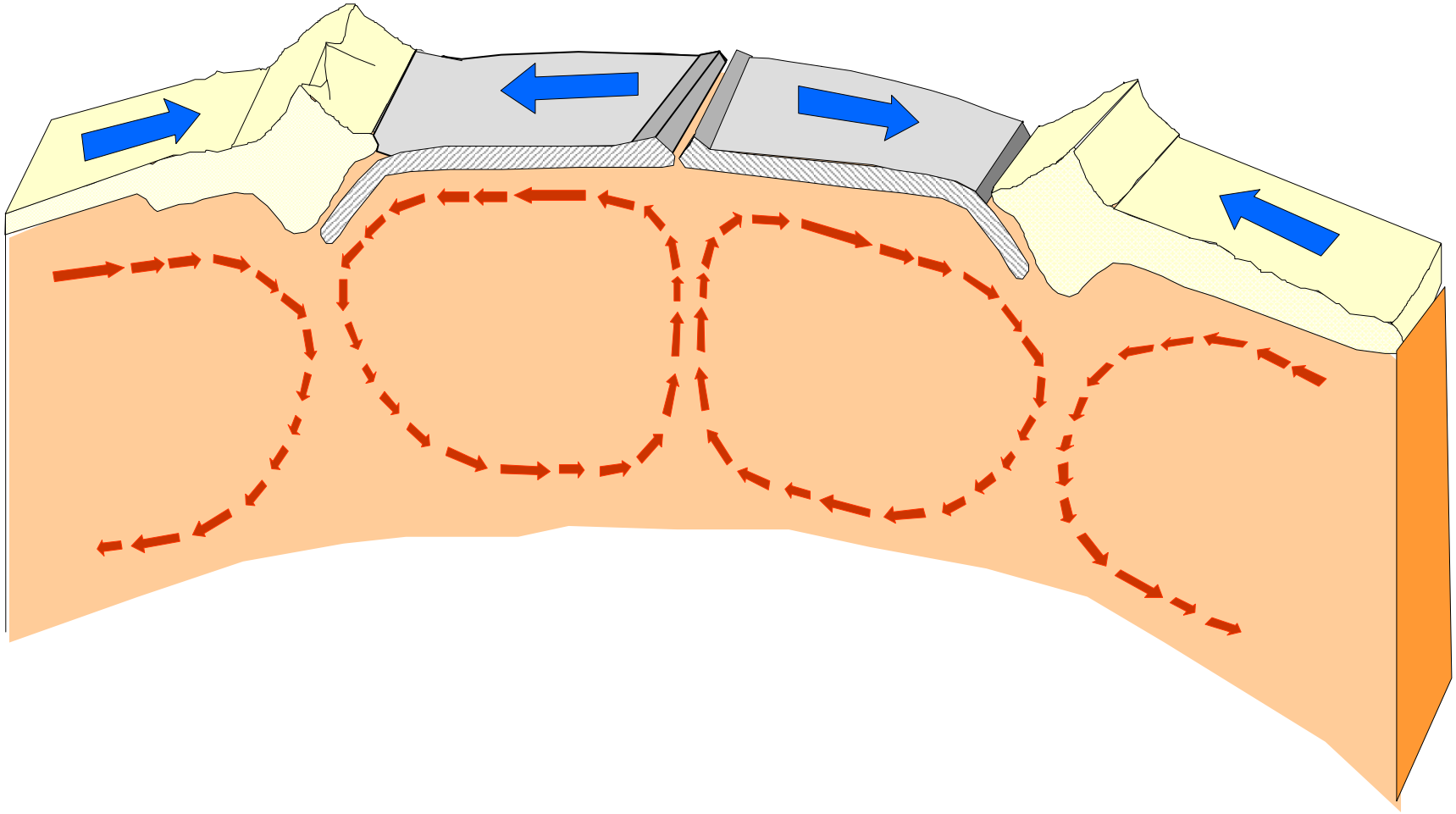
02- Tectónica de placas

Las fuerzas internas en acción

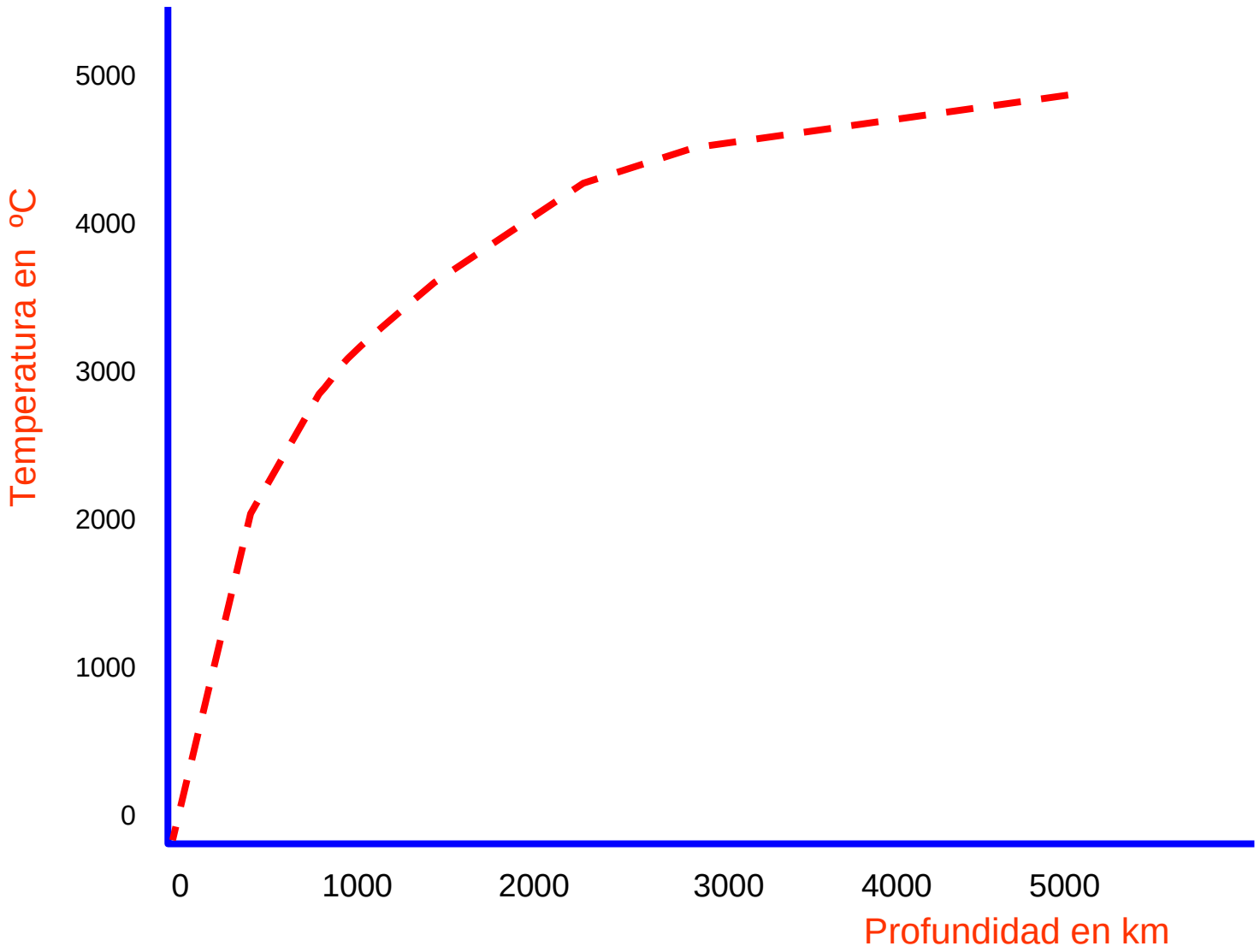
© J. L. Sánchez Guillén

IES Pando - Oviedo – Departamento de Biología y Geología

La Tierra es un planeta muy dinámico. Su superficie está sometida a continuos cambios. Poderosas fuerzas internas rompen y reconstruyen los continentes y son la causa de la formación de los océanos y de las grandes cadenas de montañas. Volcanes y terremotos son las consecuencias más directas y observables de este poder.



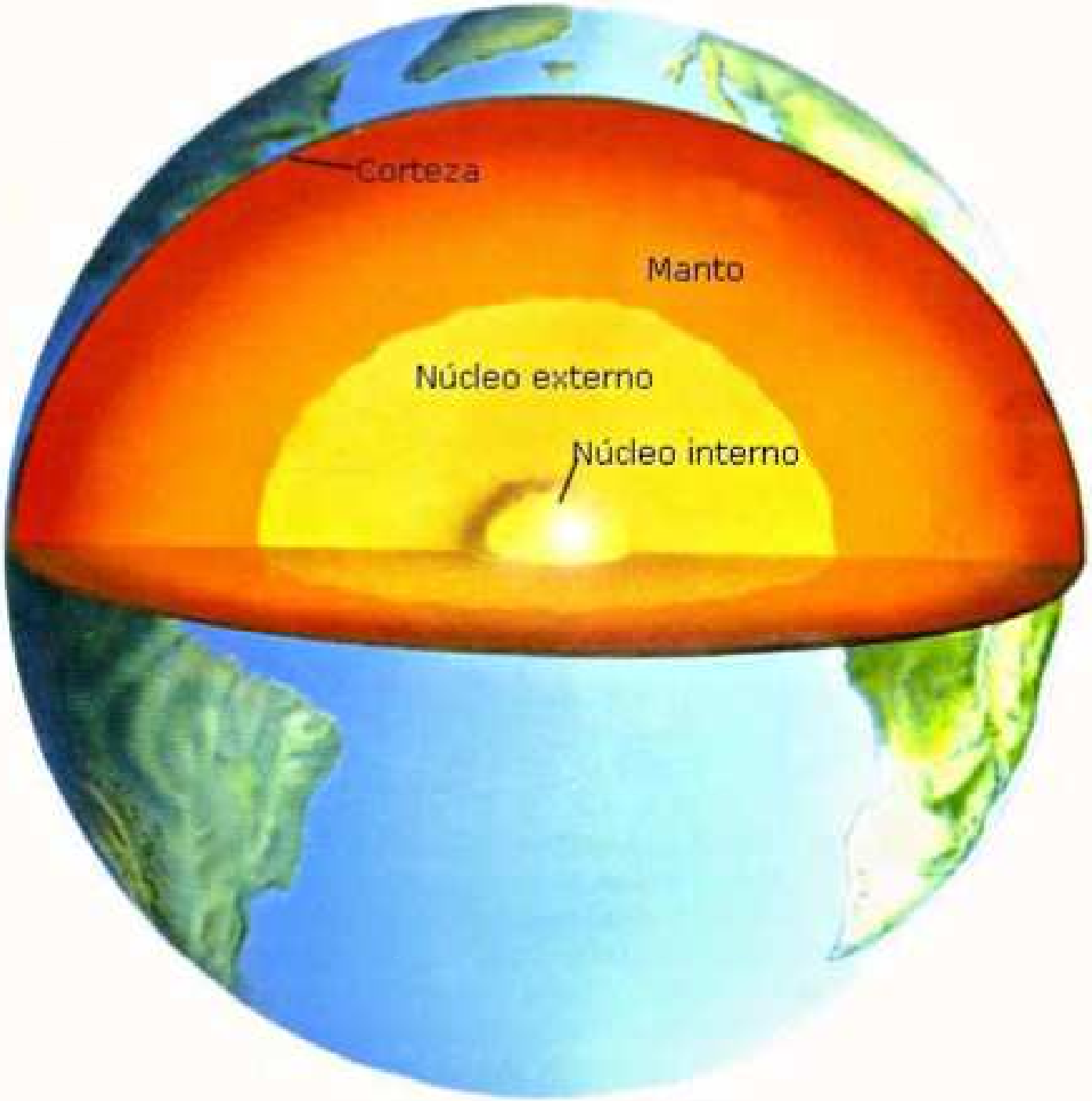
Variación de la temperatura con la profundidad en el interior de la Tierra.



ESTRUCTURA DE LA TIERRA

Las capas de la Tierra:

- Corteza
- Manto
- Núcleo



CORTEZA

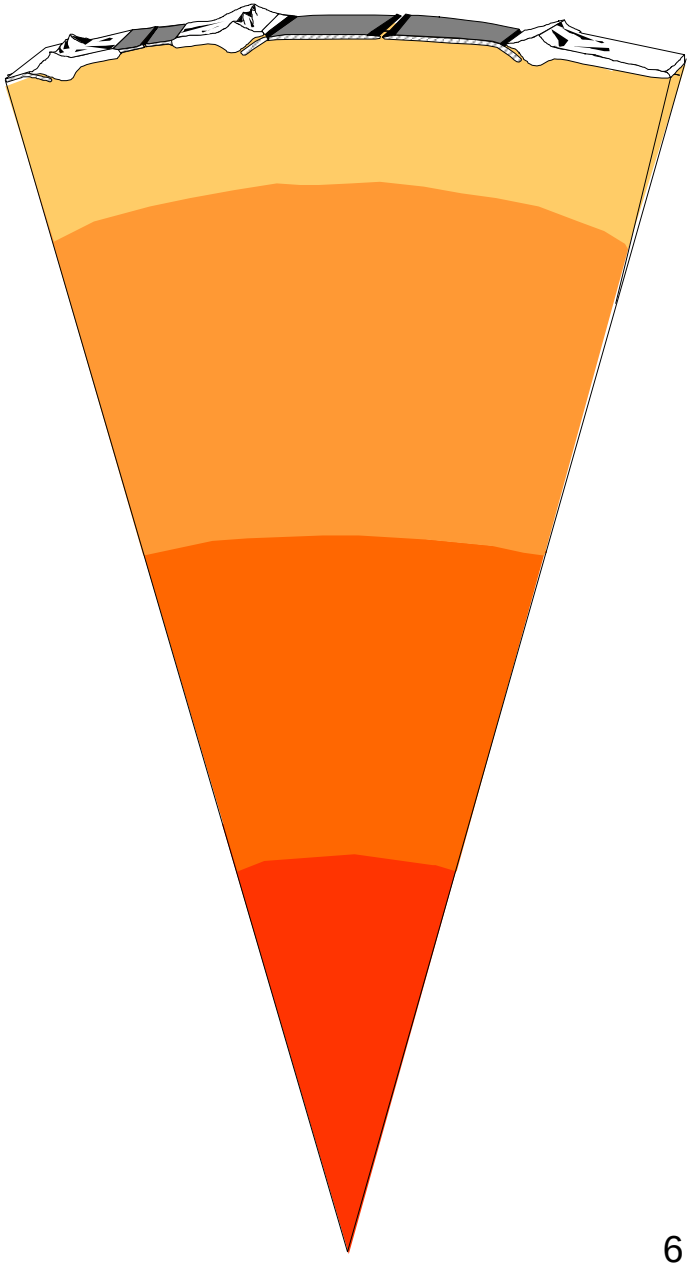
Se trata de la capa más externa de la Tierra. Está separada del manto por la discontinuidad de Mohorovicic. Tiene un grosor medio de 30 km, aunque este grosor es variable ya que es más delgada y más densa en los océanos y más gruesa pero menos densa en los continentes. La corteza continental está formada por silicatos de aluminio (granitos), fundamentalmente, abundando también la rocas calizas. La corteza oceánica está formada por silicatos algo más densos como los basaltos y es menos antigua que la corteza continental.

