provoca un terremoto o sismo: una sacudida del terreno que transmite ondas a través de la corteza.

El punto del interior donde se libera la energía se llama **foco** o **hipocentro**, y el lugar de la superficie situado justo encima se denomina **epicentro**. Desde el foco se propagan **ondas sísmicas**, algunas más rápidas y otras más destructivas, que hacen vibrar el suelo.



La energía liberada se mide mediante la **magnitud**, expresada en la escala de Richter, mientras que los **efectos** o daños se evalúan con la escala de Mercalli.

Los terremotos pueden causar enormes pérdidas humanas y materiales, como ocurrió en Japón (2011), con magnitud 9,1 que causó el accidente nuclear de Fukushima, o en Turquía y Siria (2023). Incluso en España, zonas de actividad sísmica moderada como Granada o Lorca pueden sufrir daños.

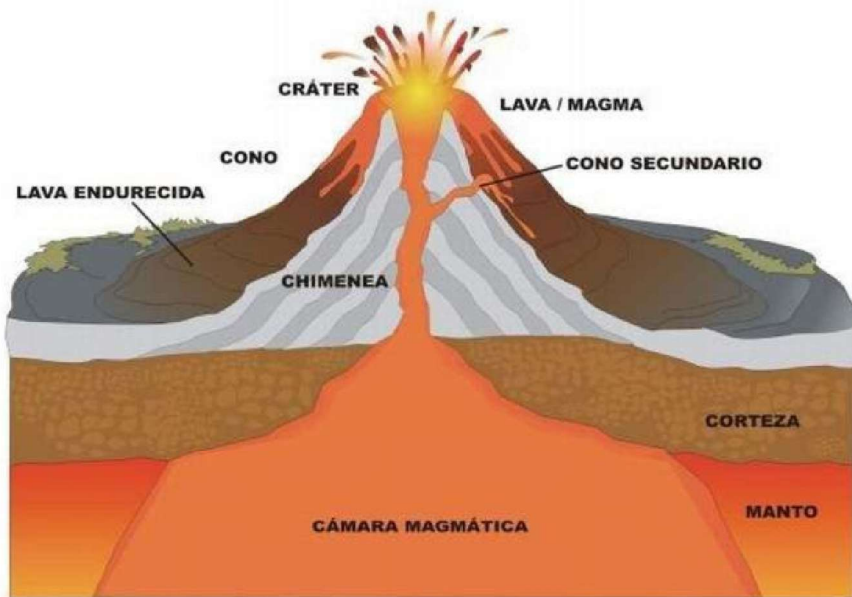
Gracias al conocimiento científico, hoy se desarrollan edificios antisísmicos con estructuras flexibles y sistemas de alerta temprana que permiten evacuar antes de la llegada de las ondas más destructivas.

¿Sabes explicar?: ¿Por qué la mayoría de los terremotos se concentran en los bordes de las placas litosféricas?

Los volcanes

En otros puntos de la Tierra, la energía interna se manifiesta de manera más visible. Los volcanes son aberturas en la corteza por donde el **magma** —roca fundida procedente del interior— asciende hacia la superficie. Cuando el magma sale al exterior se convierte en **lava**, acompañada de gases y fragmentos sólidos llamados piroclastos.

Un volcán suele estar formado por una **cámara magmática**, donde se acumula el magma, una **chimenea** o conducto que lo comunica con el exterior, y un **cráter**, por donde se expulsa el material. Con el tiempo, la acumulación de lavas y piroclastos origina el **cono volcánico**.



TIPOS DE ERUPCIONES VOLCÁNICAS

El tipo de erupción de un volcán depende principalmente de la **viscosidad de la lava** y de la **cantidad de gases** que contiene el magma. La viscosidad está relacionada con la composición de la lava: las lavas con más sílice (SiO_2) son más viscosas y se mueven con dificultad, mientras que las lavas con menos sílice son más fluidas y se desplazan fácilmente.

Según estas características, distinguimos varios tipos de erupciones volcánicas:

- **Erupciones hawaianas:** son las más tranquilas y fluidas. La lava es muy pobre en sílice y fluye con facilidad, formando ríos de lava que recorren largas distancias. Producen grandes volcanes en escudo, de laderas suaves, como los de **Hawái** o algunos de las **Islas Canarias** como el Teide. Emiten sobre todo lava basáltica y muy pocos materiales sólidos.
- **Erupciones estrombolianas:** presentan una actividad intermedia entre tranquila y explosiva. La lava es algo más viscosa y contiene burbujas de gas que explotan de forma rítmica, lanzando fragmentos incandescentes (lapilli, bombas volcánicas y cenizas). El volcán Stromboli, en Italia, da nombre a este tipo de erupción y es famoso por su actividad casi continua.
- **Erupciones vulcanianas:** son más violentas. La lava es viscosa y los gases se acumulan hasta liberarse bruscamente, expulsando ceniza y fragmentos de roca. Forman **nubes oscuras** de ceniza que pueden elevarse varios kilómetros. Ejemplos: el volcán Vulcano o el Etna, ambos en Italia.

