



La Tierra y su dinámica

# 1

## La composición y la estructura del interior de la Tierra

### 1.1

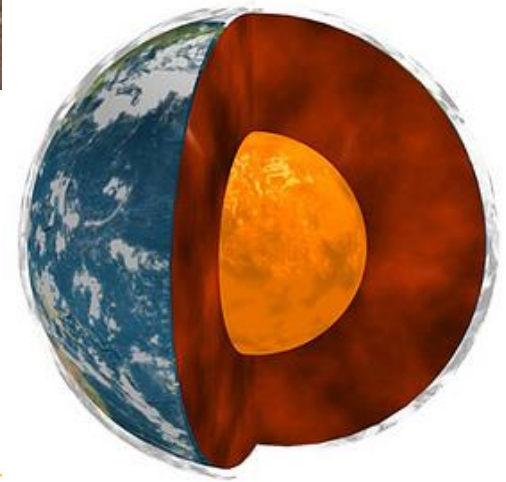
## El estudio del interior terrestre

Los métodos para estudiar la geosfera son de dos tipos, directos e indirectos.

### Los métodos de estudio directos

---

Estos métodos se realizan sobre muestras de roca y mediciones tomadas *in situ*. Sobre todo se analizan las rocas superficiales magmáticas y metamórficas, que aportan datos sobre las condiciones físicas de la parte del interior terrestre en la que se originaron. También se toman muestras profundas mediante sondeos y excavaciones mineras, pero, hasta la fecha, solo se ha conseguido alcanzar unos 12 km de profundidad.



# Métodos de estudio

## Directos

Se basan en observaciones y estudios directos sobre las rocas o sus manifestaciones y/o estructuras

Sondeos

Minas

Volcanes

Erosión de cordilleras

## Indirectos

Basados en el estudio de determinadas propiedades físicas de la Tierra

Método eléctrico

Tomografía sísmica

Densidad terrestre

Gravedad terrestre

Magnetismo terrestre

Comparación con meteoritos

Ondas sísmicas

## Los métodos de estudio indirectos

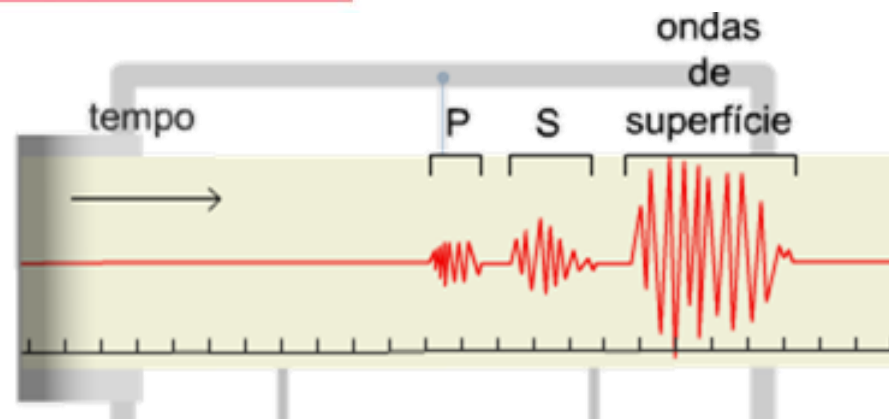
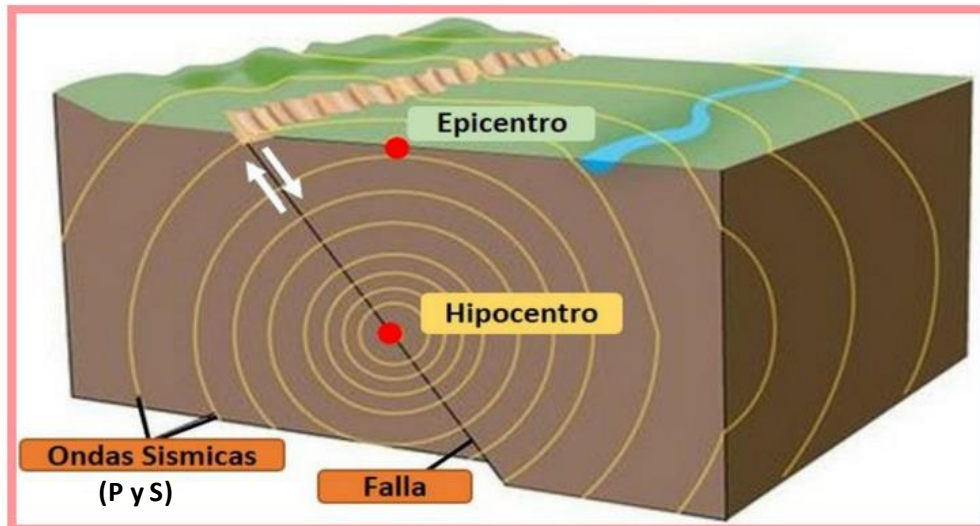
---

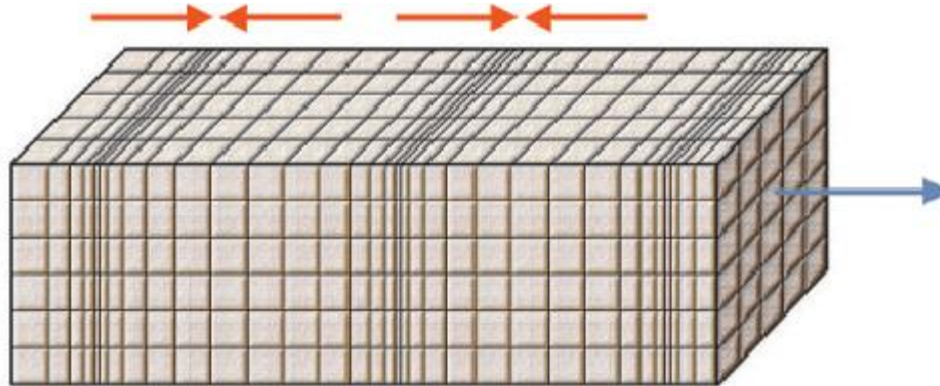
Estos métodos consisten en tomar mediciones de algunas características físicas del planeta y realizar cálculos y deducciones a partir de ellas. Algunos de estos métodos son el gravimétrico, el magnético, el del estudio de la densidad terrestre, el del gradiente geotérmico, el de los meteoritos, etc.

Pero quizás el que más información ha aportado sobre el interior terrestre es el **método sísmico**.

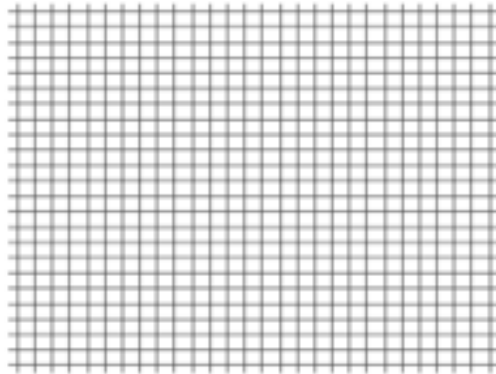


Consiste en medir, con sismógrafos situados en diversas zonas del mundo, la **velocidad de propagación de las ondas sísmicas** desde el foco de un terremoto y en todas las direcciones, a través del interior de nuestro planeta. Estudia dos tipos de ondas: las P, más rápidas y capaces de atravesar sólidos y líquidos, y las S, más lentas e incapaces de atravesar líquidos.

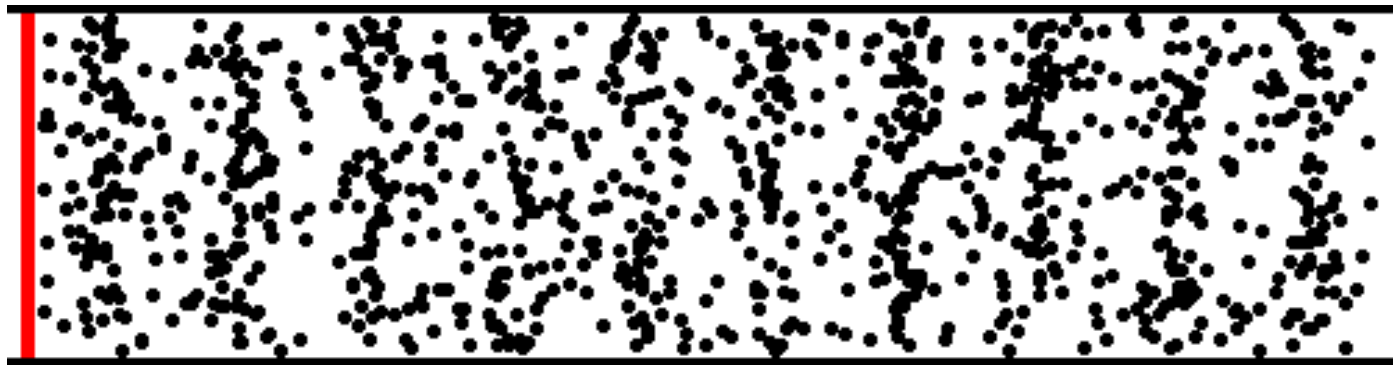




## ONDAS P



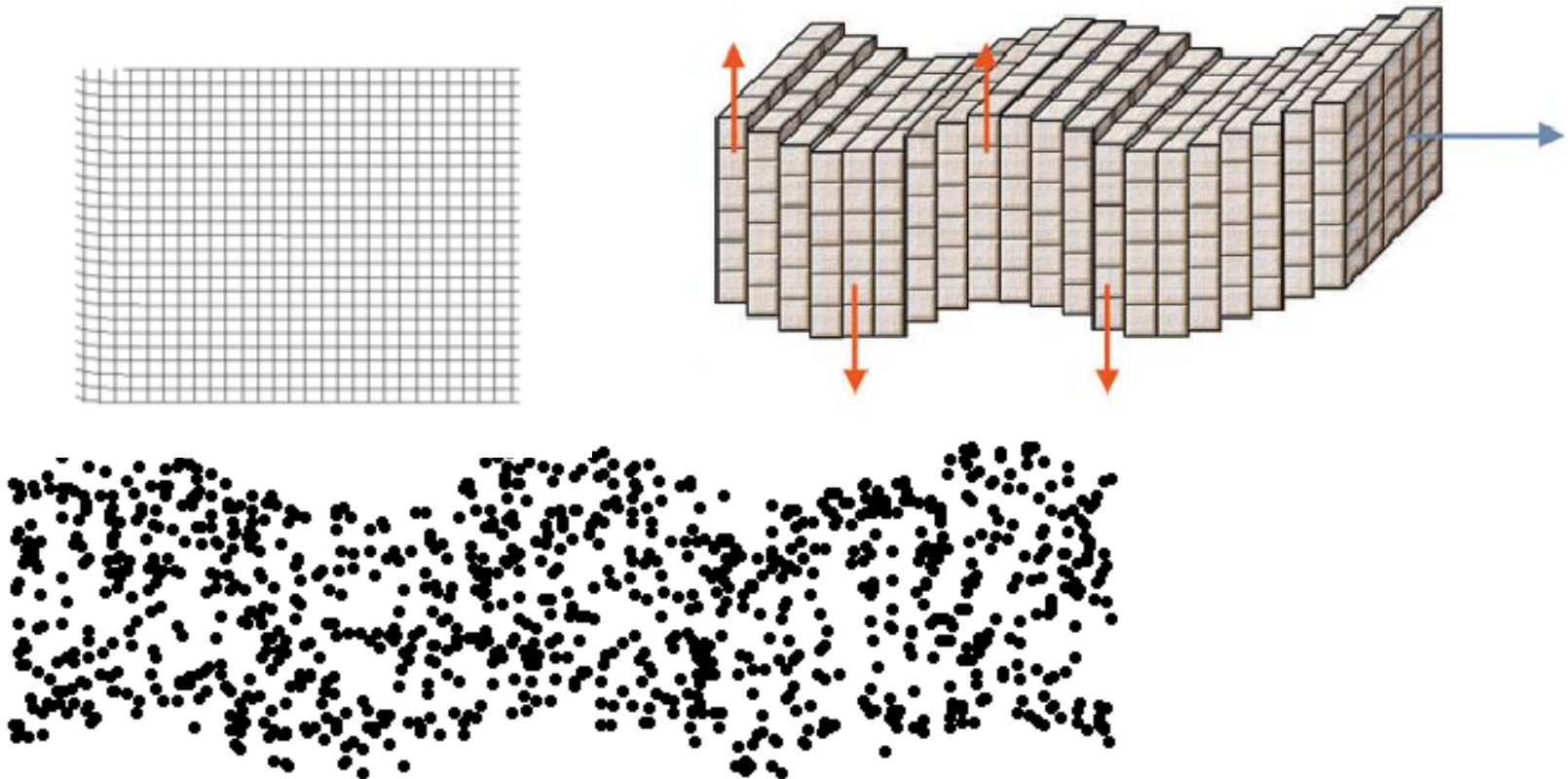
Hacen vibrar las partículas del terreno en la misma dirección de propagación de la onda.



## ONDAS S

Hacen vibrar las partículas del terreno en una dirección perpendicular a la de propagación de la onda (avanzan mediante un movimiento ondulatorio perpendicular a la dirección de propagación).

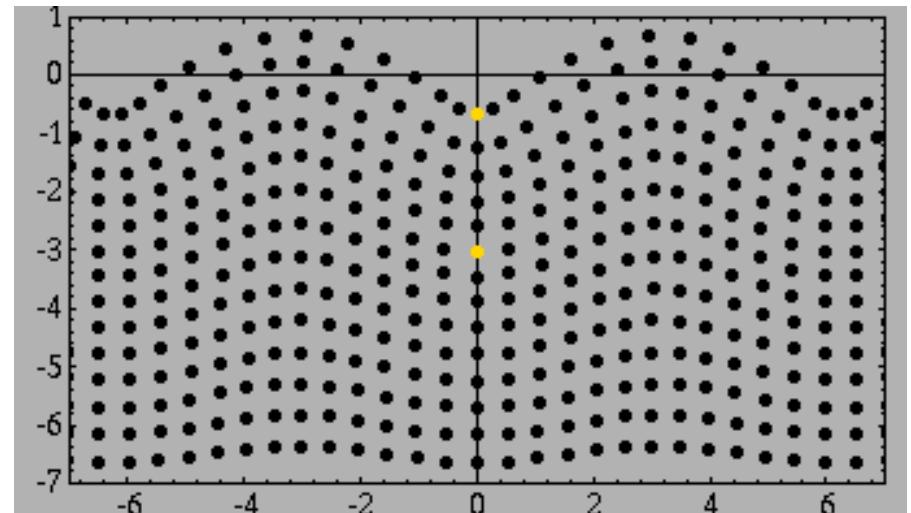
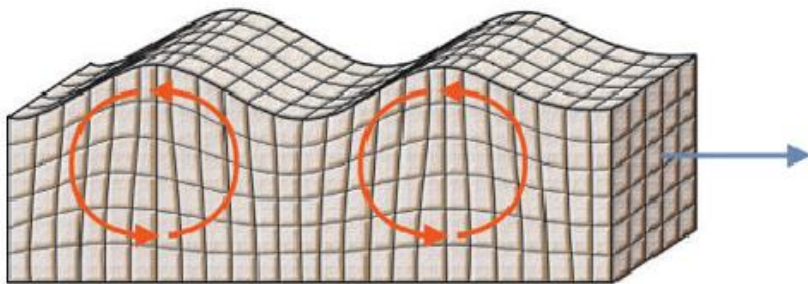
Las ondas S sólo se propagan en sólidos, por ello, si dejan de propagarse a cierta profundidad nos están indicando que las rocas están fundidas a esa profundidad, es decir en estado líquido, así por ejemplo es como se sabe que el núcleo externo está líquido.



- **Ondas superficiales**: son las últimas que se registran en los sismogramas, aparecen como consecuencia de la llegada de trenes de ondas P y S a las superficies de contacto entre materiales de características mecánicas distintas, principalmente la superficie de contacto tierra-aire y tierra-océano.

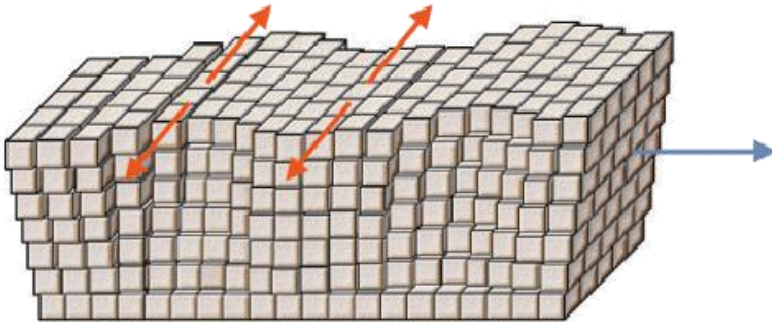
Son las que provocan las catástrofes superficiales asociadas a los terremotos de gran intensidad. Se producen 2 tipos de ondas superficiales:

- **Las R** o **Rayleigh**: producen una oscilación ascendente y descendente como el oleaje.





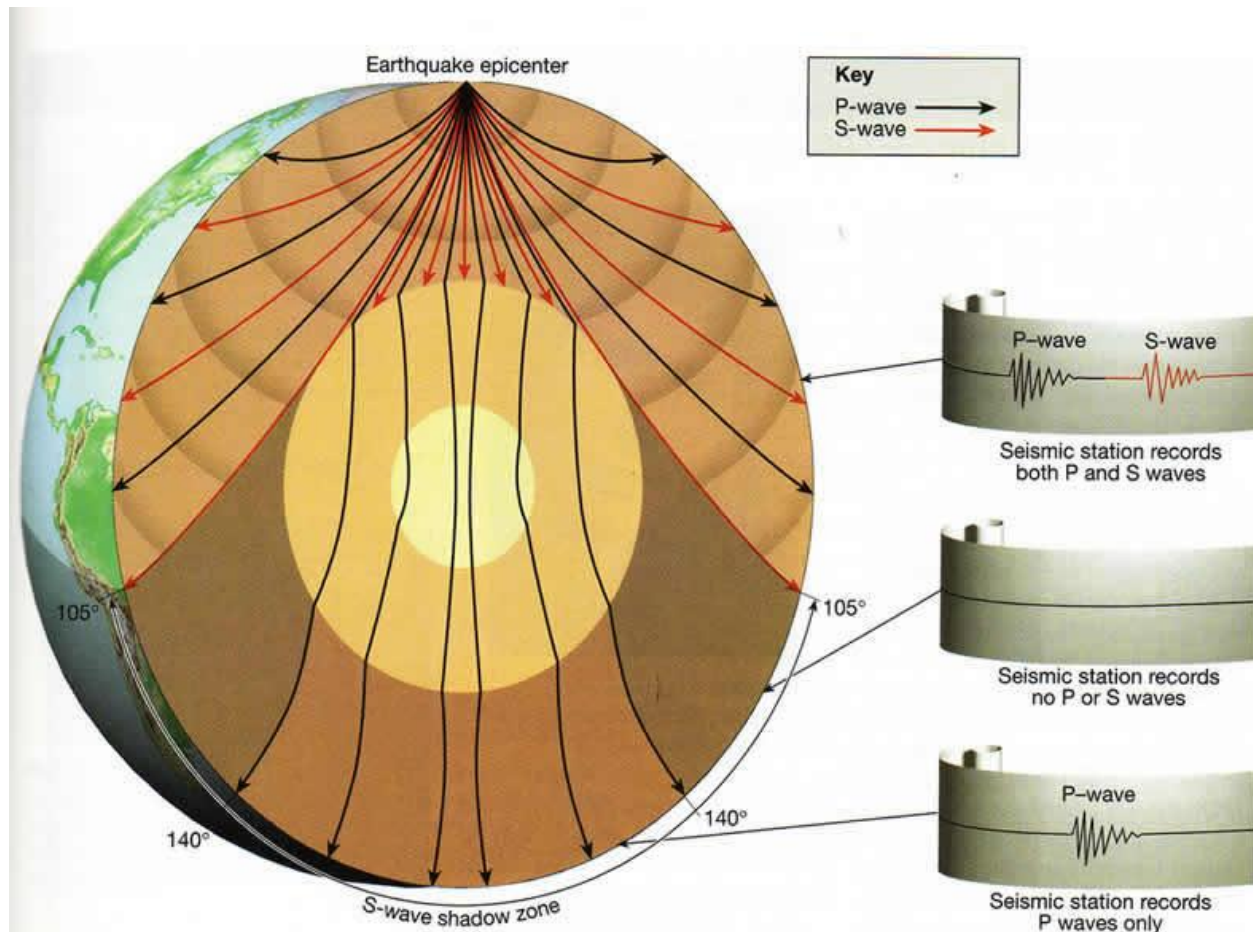
- **Las L** o **Love** con una propagación similar a las ondas S pero, en este caso, en el plano horizontal como el movimiento de una serpiente; aunque estas ondas no penetran a mucha profundidad, son las mayores responsables de los daños producidos en los cimientos y estructuras de las construcciones.



**Las ondas Love son las que provocan cortes horizontales en el suelo.**

La velocidad de propagación de las ondas sísmicas varía en función de la naturaleza de los materiales que atraviesan. Por esa razón, si las ondas llegan a la frontera entre dos zonas de diferente naturaleza, se produce una variación brusca en su velocidad de propagación, que se denomina **discontinuidad**.

Las discontinuidades que se han detectado indican que el interior terrestre está formado por capas concéntricas de materiales de distinto tipo y estado.



# 1.2

## La estructura interna de la Tierra

Teniendo en cuenta los datos procedentes de los métodos de estudio del interior de la geosfera, sobre todo el método sísmico, se ha podido deducir cómo es la estructura interna de nuestro planeta.

El modelo del interior terrestre, que es de capas concéntricas, tiene en cuenta dos aspectos:

- **Las diferencias en la composición geoquímica de las capas**, es decir, el tipo de materiales que las componen y su estado físico.
- **Las diferencias en el comportamiento dinámico de las capas**, es decir, si son rígidas, plásticas o fluidas, si experimentan movimientos en su seno o no, etc.

# Modelo Geoquímico o Estático:

## - CORTEZA

- \* continental
- \* oceánica

## - MANTO

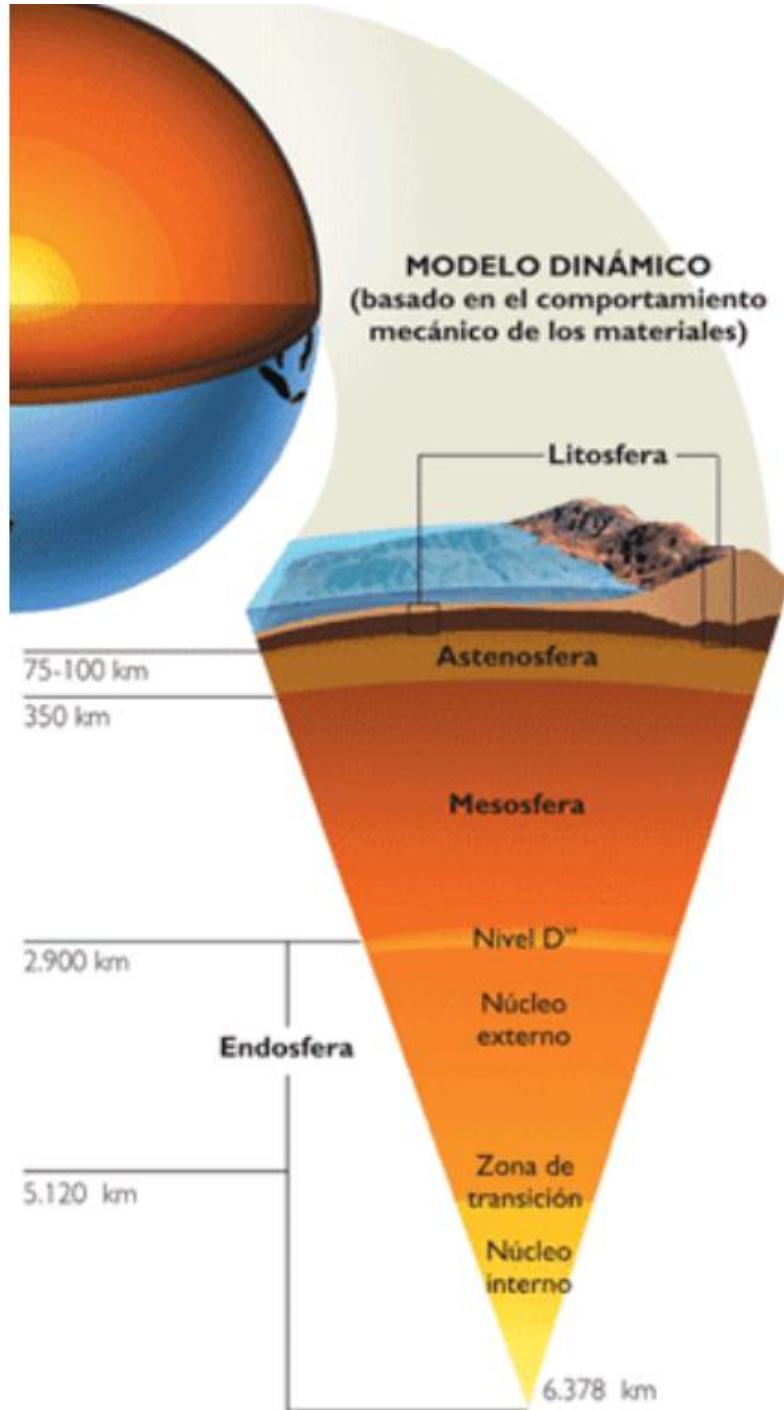
- \* superior
- \* zona transicional
- \* inferior

## - NÚCLEO

- \* externo
- \* interno



# Modelo Dinámico:



- LITOSFERA

- ASTENOSFERA

- MESOSFERA

• Nivel "D"

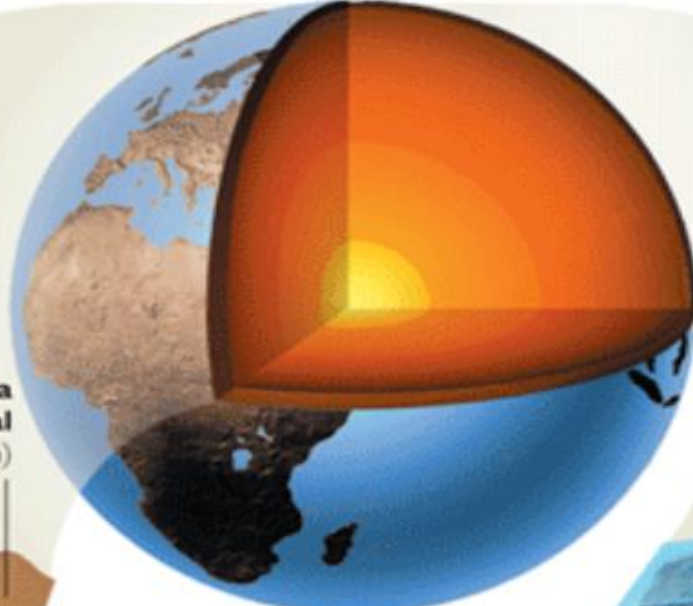
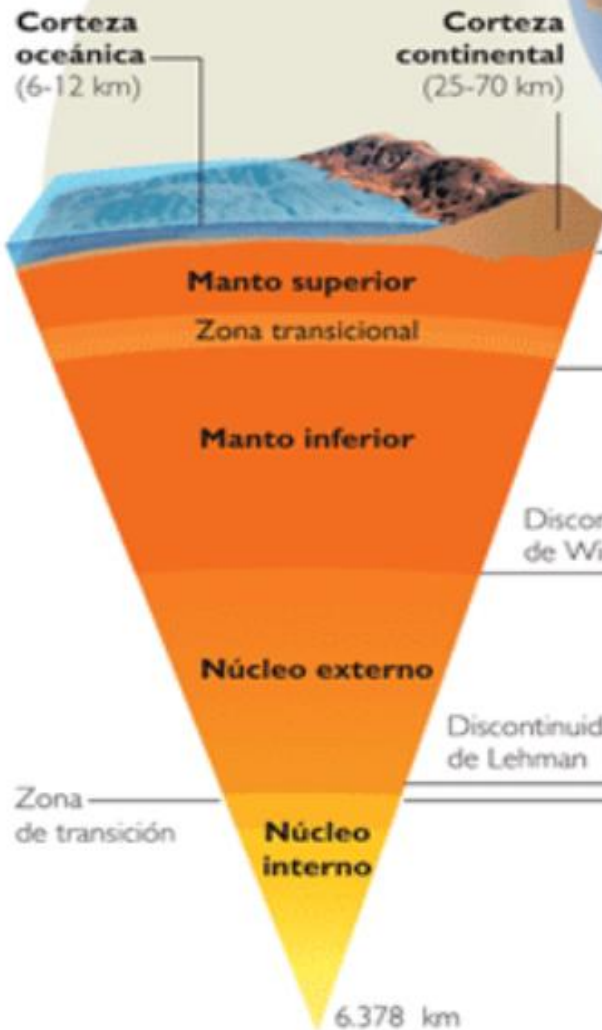
- NÚCLEO