MANTO

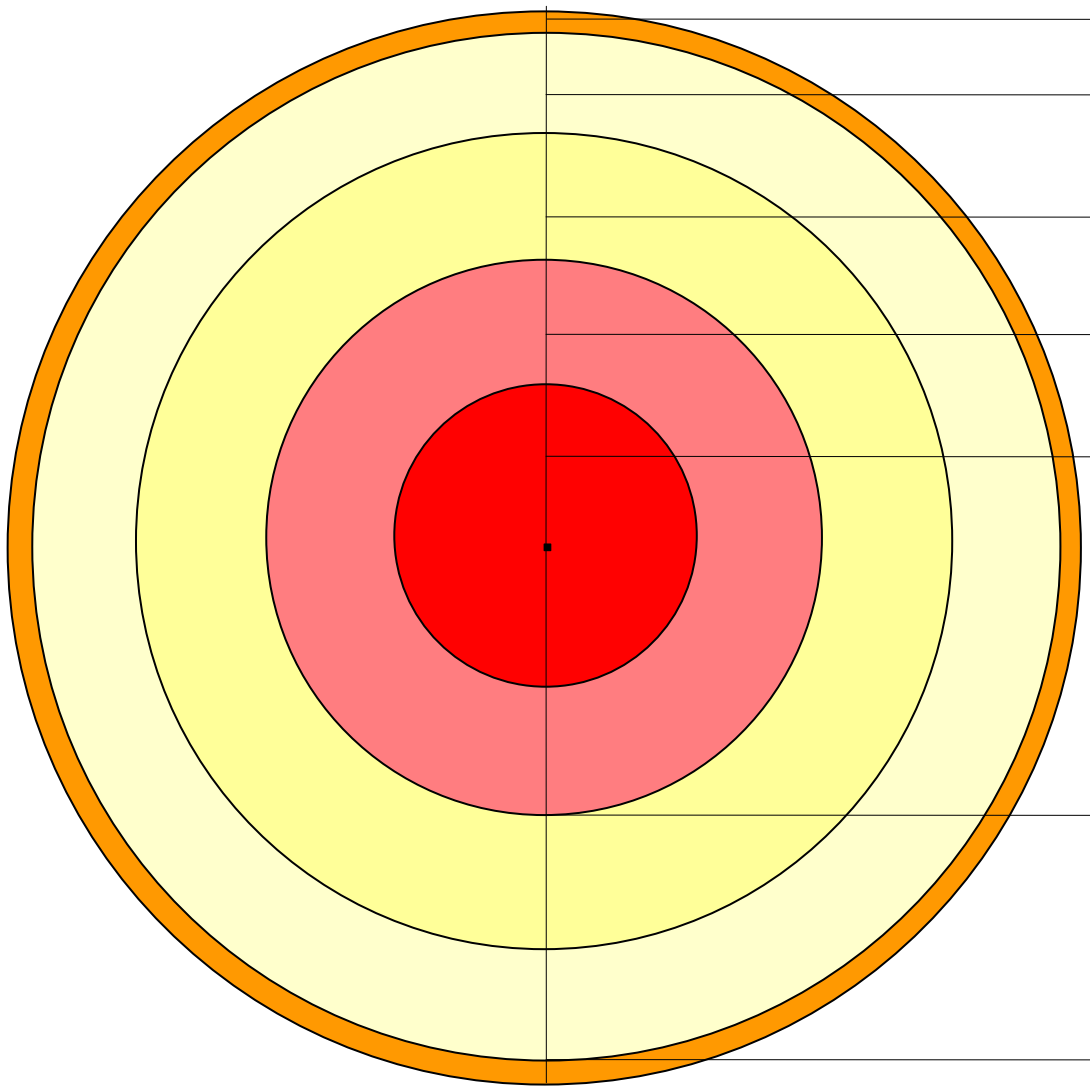
Se trata de la capa intermedia. Se extiende desde la discontinuidad de Mohorovicic (30 km) hasta la de Gutenberg (2900 km). Está formada por el manto superior, hasta los 700 km, y el manto inferior (hasta los 2900 km). Se compone de rocas básicas más densas (3,5 g/cm3) que las de la corteza, formadas, fundamentalmente, por silicatos de hierro y magnesio.

NÚCLEO

Se extiende desde la discontinuidad de Gutenberg (2900 km) al centro de la Tierra (6370 km). Está compuesto por hierro con pequeñas cantidades de otros elementos químicos (níquel, carbono, etc.). En él se distinguen: el núcleo externo, hasta los 5100 km, en estado líquido y el núcleo interno, sólido.



Estructura en capas de la Tierra



Capas de la Tierra

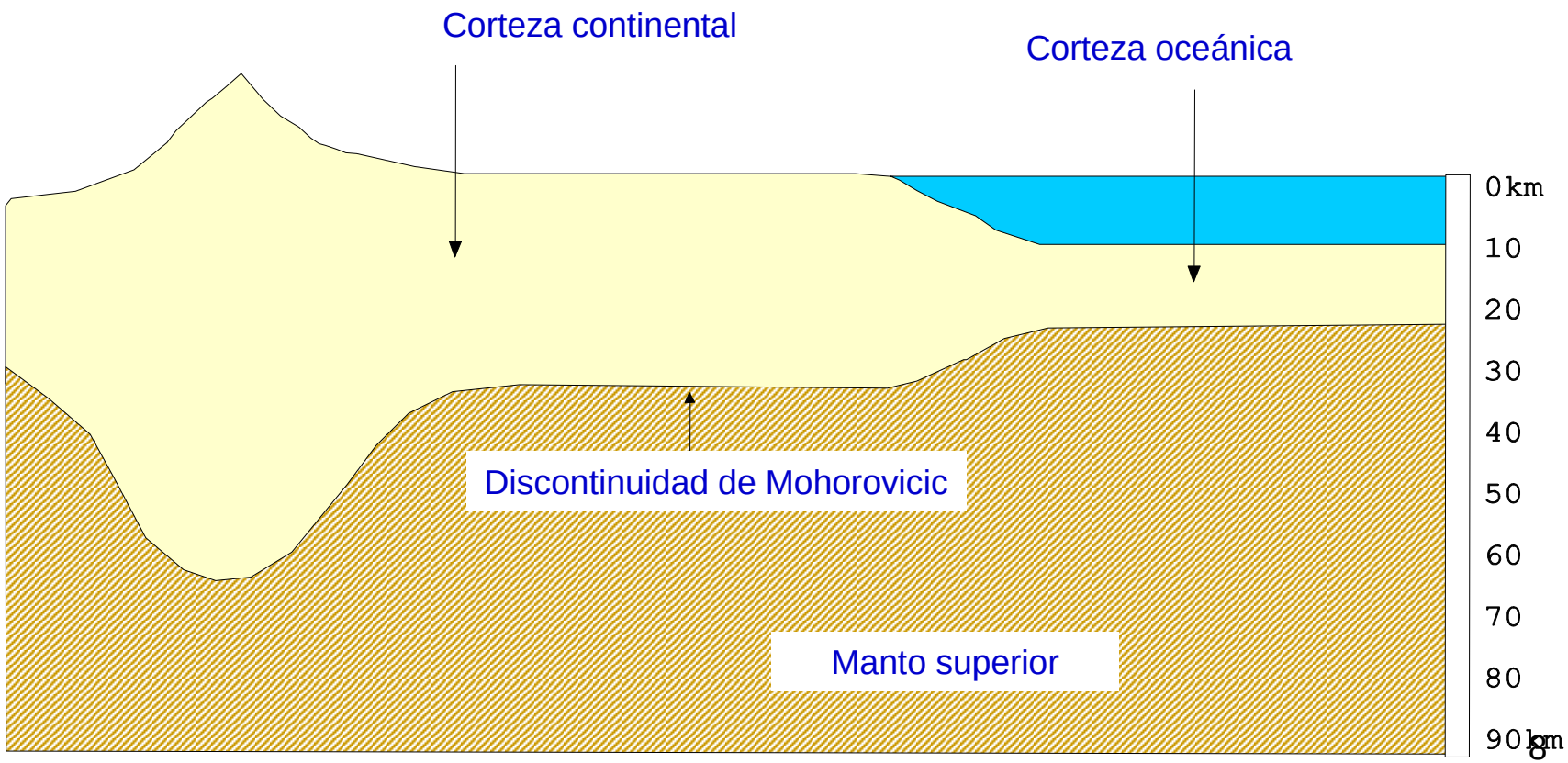
- Corteza
- Manto superior
- Manto inferior
- Núcleo externo
- Núcleo interno

Discontinuidades

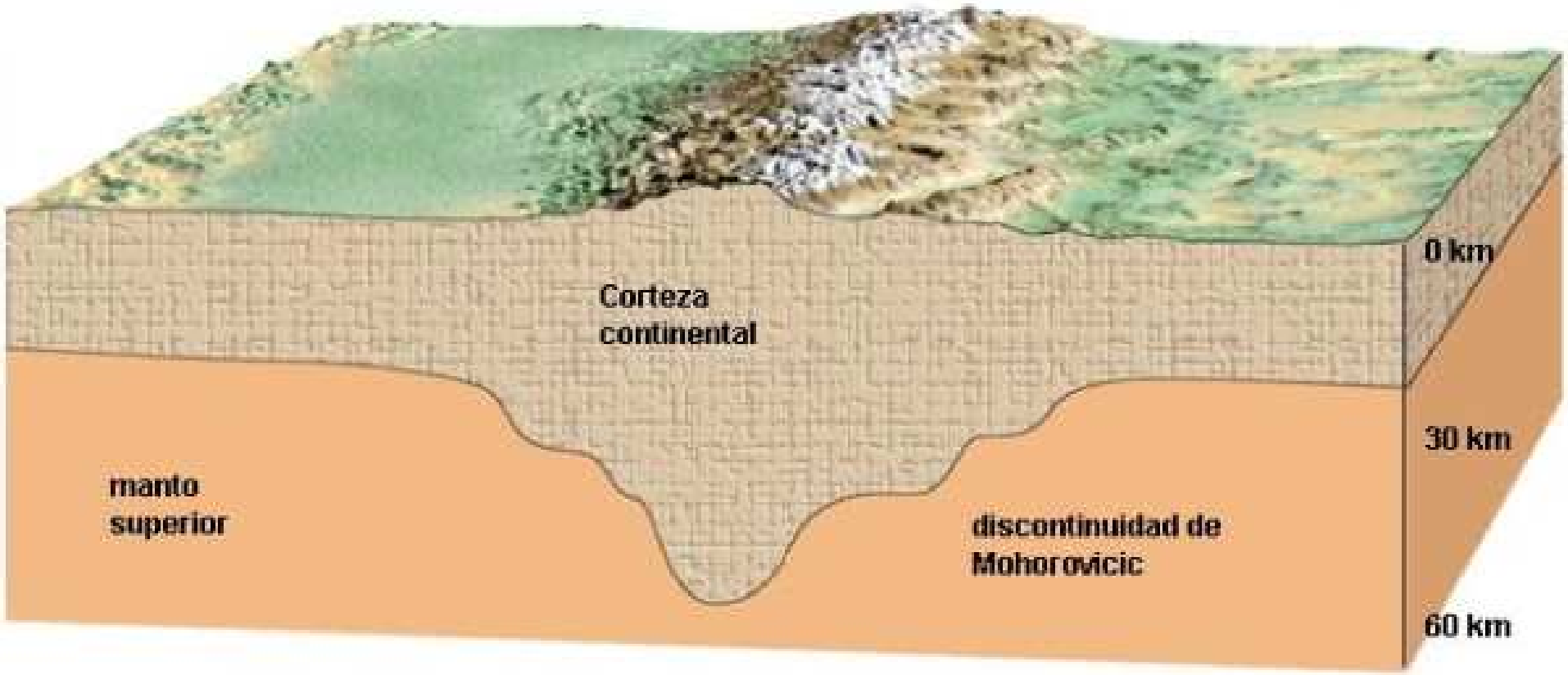
- Gutenberg (2900 Km)
- Mohorovicic (30 Km)

LA CORTEZA

Como ya se ha dicho, se trata de la capa más externa de la Tierra. Está separada del manto por la discontinuidad de Mohorovicic. Tiene un grosor medio de 30 km, aunque este grosor es variable ya que es más delgada y más densa en los océanos y más gruesa pero menos densa en los continentes. La corteza continental está formada por silicatos de aluminio (granitos), fundamentalmente, abundando también la rocas calizas. La corteza oceánica está formada por silicatos algo más densos como los basaltos y es menos antigua que la corteza continental.