- **Erupciones plinianas:** son las más explosivas y peligrosas. La lava es muy viscosa y el magma contiene gran cantidad de gases. Las erupciones lanzan cenizas, piedra pómez y gases a gran altura, formando enormes columnas volcánicas que alcanzan la estratosfera. Un ejemplo histórico es la erupción del **Vesubio** en el año 79 d.C., que destruyó Pompeya y Herculano. También destacan las del Krakatoa (Indonesia) o el Pinatubo (Filipinas).
- **Erupciones fisurales:** en este tipo de erupciones, la lava no sale por un cráter central, sino por una grieta alargada o **fisura de la corteza terrestre**. La lava, muy fluida y pobre en sílice, se extiende fácilmente y forma grandes mesetas basálticas. Este tipo de volcanismo es típico de regiones como **Islandia**, donde la actividad volcánica se asocia a la apertura de una dorsal oceánica, o en el oeste de la India, donde se formó la meseta del Decán.
- **Volcanismo submarino:** los **volcanes submarinos** se forman en el fondo de los océanos, especialmente a lo largo de las **dorsales oceánicas**, donde las placas tectónicas se separan y el magma asciende. Allí las erupciones suelen ser de tipo **fisural**, creando nueva corteza oceánica. Cuando las erupciones son muy intensas, los materiales pueden acumularse y llegar a emerger, formando **islas volcánicas**. Ejemplos de este tipo de volcanismo son **Islandia**, situada sobre la dorsal mesoatlántica, y las **Islas Canarias** o **Hawái**, formadas por **plumas térmicas** o puntos calientes.

En resumen, el tipo de erupción y el paisaje volcánico resultante dependen de la **viscosidad de la lava**, la **cantidad de gases** y la **forma en que el magma alcanza la superficie**. Estos factores determinan si el volcán será tranquilo y fluido o, por el contrario, explosivo y peligroso.

Ejemplos históricos como la **erupción del Vesubio** (Pompeya, año 79 d.C.) o más recientes, como la del **volcán de Cumbre Vieja** en La Palma (2021), muestran tanto el poder destructivo como la oportunidad de aprendizaje que ofrece el estudio del vulcanismo.

¿Sabes explicar?: ¿En qué tipos de límites de placas se producen la mayoría de los volcanes? ¿Por qué?

Magmatismo y vulcanismo

El **magmatismo** engloba todos los procesos relacionados con la formación, ascenso y enfriamiento del magma. Cuando el magma llega a la superficie, hablamos de **vulcanismo**.

El magma se forma en zonas donde las condiciones de **temperatura, presión y composición** permiten la fusión parcial de las rocas del manto o de la corteza. Por ejemplo, una disminución de la presión o la presencia de agua puede facilitar la fusión y originar magma.

Según el lugar donde el magma se solidifique, se forman distintos tipos de rocas:

- Si se enfría en el interior, origina **rocas plutónicas** como el granito.
- Si se enfría en la superficie, da lugar a **rocas volcánicas** como el basalto o la pumita.

El vulcanismo varía según el tipo de límite de placas:

- En **bordes divergentes**, como las dorsales oceánicas, se producen erupciones tranquilas y fisurales.

- En **bordes convergentes**, el magma es más viscoso y genera volcanes explosivos.
- En el interior de las placas pueden existir **puntos calientes**, responsables de archipiélagos como **Hawái** o **las Islas Canarias**.

Estos procesos se relacionan con la **dinámica global de la Tierra**, que alterna periodos de fragmentación y unión continental, es decir, con el ciclo supercontinental.

Metamorfismo

Las rocas no son inmutables. Cuando quedan sometidas a **altas presiones y temperaturas**, pero sin llegar a fundirse, experimentan un proceso llamado **metamorfismo**. Este transforma su estructura y, en menor medida, su composición mineral, dando lugar a **rocas metamórficas**. Estos procesos son más frecuentes en los bordes convergentes, donde las rocas se deforman y recalientan por la colisión de placas al tiempo que se originan nuevas cordilleras, como la cordillera de los Andes (cordillera perioceánica) o la del Himalaya.

¿Sabes explicar?: ¿Qué relación existe entre el metamorfismo y el vulcanismo?
¿Podrían ambos ocurrir en la misma zona?

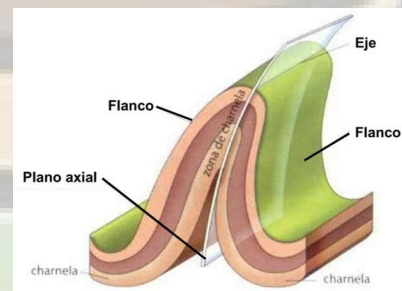
Pliegues y fallas

Las fuerzas internas de la Tierra actúan sobre las rocas de la corteza y pueden deformarlas de distintas maneras. Cuando la deformación es **elástica**, las rocas se deforman ligeramente y recuperan su forma al cesar la fuerza. Si la deformación es **plástica**, se doblan sin romperse, formando pliegues. En cambio, si la deformación es **frágil**, se rompen y se desplazan, originando fallas.