\* externo

\* zona de transición

\* interno

**MODELO ESTÁTICO**  
(basado en la composición química de las capas)



**MODELO DINÁMICO**  
(basado en el comportamiento mecánico de los materiales)



Discontinuidad de Mohorovicic

75-100 km

350 km

670 km

Discontinuidad de Wiechert-Gutenberg

2.900 km

2.900 km

Discontinuidad de Lehman

4.980 km

5.120 km

5.120 km

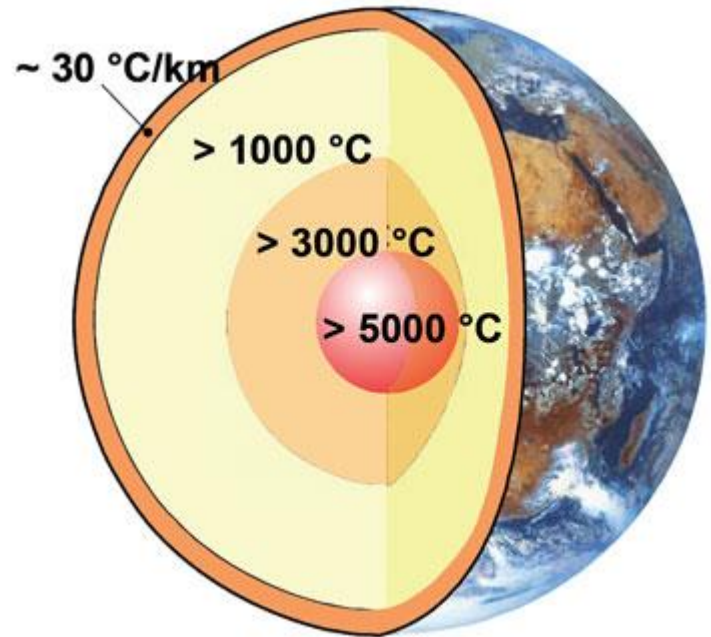
Endosfera

# 2

## La dinámica terrestre

### 2.1

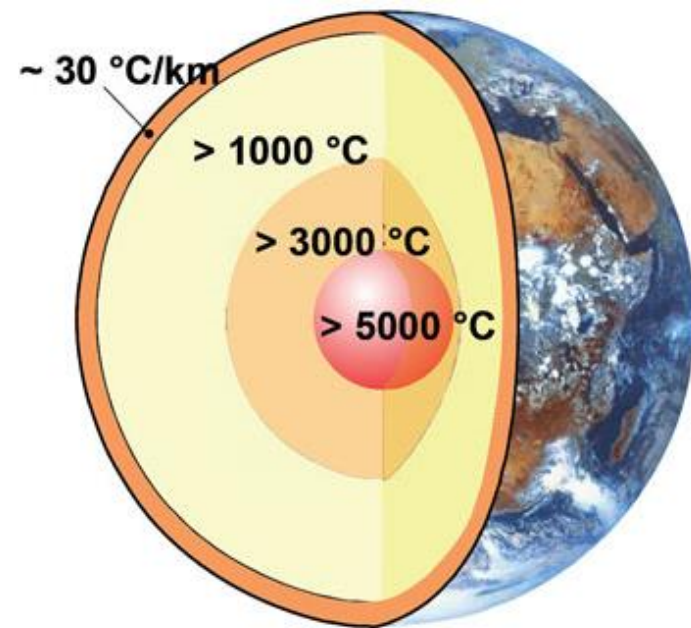
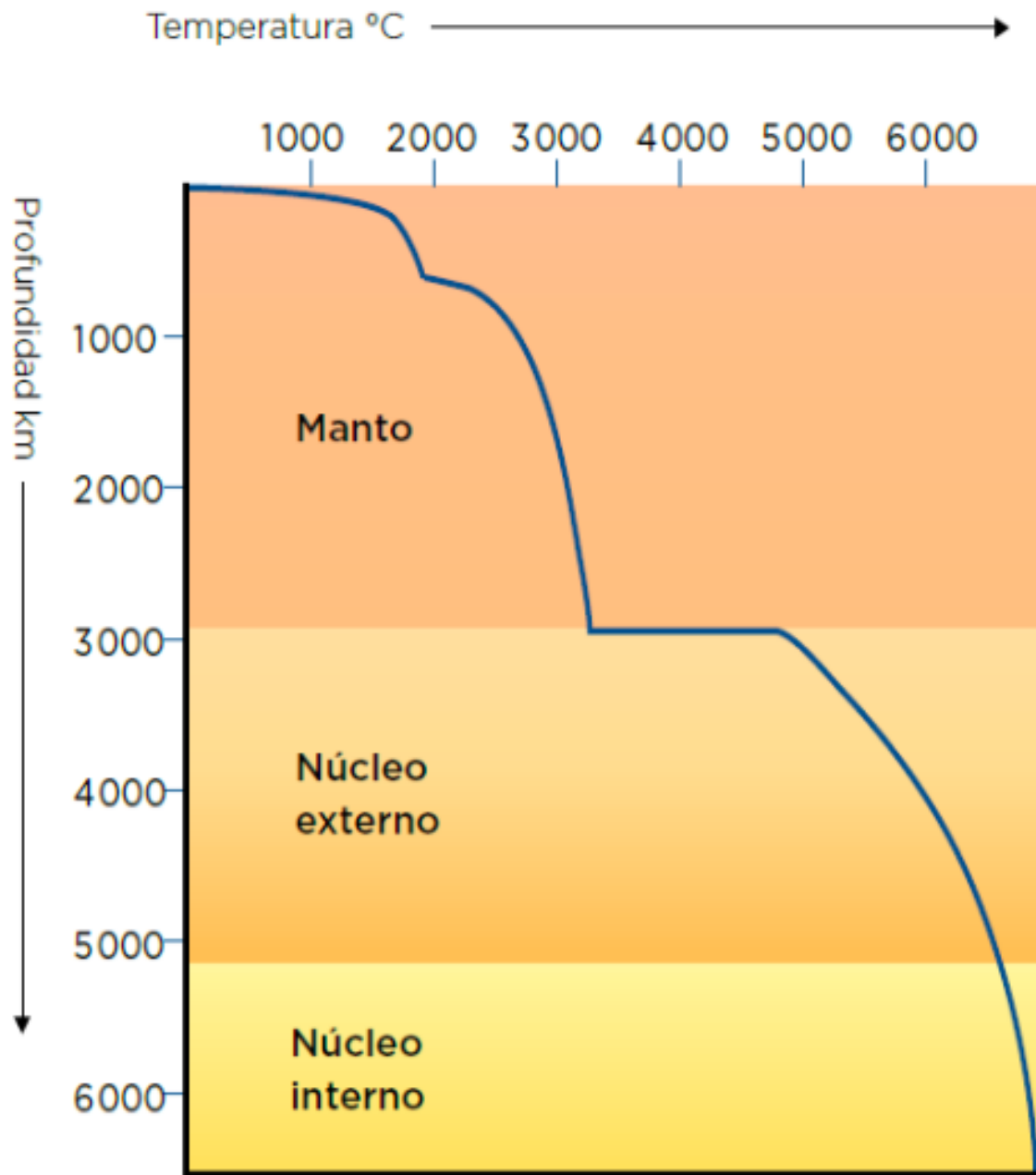
## La energía geotérmica



La **energía geotérmica** es la que contienen los materiales del interior de la Tierra. Mantiene las capas profundas de nuestro planeta a altas temperaturas y se transfiere hacia el exterior en forma de calor.

La energía geotérmica hace que el núcleo esté a unos  $6\ 700\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se transfiere hacia la superficie en forma de calor, donde es detectable.

La energía geotérmica tiene dos orígenes principales: el calor de formación del planeta y la actividad de los elementos radiactivos.





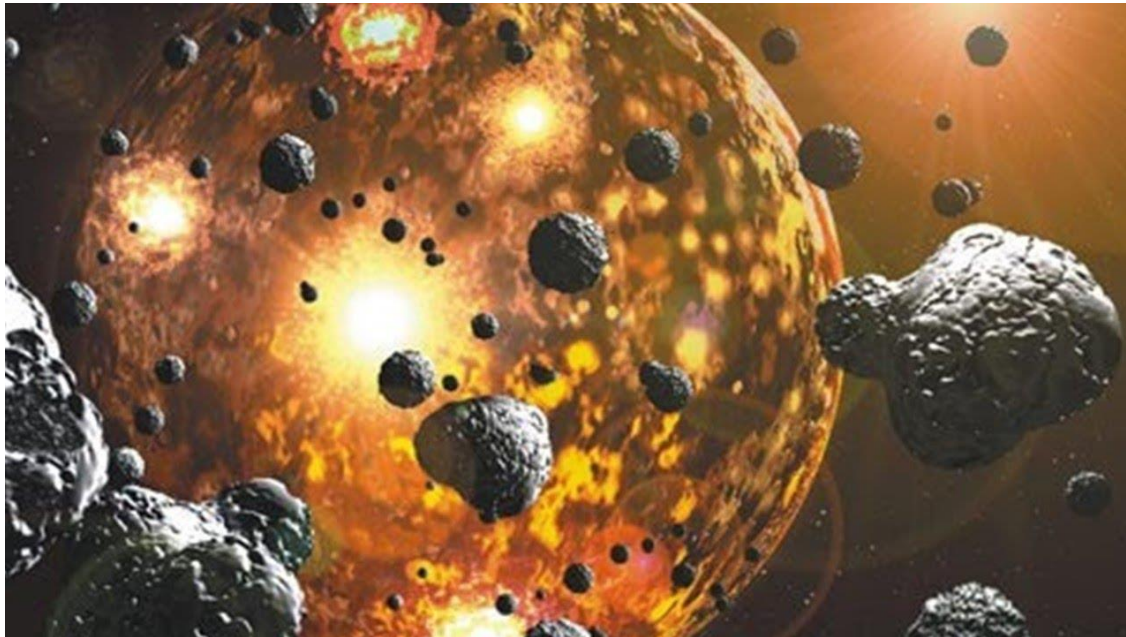
## El calor de formación de la Tierra

---

La Tierra se formó hace unos 4 600 millones de años, por la violenta reunión de fragmentos de materiales que orbitaban alrededor del Sol. Durante millones de años, la Tierra recibió el impacto continuo de estos fragmentos que, además de aumentar el tamaño del planeta, liberaron gran cantidad de energía.

El planeta se calentó y se fundió completamente, lo que causó la formación de las capas internas por diferencias de densidad en los materiales al enfriarse.

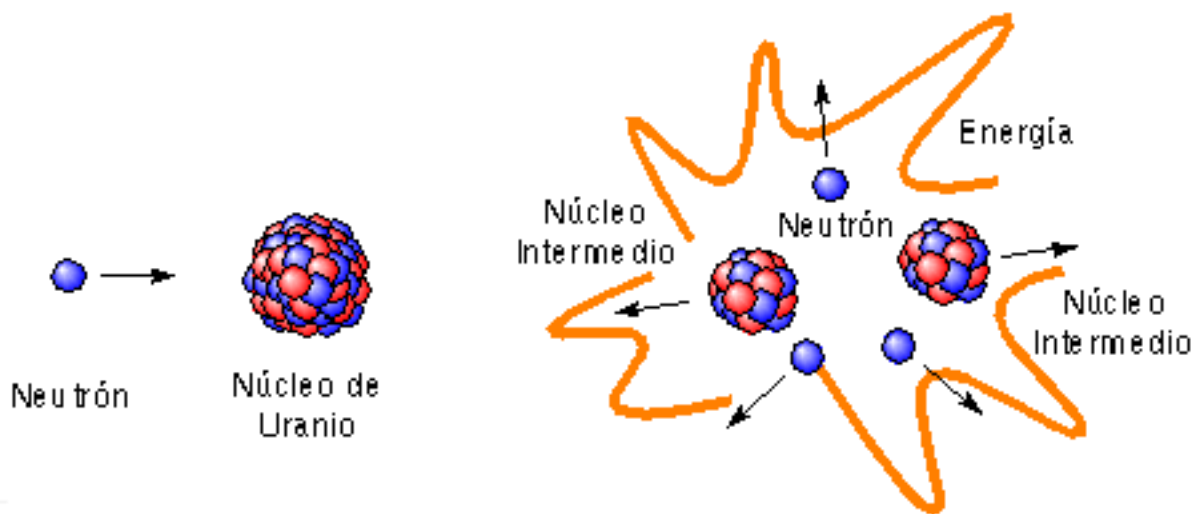
Pero cuando los impactos comenzaron a ser más escasos, nuestro planeta inició un lento proceso de enfriamiento y en su superficie se formó una corteza terrestre aislante, que mantuvo calientes las capas internas.



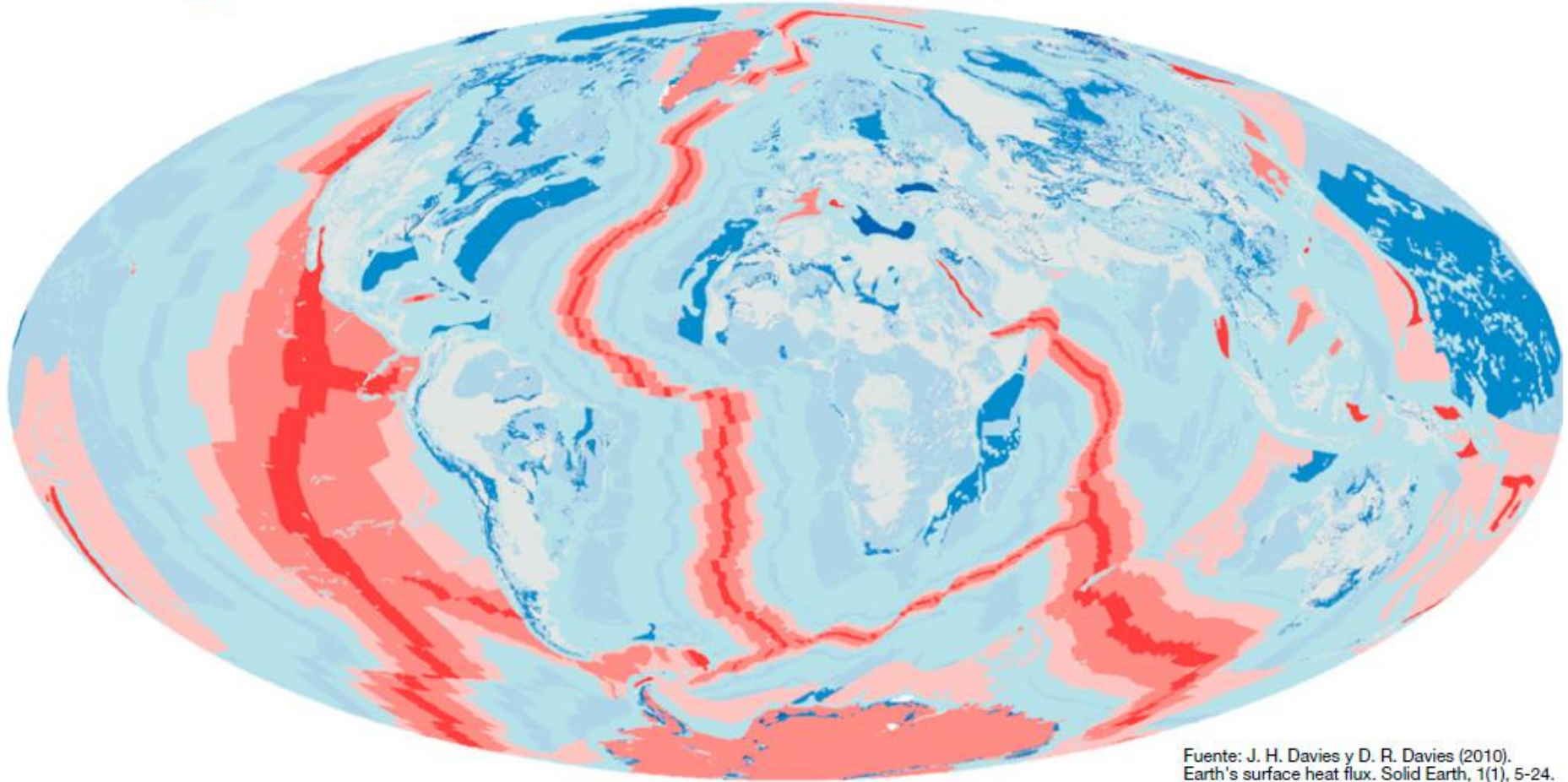
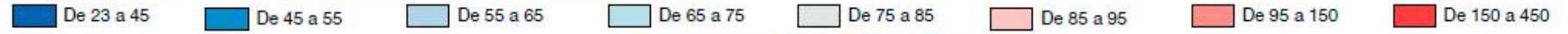
## La actividad de los elementos radiactivos

Los elementos radiactivos pesados presentes en las capas internas de la Tierra, sobre todo en el núcleo, experimentan reacciones nucleares espontáneas que emiten gran cantidad de energía y aumentan la temperatura.

Esta es la principal fuente de energía geotérmica en la Tierra actual, ya que los restos del calor de formación son casi nulos.



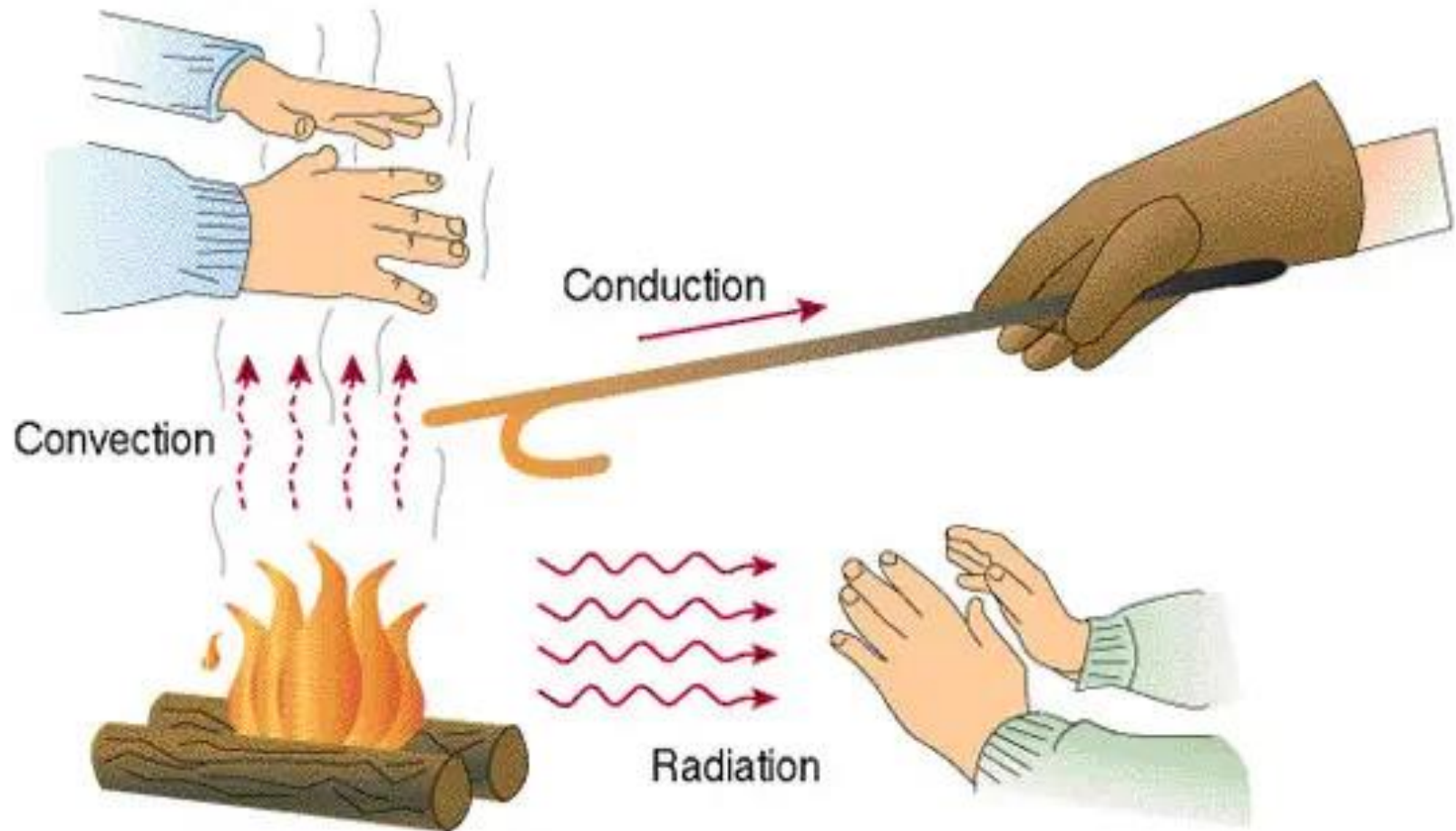
Flujo geotérmico en la tierra, en MW/m<sup>2</sup>, desde el interior a la superficie



Fuente: J. H. Davies y D. R. Davies (2010).  
Earth's surface heat flux. *Solid Earth*, 1(1), 5-24.

# La transferencia de calor

La energía geotérmica se transfiere hacia el exterior del planeta en forma de calor por conducción, por radiación y por convección.



## Por conducción

---

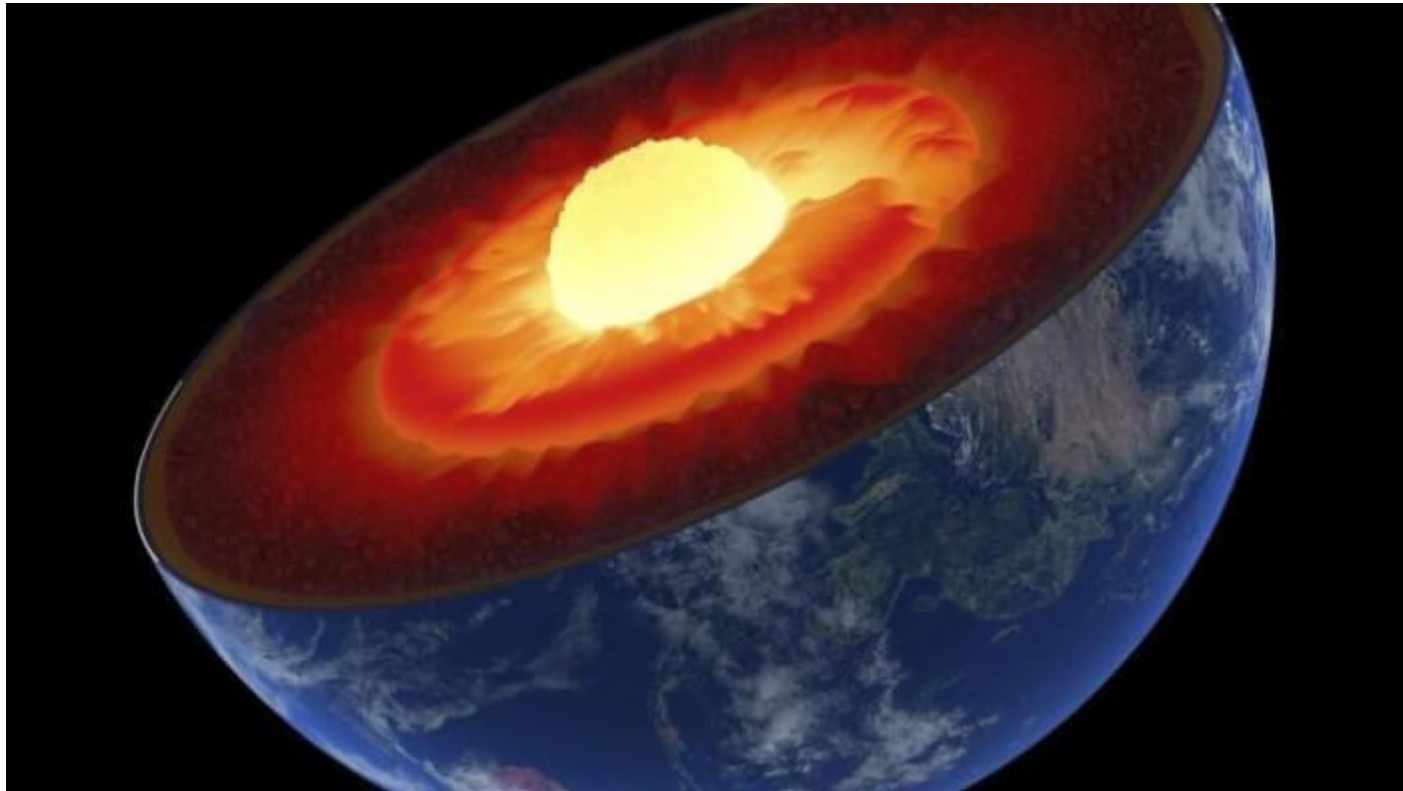
Aunque los materiales terrestres son malos conductores del calor, una pequeña cantidad del calor del interior de la Tierra se transmite a través de sus moléculas desde el interior de la geosfera hasta el exterior.



## Por radiación

---

Como cualquier cuerpo caliente, la Tierra emite calor al espacio en forma de radiaciones infrarrojas que se pueden detectar en el exterior mediante los equipos adecuados.

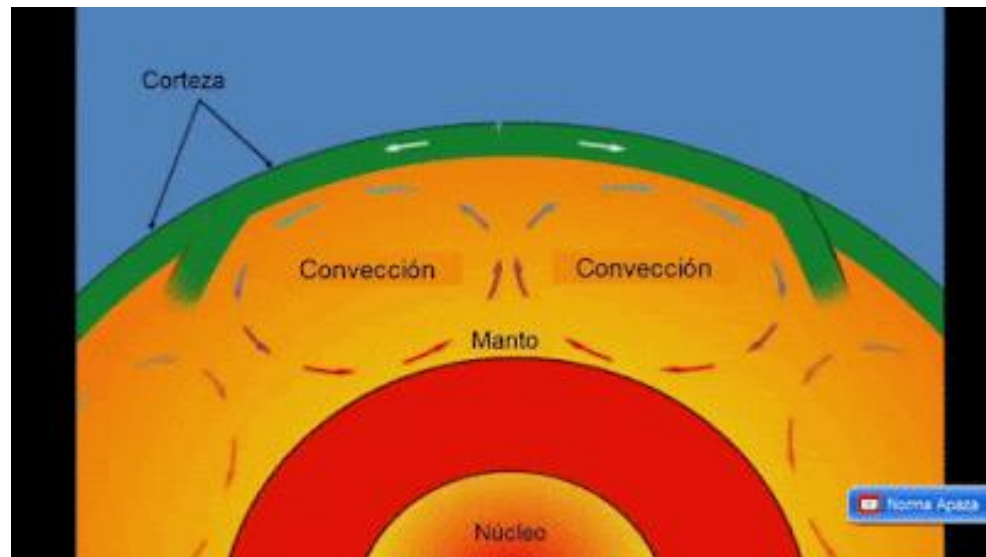


## Por convección

La naturaleza plástica de los materiales del manto permite que, en su seno, se produzcan lentísimos movimientos cíclicos ascendentes y descendentes de materiales, denominados **corrientes de convección** y que funcionan del modo que se explica a continuación:

- Los materiales más profundos del manto, que están en contacto con las elevadas temperaturas del núcleo, se calientan y su densidad disminuye, por lo que ascienden hacia la superficie.
- Al mismo tiempo, en las regiones más superficiales, las rocas de la litosfera y el manto superior, más frías y densas, descienden a regiones más profundas.

En la actualidad, se considera que estas corrientes de convección que experimentan los materiales plásticos del manto son las principales responsables de la dinámica de la Tierra.



# 2.3

## El descubrimiento de la dinámica terrestre

Hasta el siglo xix, las mismas **teorías fijistas** que en biología se oponían a que los seres vivos hubieran experimentado cambios evolutivos determinaban que la disposición de los continentes y los océanos, así como el relieve de la superficie terrestre, nunca habían variado a lo largo de la historia geológica de la Tierra.

Pero las pruebas aportadas por la geología comenzaron a cambiar esta forma de pensamiento y, en la actualidad, la ciencia de la geología puede demostrar que la geosfera es dinámica, que ha cambiado a lo largo del tiempo y que continúa haciéndolo.



Los continentes han permanecido siempre fijos en las mismas posiciones que ocupan en la actualidad



## Las primeras ideas movilizadas

Entre los siglos XVII y XIX, surgen las primeras ideas movilizadas sobre la geosfera. Naturalistas de esa época se cuestionaron si era casual el hecho de que las costas de Sudamérica y África encajasen casi a la perfección (como si hubieran estado unidas en algún momento y se hubieran roto y separado). Tomando en cuenta estas ideas, Frank Taylor propuso, en 1910, la primera hipótesis movilizada de los continentes. Sugirió que algunas grandes cordilleras, como los Andes, podrían ser el resultado de las enormes fuerzas derivadas de esos movimientos continentales. Lamentablemente, Taylor no disponía de pruebas suficientes.



## La hipótesis de la deriva continental

Algunos años después, el meteorólogo alemán Alfred Wegener, en base a sus observaciones y a la recopilación de datos de otras investigaciones, publicó en 1915 el libro *El origen de los continentes y los océanos*. En él propuso su famosa **hipótesis de la deriva continental**, que establecía que hubo un único continente en el pasado, Pangea, que se fragmentó en nuevos continentes que se desplazaron sobre el fondo oceánico, cambiando la geografía y creando el relieve de las tierras emergidas. Wegener sí aportó pruebas que apoyaban sus afirmaciones, pero no pudo demostrar la causa de esos desplazamientos.