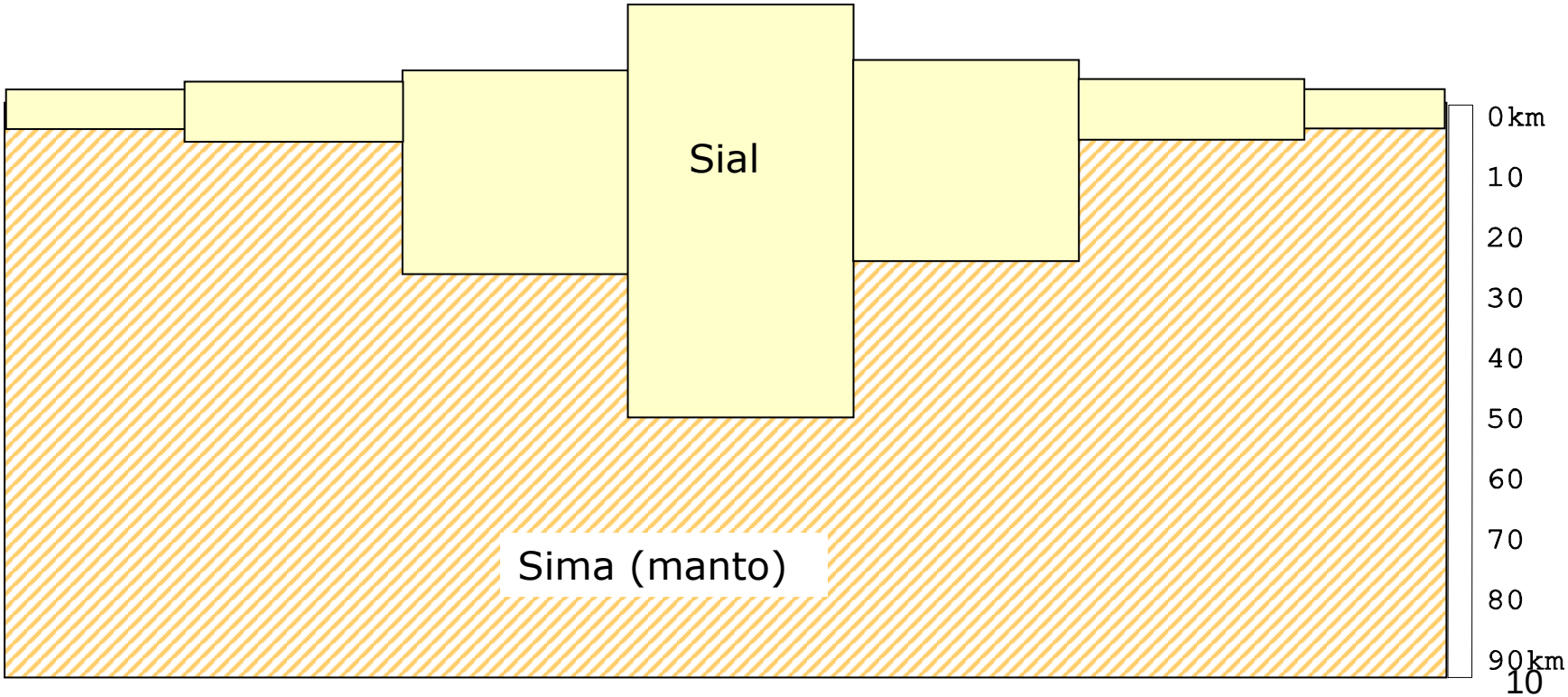


La corteza está formada por rocas poco densas, como los granitos y las rocas calizas. Tiene un espesor medio de unos 30 Km, aunque es más delgada en los océanos y más gruesa en los continentes y, sobre todo, en las cadenas montañosas

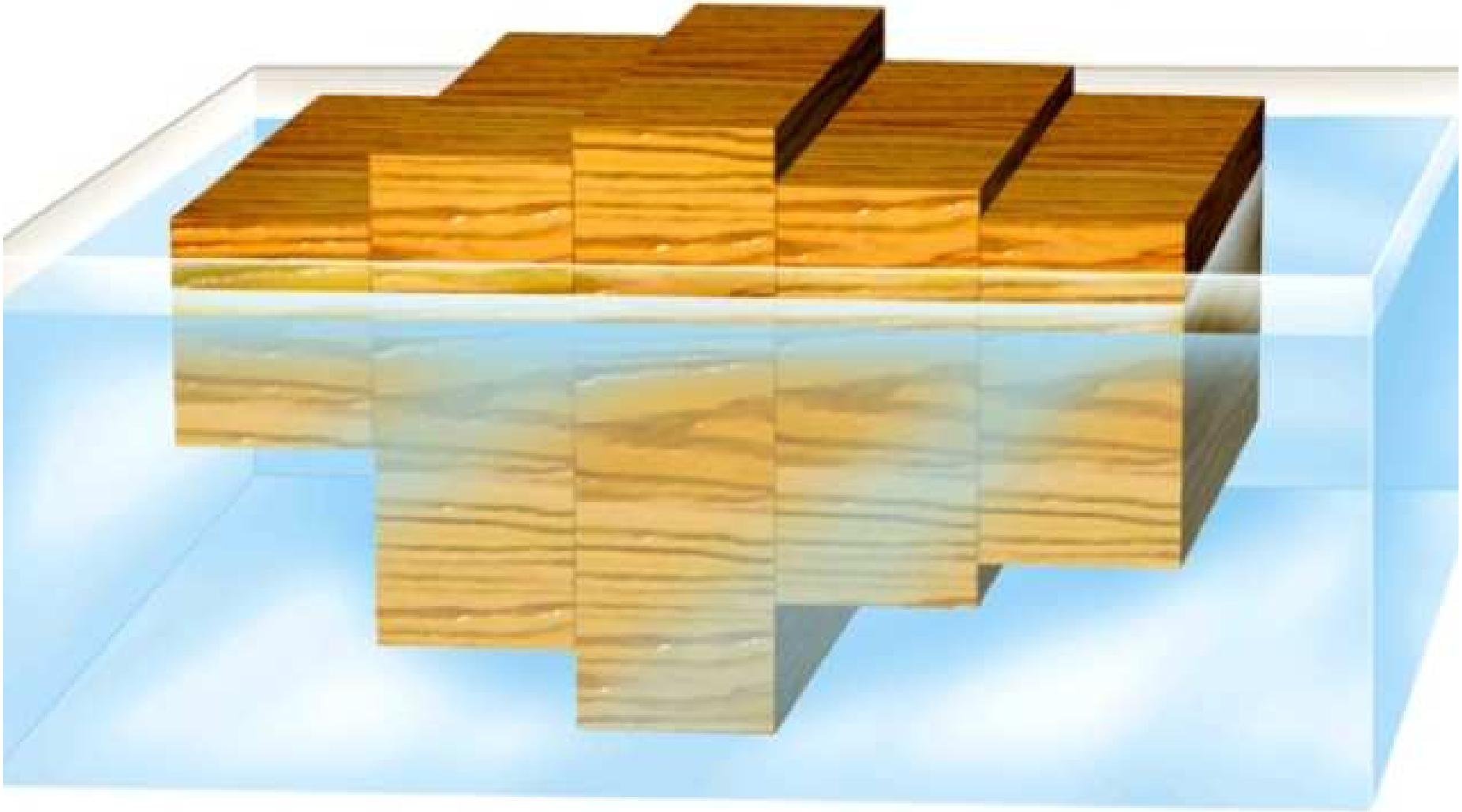


¿Por qué es más gruesa la corteza continental bajo las cadenas montañosas?

LA TEORÍA DE LA ISOSTASIA: La isostasia es una teoría que dice que el SIAL (la corteza) menos densa, flota sobre el SIMA (manto) más denso. Esta es la razón de que la corteza sea más gruesa bajo las cadena montañosas que en los océanos.



Modelo que explica el por qué la corteza es más gruesa en las zonas elevadas (Teoría de la isostasia).



La deriva continental
Alfred Wegener

Alfred Wegener nació en Berlín, en 1880. Astrónomo y meteorólogo se interesó por las expediciones polares y en 1906 participó en la expedición danesa a Groenlandia, donde pasó dos inviernos haciendo observaciones meteorológicas.

A su regreso fue nombrado profesor de meteorología de la Universidad de Marburgo.
Los datos paleontológicos y otras pruebas geológicas le llevaron a plantear en una conferencia en 1912 en la Unión Geológica de Frankfurt la Hipótesis de la Deriva Continental.

Murió en 1930 a la edad de 50 años durante su tercera expedición en Groenlandia.

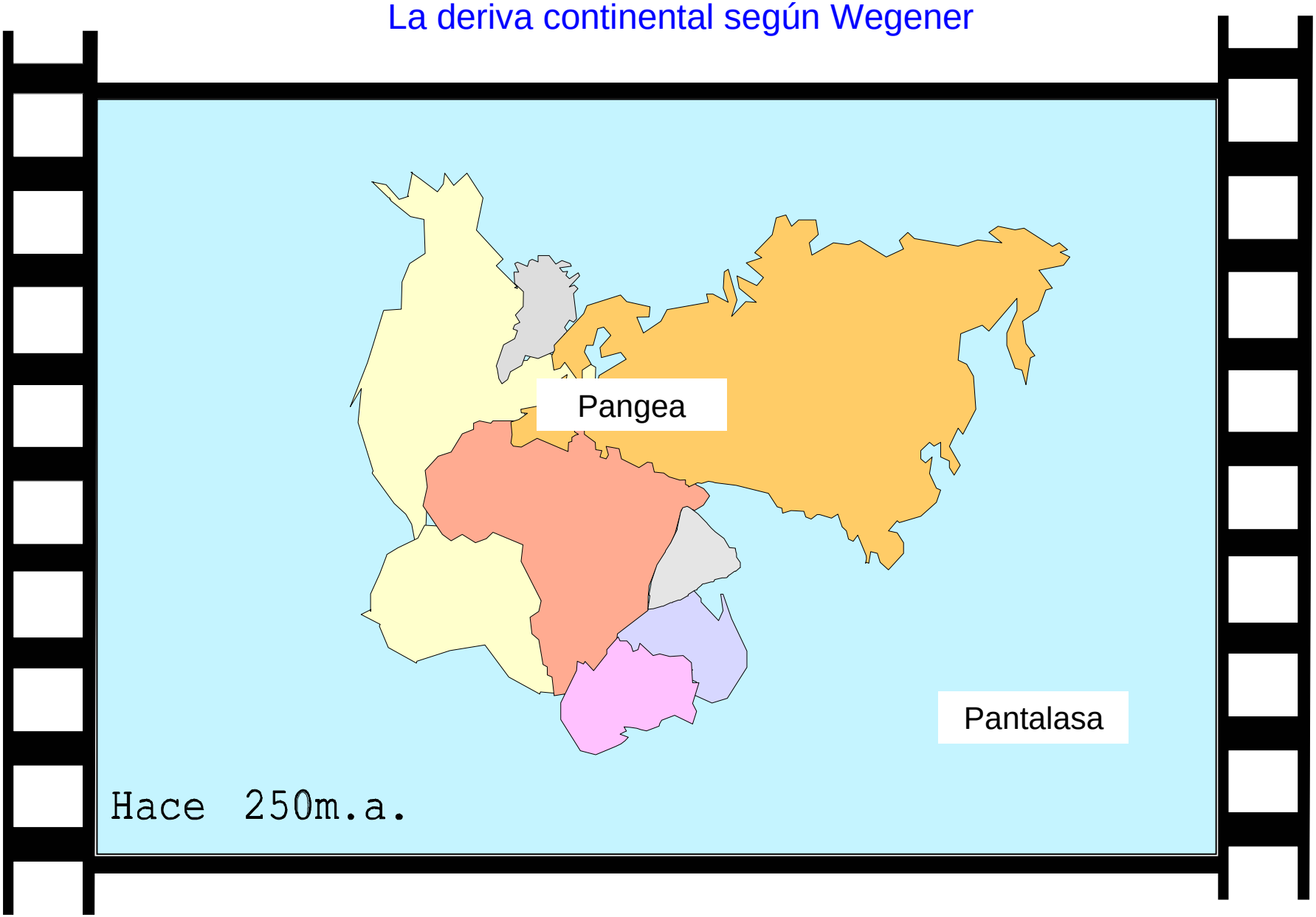
La deriva continental

Alfred Wegener desarrolló la hipótesis de la deriva continental.
Según esta hipótesis, los continentes se desplazaban sobre el fondo oceánico.

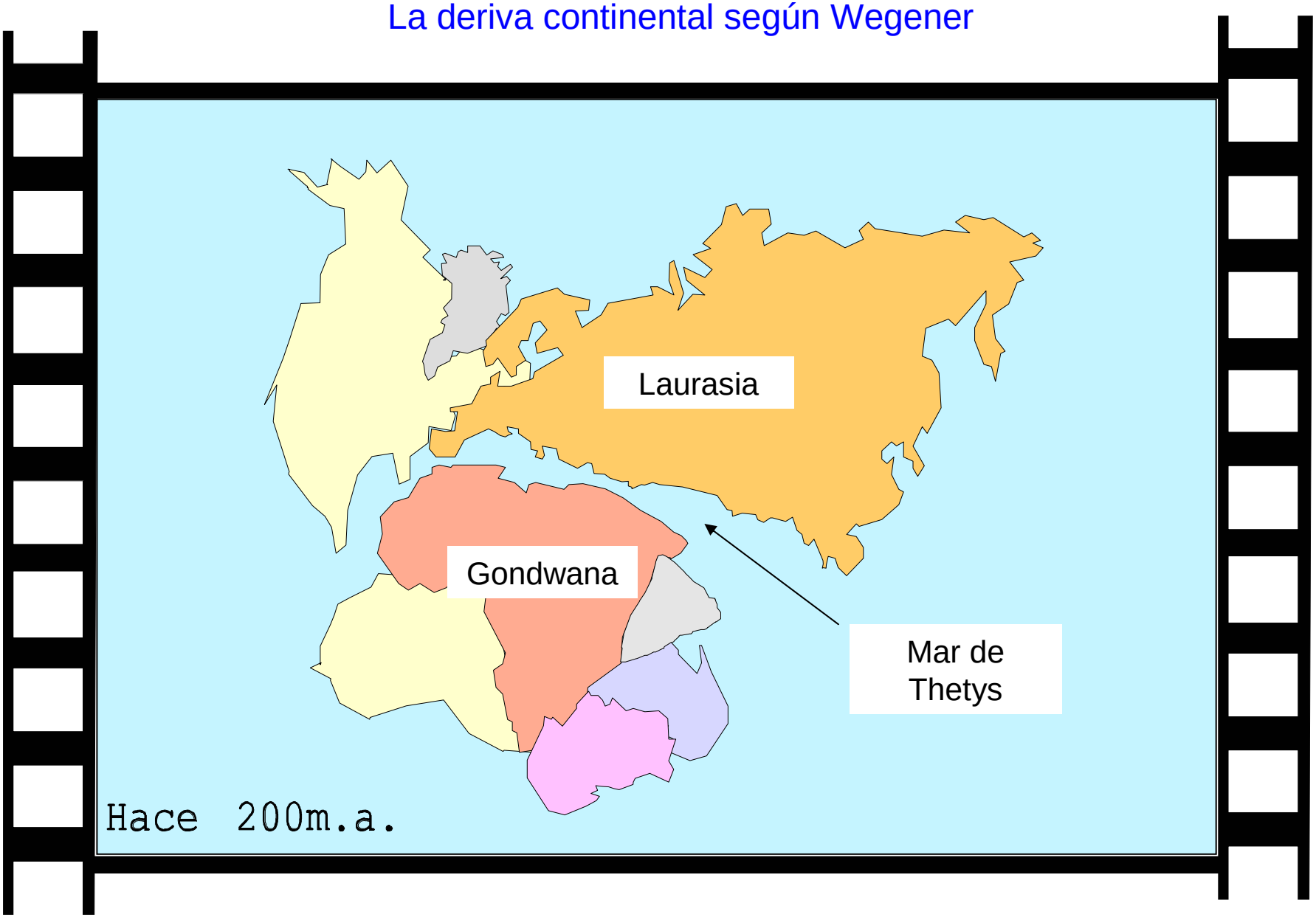
Para ello se basó en:

- La coincidencia en la forma de las costas de África y Sudamérica.
- La coincidencia en los tipos de rocas y estructuras entre África y Sudamérica.
- La existencia de glaciaciones de hace 250 m.a. en lugares ahora muy distantes (Sur de Gondwana).
- La existencia de una fauna y flora fósil terrestre coincidente en lugares ahora separados por océanos.