PLIEGUES

Los pliegues se forman cuando las rocas, sometidas a presiones laterales durante largos periodos de tiempo, se deforman de manera continua sin llegar a romperse. Es más frecuente en las zonas donde las placas tectónicas chocan o se comprimen, como en la formación de cordilleras.

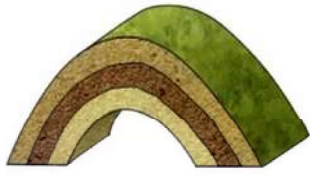
En un pliegue pueden distinguirse varias partes: la **charnela**, que es la zona más curvada; los **flancos**, que son los lados del pliegue; y el **plano axial** o **eje**, que divide el pliegue en dos mitades aproximadamente simétricas.



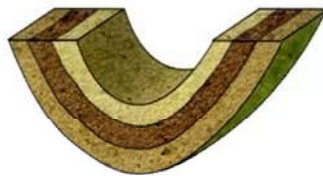
Según su forma y orientación, se distinguen distintos tipos de pliegues:

- **Anticlinal:** con la parte convexa hacia arriba; las capas más antiguas quedan en el centro.
- **Sinclinal:** con la parte cóncava hacia arriba; las capas más jóvenes quedan en el centro.
- **Monoclinal:** presenta un único doblez suave en una dirección.
- **Tumbado o recumbente:** el pliegue se inclina tanto que casi aparece horizontal.

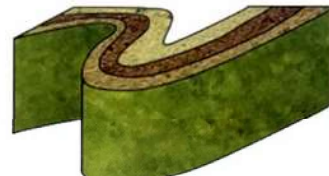
Según el sentido de la curvatura:



Pliegue anticlinal o antiforme

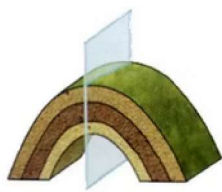


Pliegue sinclinal o sinforme

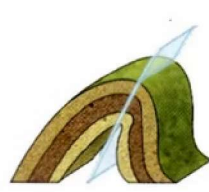


Pliegue neutro

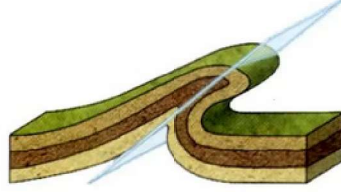
Según la inclinación del plano axial:



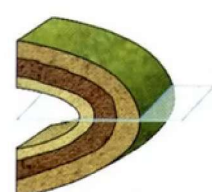
Pliegue recto



Pliegue inclinado



Pliegue volcado



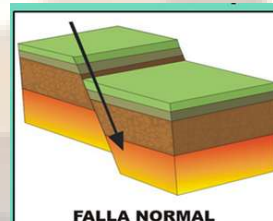
Pliegue tumbado

FALLAS

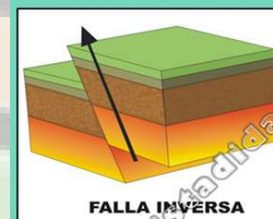
Las fallas se originan cuando las rocas se rompen y los bloques resultantes se desplazan entre sí a lo largo de una superficie llamada **plano de falla**. Este tipo de deformación aparece cuando las fuerzas superan la resistencia de la roca y se concentran en zonas concretas de la corteza.

Según el tipo de esfuerzo que las provoca, se distinguen:

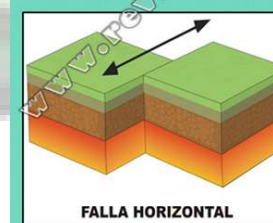
- **Falla normal:** el bloque superior desciende, producida por fuerzas de distensión que separan la corteza.
- **Falla inversa:** el bloque superior asciende, originada por fuerzas de compresión que acortan la corteza.
- **Falla horizontal:** o falla de desgarre, no hay levantamiento ni hundimiento de bloques. El movimiento es fundamentalmente horizontal a la dirección de la ruptura.
- **Cabalgamiento:** una falla inversa de gran extensión en la que un bloque se desliza suavemente sobre otro.



FALLA NORMAL



FALLA INVERSA



FALLA HORIZONTAL



Tanto los pliegues como las fallas contribuyen de manera decisiva a la **formación del relieve terrestre**. Las zonas donde predominan las fuerzas de compresión, como los **Pirineos** o los **Alpes**, presentan numerosos pliegues, cabalgamientos y fallas que dan lugar a relieves montañosos y estructuras geológicas de gran complejidad.