Propuesta de Wegener sobre el movimiento de los continentes desde que estuvieron agrupados formando Pangea hasta la actualidad.

A. Wegener (1880-1930), meteorólogo alemán, desarrolló en Groenlandia parte de su investigación, centrada en el estudio de las capas altas de la atmósfera. Gracias a algunas de las mediciones que realizó allí, creyó comprobar que esta enorme isla y Europa se alejaban. Consultando mapas del siglo XIX, concluyó que París y Washington se separaban y San Diego y Shanghái se acercaban, lo que certificaba que los continentes se movían.

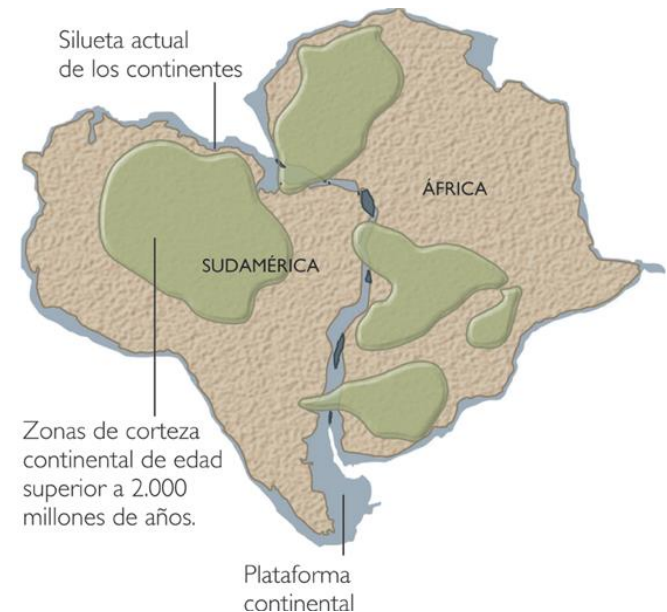
# 2.4

## La pruebas de Wegener

La hipótesis que planteó Wegener se basaba en pruebas que fue recopilando por todo el mundo. Las principales son las siguientes:

### Pruebas geográficas

Wegener aportó cartografía precisa en la que se podía comprobar que las líneas de las costas de muchos continentes actuales encajan como si de un puzle se tratara. Las imperfecciones en el ajuste se explican teniendo en cuenta la erosión del litoral y los cambios en el nivel del mar. El encaje mejora si se tienen en cuenta los límites de la plataforma continental, en lugar de las costas.



Zonas en las que encajan los actuales continentes. En azul, sus plataformas continentales.

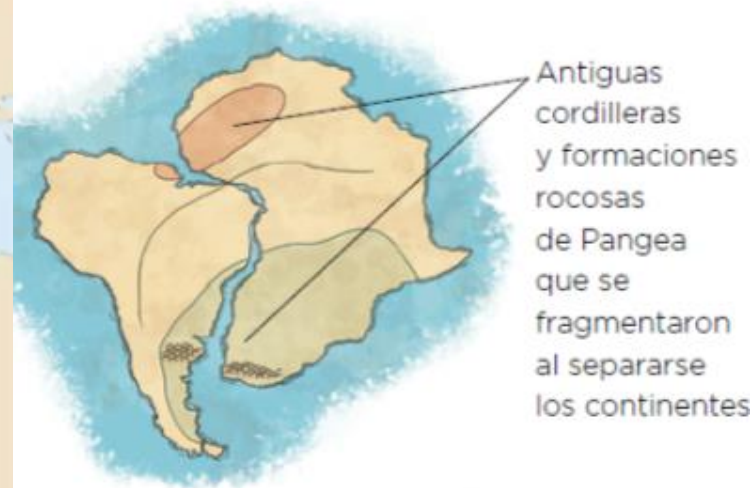


## Pruebas geológicas

Algunas cadenas montañosas forman una unidad si se juntan todos los continentes. Esto sucede con los Apalaches (Norteamérica), las Caledonias (Europa) y las Mauritanides (África).

Del mismo modo, algunos macizos rocosos formados juntos, como los viejos granitos de África y Brasil, aparecen separados en la actualidad.

- Alineación de cadenas montañosas muy separadas en la actualidad (Apalaches en Norteamérica y cadenas montañosas de Escocia y Escandinavia).



Antiguas cordilleras y formaciones rocosas de Pangea que se fragmentaron al separarse los continentes

## Pruebas paleoclimáticas

---

Algunas rocas sedimentarias solo se forman bajo determinadas condiciones climáticas, como las tillitas, que son exclusivas del clima glacial. La distribución de estas rocas es dispersa en la actualidad, pero, si se unen los continentes, estas rocas se disponen en lo que serían las zonas polares de un pasado remoto.

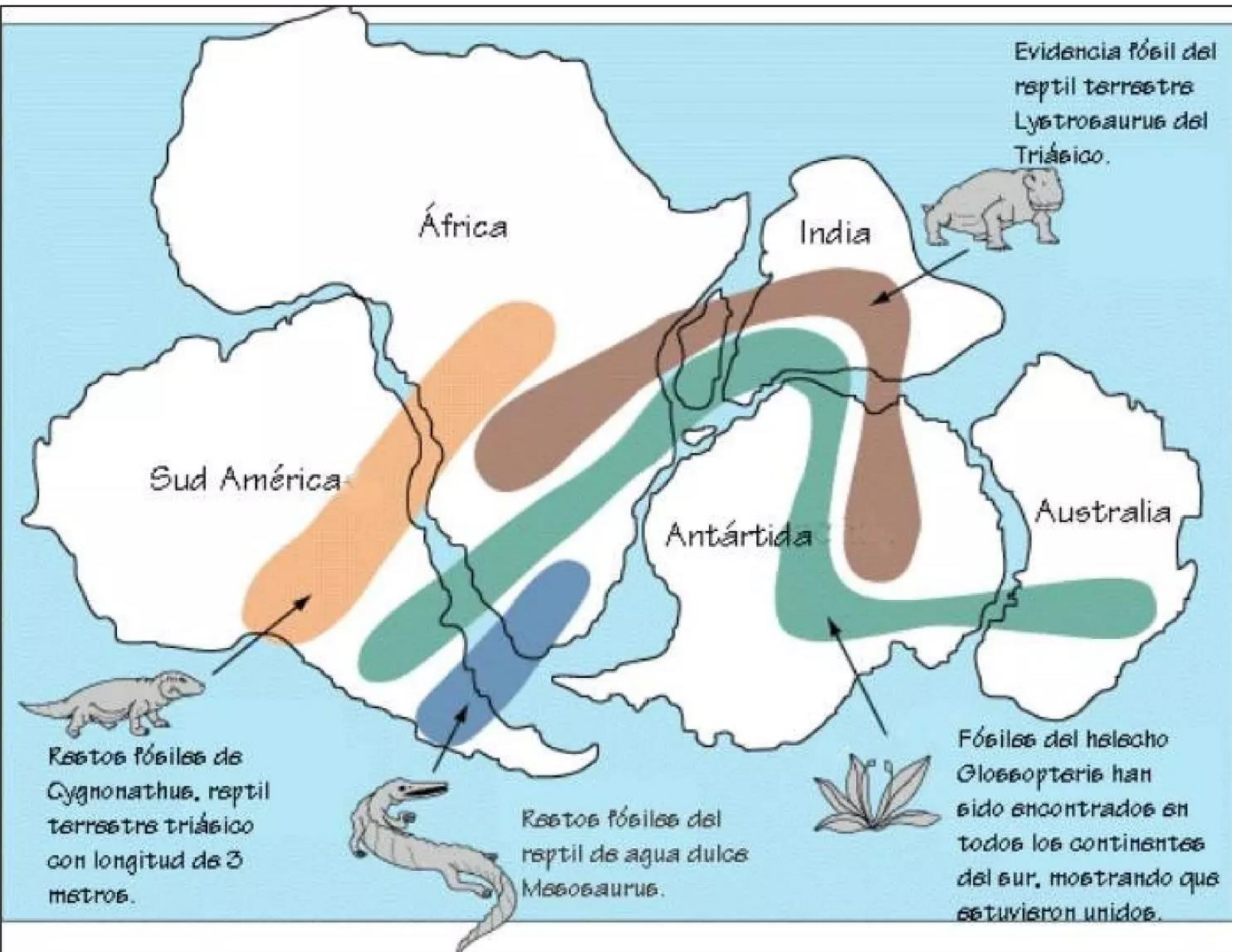
Tillitas  
de un antiguo  
casquete polar  
situado sobre Pangea.



## Pruebas paleontológicas

La coincidencia en la distribución de algunos fósiles de la misma especie y edad en continentes actualmente alejados sugiere que estos estaban unidos cuando vivió ese organismo. Por ejemplo, el reptil acuático llamado *Mesosaurus* habitó los ríos de una antigua región del supercontinente Pangea, que hoy está separada en Sudamérica y Sudáfrica. Sus fósiles se han encontrado en rocas de origen fluvial de estos dos continentes.







# 2.5

## Nuevas pruebas. El fondo oceánico

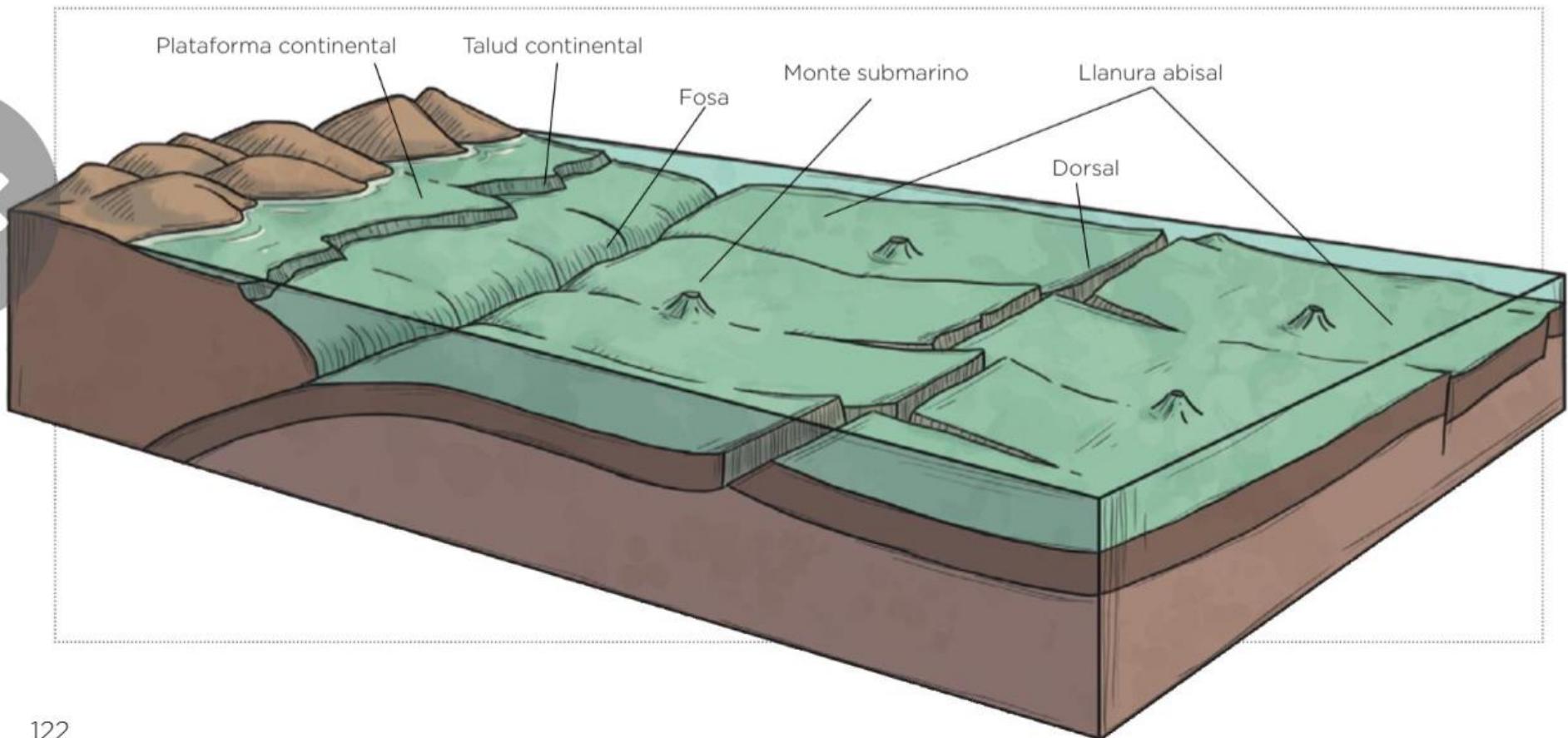
Con el desarrollo de las nuevas tecnologías de exploración de los fondos oceánicos, como el sonar y el radar, aparecen nuevas evidencias de que la geosfera es dinámica. Así, al estudiar el fondo de los océanos se descubrió un relieve con estructuras muy características:

### Los márgenes continentales

---

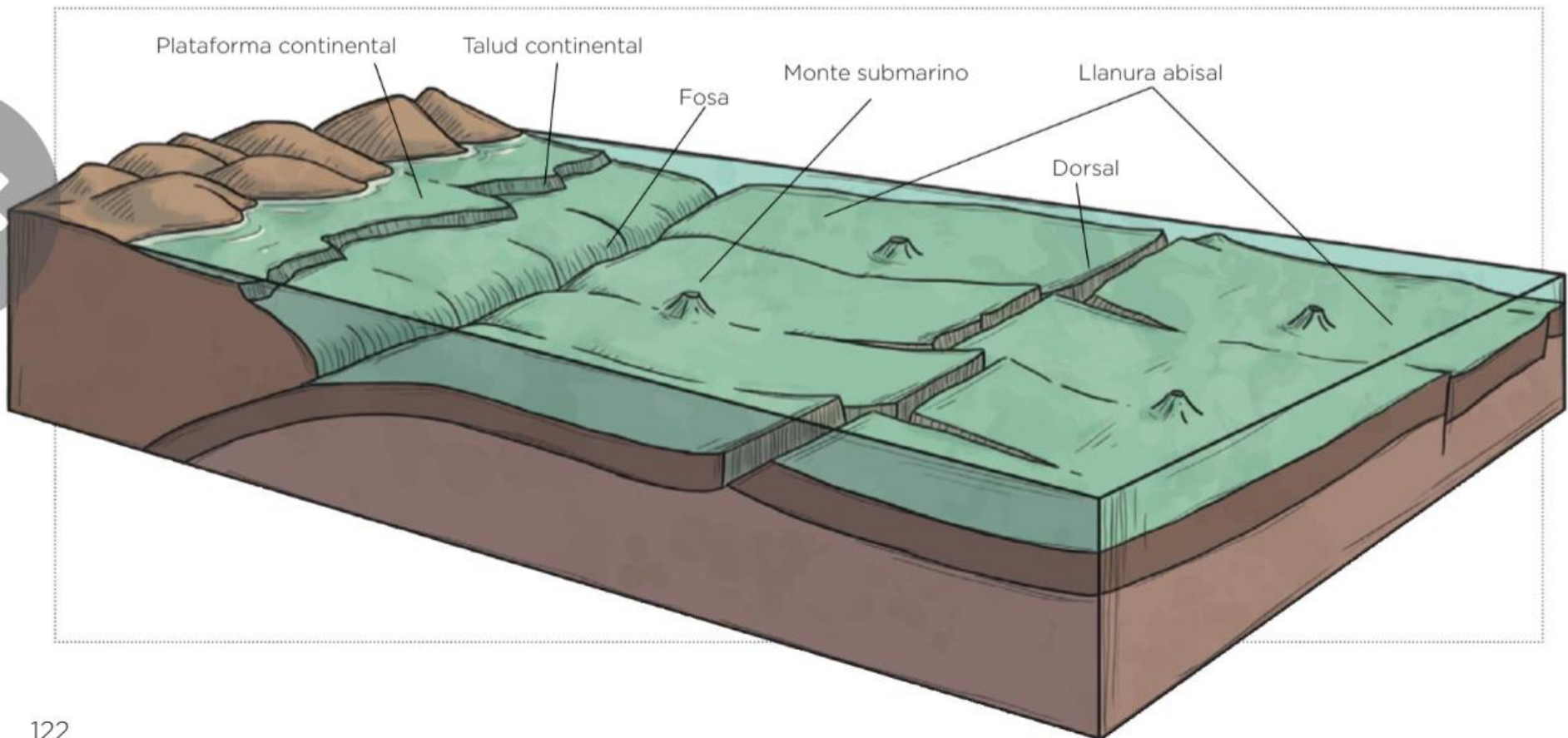
Son las zonas sumergidas que bordean los continentes. En ellos se diferencian dos partes:

- La **plataforma continental**. Es la parte sumergida del continente. Está formada por corteza continental y alcanza una profundidad media de 200 metros. Se caracteriza por su suave pendiente.
- El **talud continental**. Es la zona de transición entre las cortezas continental y oceánica. Su pendiente es muy pronunciada y desciende hasta unos 4 000 metros de profundidad. Presenta cañones submarinos por los que se deslizan corrientes de sedimentos.



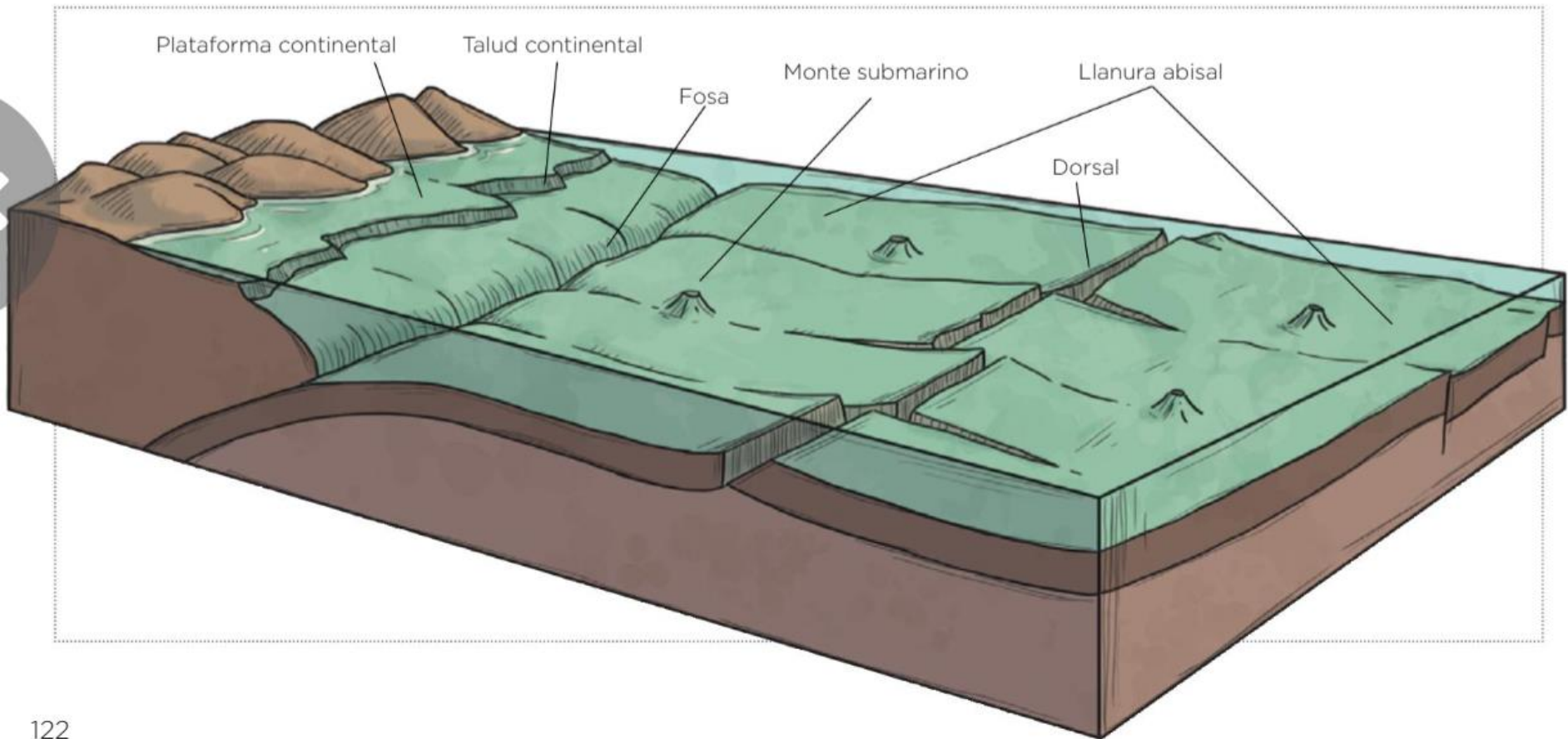
## Las llanuras abisales

Son las grandes planicies que ocupan la mayor parte del fondo de los océanos. Su profundidad oscila entre los 2 000 y los 5 000 metros y están salpicadas de pequeños volcanes y montes submarinos. En algunas zonas hay depresiones estrechas y alargadas, de hasta 11 km de profundidad, llamadas fosas oceánicas.



## Las dorsales

Son elevaciones semejantes a grandes cordilleras, de origen volcánico que recorren grandes extensiones de los fondos oceánicos. Su longitud es de decenas de miles de kilómetros y se elevan de 2 000 a 3 000 metros sobre las llanuras abisales. Presentan un rift o depresión central que las recorre en toda su longitud, así como numerosas fracturas transversales a dicho eje, que las dividen en



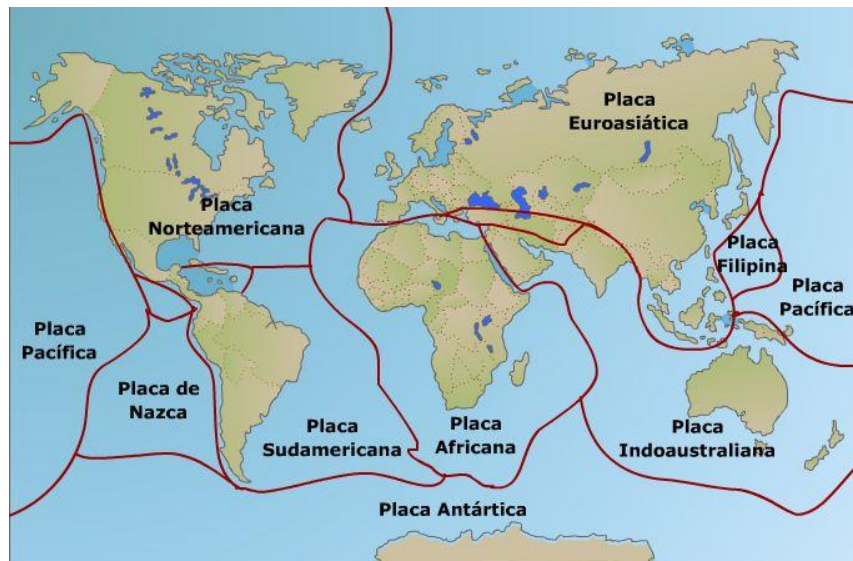
# 2.6

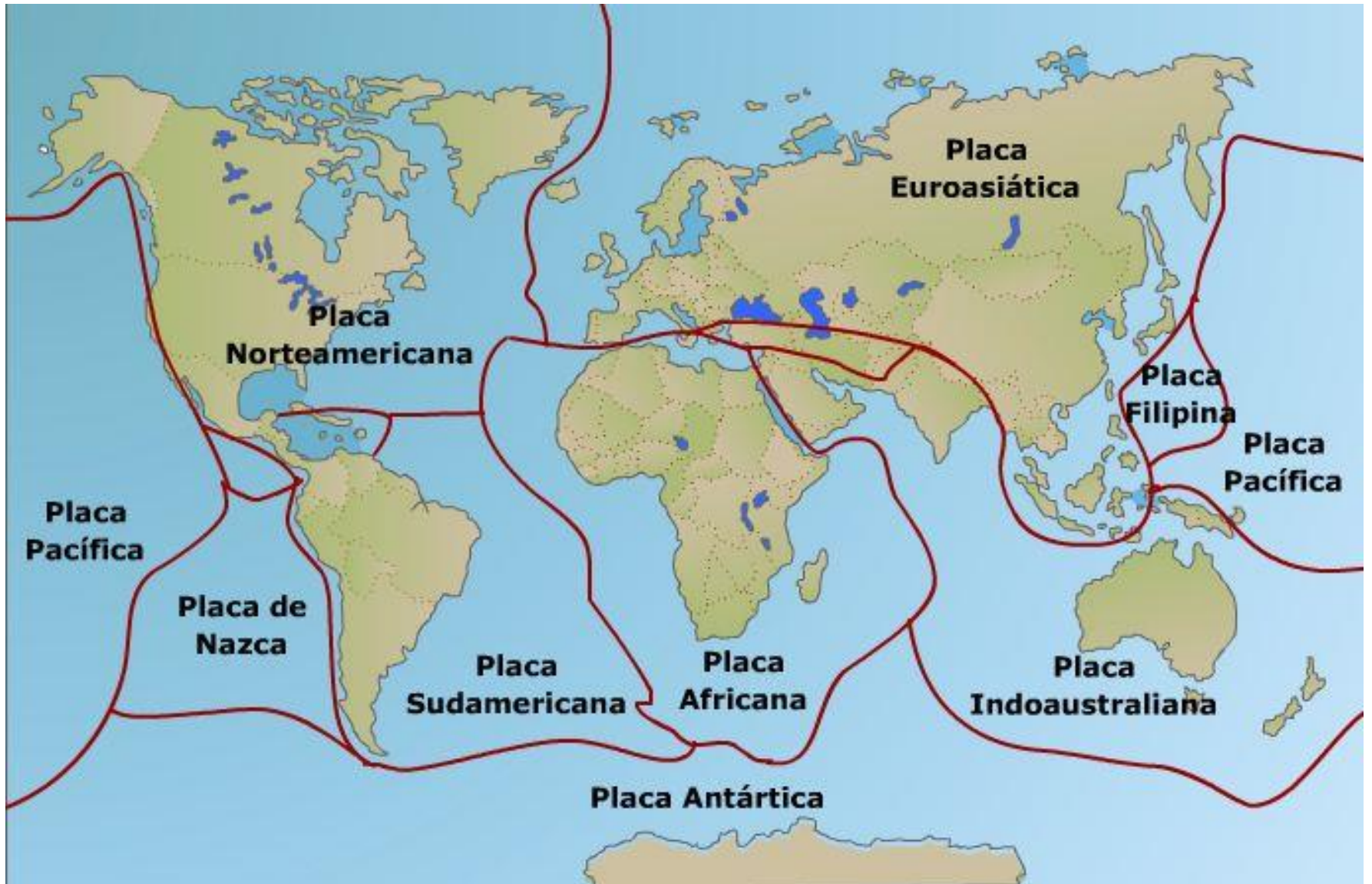
## Hacia una geosfera dinámica

Los datos procedentes de la cartografía del fondo oceánico fueron las evidencias que la geología necesitaba para replantearse la geosfera dinámica que Wegener no pudo acabar de demostrar.