La deriva continental según Wegener

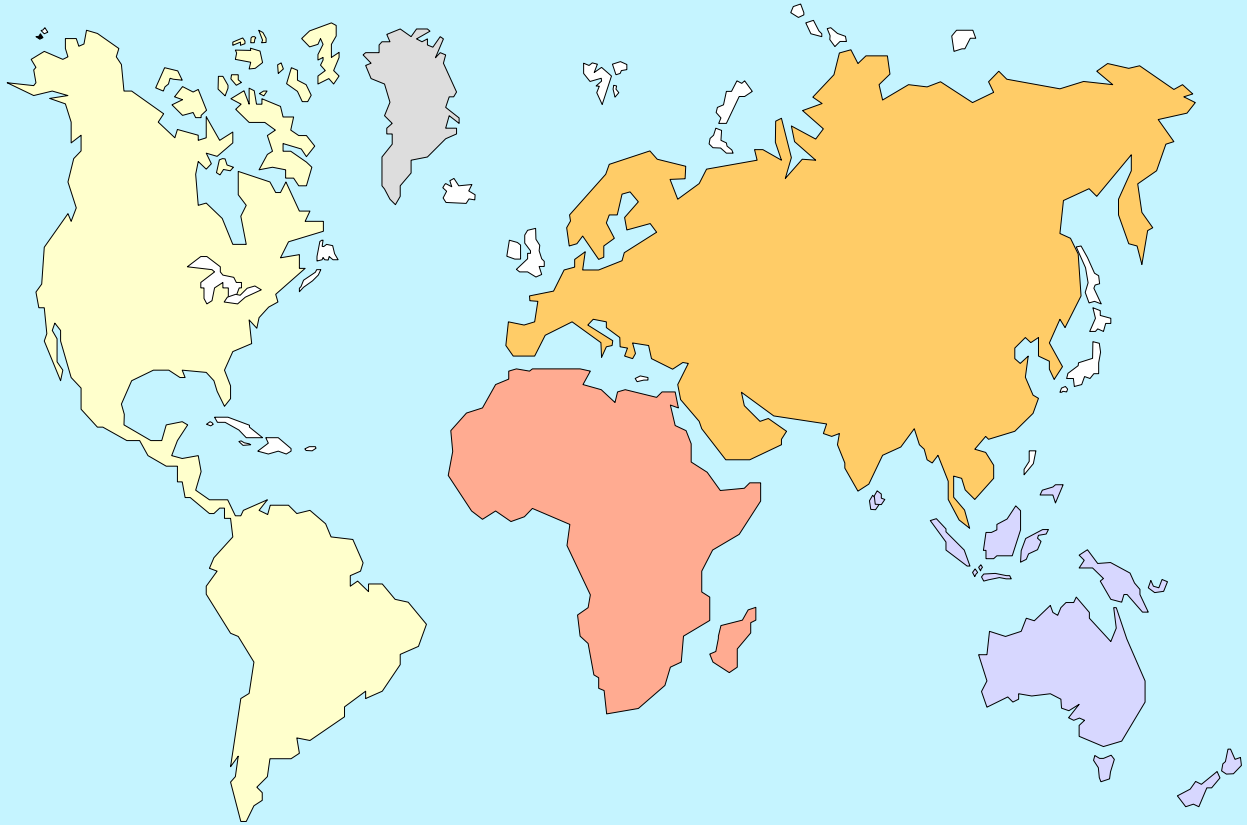


La deriva continental según Wegener



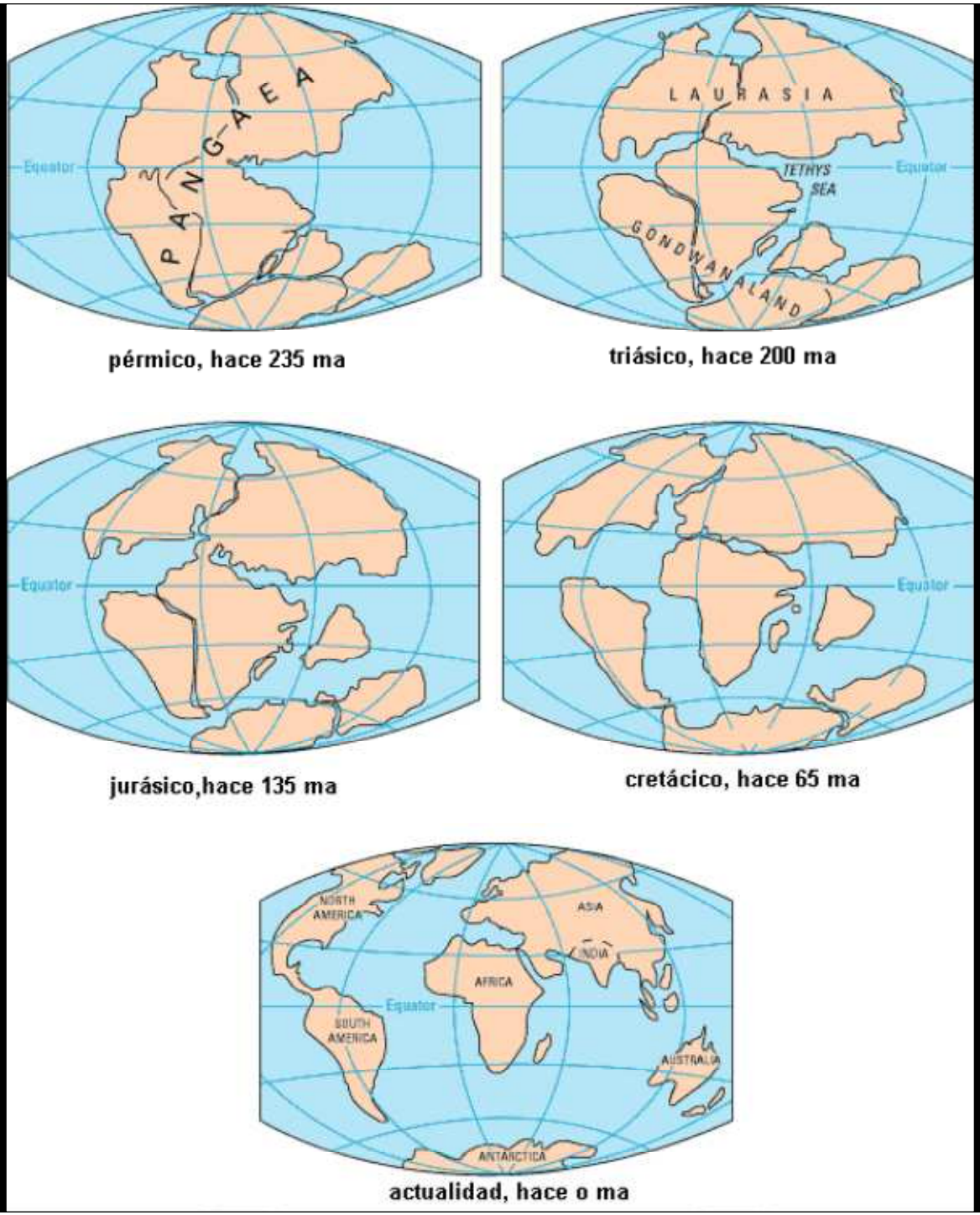
La deriva continental según Wegener

La deriva continental según Wegener

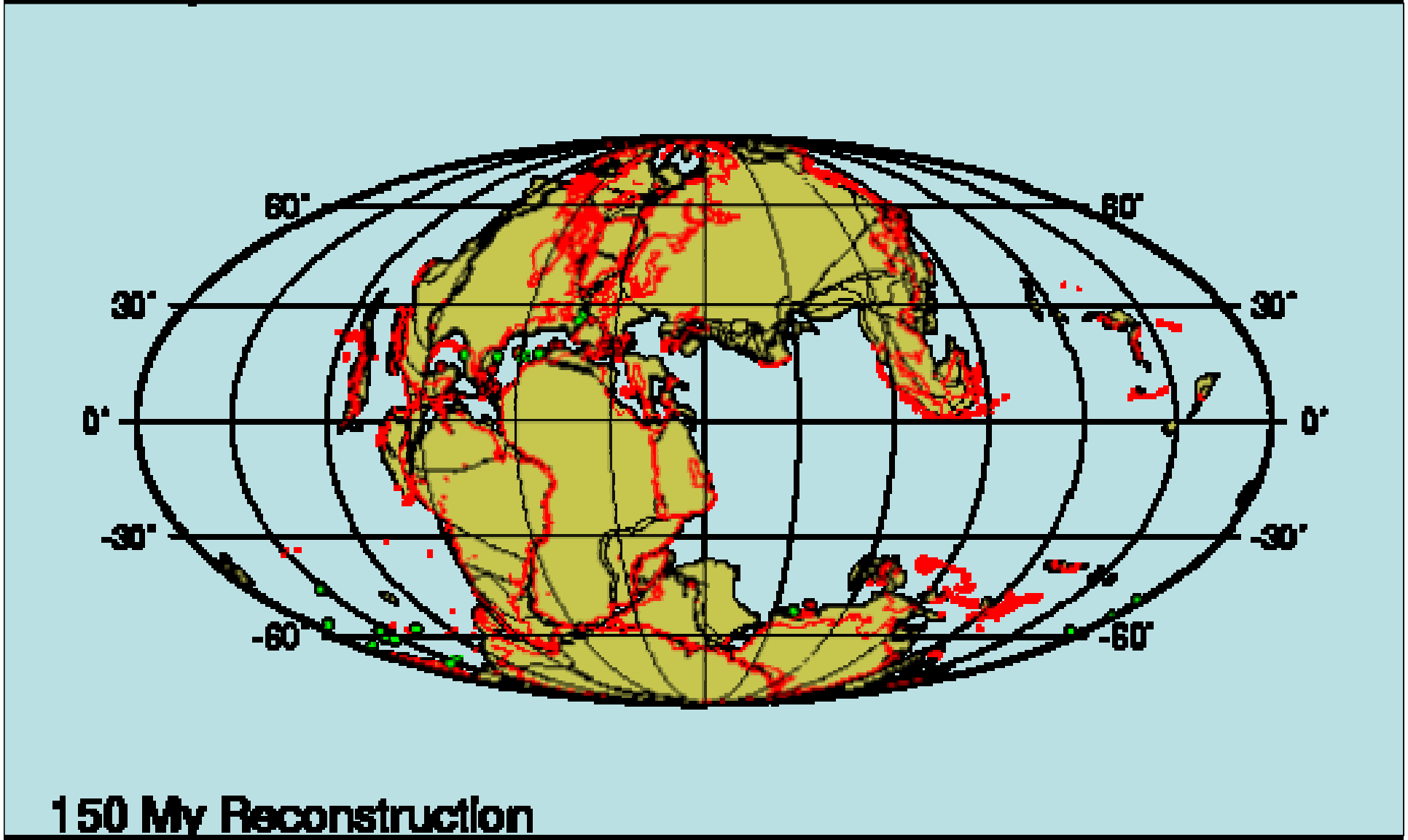


Mapa actual.

Evolución de las masas continentales y oceánicas desde el pérmico, hace 235 m.a.



Animación: Evolución de las masas continentales y oceánicas desde hace 150 m.a.



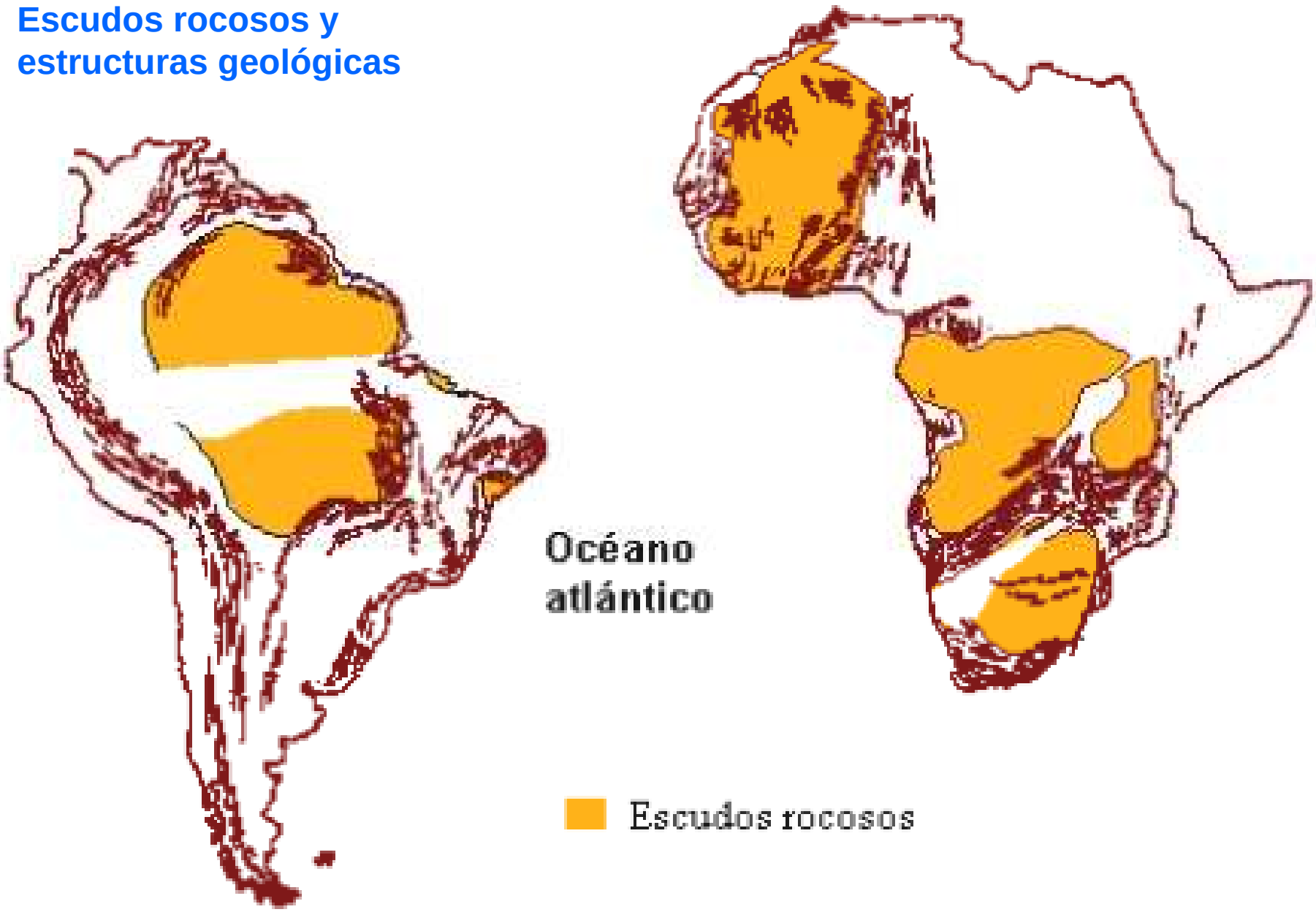
La deriva continental
-
pruebas

Pruebas de la deriva continental:

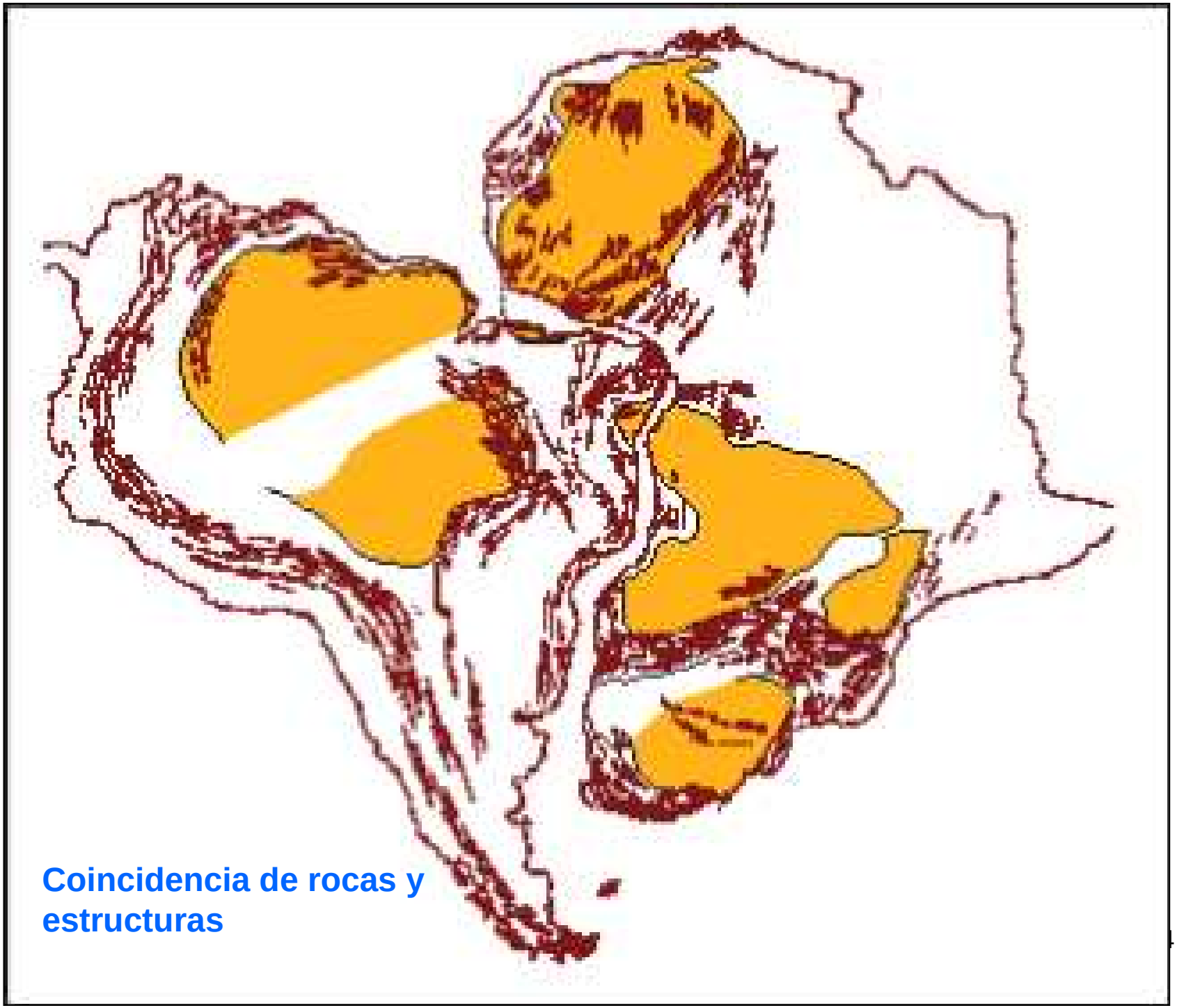
Coincidencia fisiográfica entre las costas de África y Sudamérica.

La coincidencia es mayor si se realiza a partir de las plataformas continentales (azul claro).

Escudos rocosos y estructuras geológicas

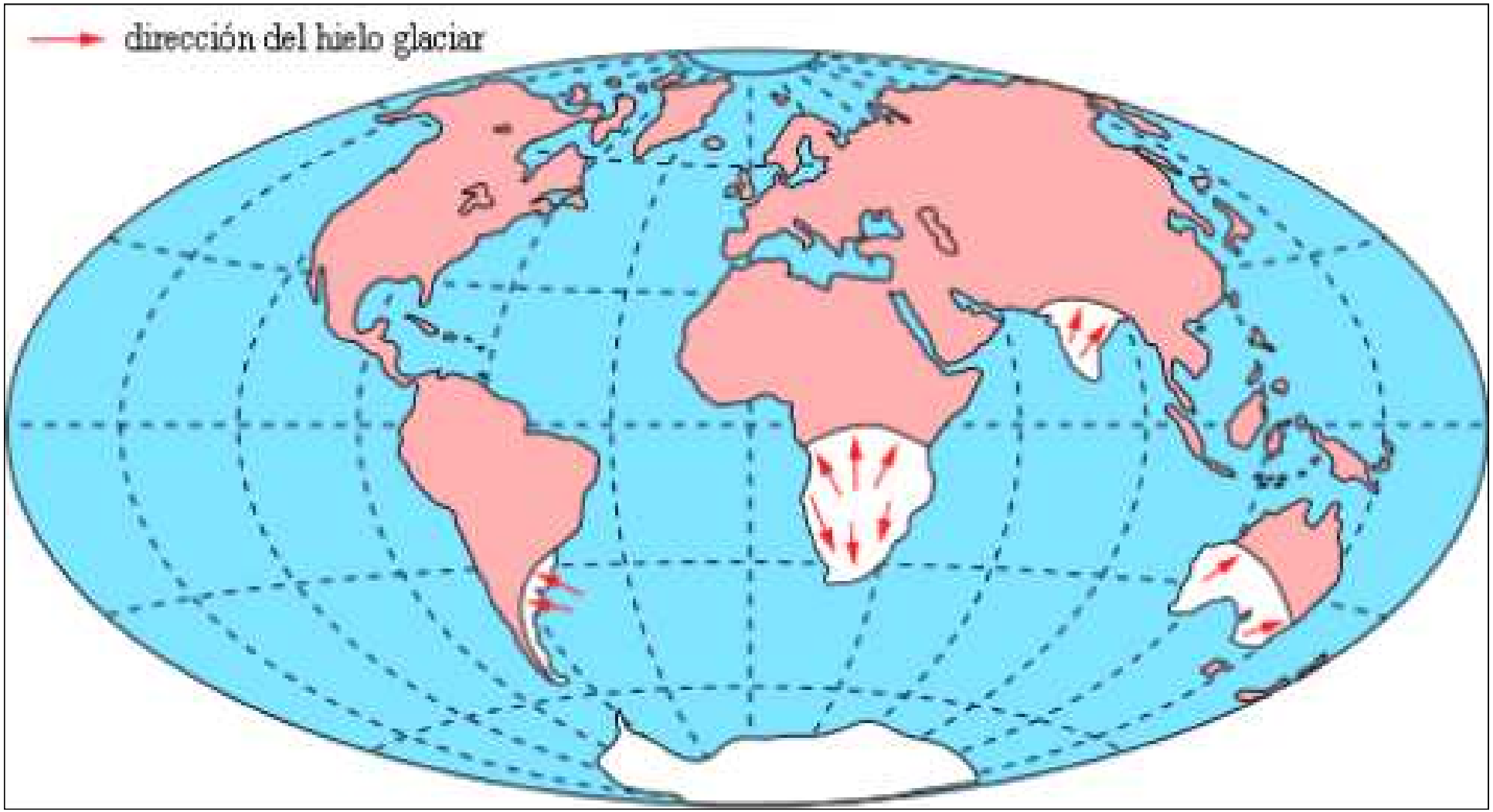


Pruebas de la deriva continental

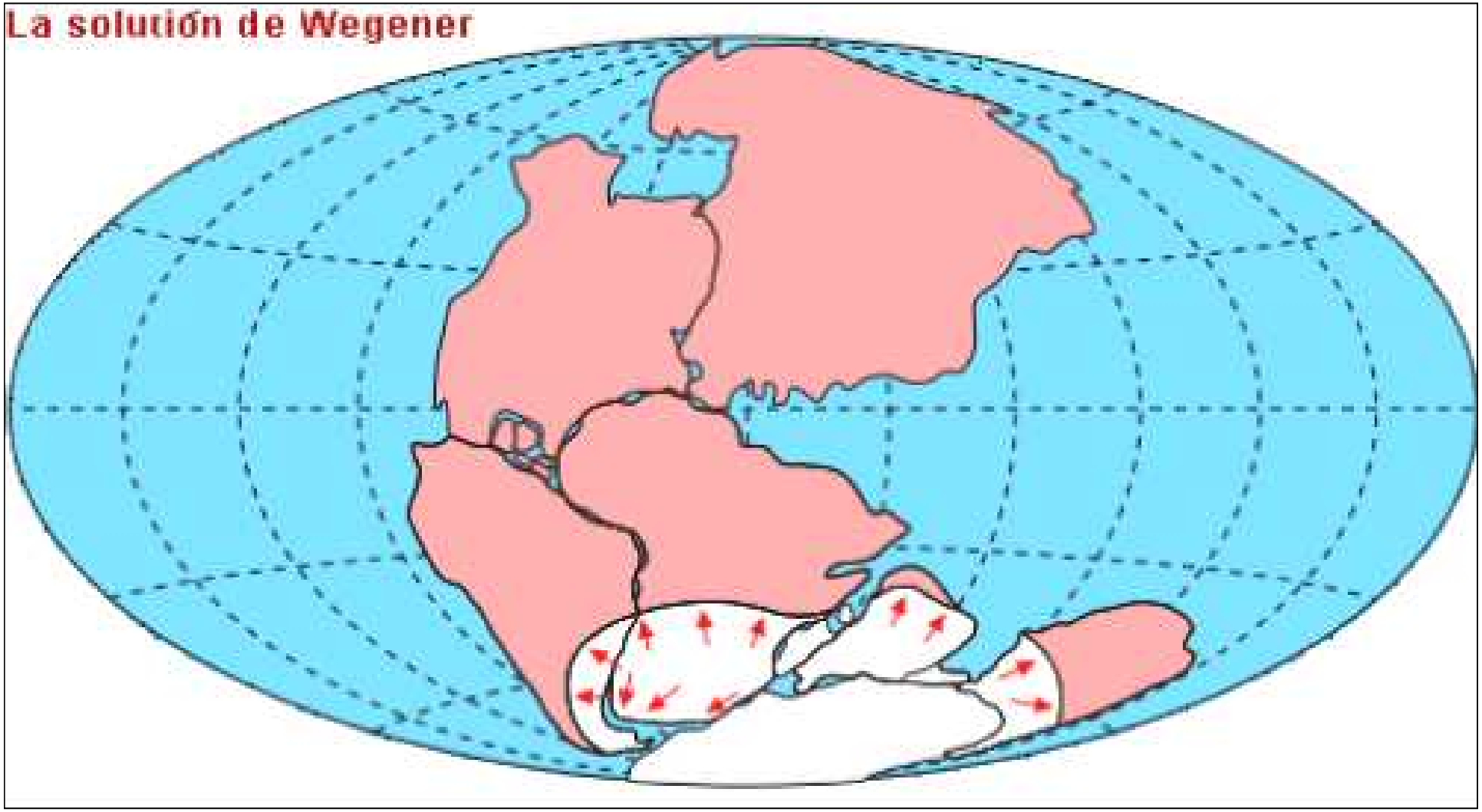


Coincidencia de rocas y estructuras

Pruebas de la deriva continental: Señales de una glaciación de hace 250 m.a. en lugares ahora muy distantes (Sur de Gondwana).

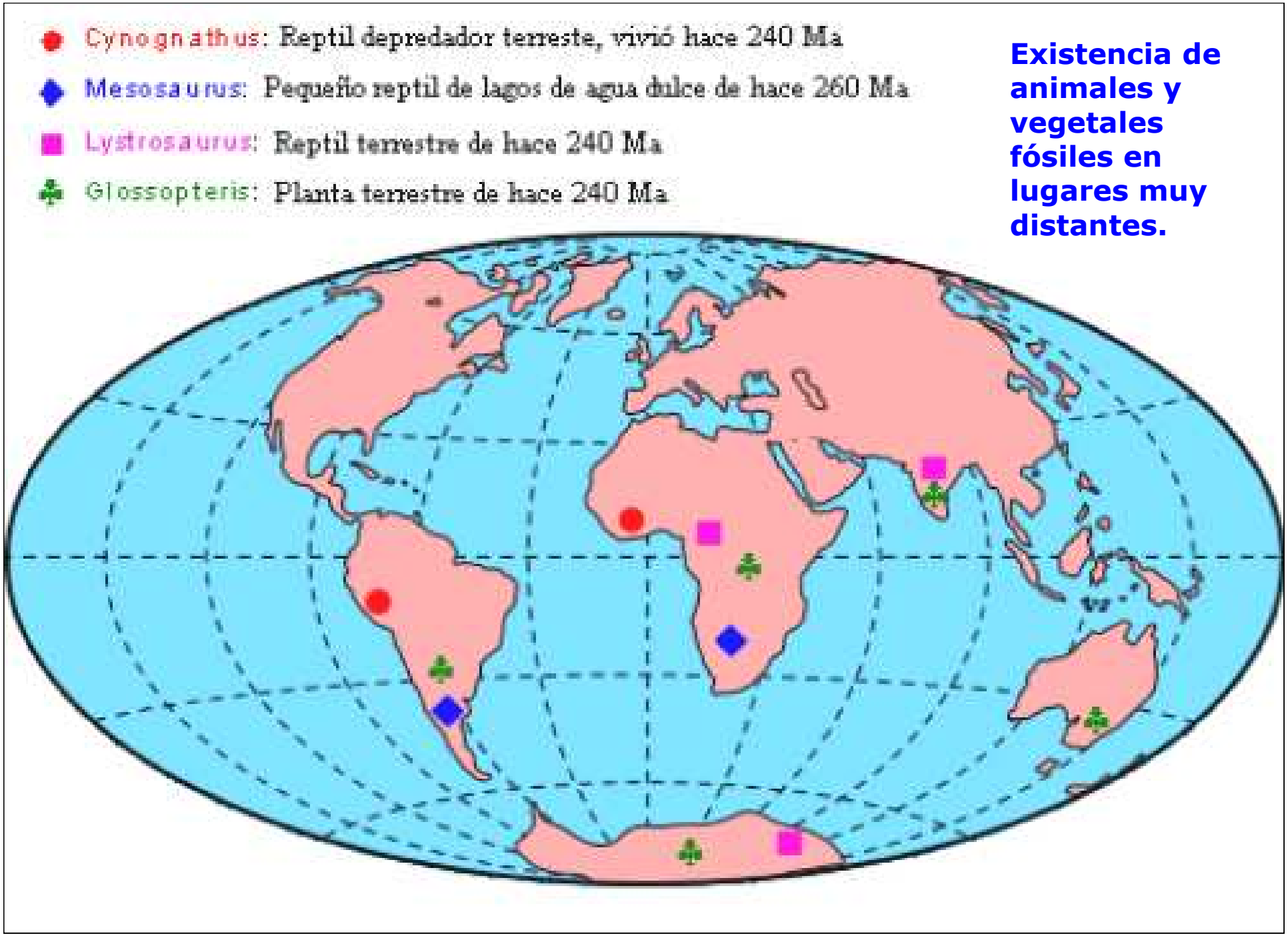


Pruebas de la deriva continental: Hace 250 m.a, en el sur de Gondwana, se encontraba uno de los polos cubriendo el área en blanco en la figura. El avance de los hielos (flechas rojas) dejó marcas en el terreno y en las rocas que permiten en la actualidad reconocer este hecho.