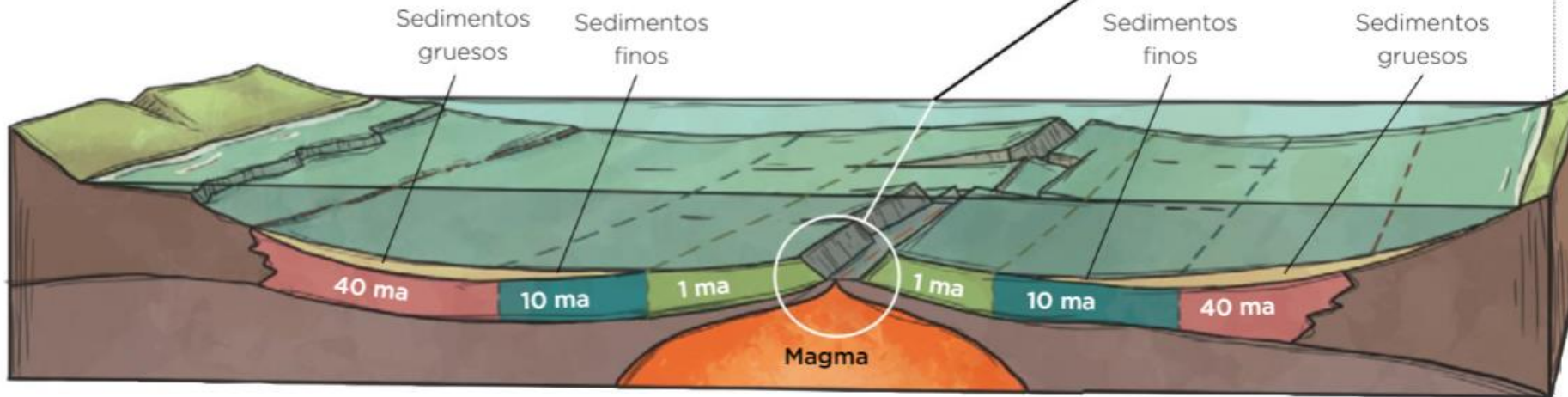
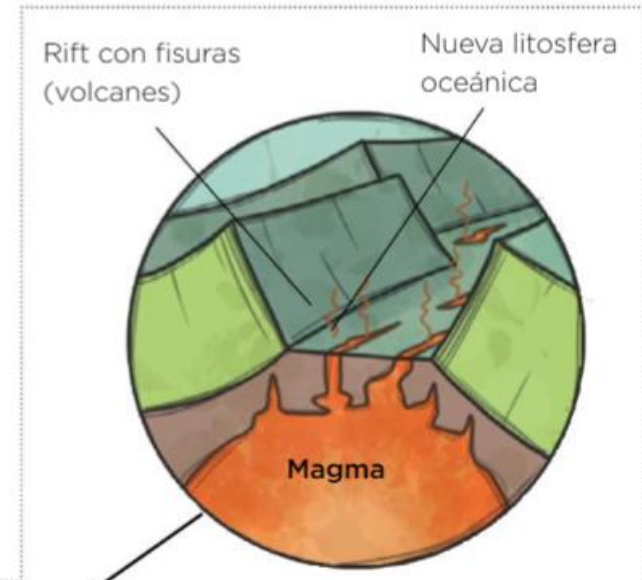
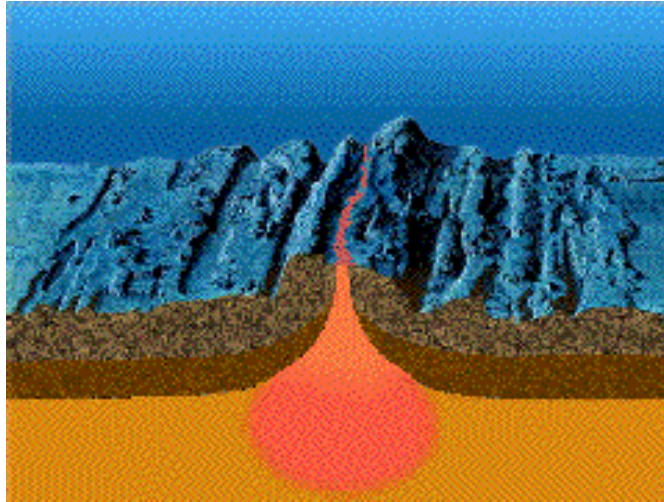
Para empezar, la ubicación de los principales elementos del relieve submarino, sobre todo las dorsales y las fosas oceánicas, sugería que **la litosfera no es una capa continua y rígida, sino que aparece fragmentada en grandes placas.**

Para empezar, la ubicación de los principales elementos del relieve submarino, sobre todo las dorsales y las fosas oceánicas, sugería que la litosfera no es una capa continua y rígida, sino que aparece fragmentada en grandes placas.

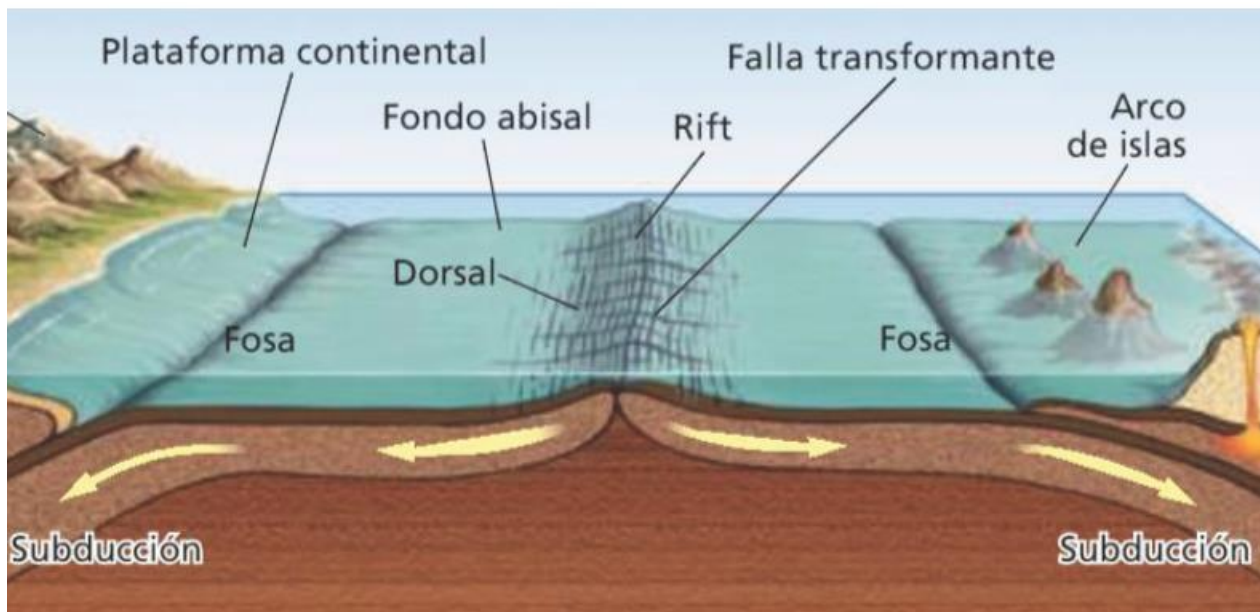
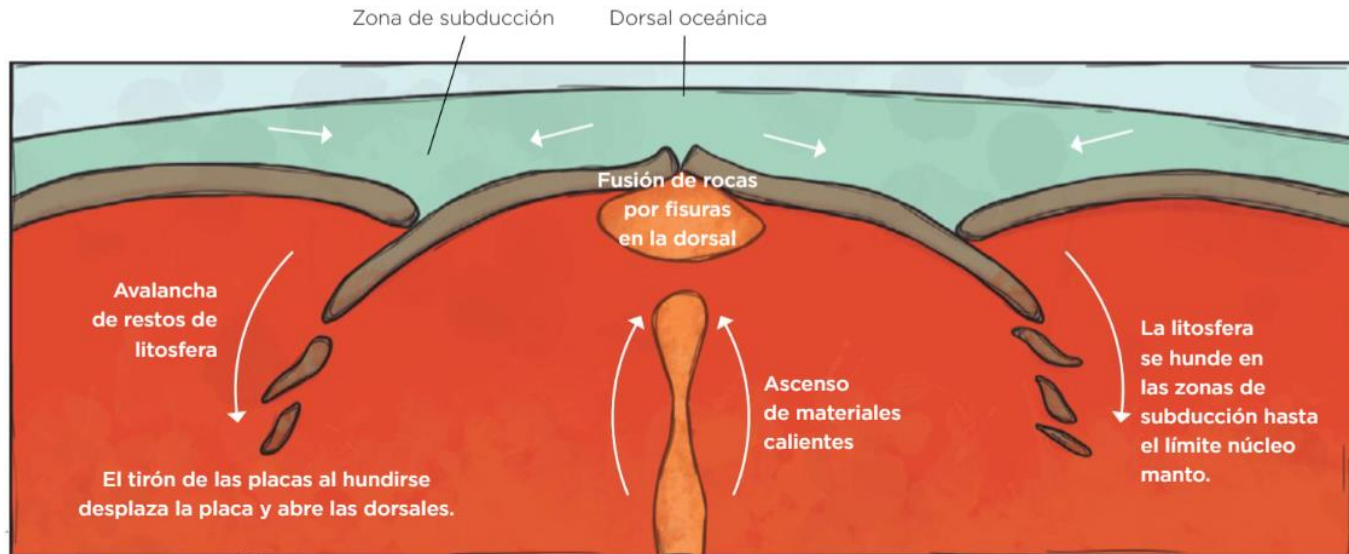




- **Las dorsales son zonas en las que constantemente se abren fisuras en la litosfera.** El magma emerge por su rift y se extiende a ambos lados, rellenando las fisuras y creando nueva litosfera oceánica.



- **La litosfera oceánica se destruye en las fosas oceánicas. Se hunde hacia las profundidades del manto y se funde en él.**



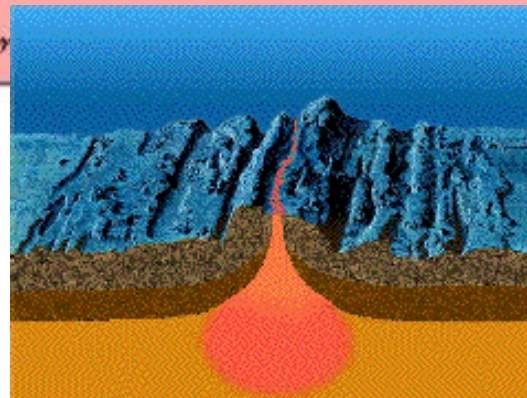
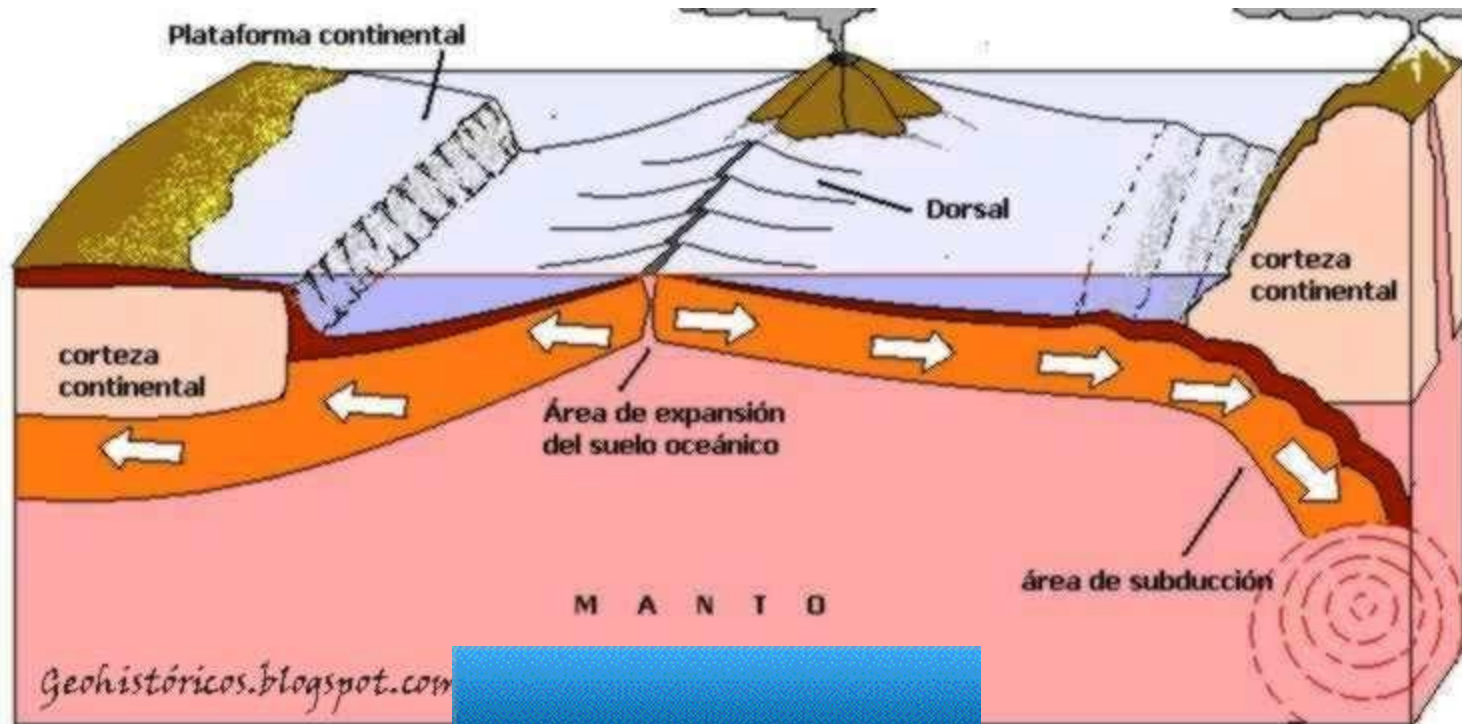


- **Los continentes se habrían movido junto con el fondo oceánico** debido a estos procesos de expansión y destrucción de la litosfera.

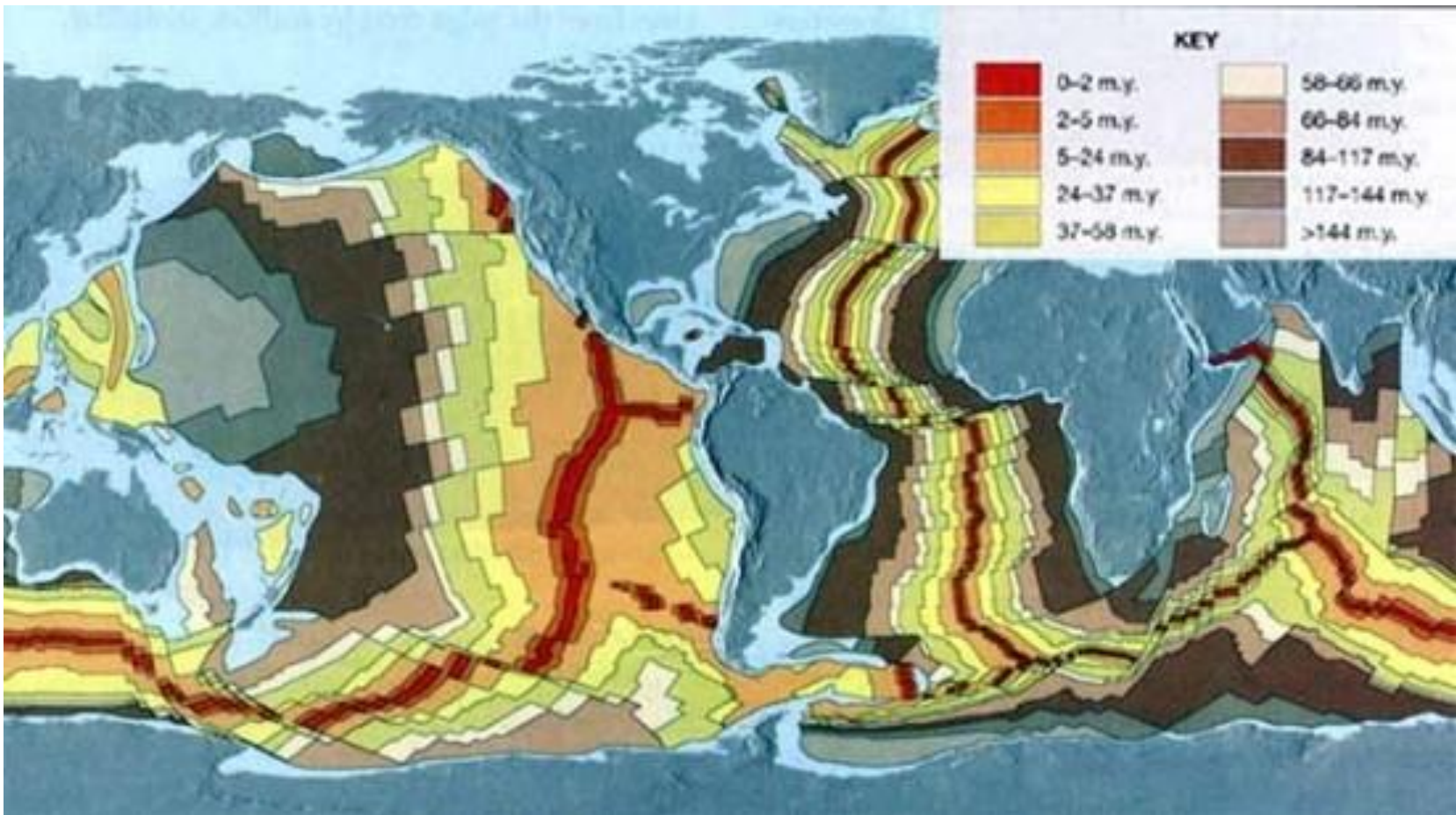
## Las pruebas de la expansión oceánica

En los fondos oceánicos se encontraron pruebas de esta hipótesis:

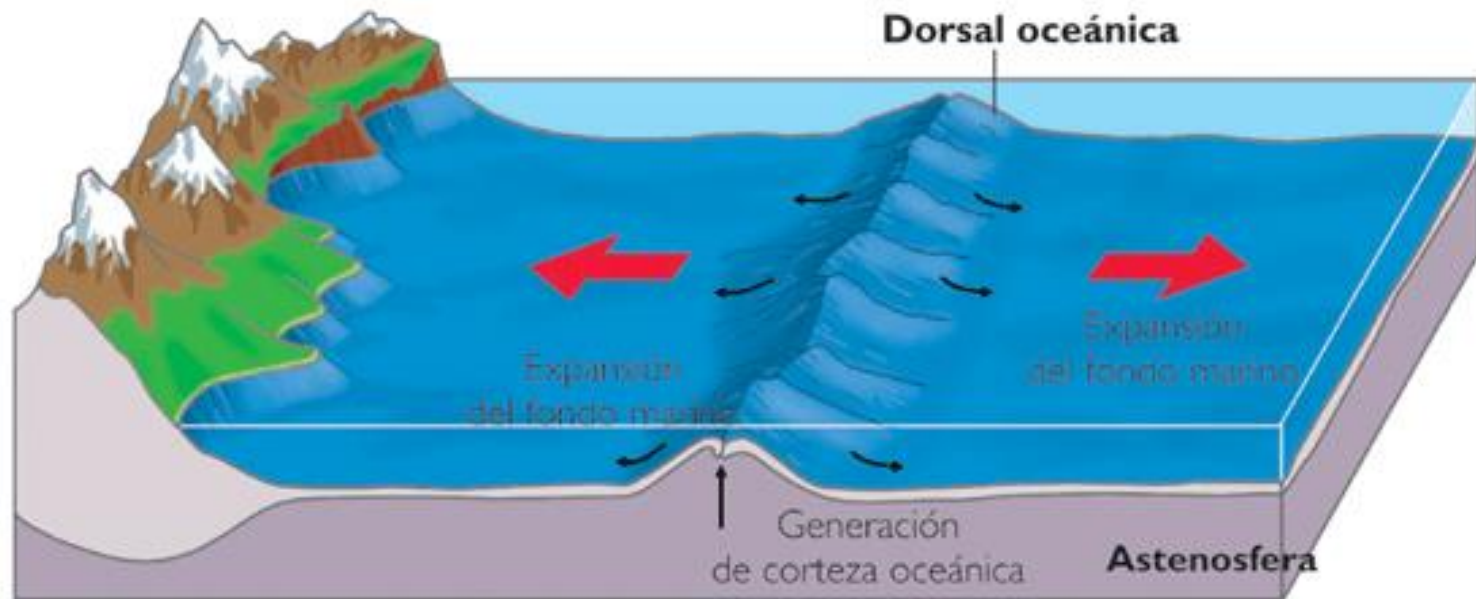
- Se observó que, en efecto, los ejes de las **dorsales** tienen alineaciones de volcanes submarinos por los que **aflora magma desde el manto**.



- Se midió la edad de muestras de rocas de la litosfera oceánica tomadas mediante sondeos. Se comprobó que estas rocas nunca superan los 200 millones de años de antigüedad, a diferencia de las de la litosfera continental, que pueden tener hasta 4500 millones de años. Además, se comprobó que la **edad de las rocas a ambos lados del eje de las dorsales es simétrica**: es mínima cerca del rift y aumenta a ambos lados a medida que nos alejamos de dicho eje.



- Por último, **la distribución de los sedimentos oceánicos también es compatible con una litosfera en continuo crecimiento** y renovación. Estos sedimentos son prácticamente inexistentes cerca del eje de la dorsal (en la litosfera recién formada) y aumentan su espesor en las zonas alejadas del eje y cercanas a los continentes.



Las abrumadoras pruebas de que la geosfera es una capa dinámica llevaron a la geología a precisar aún más las hipótesis movi listas y transformarlas en una teoría compatible con todos esos datos.

Así, en 1968 surge la **teoría de la tectónica de placas**.

## 3.1

### Una teoría global

3

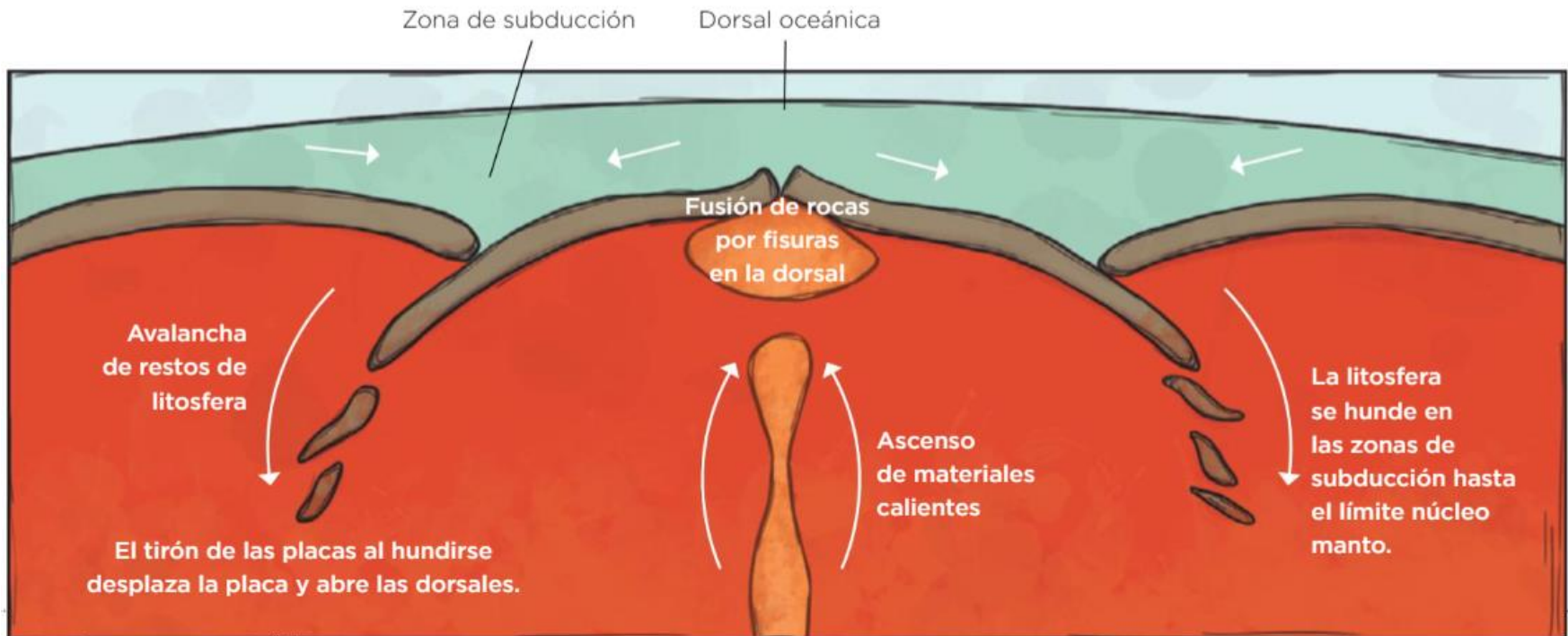
### La teoría de la tectónica de placas

La teoría de la tectónica de placas da un paso de gigante en la geología. Además de explicar los cambios en la distribución de los continentes y los océanos a lo largo de la historia de la Tierra, también determina las causas de los procesos geológicos responsables de la formación de las cordilleras, de la actividad volcánica, de los terremotos y de la formación y modelado de las rocas del terreno.

Las principales propuestas de la teoría de la tectónica de placas son las siguientes:

- **La litosfera es rígida y se encuentra fragmentada** en una serie de piezas llamadas **placas litosféricas** o **placas tectónicas**, que encajan entre sí como lo hacen las piezas de un puzle.
- **Las placas litosféricas son dinámicas**; se desplazan al moverse lentamente sobre el manto sublitosférico, que es plástico. Además, las placas cambian constantemente: **la litosfera oceánica se crea en las dorsales y se destruye al introducirse hacia el manto en las llamadas zonas de subducción**.

- **La causa del movimiento y de los cambios de las placas litosféricas es la dinámica interna de la geosfera**, con los ascensos de plumas de materiales calientes hacia la litosfera y con las avalanchas de restos de placas hacia el manto en las zonas de subducción.
- **La dinámica de las placas produce interacciones en sus bordes o límites**, lo que genera las fuerzas y los cambios de presión y temperatura que impulsan los **procesos geológicos**.



## 3.2

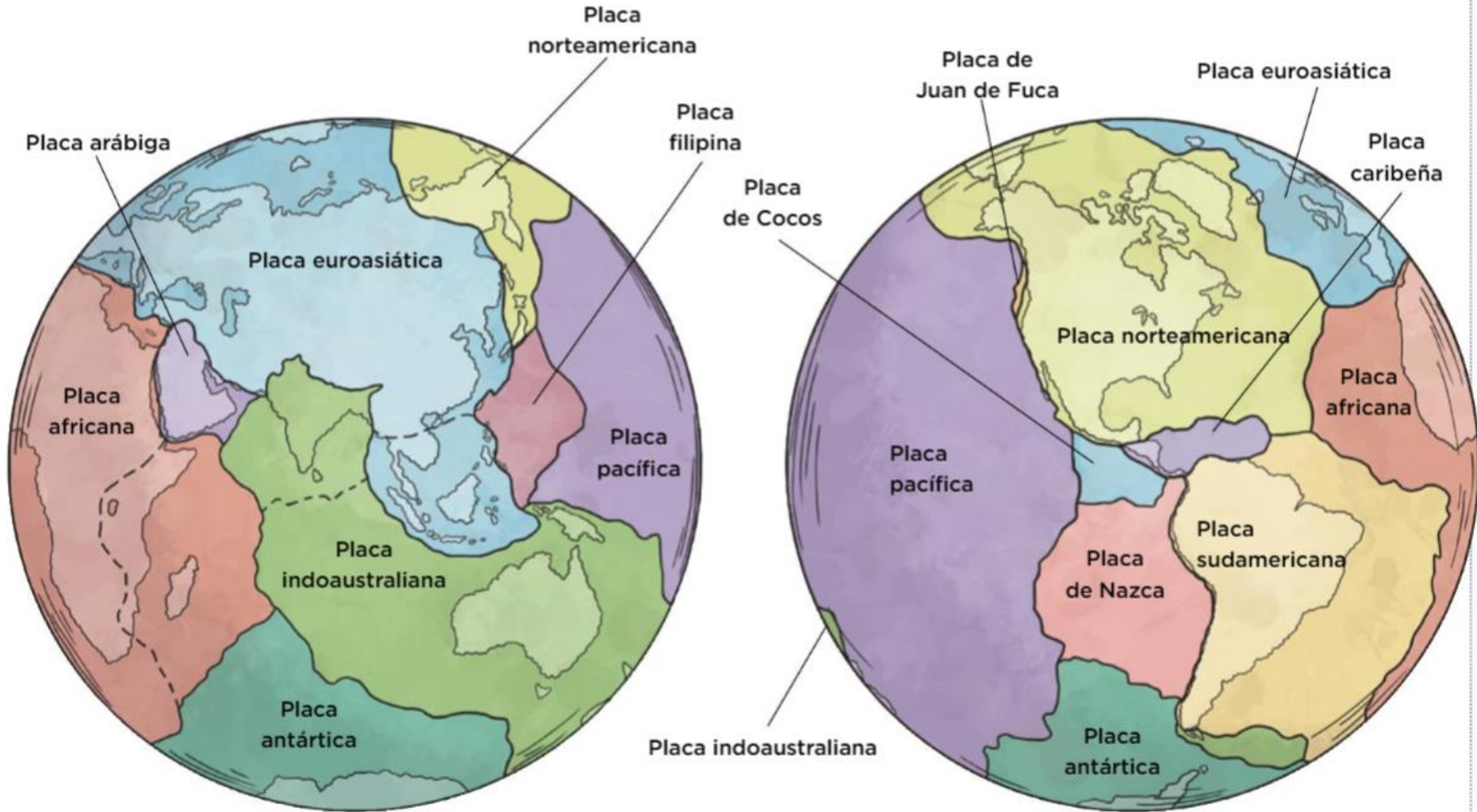
# Las placas litosféricas

La litosfera se divide en placas de tamaño variable. Los límites de estas placas coinciden con las principales estructuras del relieve terrestre, como las dorsales, algunas grandes cordilleras y las fosas.

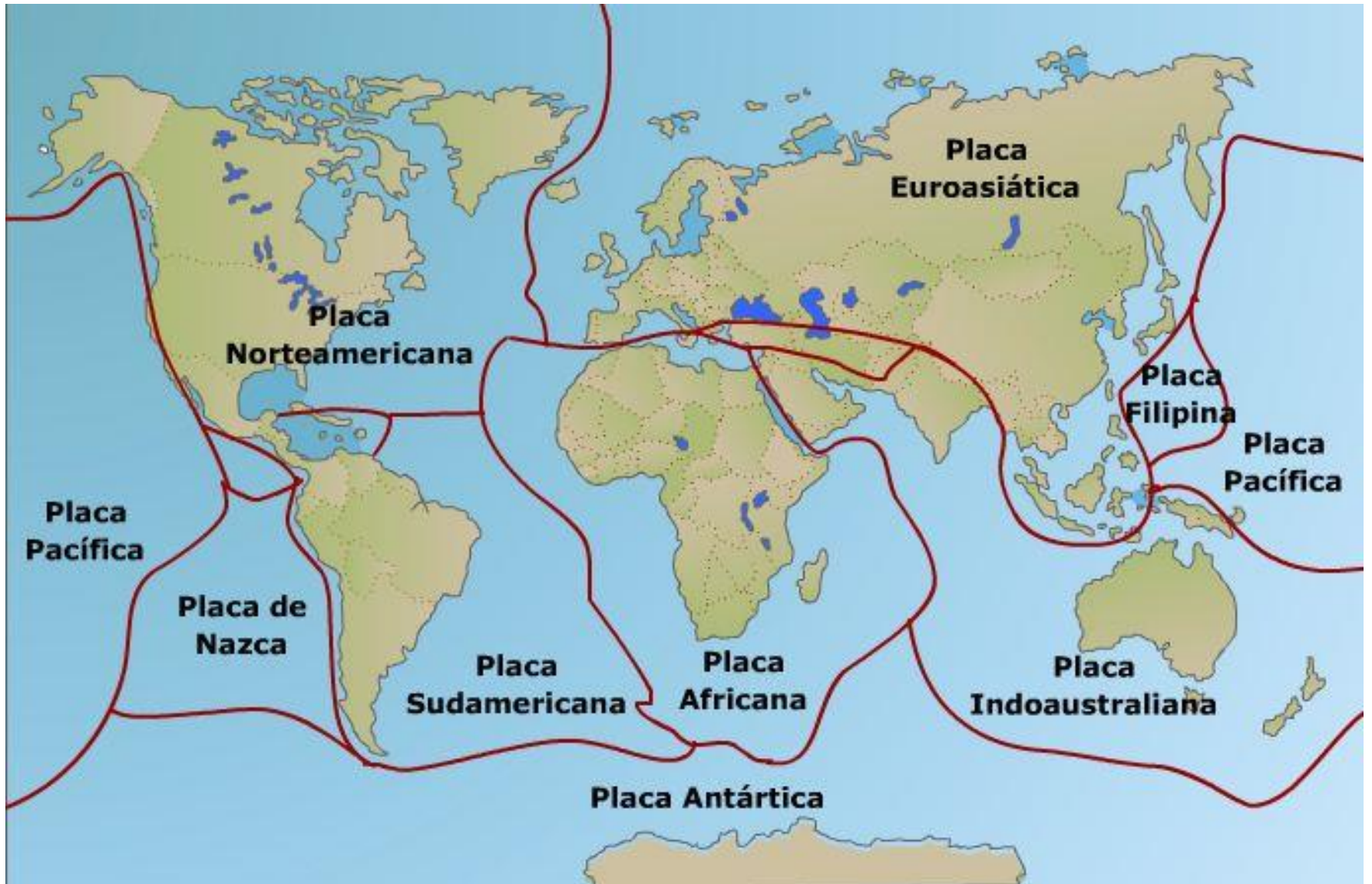
Hay siete grandes placas (la euroasiática, la africana, la indoaustro-aliana, la norteamericana, la sudamericana, la antártica y la pacífica), siete placas medianas (Caribe, Cocos, Nazca, Filipinas, arábica, Scotia y Juan de Fuca) y diversas microplacas (como la ibérica).

Estas placas pueden estar formadas solo por litosfera continental, como la placa arábica; solo por litosfera oceánica, como la placa pacífica o, lo que es más frecuente, por litosfera continental y oceánica, como la placa euroasiática.

## La distribución de las principales placas litosféricas







# 3.3

## Las interacciones entre placas

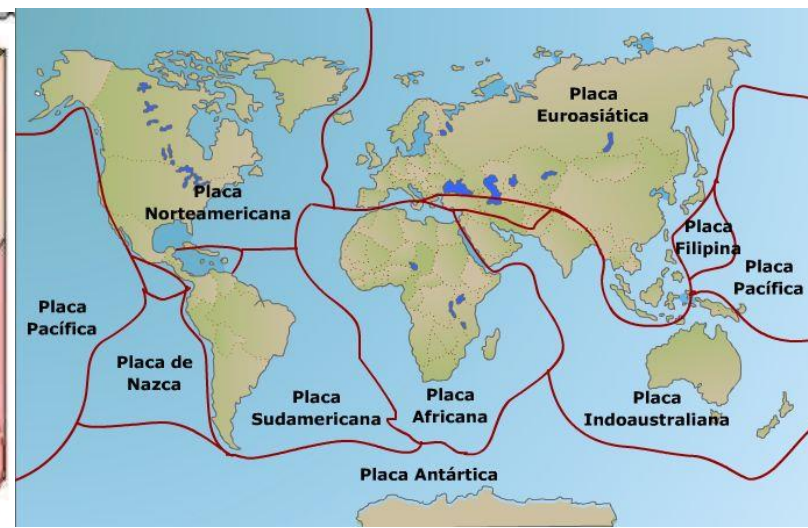
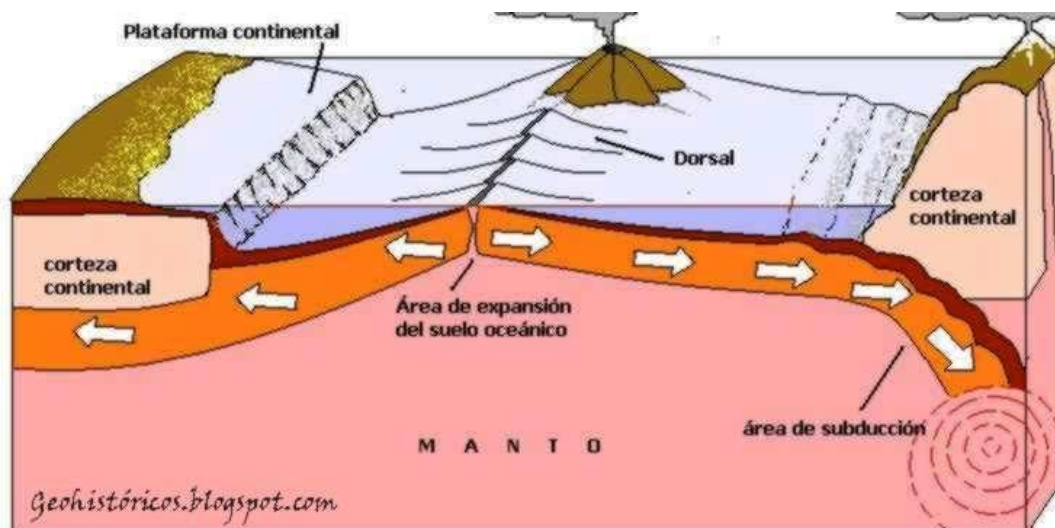
Las interacciones entre placas se producen en sus bordes, que pueden ser de tres tipos: divergentes, transformantes y convergentes.

### Los bordes divergentes

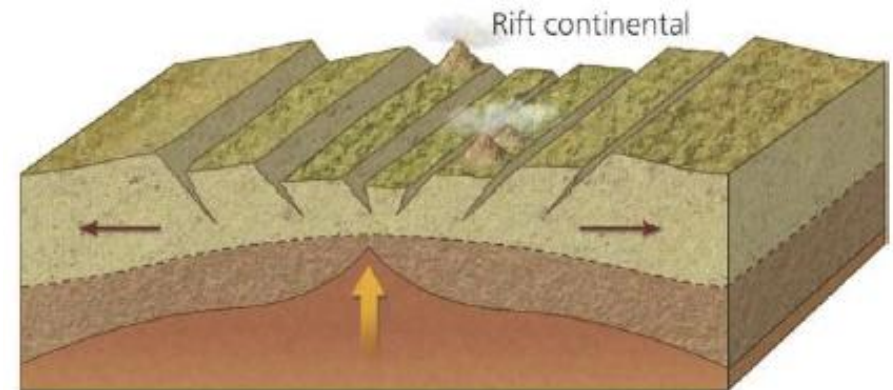
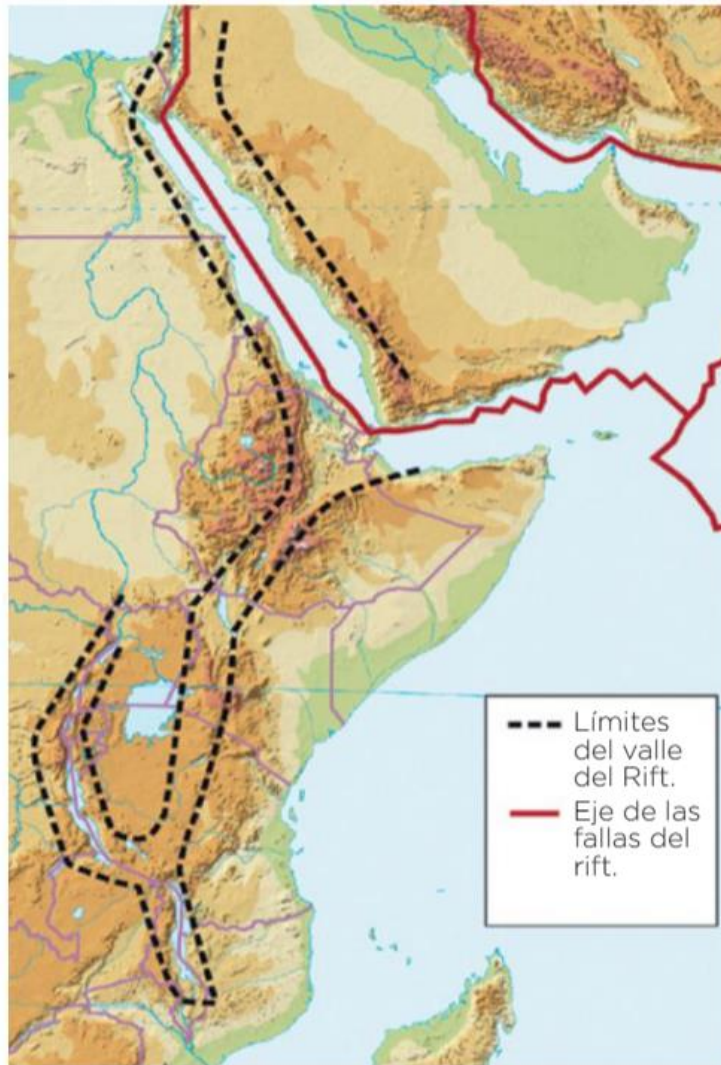
Son los bordes de placas litosféricas que **se separan**.

Esta situación se da en dos tipos de regiones:

- En las **dorsales oceánicas**, como la dorsal centroatlántica. En estos casos, las placas se separan a partir del eje de la dorsal.





- En los **rifts intracontinentales**, como el Gran Valle del Rift del este de África, que es una enorme depresión que coincide con la fractura que se está produciendo entre las dos placas que se separan.



El Gran Valle del Rift del este de África es un rift intracontinental.

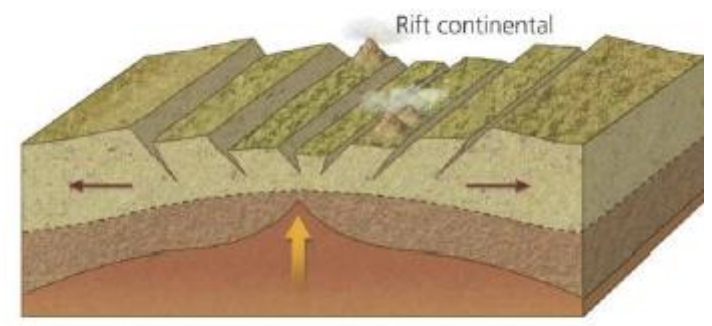
# La fractura de África

Las grandes grietas que van apareciendo en la zona de Kenia son una confirmación de la divergencia o separación que sufren la placa nubia y la somalí

-  Fisura o rift divergente entre dos placas
-  Volcán



El Cuerno de África, según los geólogos, terminará por separarse del continente como América del Sur se escindió de África hace 138 millones de años







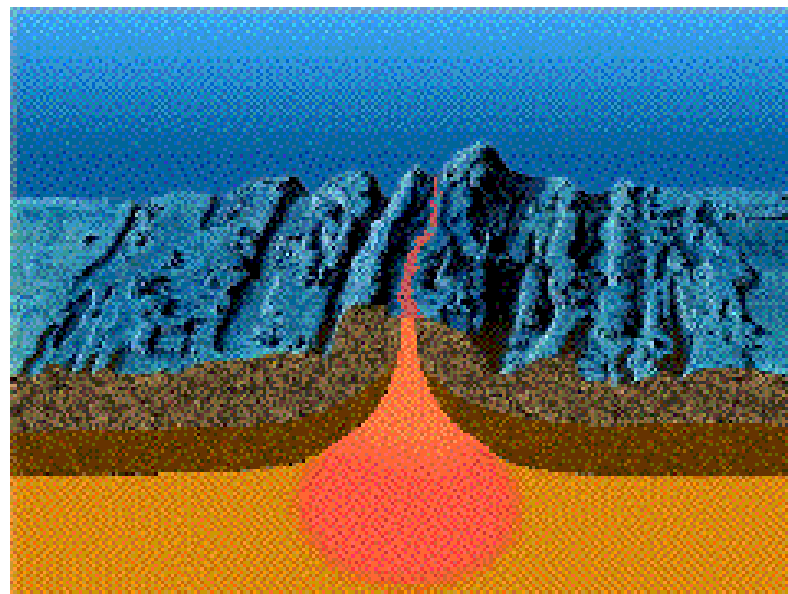
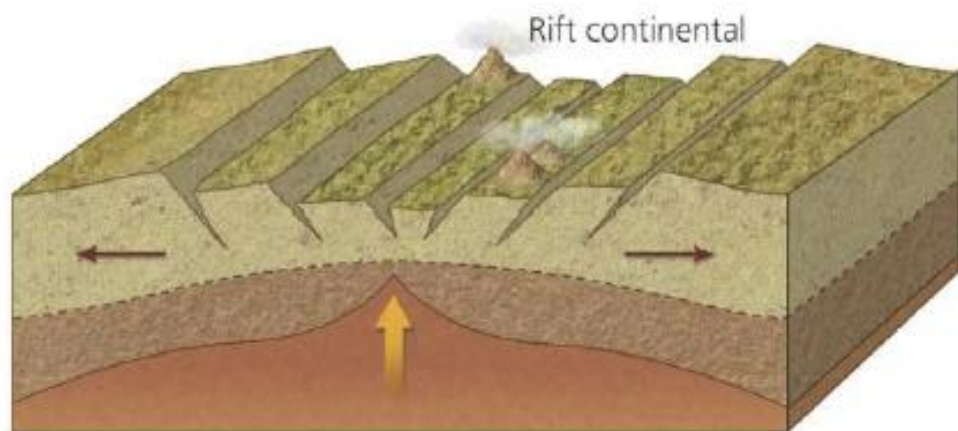




*Esta foto muestra el Gran Valle del Rift de África Oriental en Tanzania. (Foto de: Shutterstock)*



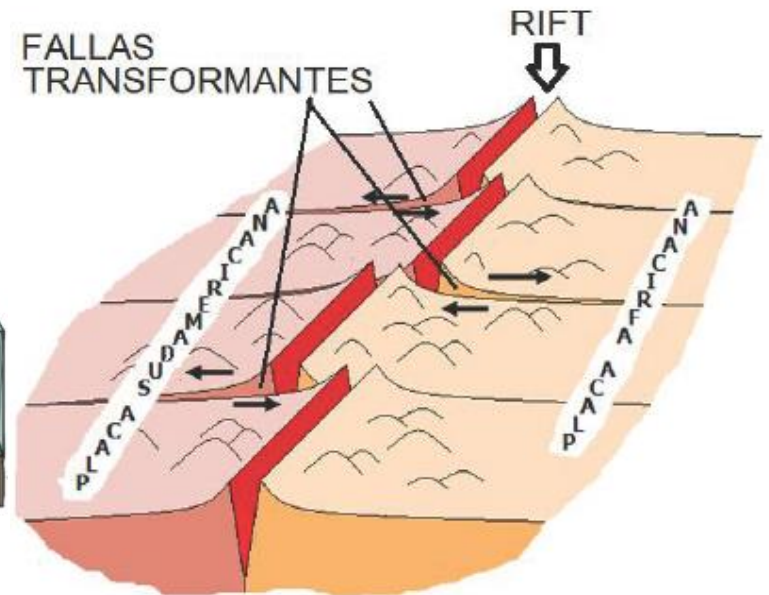
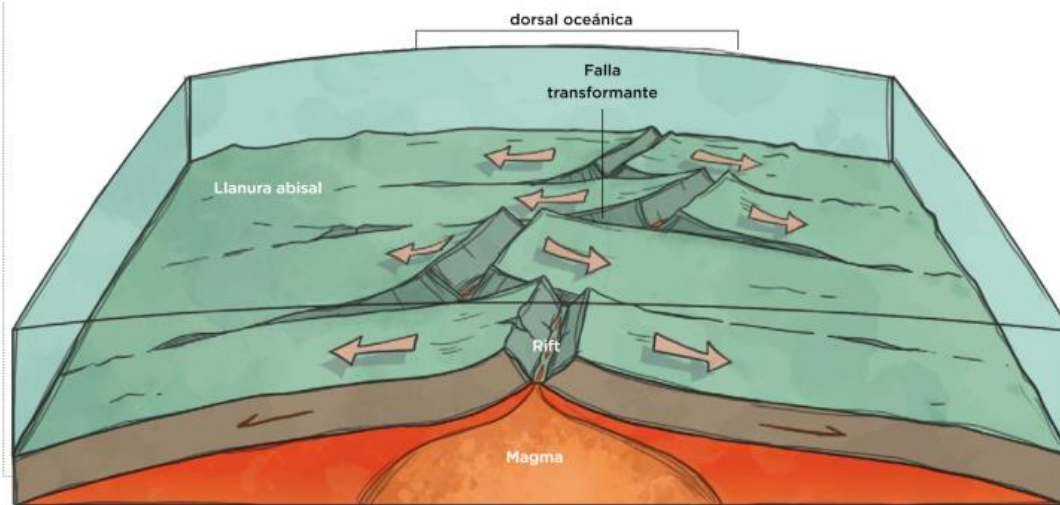
**Los bordes divergentes** se denominan **constructivos**, ya que en ellos se genera litosfera oceánica a partir de magmas procedentes del manto. El proceso es el siguiente: al separarse las placas, la litosfera entre ellas se fractura. Esta rotura produce una disminución de la presión en las rocas calientes del manto, que las funde y genera los magmas que salen al exterior a través de volcanes. De ahí que estos bordes se asocien a una intensa actividad magmática.

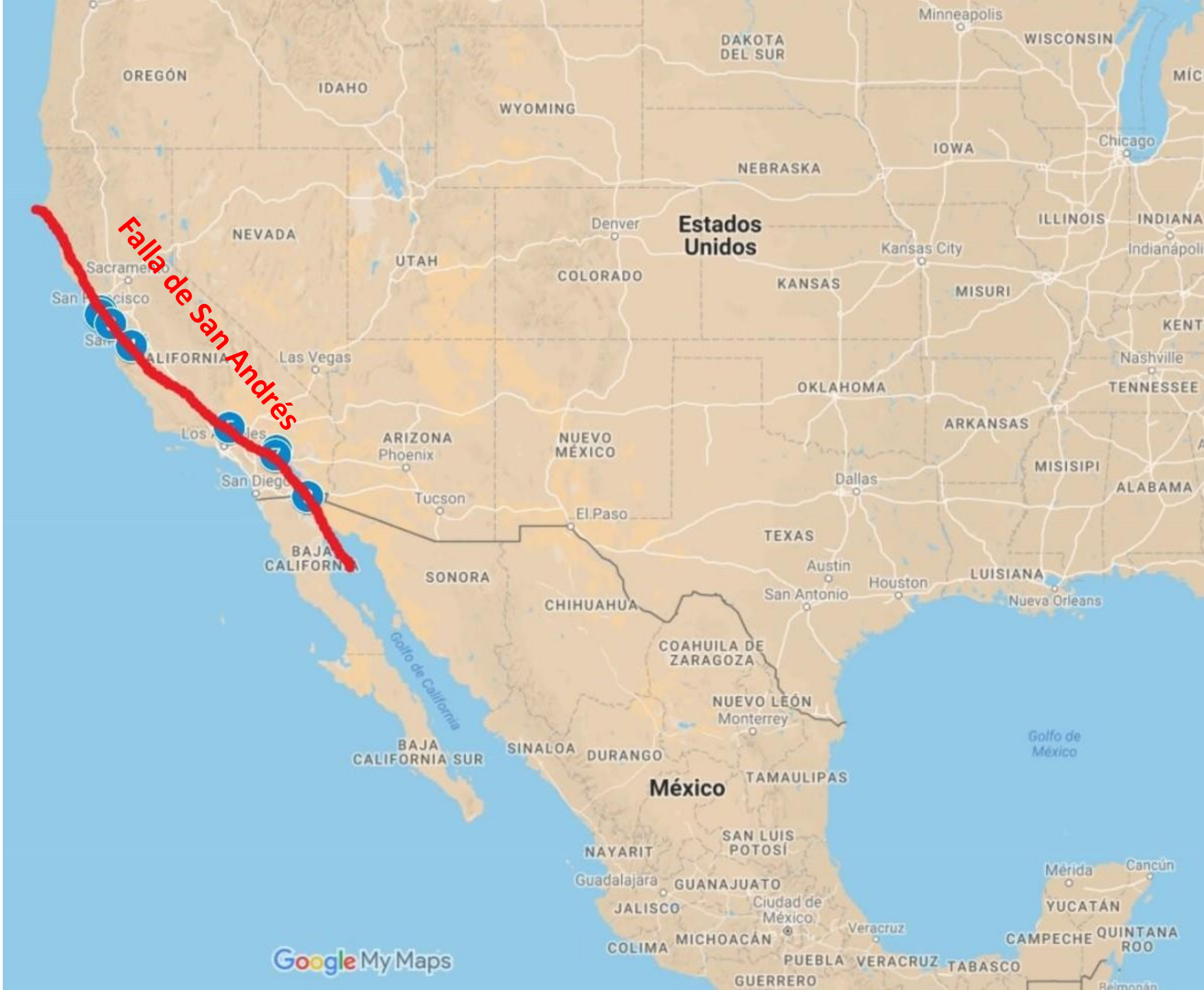


## Los bordes transformantes

Son los bordes de placas que **se mueven lateralmente** la una respecto de la otra. Esta situación se produce en las fallas transversales que dividen las dorsales en segmentos debido a que el ritmo de separación no es el mismo en todos los tramos de la dorsal. También ocurre en zonas como la falla de San Andrés en California.

El roce de estas placas produce grandes tensiones en las masas de roca que, a menudo, se liberan súbitamente y causan terremotos.

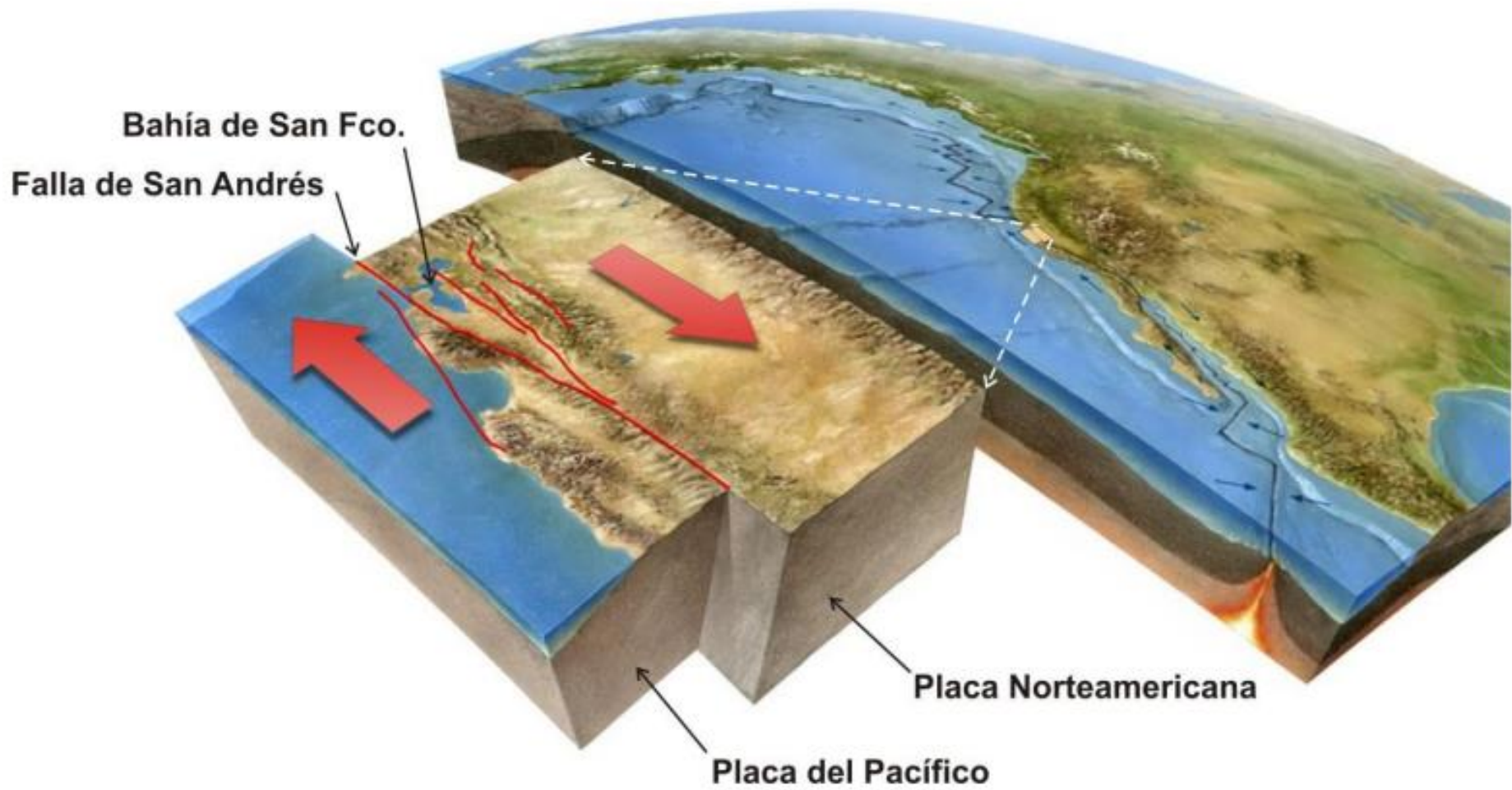




**Falla de San Andrés**

**Estados Unidos**

**México**

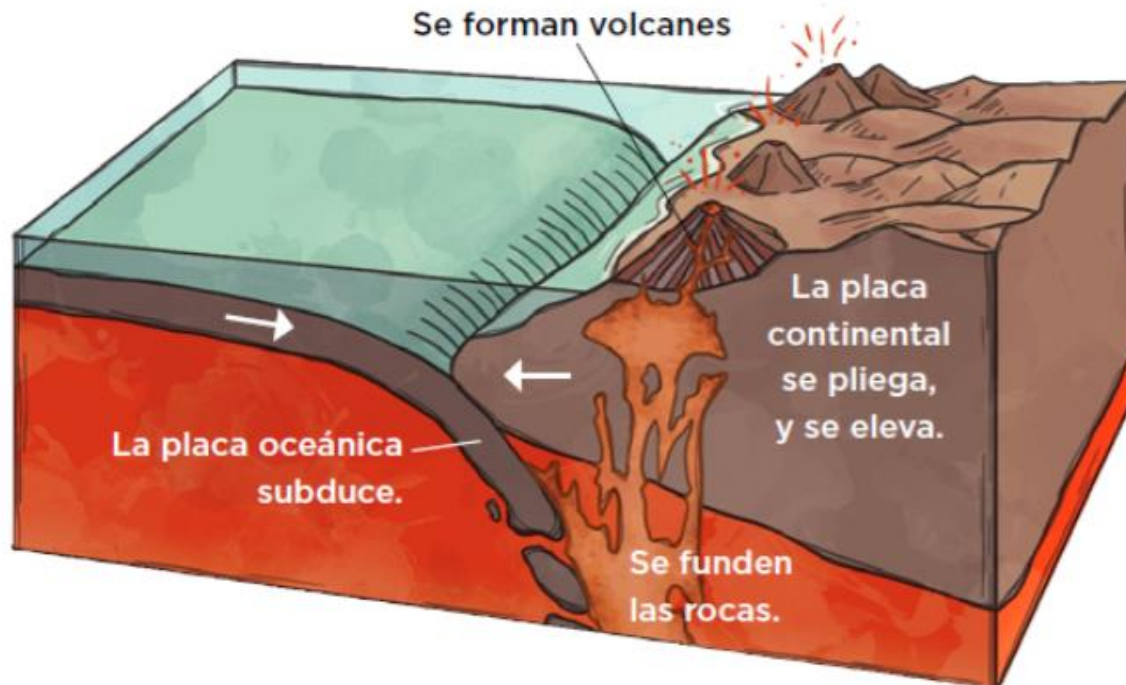


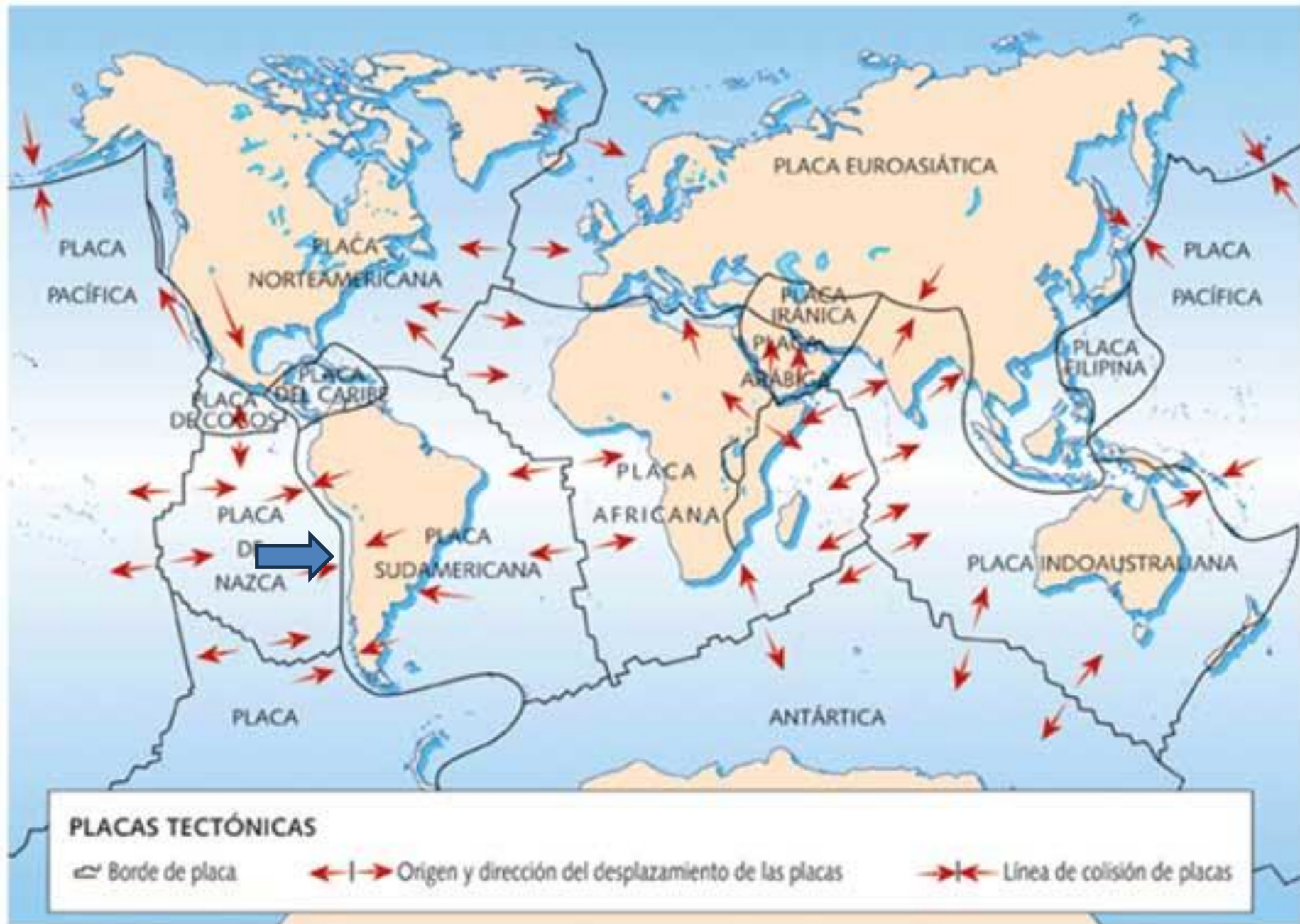
**Figura** : Esquema de la falla de San Andrés (EEUU).