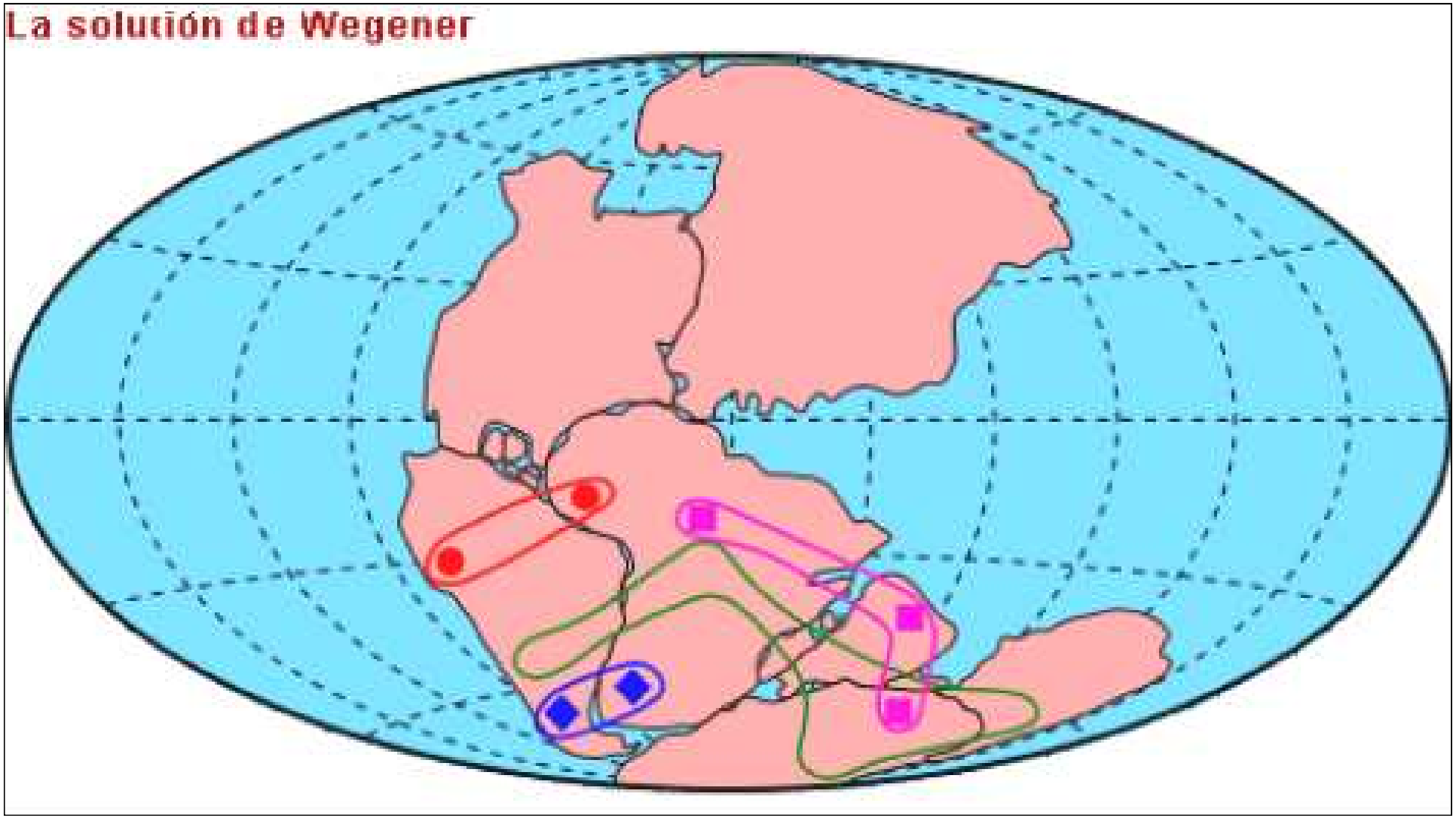


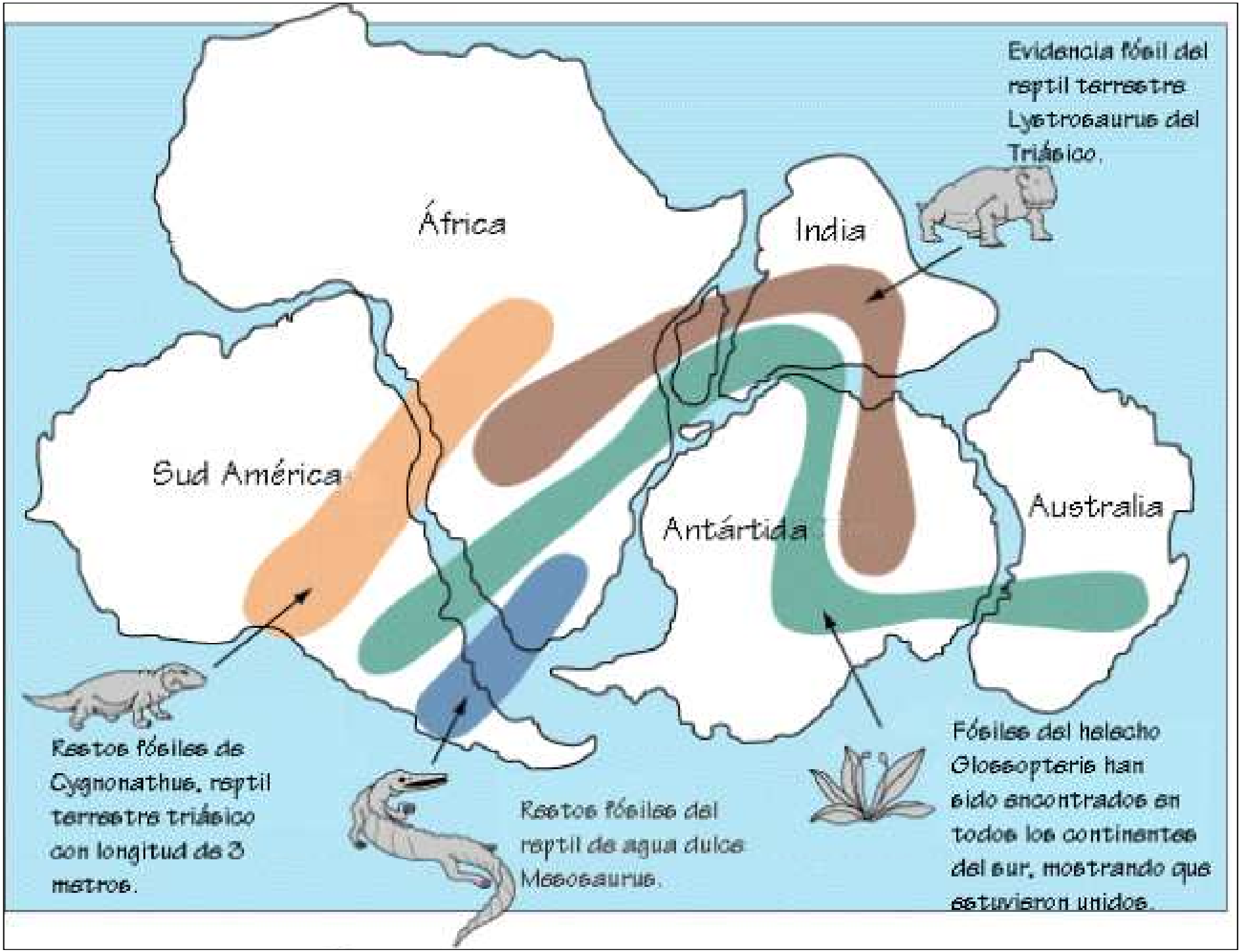
Glaciación en Gondwana hace 250 m.a. y dirección de los hielos.

Existencia de animales y vegetales fósiles en lugares muy distantes.

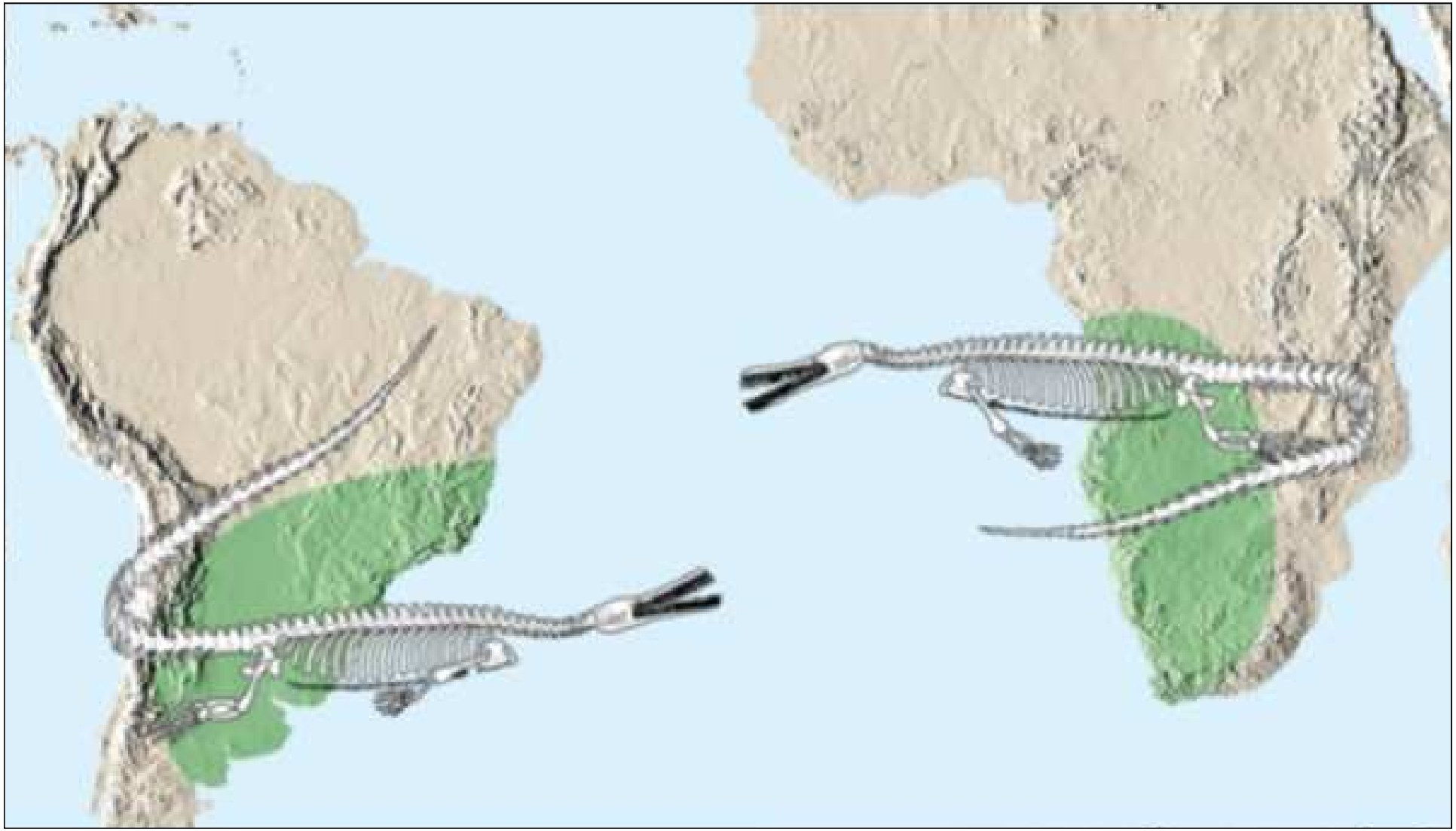


- **Si juntamos estos lugares formando un único continente las áreas de distribución de estos organismos fósiles se continúan de un lado al otro.**

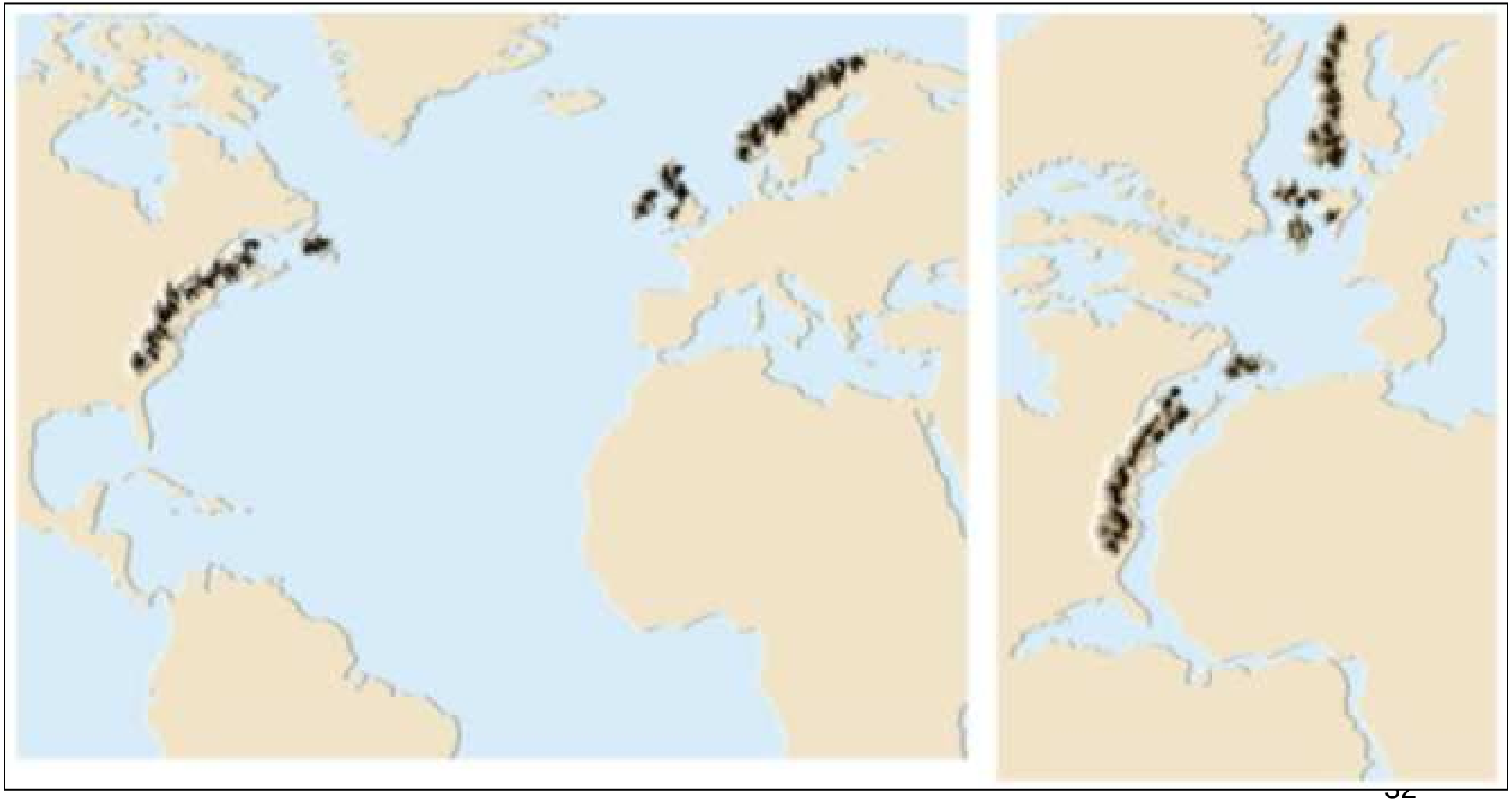



Evidencia fósil del reptil terrestre Lystrosaurus del Triásico.
África
India
Sud América
Antártida
Australia
Restos fósiles de Cygnonathus, reptil terrestre triásico con longitud de 3 metros.
Restos fósiles del reptil de agua dulce Mesosaurus.
Fósiles del helecho Glossopteris han sido encontrados en todos los continentes del sur, mostrando que estuvieron unidos.