## Los bordes convergentes

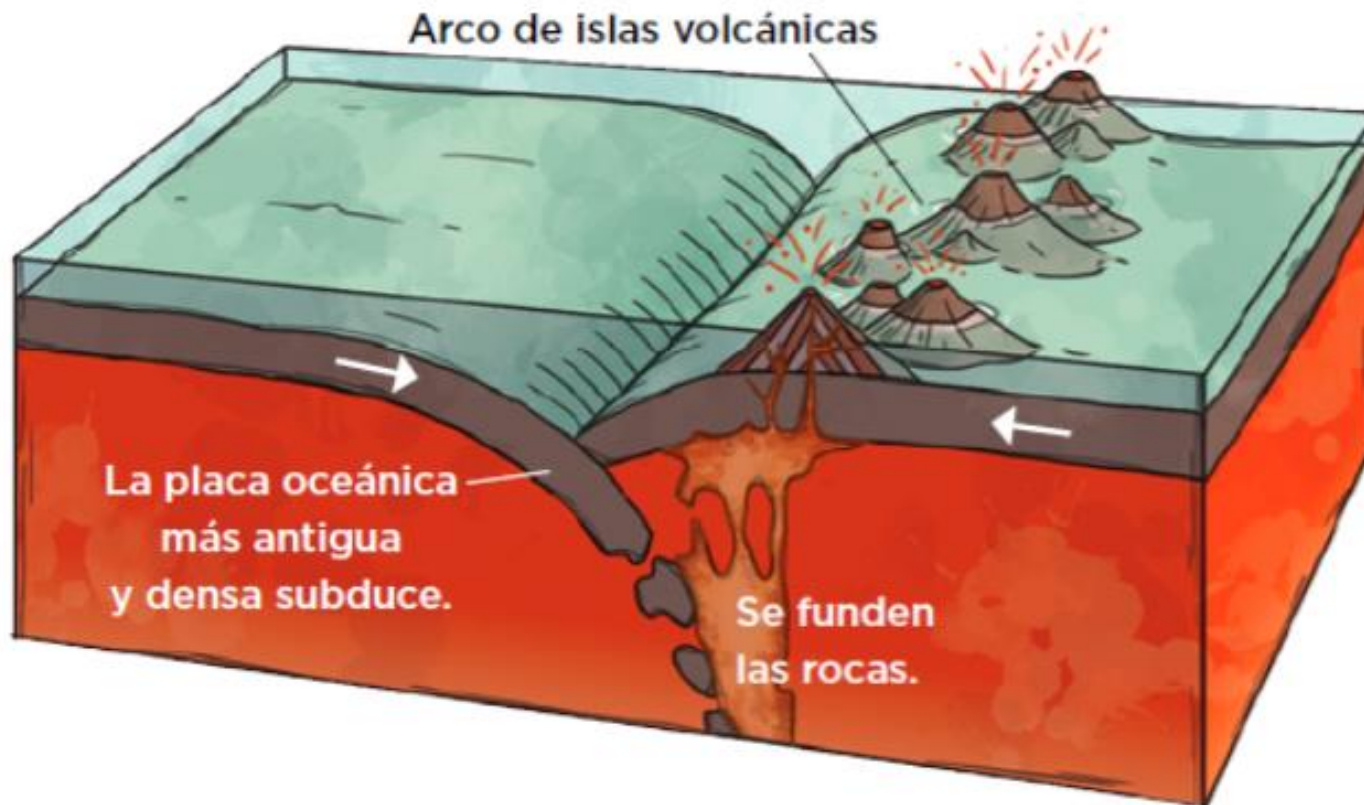
Son bordes de placas que **se mueven la una hacia la otra**. Estos bordes pueden ser de tres tipos:

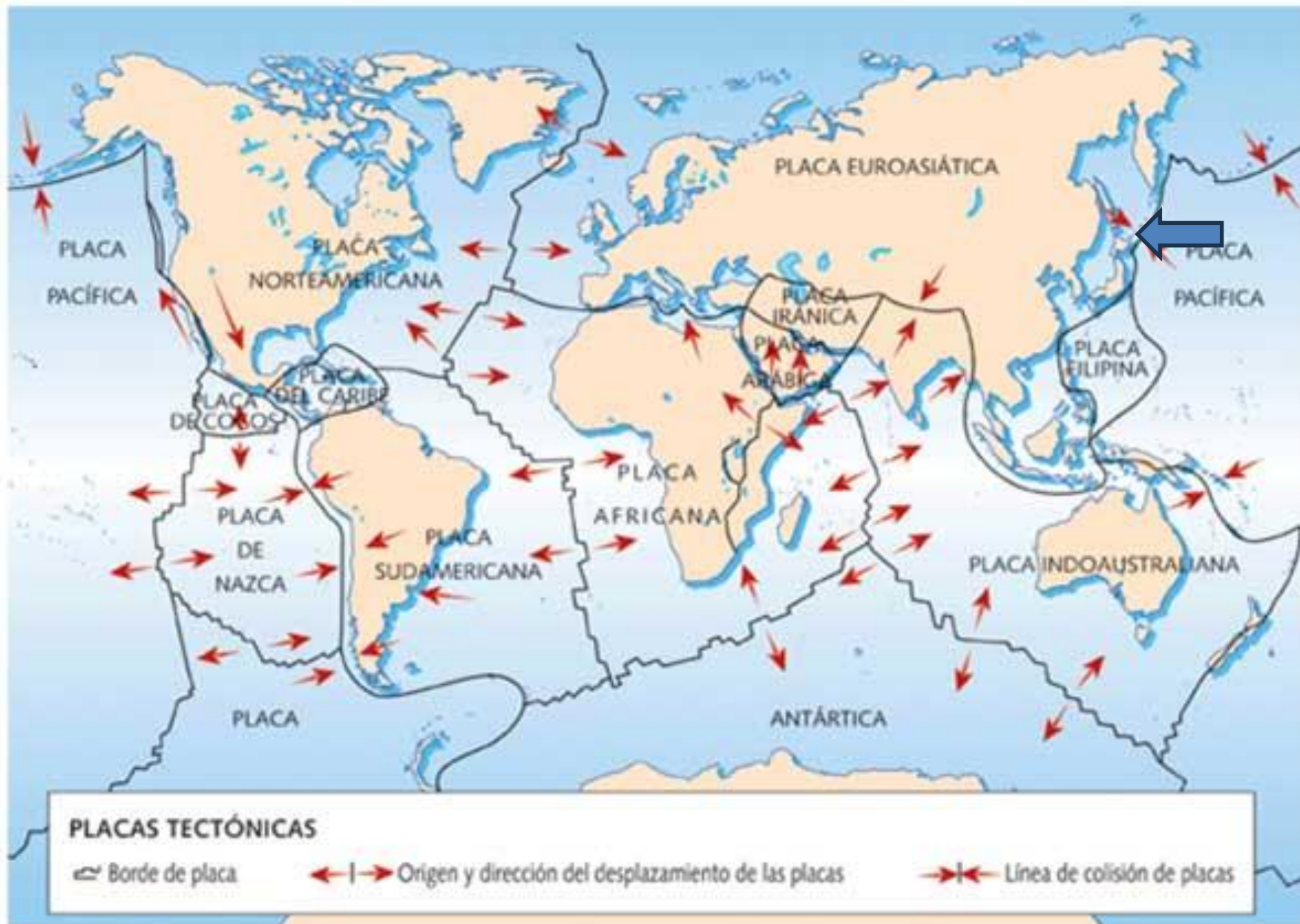
- **Convergencia entre una placa continental y una oceánica.** En este tipo de bordes, la placa oceánica (más densa) **subduce** bajo la continental y penetra en el manto. Al hacerlo, se produce la fusión de rocas calientes y se forman magmas que ascienden hasta la superficie. Además, en la zona de penetración de la placa se origina una **fosa** y, en el continente, una **cordillera paralela a la costa** con mucha actividad volcánica y sísmica. Un ejemplo de este tipo de borde se encuentra en la costa occidental de Sudamérica, con los Andes.





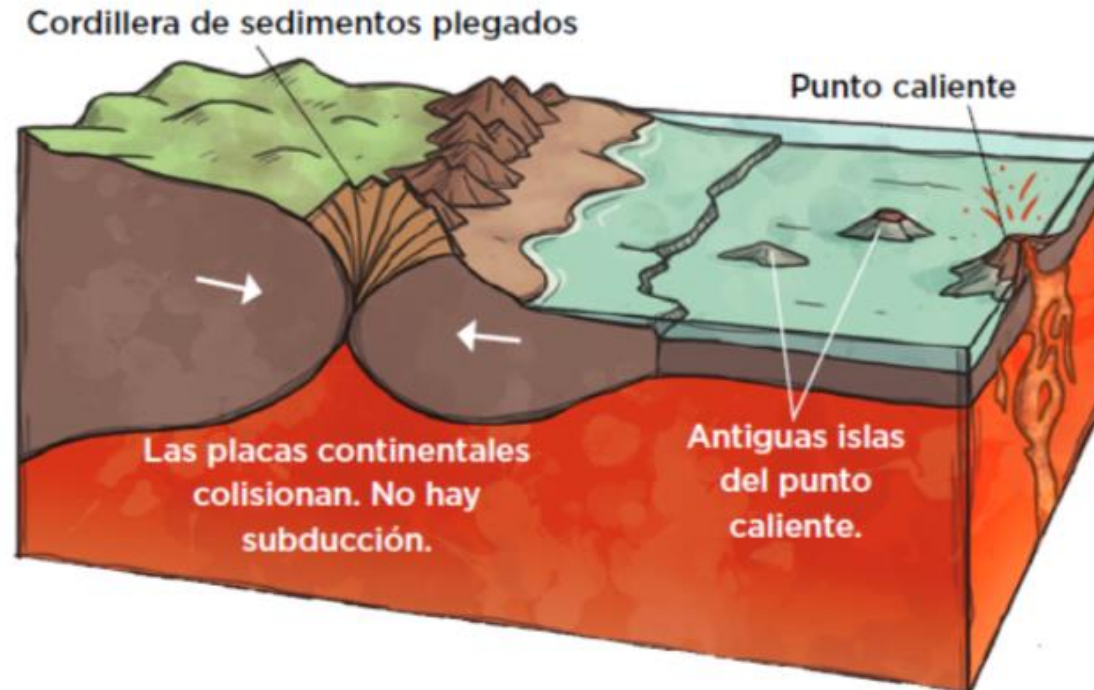
- **Convergencia entre dos placas oceánicas.** En estos bordes, una de las placas **subduce** bajo la otra y también produce una **fosa**, la fusión de rocas y la formación de magmas. La intensa y frecuente actividad magmática causa la aparición de volcanes submarinos en la placa que no subduce. Estos volcanes acaban formando archipiélagos de islas volcánicas en forma de arco (**arcos insulares**). Japón, por ejemplo, es un arco insular.



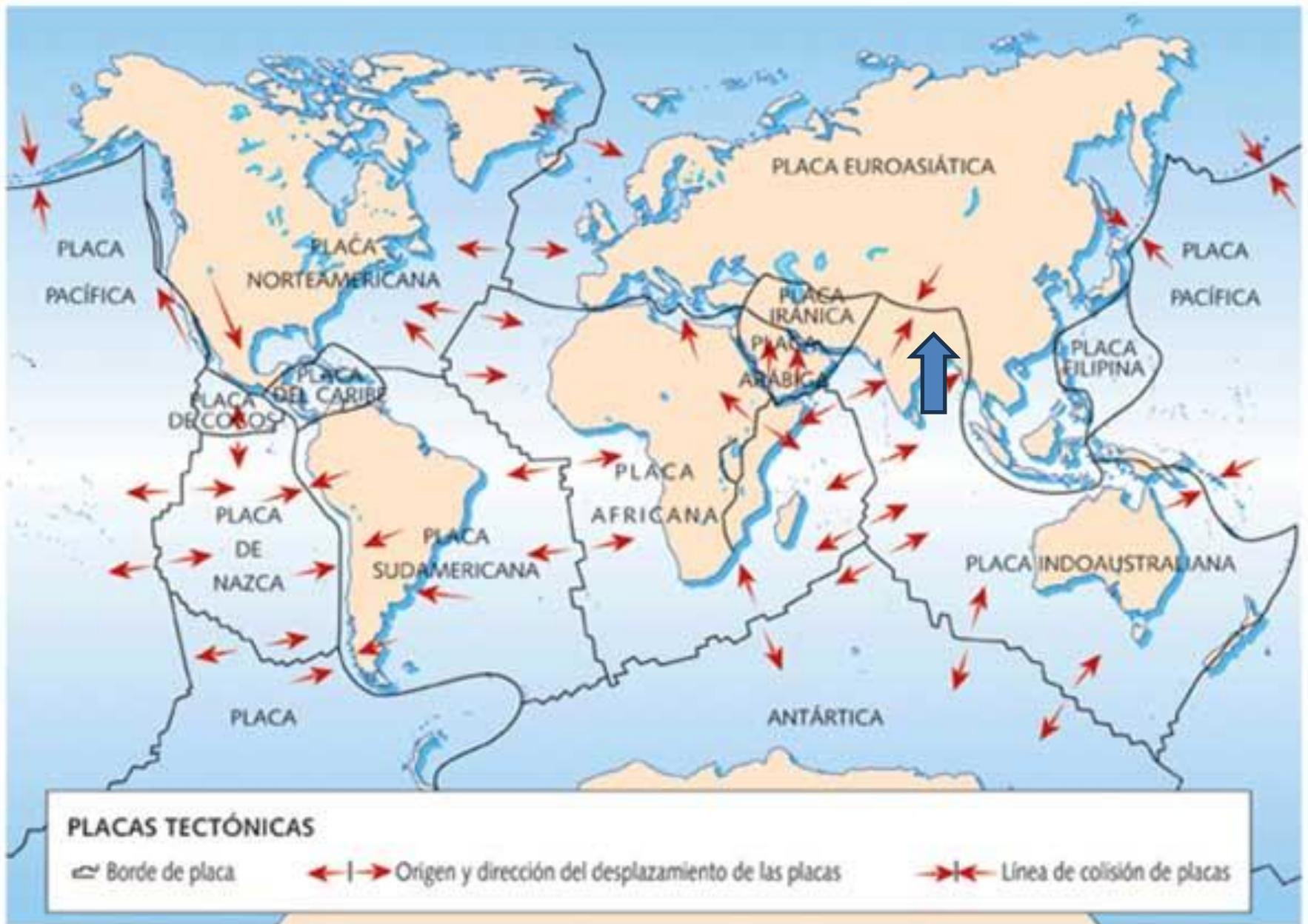




- **Convergencia entre dos masas continentales.** En estos bordes **no se produce subducción**. Las dos placas de litosfera continental se deforman y se elevan al colisionar lentamente y **originan una cordillera** de gran tamaño. Estas zonas también tienen una intensa actividad sísmica. El Himalaya se originó por la colisión entre las masas continentales de las placas indoaustraliana y euroasiática.



**Los bordes convergentes** se llaman **destructivos**, porque en ellos la litosfera de la placa que sufre la subducción se incorpora al manto y desaparece de la superficie.

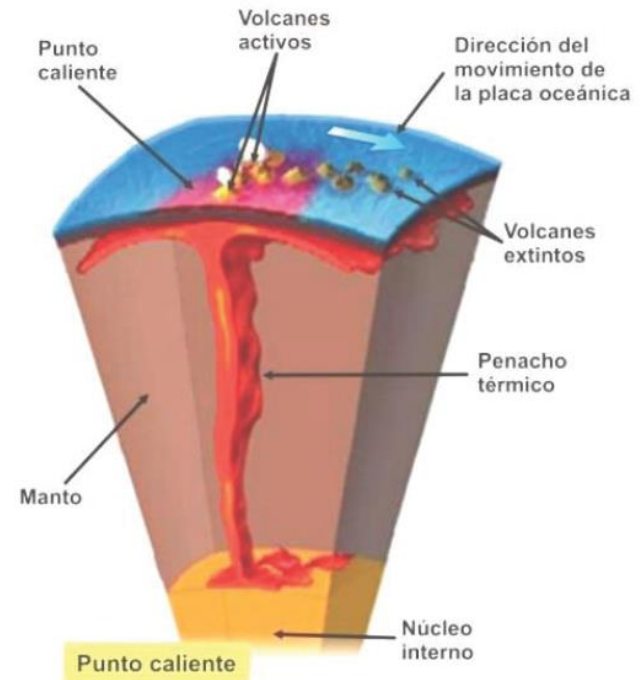


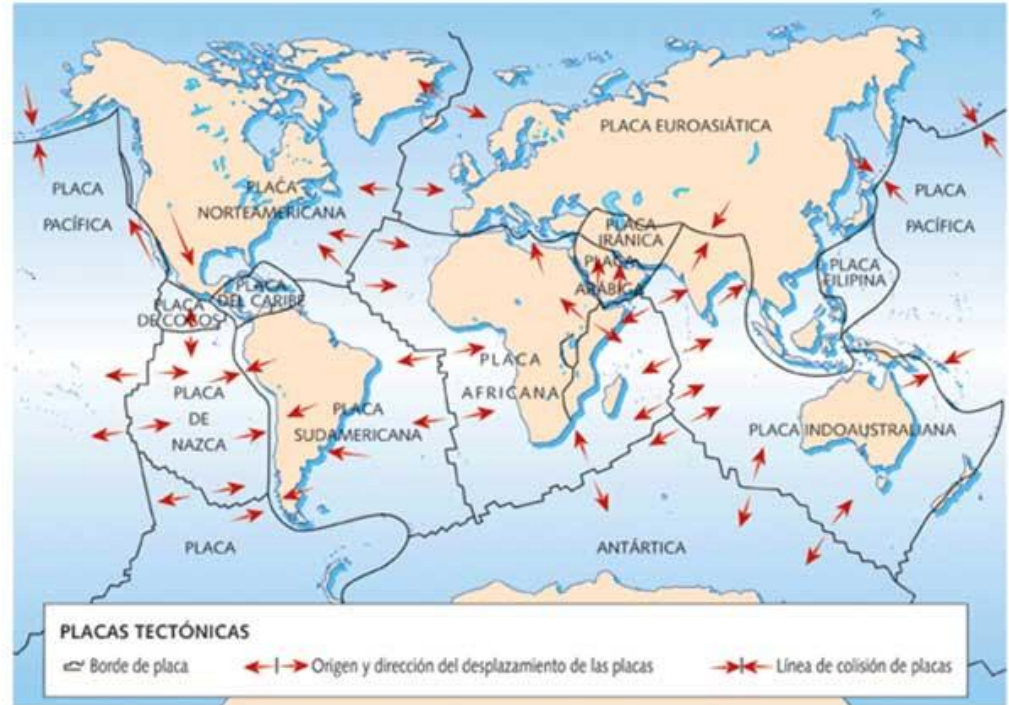
# 3.4

## La actividad intraplaca

Algunos fenómenos geológicos se producen en zonas alejadas de los bordes de placas. Es el caso del magmatismo asociado a los llamados «**puntos calientes**». Estos fenómenos se deben a la llegada al manto sublitosférico de una «pluma» de rocas muy calientes procedente del manto profundo.

La pluma agrieta la litosfera y produce la fusión de rocas y la formación de magmas que dan lugar a volcanes. La placa litosférica puede moverse sobre estos puntos calientes, lo que origina cadenas de volcanes con actividad en uno solo de los extremos. El archipiélago de Hawái es una de estas cadenas.





Según la teoría de la tectónica de placas, las interacciones entre los bordes de las placas tienen dos consecuencias principales:

- Una de ellas es la producción de condiciones de presión y temperatura capaces de fundir las rocas y formar magmas o de causar transformaciones en las rocas que no llegan a fundirse.
- La otra consecuencia es la generación de enormes fuerzas que pueden deformar y comprimir las rocas y elevar cordilleras.

Por esas razones, los bordes de placas son zonas geológicamente muy activas en las que se concentran los principales procesos geológicos endógenos: el **magmatismo**, las **deformaciones de las rocas** y el **metamorfismo**.

# 4.1

## El magmatismo

4

### Consecuencias de la dinámica terrestre

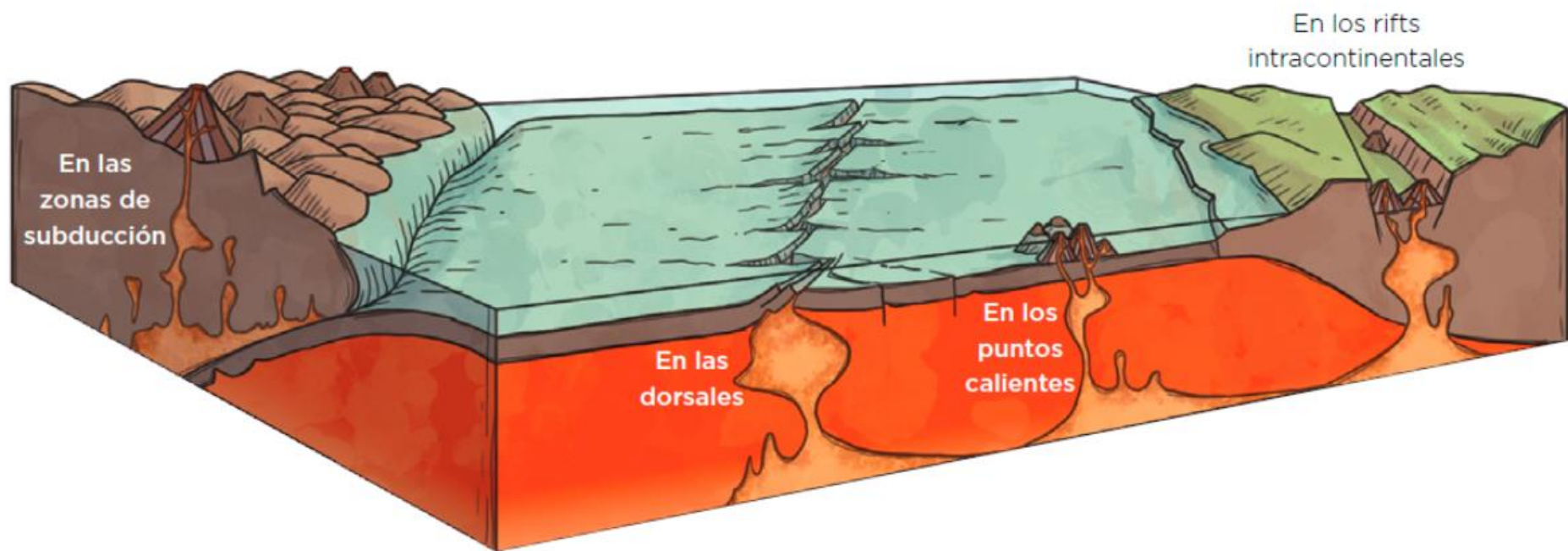
El magmatismo es la formación de masas de rocas fundidas, los **magmas**, que ascienden a través de la litosfera y pueden llegar a aflorar al exterior.

La formación de magmas se produce, sobre todo, en zonas del manto sublitosférico en las que se dan un **aumento importante de la temperatura**, una **disminución de la presión** o una **entrada de agua**, que disminuye el punto de fusión de algunas rocas.

Estas circunstancias se dan, principalmente:

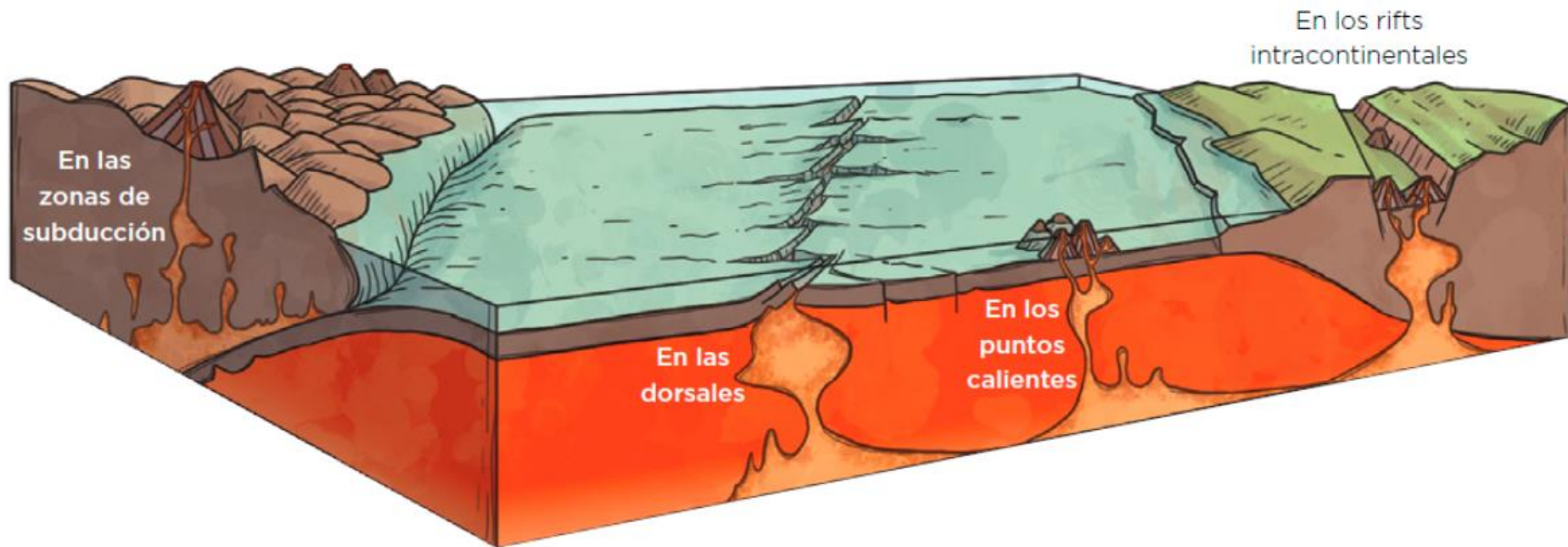
- **Bajo las dorsales y los rifts**, donde la separación de las placas agrieta la litosfera y produce una disminución de la presión y una fusión de las rocas calientes del manto.

## Magmatismo



- **Bajo las zonas de subducción**, donde el calor generado por la fricción de la placa que subduce y su contenido en agua desencadenan la fusión de algunas rocas del manto sublitosférico.

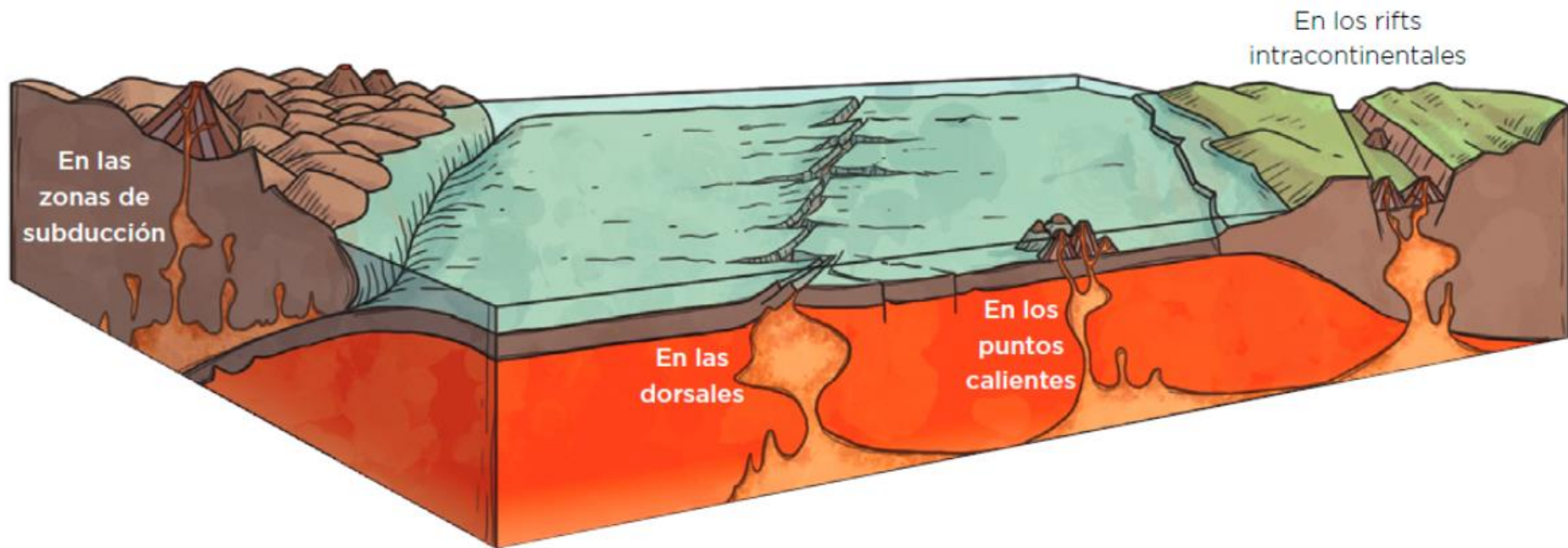
## Magmatismo





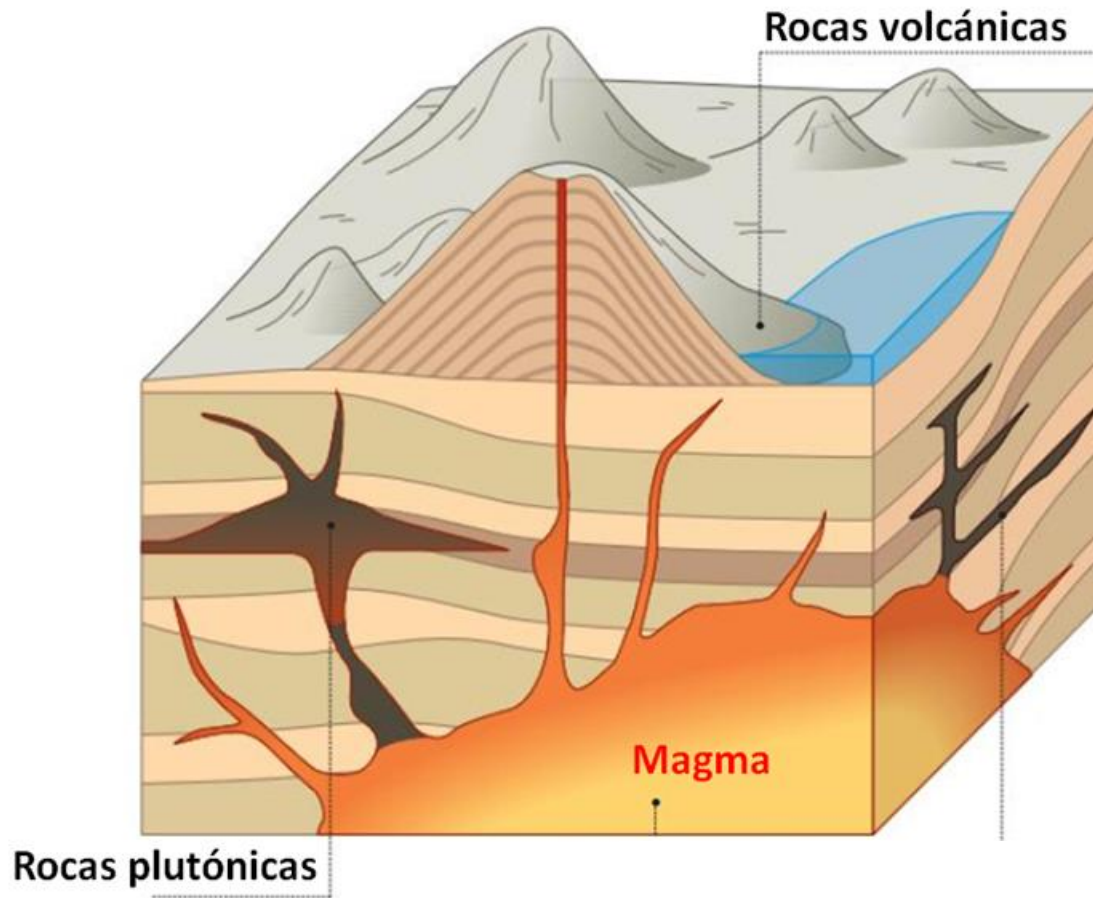
- **Bajo los puntos calientes**, donde las plumas de material ardiente del manto profundo elevan la temperatura del manto sublitosférico y producen la fusión de las rocas al agrietarse la litosfera.

## Magmatismo



Los magmas así formados ascienden a través de la litosfera y desencadenan los dos principales fenómenos magmáticos: la **formación de rocas plutónicas** y el **vulcanismo**.

Los magmas así formados ascienden a través de la litosfera y desencadenan los dos principales fenómenos magmáticos: la **formación de rocas plutónicas** y el **vulcanismo**.



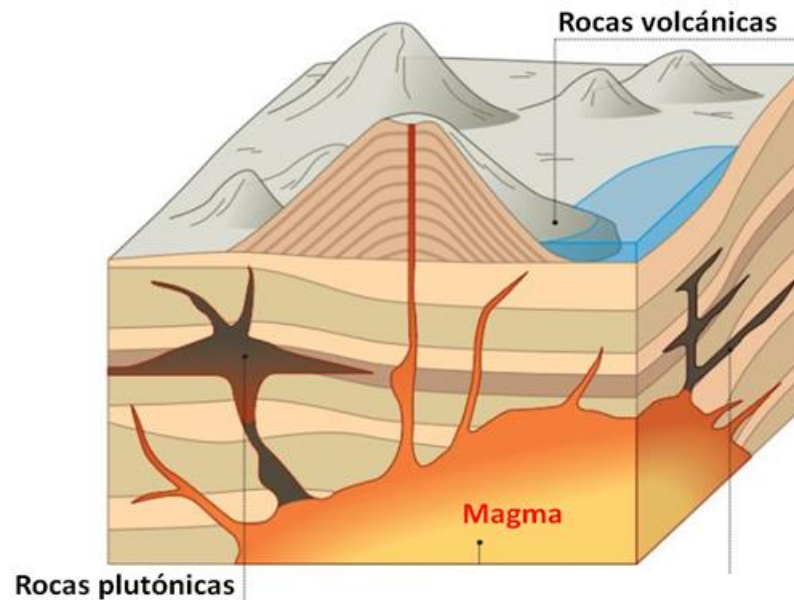
## La formación de rocas plutónicas

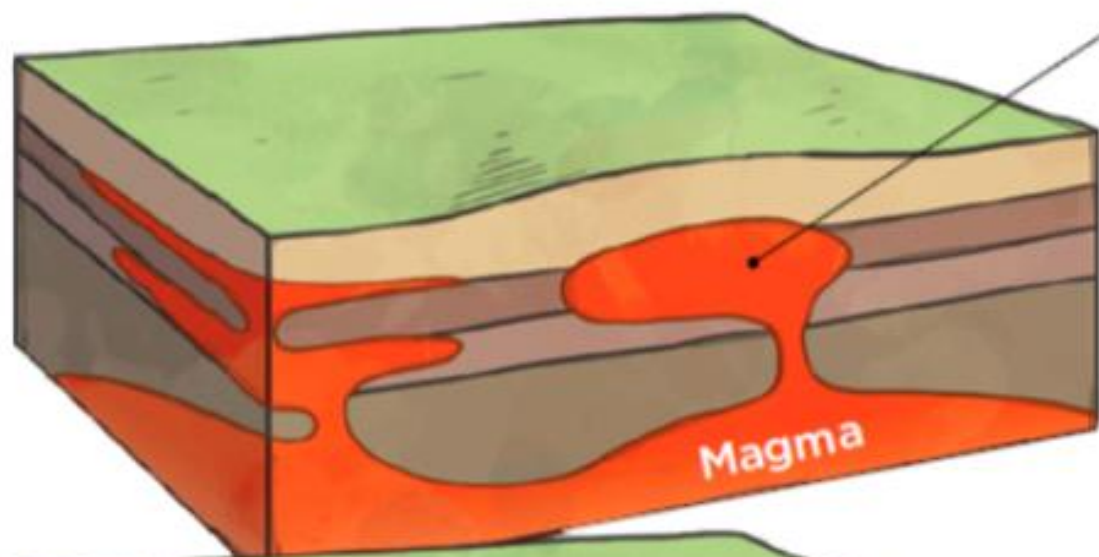
---

Las masas de magma ascendente que no alcanzan la superficie terrestre se quedan incluidas entre las rocas de la corteza formando emplazamientos o **plutones** de tamaños y formas variables.

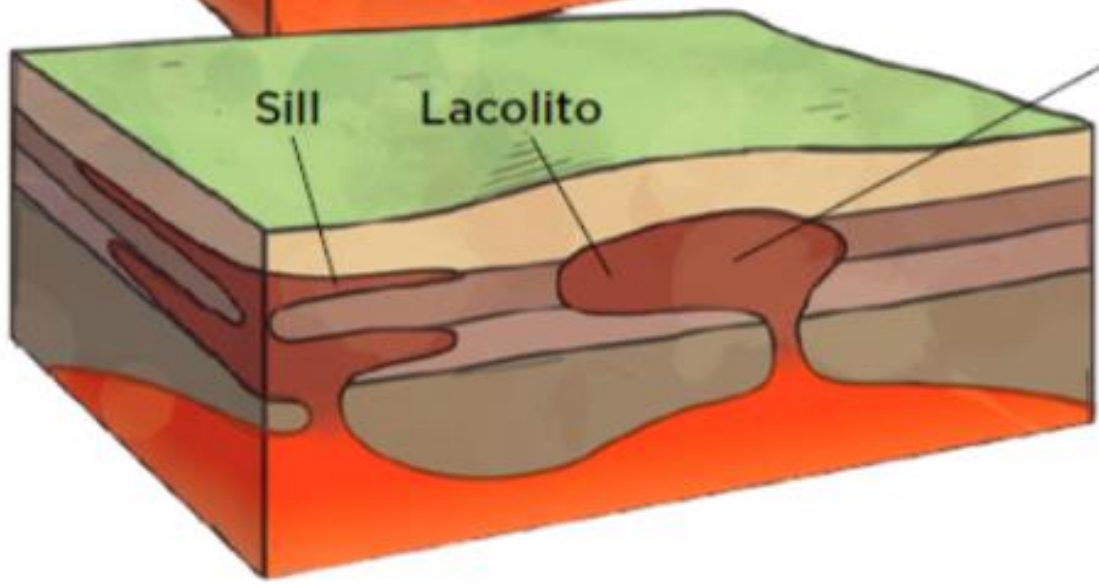
Estos magmas acaban enfriándose y solidificándose muy lentamente en el interior de la corteza, lo que da lugar a características masas de rocas plutónicas, como los granitos, que conservan la forma del emplazamiento inicial.

La posterior acción de los procesos del modelado del relieve puede retirar paulatinamente las capas de roca que cubren estos emplazamientos de roca, haciendo que afloren a la superficie y sean, a su vez, erosionados.





El magma asciende a través de la corteza y se emplaza entre las rocas en plutones de diferente forma.



El magma de los plutones se enfría muy lentamente en el interior de la corteza y forma macizos de rocas como el granito o la pegmatita.

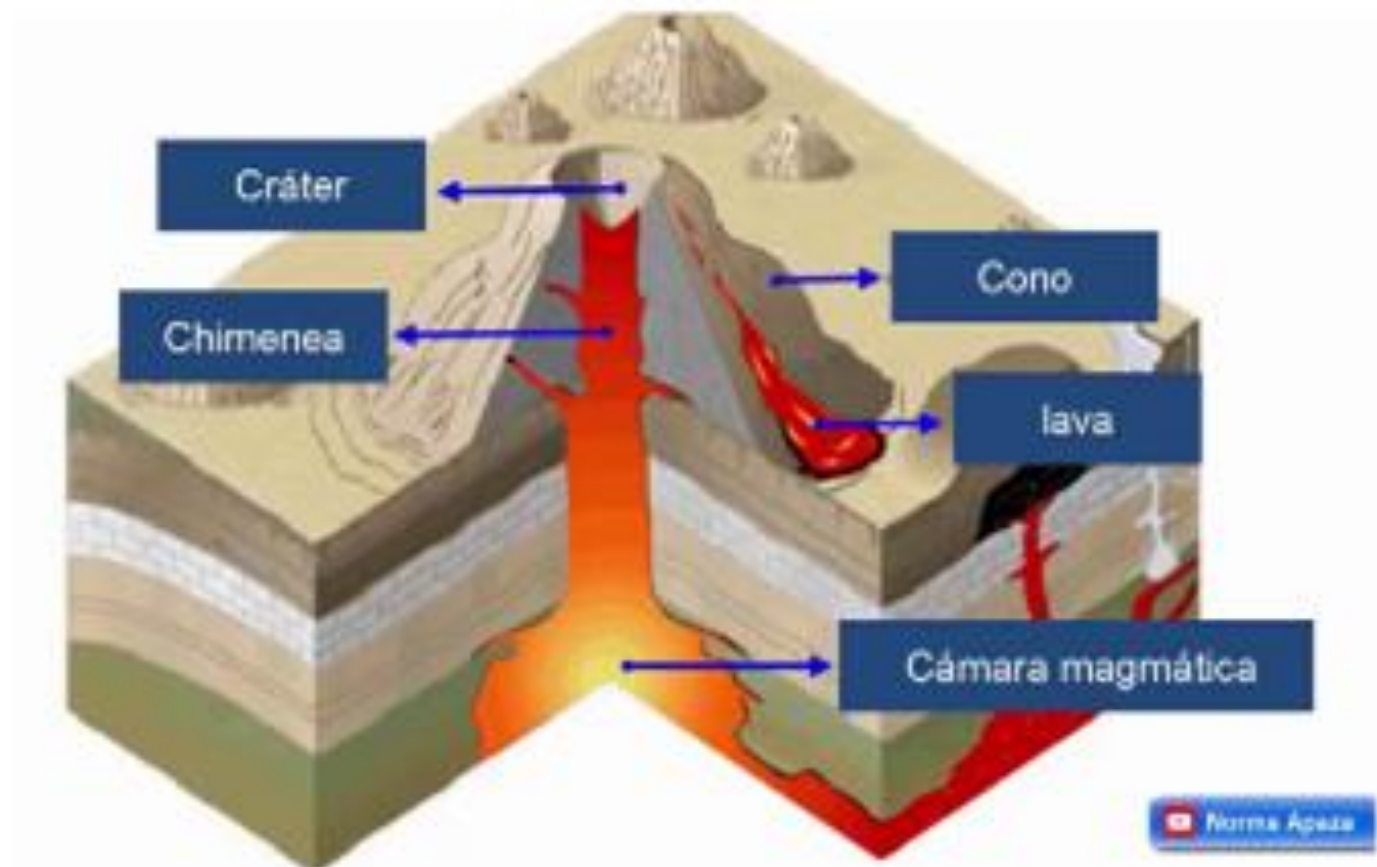
**Granito**, la roca plutónica más común.



## El vulcanismo

Algunas de las masas de magma que ascienden a través de la litosfera sí alcanzan la superficie terrestre y salen al exterior formando volcanes.

Los volcanes se originan cuando una masa de magma ascendente se acumula en la corteza terrestre, cerca de la superficie, en una **cámara magmática**.



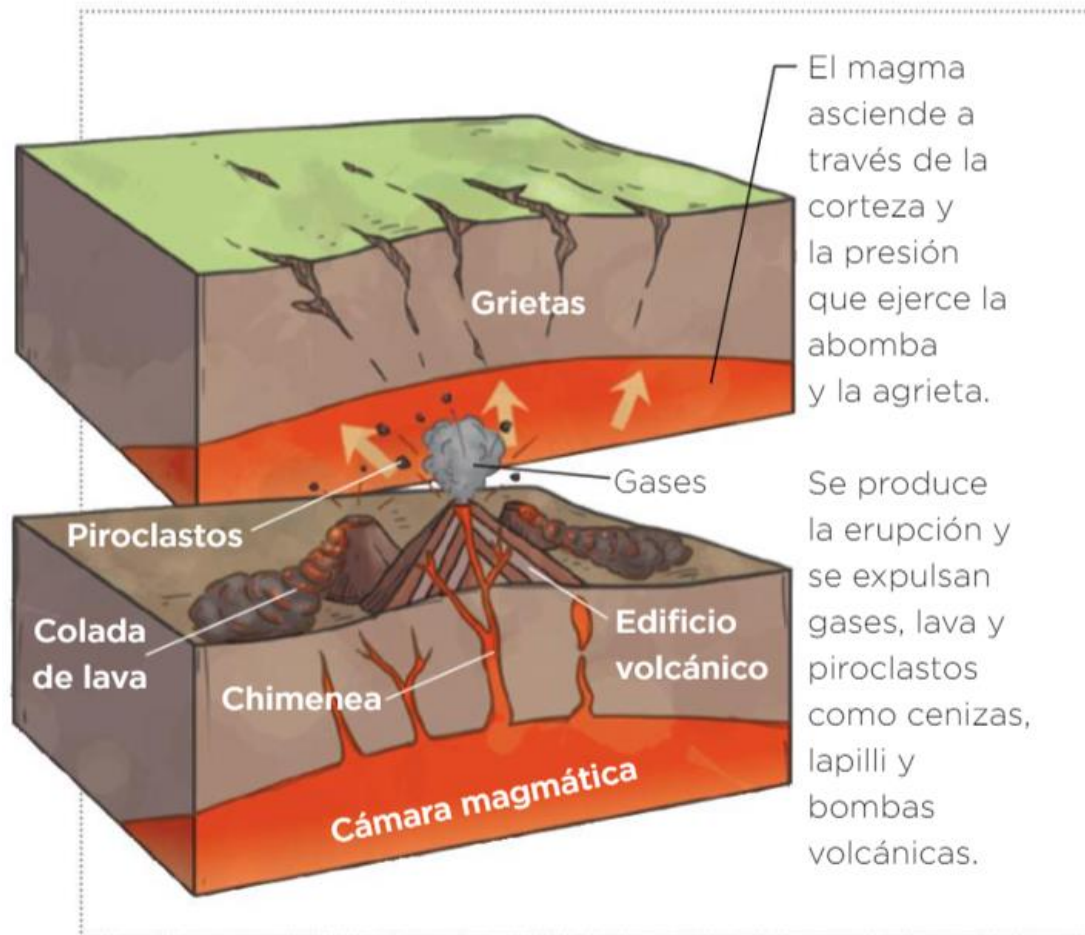
## Edificio volcánico

## El vulcanismo

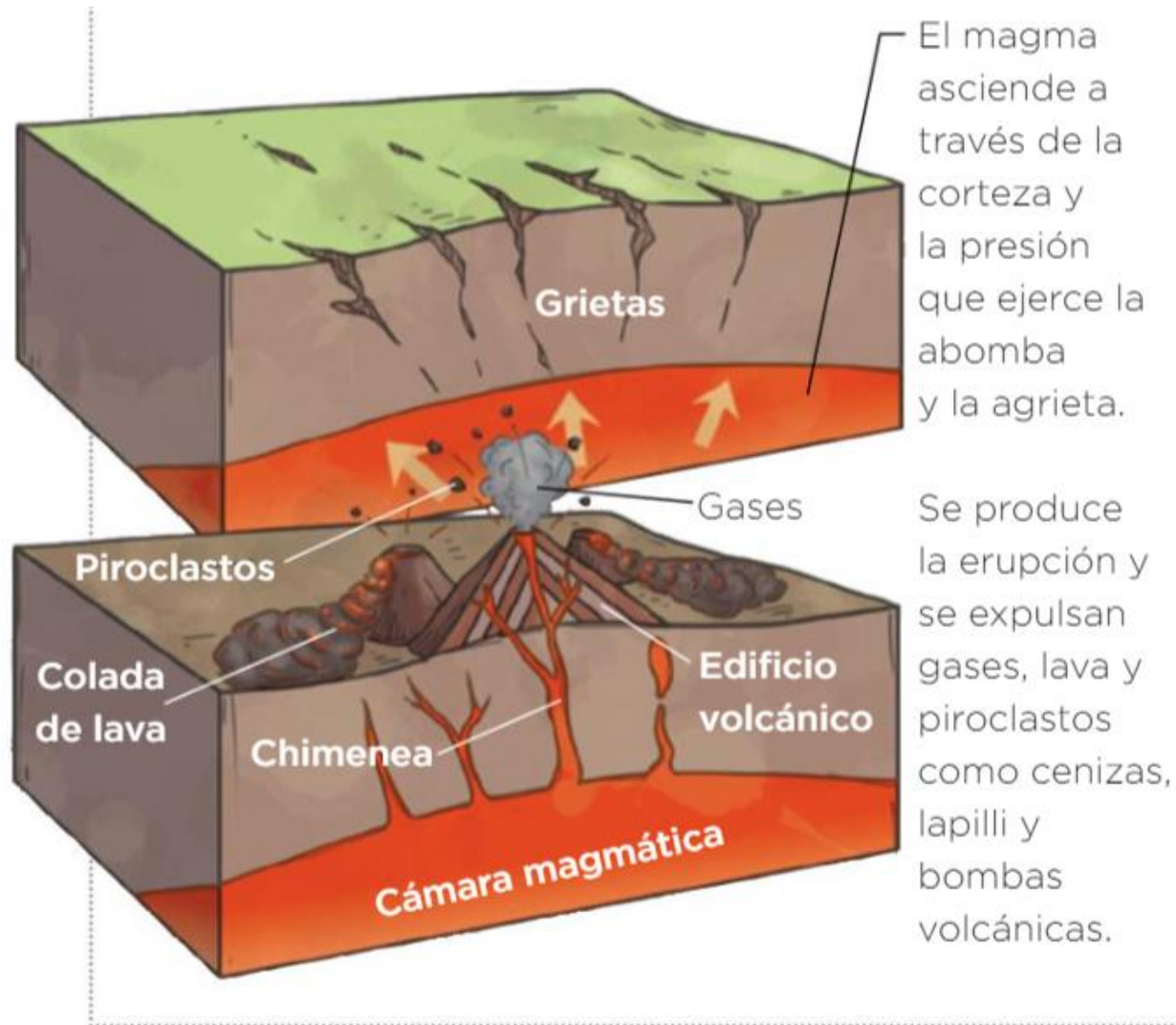
Algunas de las masas de magma que ascienden a través de la litosfera sí alcanzan la superficie terrestre y salen al exterior formando volcanes.

Los volcanes se originan cuando una masa de magma ascendente se acumula en la corteza terrestre, cerca de la superficie, en una **cámara magmática**.

### Cómo se forman las rocas volcánicas



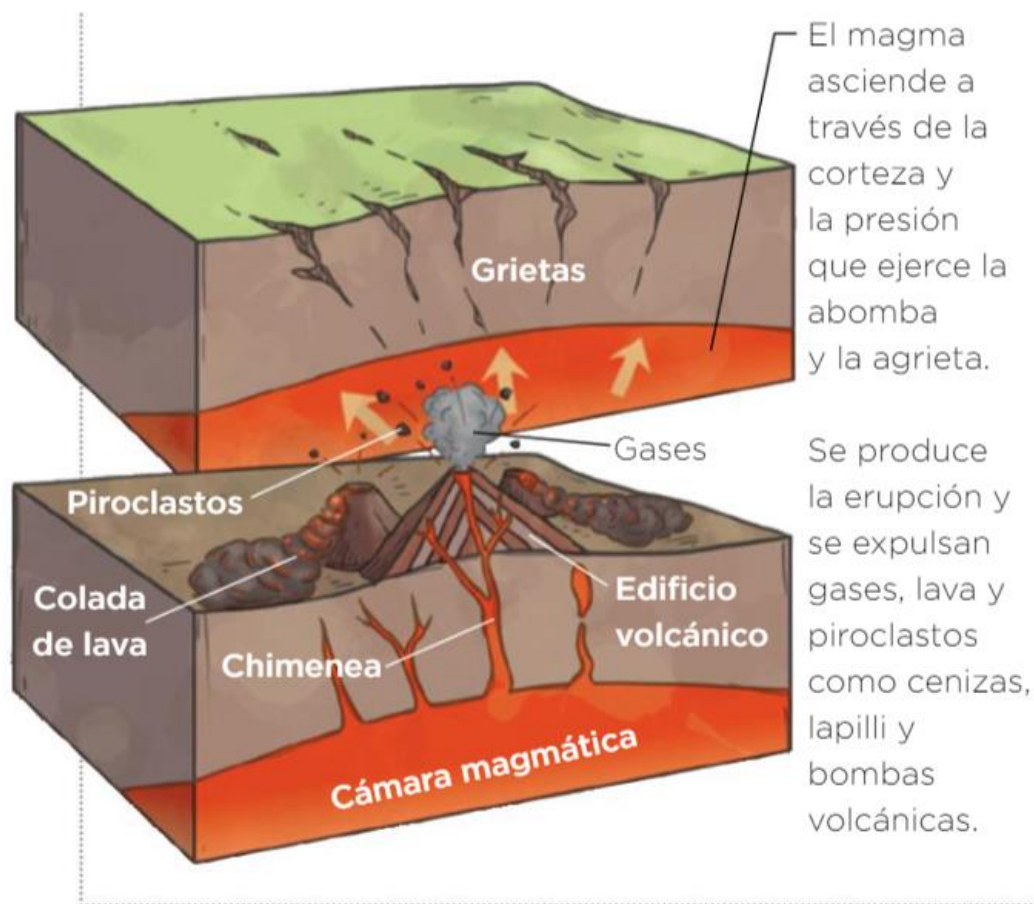
Los gases liberados a presión ascienden impulsando el magma con gran fuerza hacia el exterior a través de una fisura, que se ensancha en una chimenea y un cráter; es la **erupción volcánica** (un fenómeno similar al que se produce al abrir una botella de gaseosa agitada).