Distribución del mesosaurus. El mesosaurus fue un pequeño reptil fósil que vivió en lagos de agua dulce hace 260 m.a. en Sudamérica y Sudáfrica (**zonas en verde**) **.**



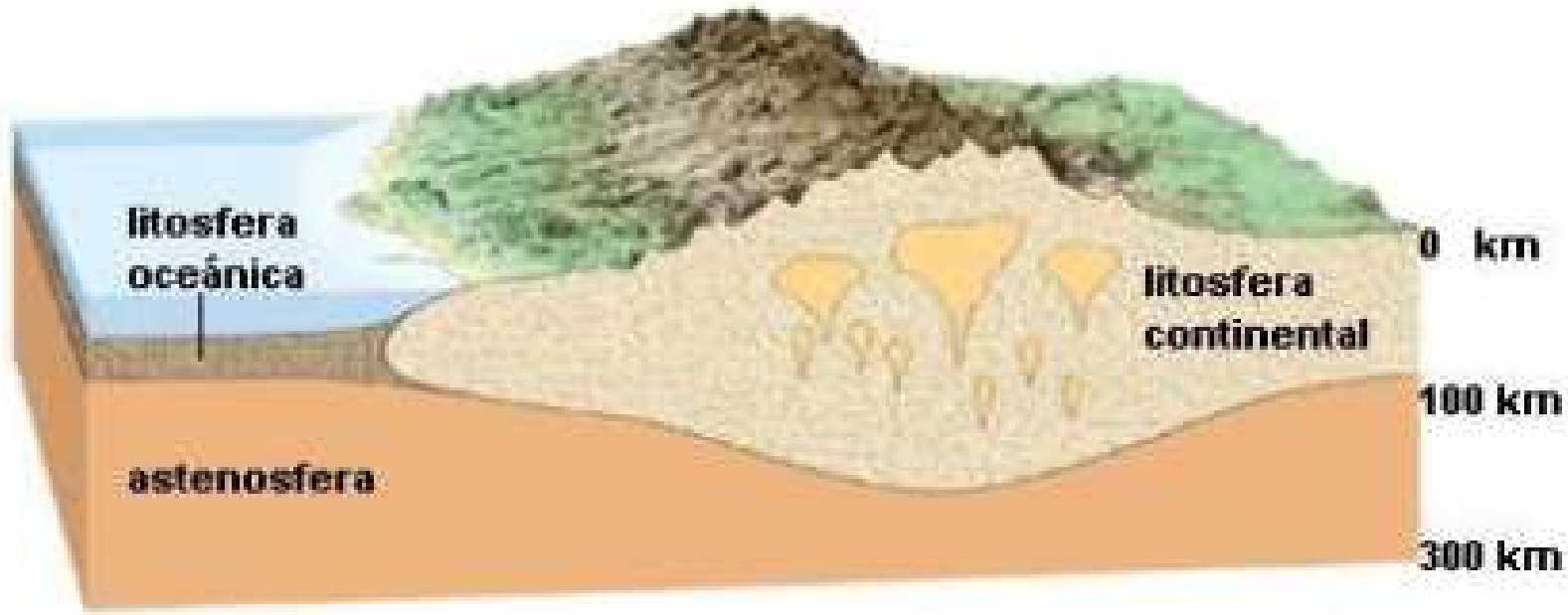
➢ Alineación de cadenas montañosas muy separadas en la actualidad (Apalaches en Norteamérica y cadenas montañosas de Escocia y Escandinavia).



La tectónica de placas

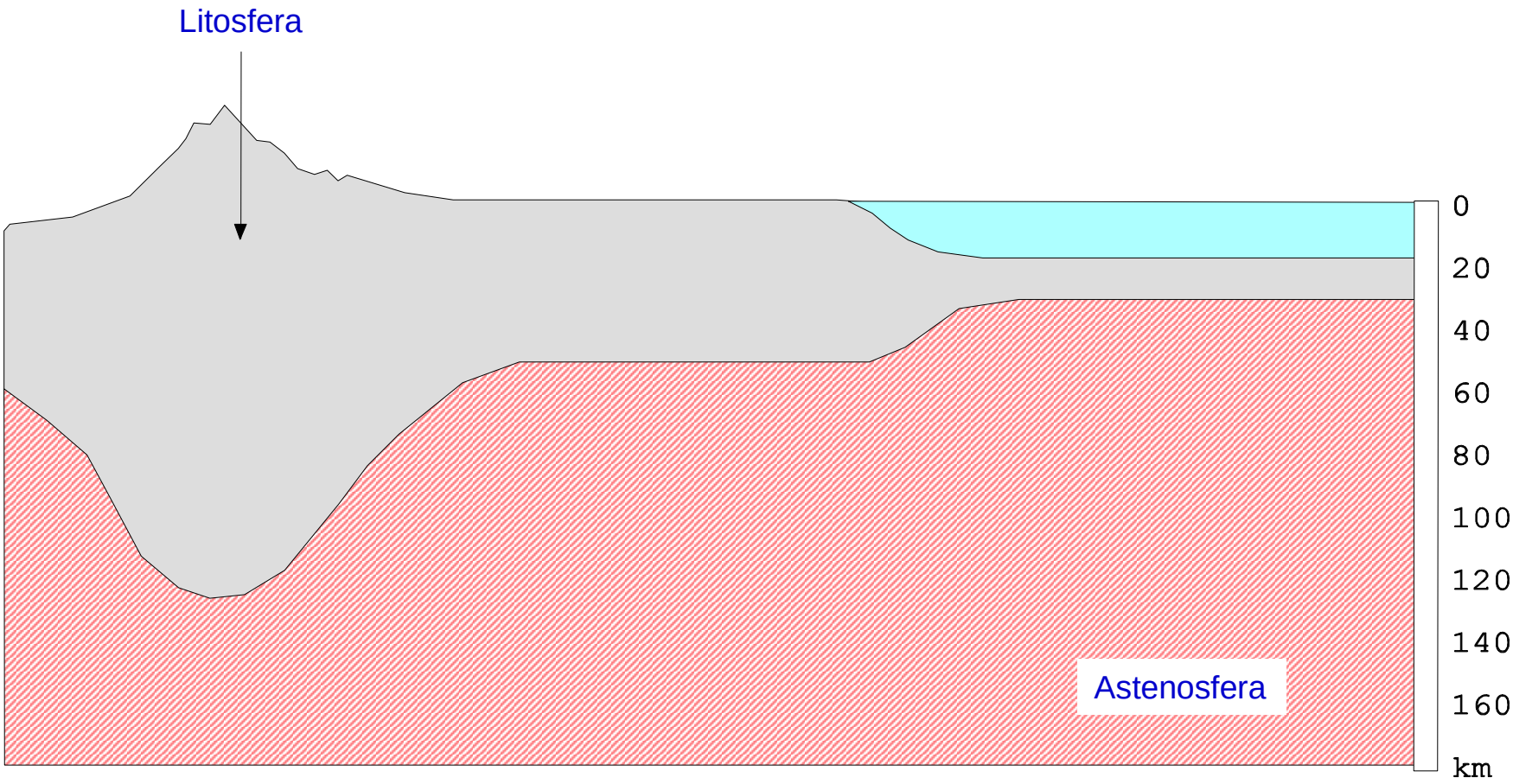
Para saber más: http://www.websamba.com/biogeo1

La litosfera y la astenosfera



La litosfera es una capa rígida que va de los 0 a los 150 km de profundidad. Se encuentra fragmentada en placas.

La astenosfera es plástica y va desde la base de la litosfera hasta unos 300 km de profundidad. En ella se producen las corrientes de convección que desplazan las placas.



La Teoría de la Tectónica de placas

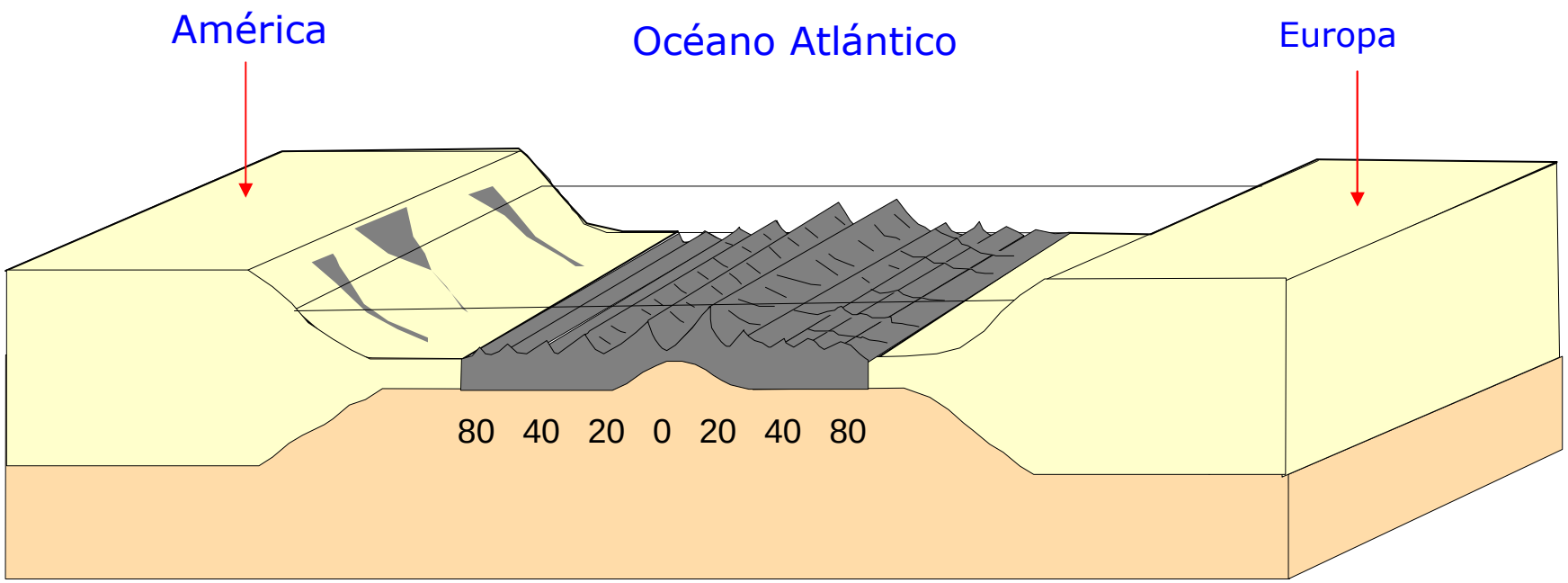
La teoría de la tectónica de placa sustituyó a la de la deriva continental de Wegener, pues explicaba mejor ciertas observaciones, entre ellas:

- La existencia de cadenas montañosas (dorsales) en el fondo oceánico.
- El hecho de que el fondo oceánico es relativamente reciente (unos 180 m.a.) mientras que las rocas de los continentes tienen hasta 3500 m.a.
- La falta de sedimentos en los fondos oceánicos.
- Las bandas de anomalías magnéticas del fondo oceánico.
- La distribución de los seísmos y volcanes activos en la Tierra.
- El origen de las cadenas montañosas.
- El aumento de la profundidad de los hipocentros de los seísmos conforme nos alejamos de las costas de Sudamérica y este de Asia.

Y todo ello sin dejar de explicar lo que ya habían observado Wegener y otros.

Edad, en millones de años, del fondo del Océano Atlántico

Los fondos oceánicos están constituidos por rocas magmáticas. Estas roca son tanto más antiguas conforme nos acercamos a las costas de América y de Europa. En el centro del océano la edad de las rocas es muy reciente. Además, estos fondos oceánicos carecen de sedimentos, lo que indica también que son muy recientes.