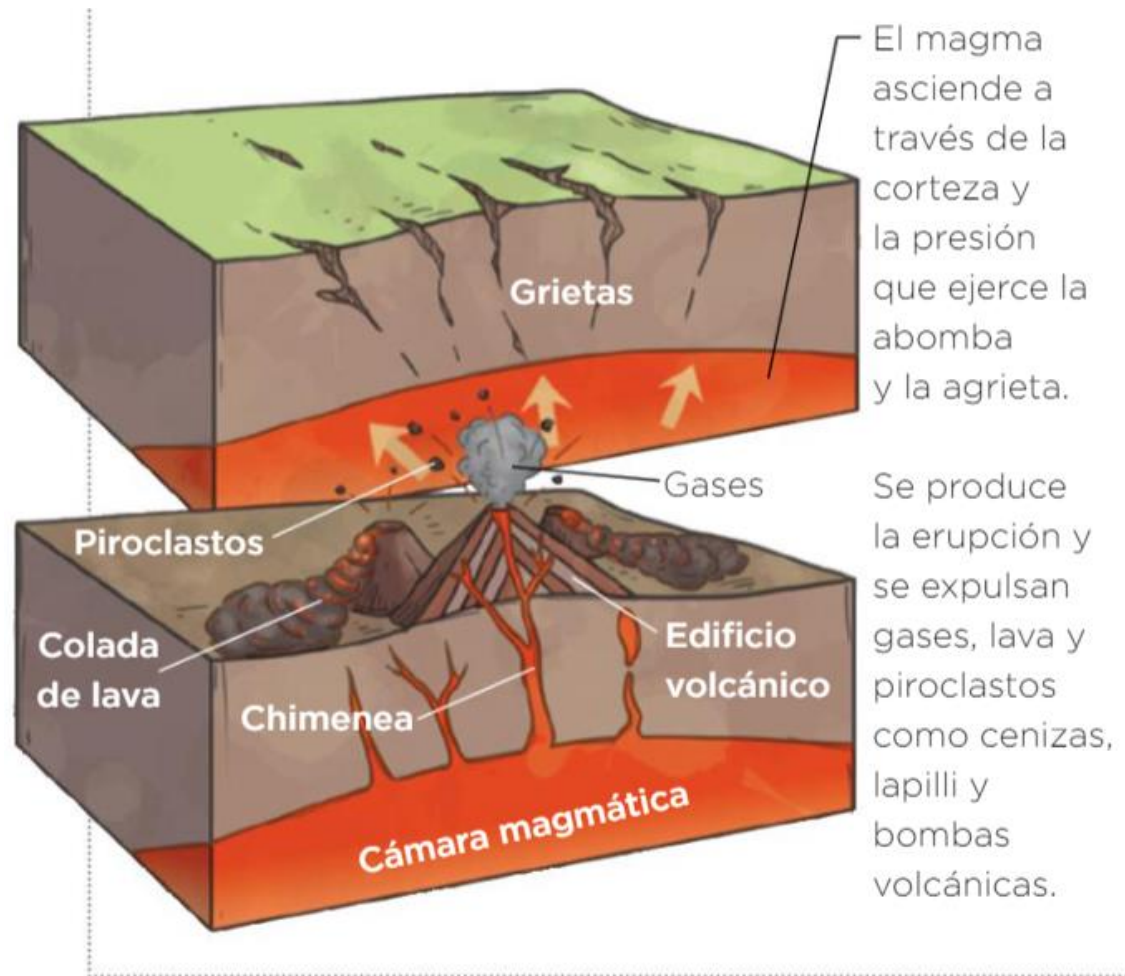
Durante las erupciones, los volcanes expulsan abundantes **gases**, **lava** (rocas fundidas desgasificadas) y materiales sólidos o **piroclastos** (lava que solidifica en el aire) de tres tipos: **cenizas** (escamas milimétricas), **lapilli** (grava) y **bombas** (rocas grandes).

Tanto los materiales sólidos como la lava que fluye pendiente abajo y solidifica al enfriarse forman las acumulaciones de rocas volcánicas que constituyen los **edificios volcánicos**.



Las erupciones volcánicas se producen cada vez que la cámara magmática se rellena y alcanza una presión suficientemente alta como para volver a agrietar la corteza. Mientras esto ocurre, el volcán permanece activo.

Por el contrario, cuando se interrumpe la llegada de magma a la cámara magmática, las fisuras no vuelven a abrirse, permanecen obstruidas y el volcán deja de estar activo.



# Gases



# Gases



# Gases



# Gases



# Piroclastos de tipo ceniza



Manto de cenizas en el entorno del cono principal del volcán de La Palma. IGME.

# Piroclastos de tipo ceniza



El volcán de La Palma detrás de una vivienda inundada por la ceniza en el barrio de Las Manchas



# Piroclastos de tipo lapilli



# Piroclastos de tipo bombas



# Piroclastos de tipo bombas



# 4.2

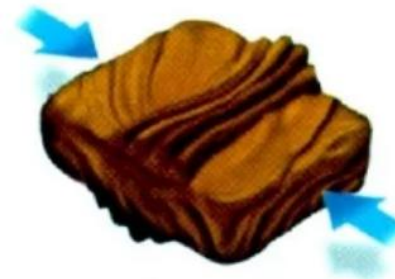
## Las deformaciones de las rocas

La otra consecuencia de la dinámica litosférica es la generación de fuerzas muy intensas y constantes en la litosfera, especialmente en los bordes de las placas que interactúan, que deforman o rompen las rocas.

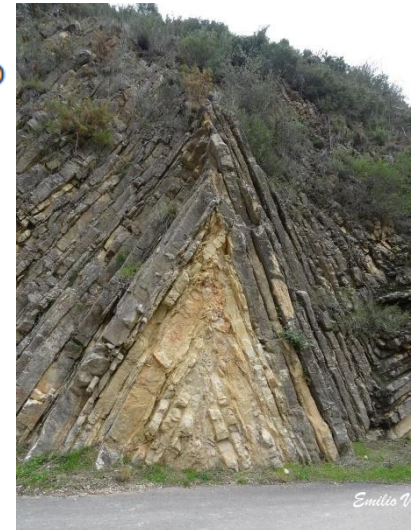
Al plegarse y fracturarse, las masas de roca de la corteza terrestre se elevan y forman las cordilleras.

Las rocas sometidas a estos esfuerzos tectónicos pueden experimentar tres tipos de deformaciones:

- **Las deformaciones plásticas.** Las rocas sometidas a fuerzas compresivas, intensas pero constantes, pueden deformarse de manera irreversible formando **pliegues**; sobre todo si están sometidas a altas temperaturas o saturadas de agua.



**compresión**



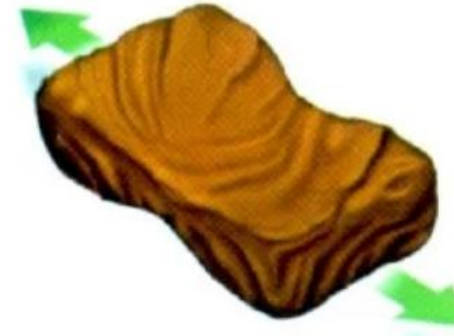
- **Las fracturas.** Las rocas rígidas sometidas a fuerzas compresivas, distensivas o de cizalla suelen romperse de forma brusca originando **fallas**.



**compresión**



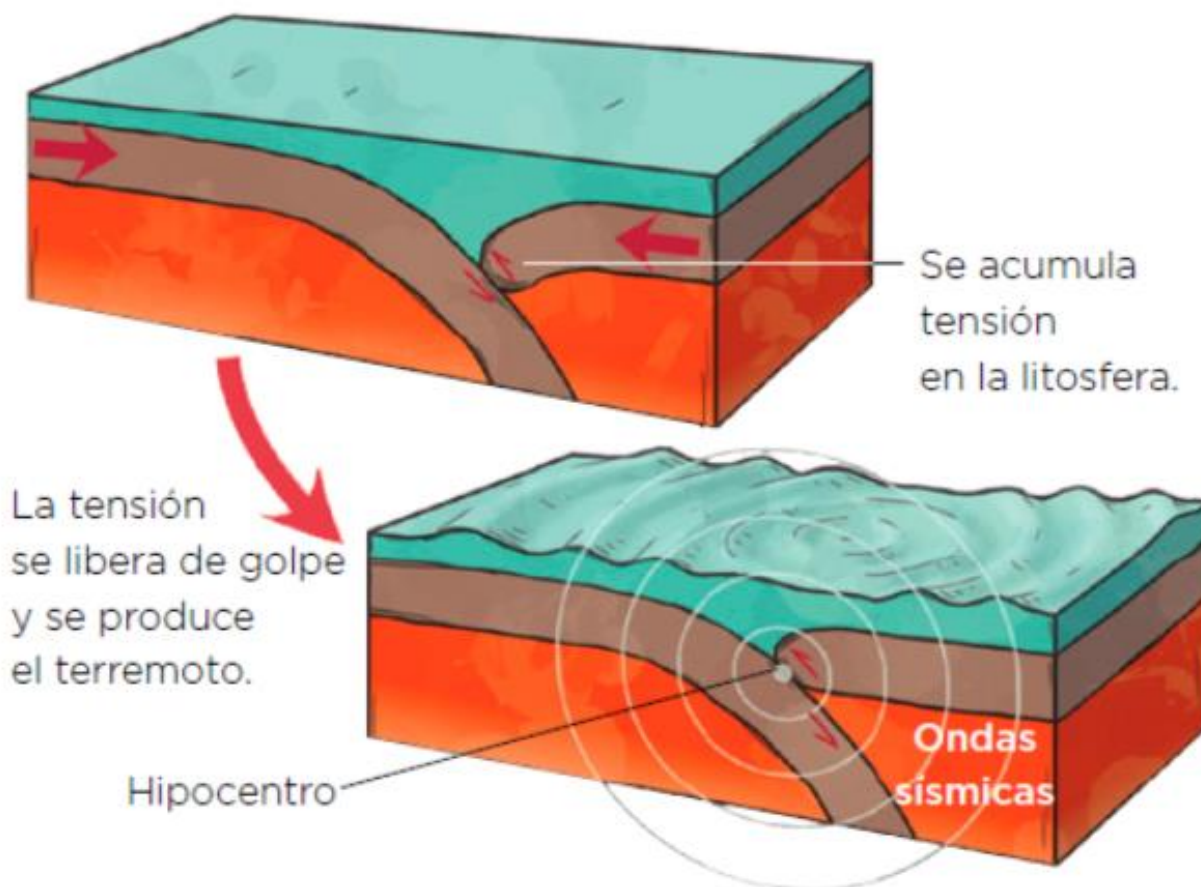
**cizalladura**



**distensión o tracción**

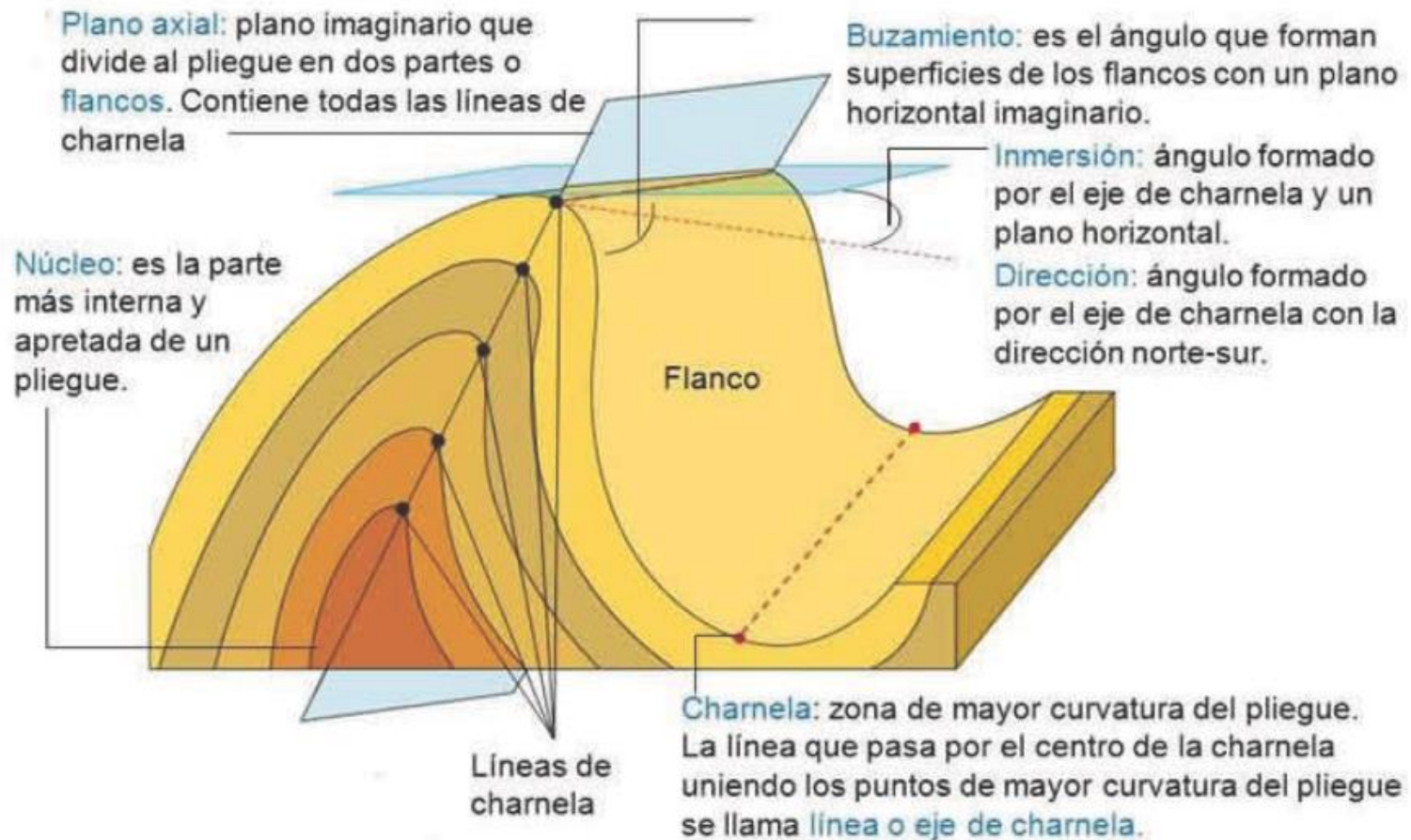


- **Las deformaciones elásticas.** Hay rocas que inician una deformación al ser sometidas a fuerzas, pero que recuperan bruscamente su forma inicial cuando se rompen o cuando cesa el esfuerzo. Es lo que se llama **rebote elástico** y suele originar **terremotos**.



## Los pliegues

Los pliegues son ondulaciones producidas sobre las rocas de la corteza terrestre, que sufren esa deformación plástica al ser sometidas a fuerzas de compresión.



*Fig. Elementos de un pliegue.*







*Emilio V*







© asturnatura.com









*Pliegue tumbado*





*Pliegue tumbado*



*Pliegue recumbente*



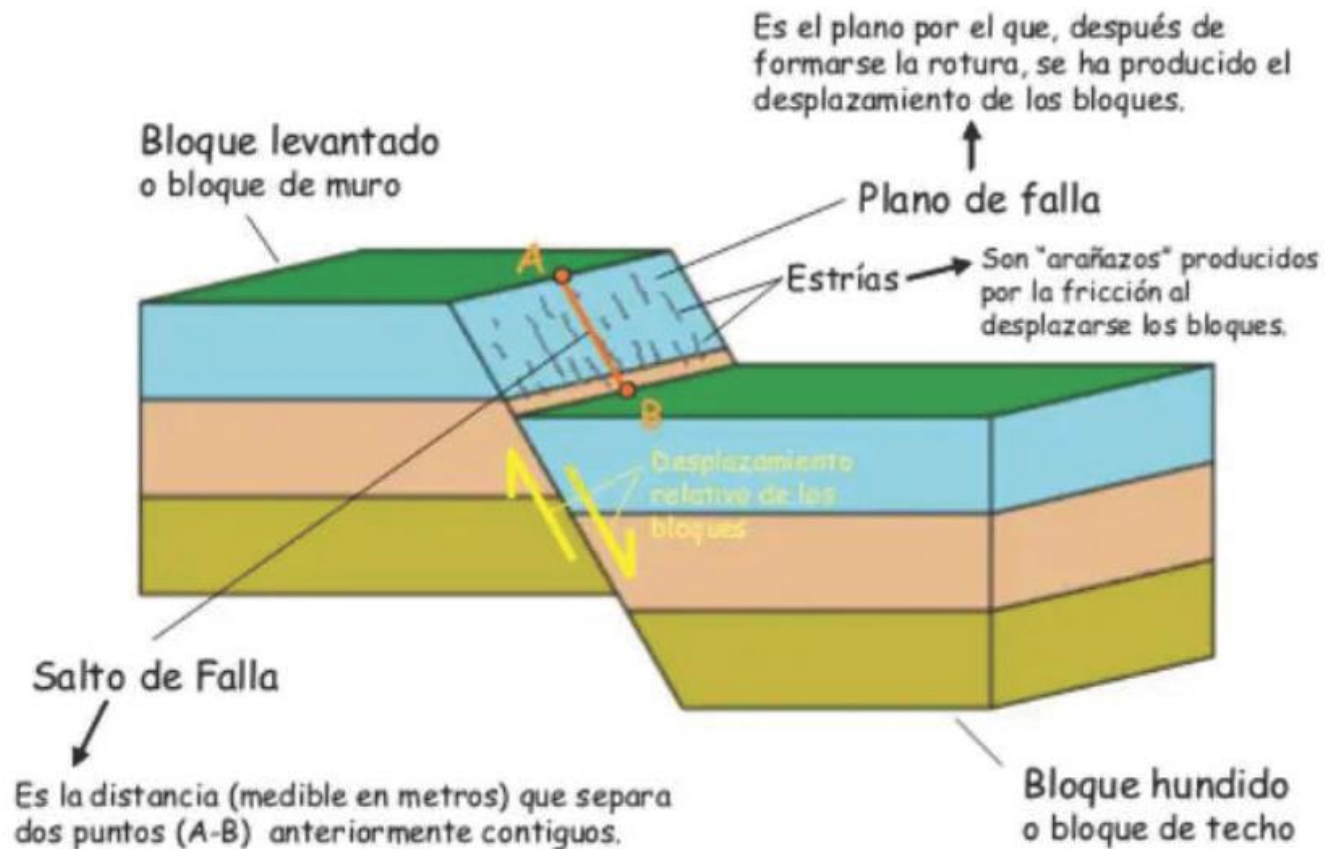
*Pliegue inclinado*



*Pliegue vertical*

## Las fallas

Las fallas son roturas de las masas de roca por un plano de fractura cuando son sometidas a esfuerzos de compresión, de estiramiento o de desplazamiento lateral. En las fallas se puede dar un desplazamiento de los bloques fracturados.



*Fig. Elementos de una falla.*











*Rafael A. Rodriguez Ch.*



geologicalsocietyofaustralia





**Figura** Diferentes fallas de desplazamiento.



**Figura** : Fotografía aérea de la falla de San Andrés.

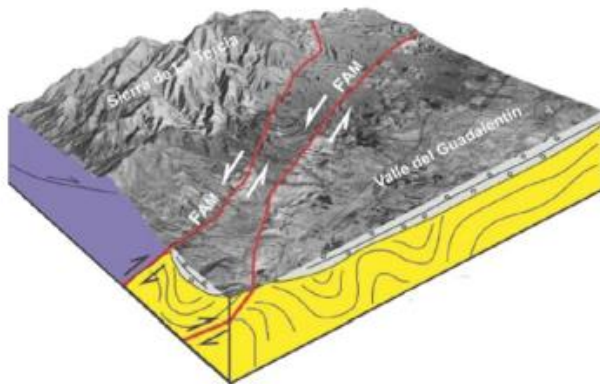
## Los terremotos

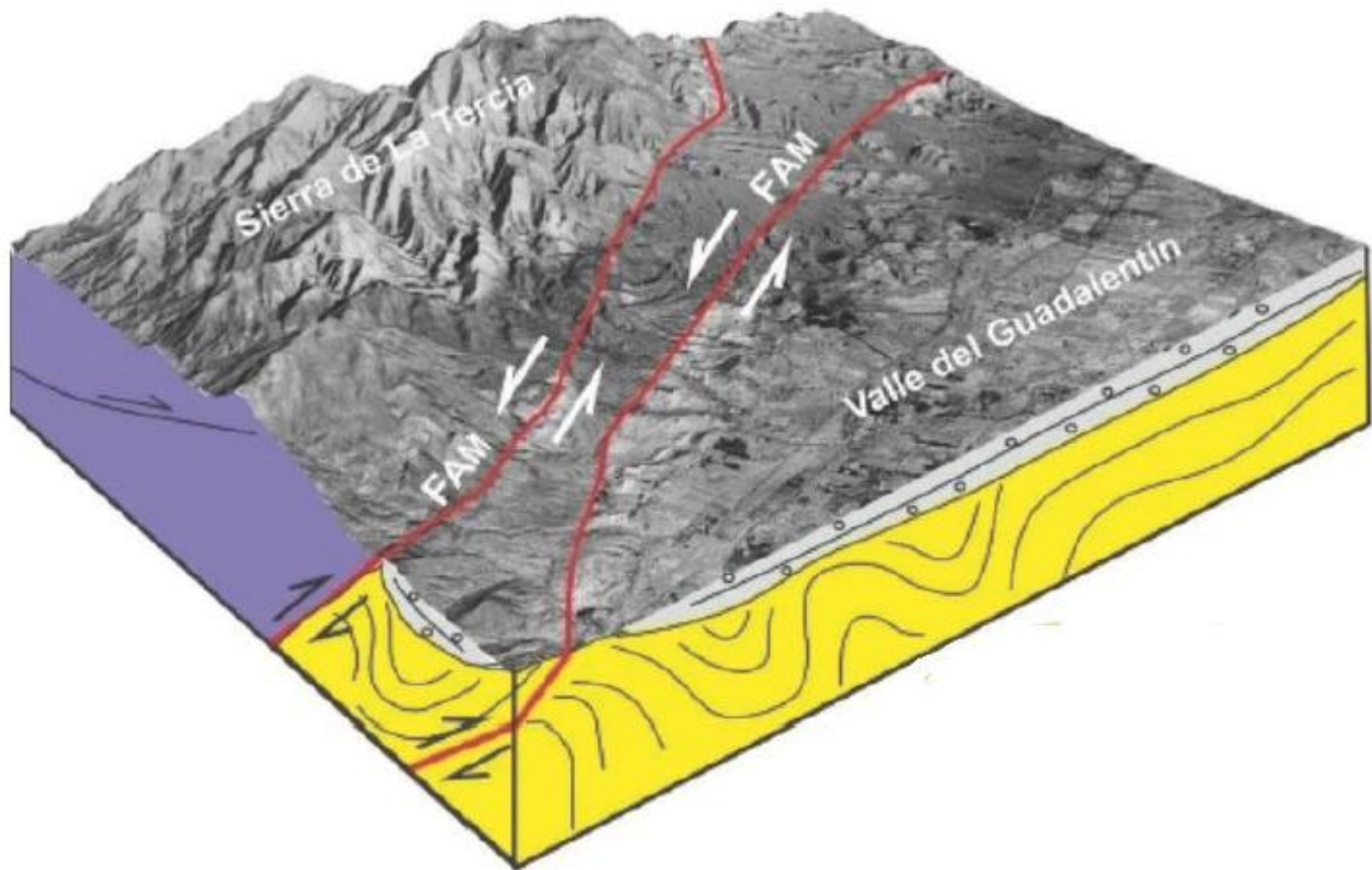
Los terremotos o seísmos son vibraciones del terreno que se producen cuando las masas de roca sometidas a esfuerzos tectónicos se fracturan bruscamente o sufren un rebote elástico. Estos fenómenos pueden causar importantes daños.

- **El riesgo sísmico en Murcia**

En relación con el resto de España, la Región de Murcia se halla en una zona de sismicidad media-alta (la tasa anual de terremotos es doble en Murcia que en la media de la Península Ibérica), considerada la Península Ibérica a su vez como de sismicidad moderada.

En la región de Murcia existe una de las zonas sismotectónicas más importantes en el corredor del Valle del Guadalentín y del Bajo Segura. Aquí se encuentra la **Falla de Alhama de Murcia (FAM)**. Esta FAM es de desgarre y resulta ser la más activa de la península Ibérica, causante por ejemplo del último terremoto ocurrido en Lorca.







FALLA DE ALHAMA DE MURCIA (FAM), QUE TRUNCA LOS CONOS DE DEYECCIÓN. FOTOGRAFÍA AÉREA DEL SGE, (1957).



## Un fuerte terremoto sacude Murcia y provoca el pánico

*Decenas de vecinos de Puebla de Mula se niegan, asustados, a volver a sus casas*

JESUS FERNANDEZ

Enviado especial

PUEBLA DE MULA (MURCIA).- Tres terremotos cortaron ayer la respiración a más de un millón y medio de personas. El epicentro de los seísmos, de 3,5 y 5,2 grados en la escala Richter, se localizó en la población murciana de Puebla de Mula, pero sus efectos alarmaron a ciudadanos de las provincias de Alicante, Almería, Albacete, Valencia, Castellón y Madrid.

Los seísmos no causaron desgracias personales, pero varios municipios de la zona centro y noroeste murcianos sufrieron desplomes de materiales en algunos edificios, cortes del tendido de electricidad, de teléfono, desperfectos en carreteras y, sobre todo, miedo. Mucho miedo.

## SUCESOS | ALICANTE

# Un terremoto en Murcia se deja sentir en los municipios alicantinos de Petrer, Elda, Novelda y Elx

No obstante, el seísmo no causó heridos ni daños materiales

15.04.09 - 19:17 - EUROPA PRESS | ALICANTE

Vota ☆☆☆☆☆ | 0 votos ☆☆☆☆☆



Opina



Ver comentarios (1)



Imprimir



Enviar

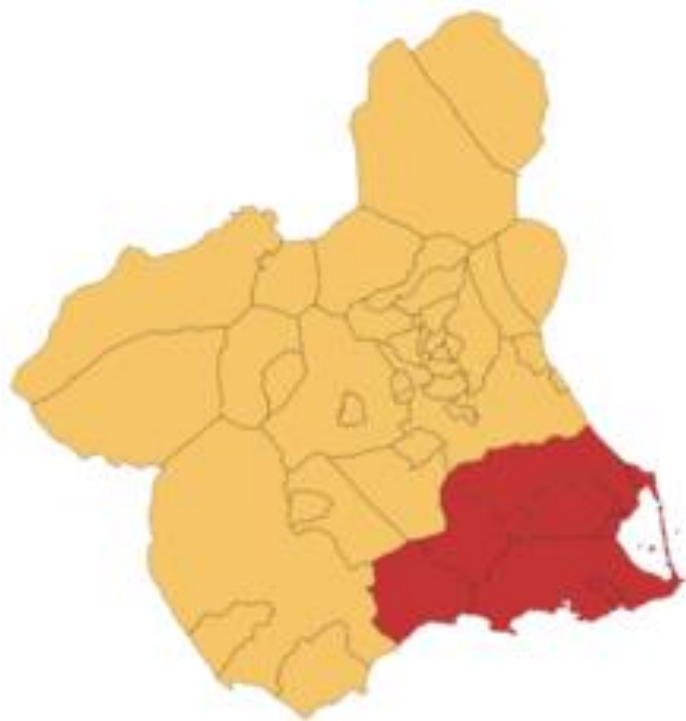


Rectificar

Un seísmo registrado hoy en Fortuna (Murcia), de magnitud 3,7, se ha dejado sentir en los municipios alicantinos de Petrer, Elda, Elx y Novelda, según informaron a Europa Press fuentes del Centro de Coordinación de Emergencias (CCE).

El seísmo, de 3,7 grados, tuvo lugar sobre las 17.40 horas en Fortuna, y, como consecuencia, se recibieron algunas llamadas desde los municipios de Petrer, Elda, Elx y Novelda. No obstante, el seísmo no causó heridos ni daños materiales.

Otra área de gran relevancia es el **Campo de Cartagena** o sector del Mar Menor, siendo zonas muy peligrosas ya que, aparte de la alta sismicidad, son las más vulnerables como consecuencia del tipo de materiales (poco consolidados) que forman el relleno; este hecho puede provocar amplificaciones de ondas que llegado el caso podrían resultar catastróficas. Dada la gran densidad de fallas que se cruzan en la región de Murcia no parecen probables terremotos de grandes magnitudes; por ejemplo superiores a 6.



# 4.3

## El metamorfismo

El metamorfismo es un conjunto de cambios que experimentan las rocas de la corteza terrestre debido a **incrementos de la presión y la temperatura** o a la **infiltración de agua con sustancias disueltas**. Estos cambios no funden las rocas, pero las transforman en otras nuevas llamadas **rocas metamórficas**.

El metamorfismo se produce mayoritariamente en regiones del interior de la corteza en las que la dinámica litosférica crea, de una manera o de otra, las condiciones necesarias.

Estos lugares se encuentran en los bordes de las placas litosféricas, en los que se generan fricciones, empujes y bolsas de magma capaces de producir las transformaciones metamórficas en las rocas de la corteza. En menor medida, también tiene lugar metamorfismo en las dorsales y en los puntos calientes debido a las altas temperaturas reinantes en estas zonas.

## Zonas en las que se da el metamorfismo



Los cambios que se producen en las rocas son de mayor intensidad cuanto mayor es la intensidad de los factores que los causan. Estos cambios son, sobre todo, de dos tipos:

- **Cambios en la composición de la roca.** La presión, la temperatura y, sobre todo, la infiltración en las rocas de fluidos hidrotermales con sustancias disueltas producen reacciones químicas y recristalizaciones en los minerales. En las rocas afectadas aparecen minerales nuevos y otros forman cristales grandes que se fusionan.
- **Cambios en la textura de la roca.** Las presiones dirigidas sobre las masas de roca aplastan los minerales y hacen que los nuevos cristales se dispongan preferentemente en una dirección. Esto genera rocas con una textura de láminas y bandas, llamada foliación.