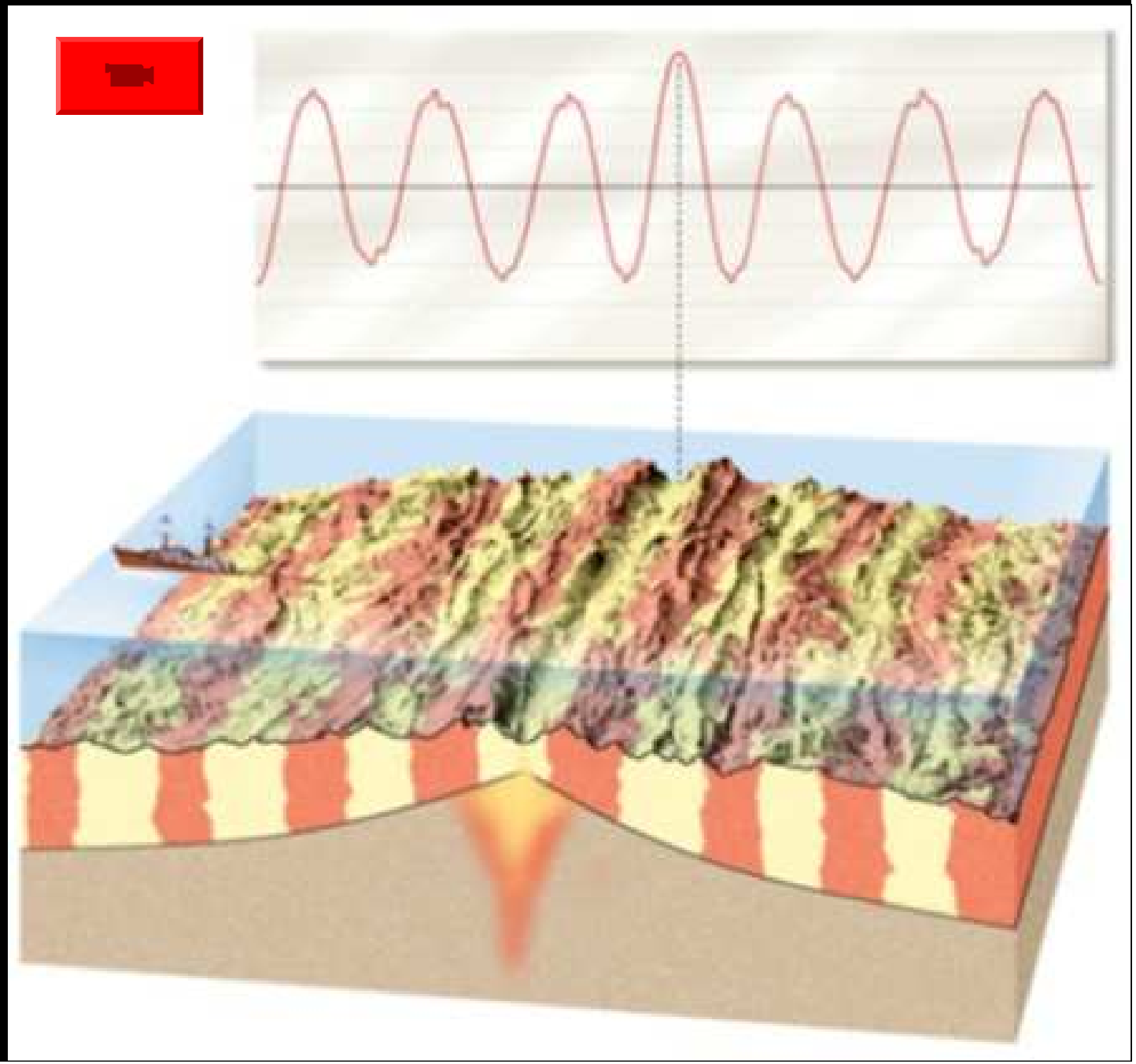


Anomalías magnéticas del fondo oceánico a ambos lados de una dorsal.

A ambos lados de las dorsales se detectan bandas de anomalías magnéticas de signos opuestos, bandas rojas y amarillas).

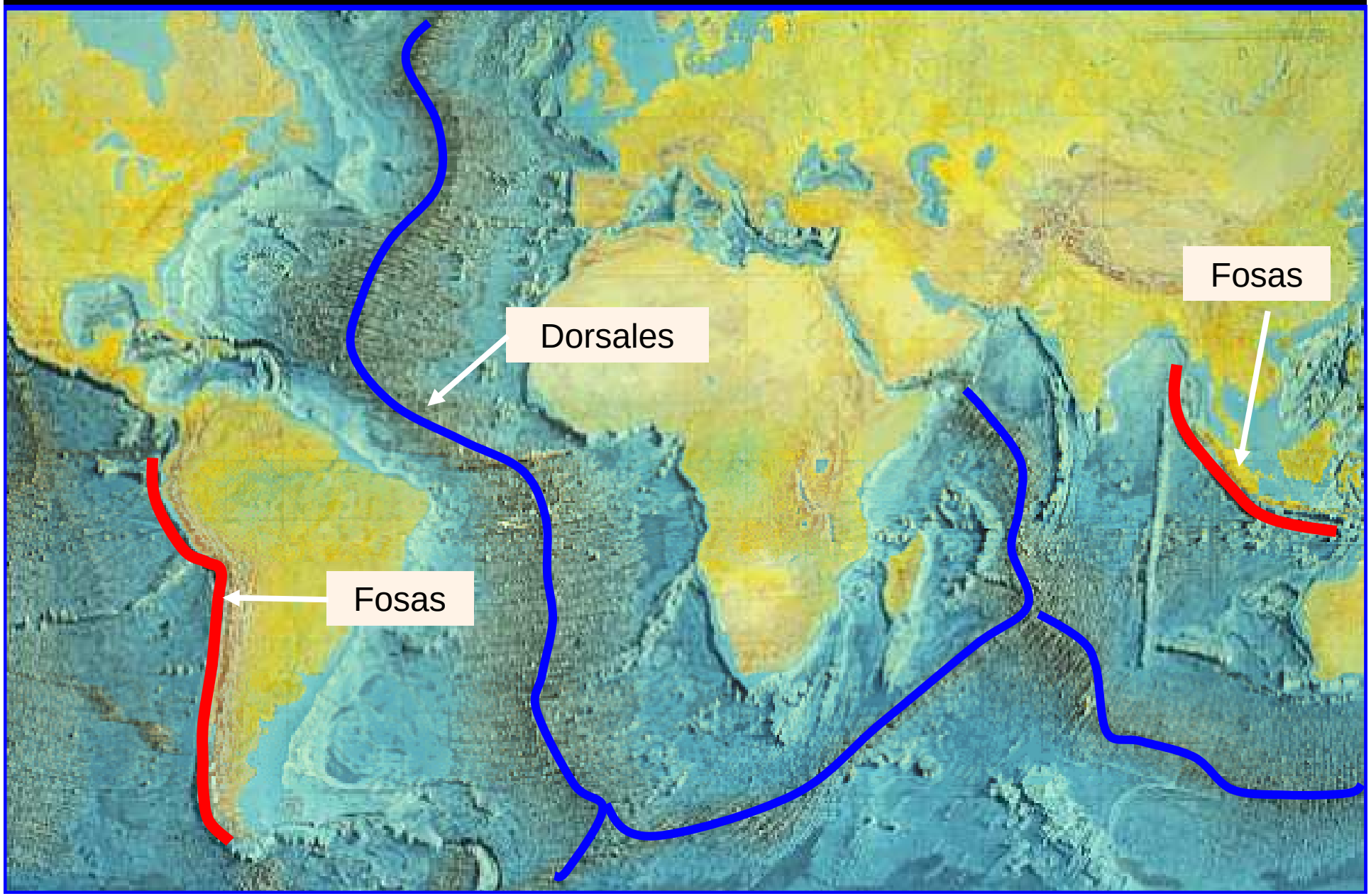
Los minerales magnéticos del magma, al ir éste surgiendo, se orientan según la dirección del magnetismo en el momento.

Como el signo de los polos magnéticos cambia periódicamente, se producen estas anomalías alternativas a ambos lados de la dorsal.



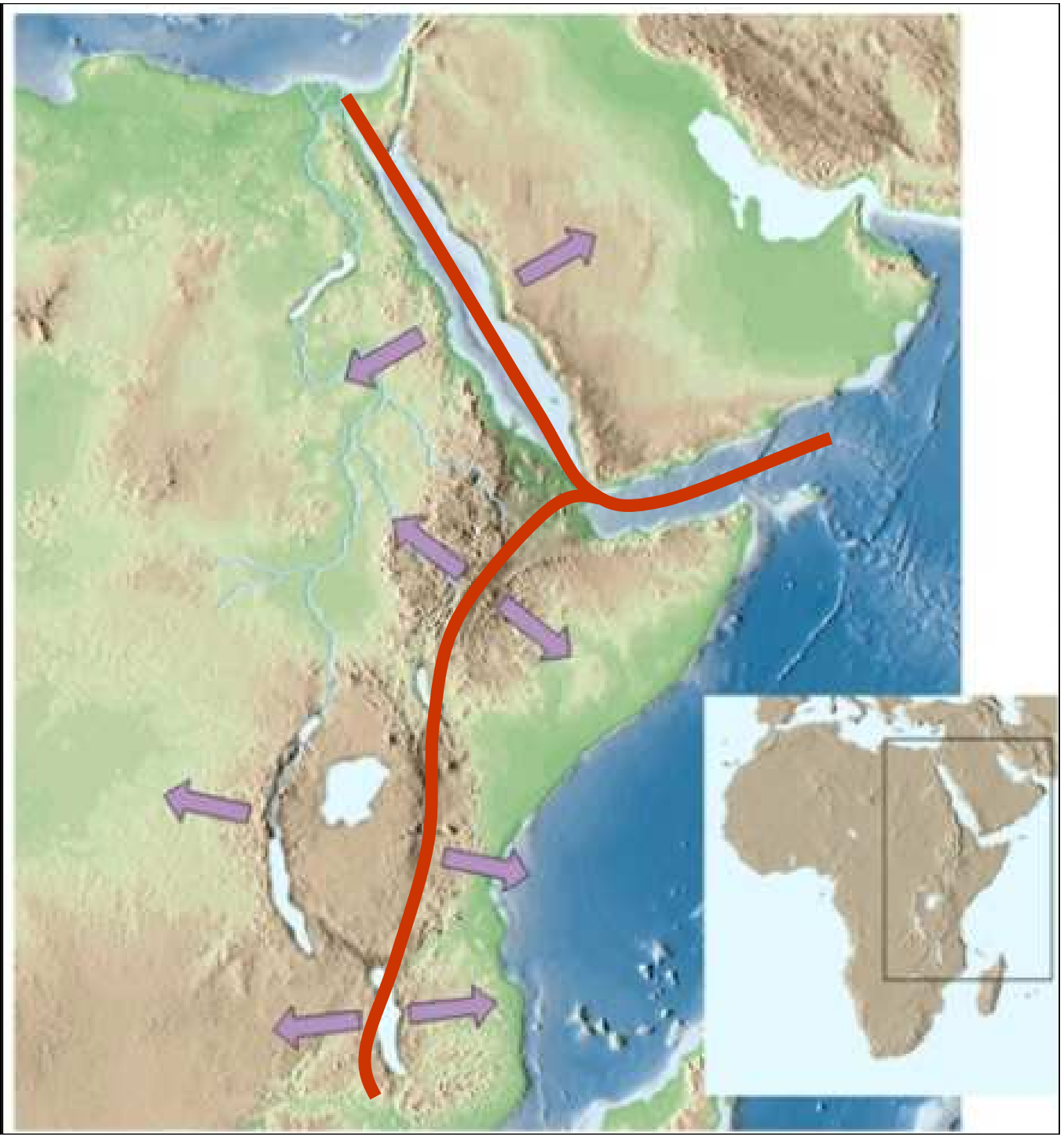
LAS PLACAS

Relieve del fondo oceánico: Dorsales y fosas



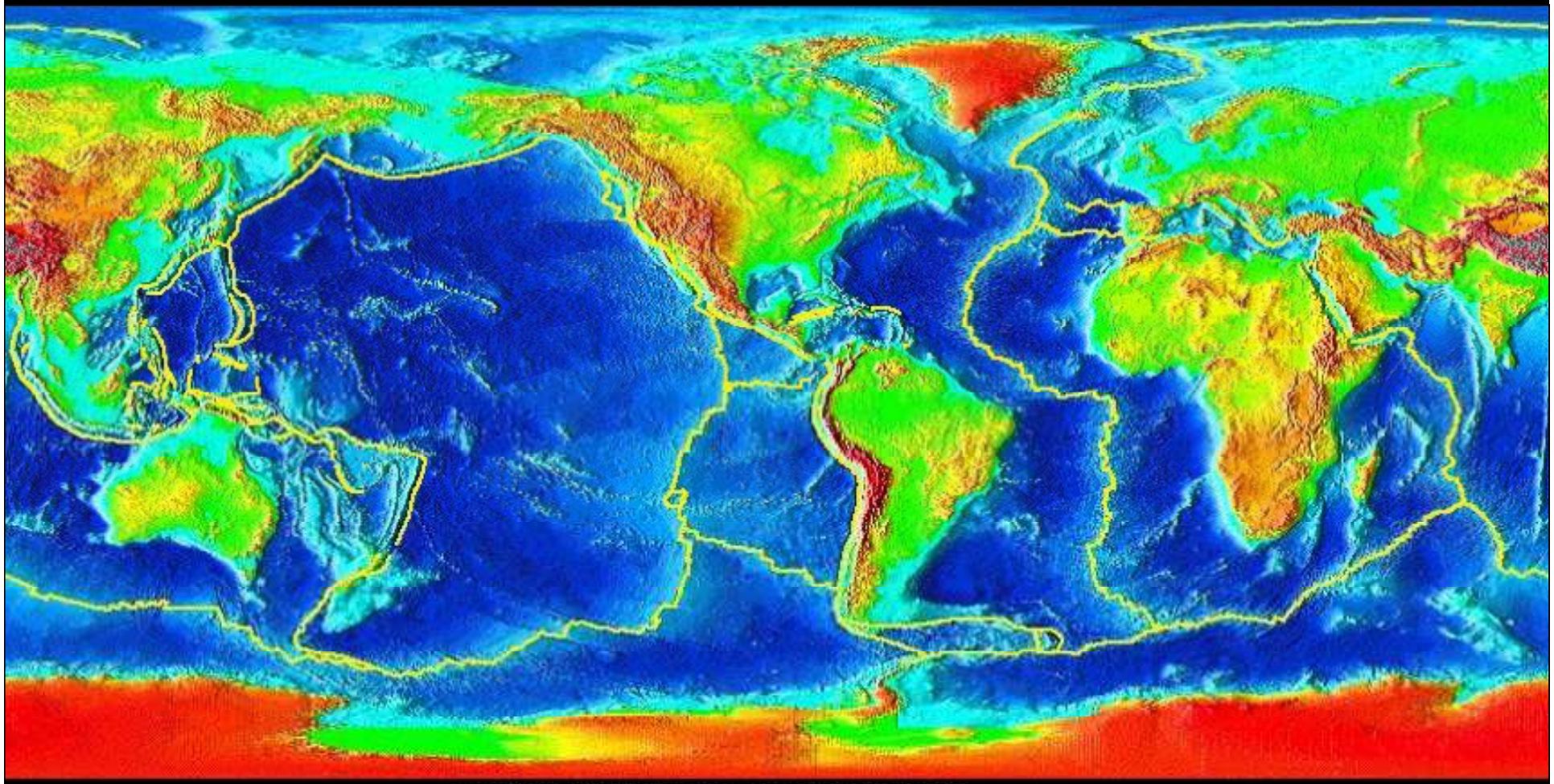
Las áreas orogénicas

Valle del Rift Africano.

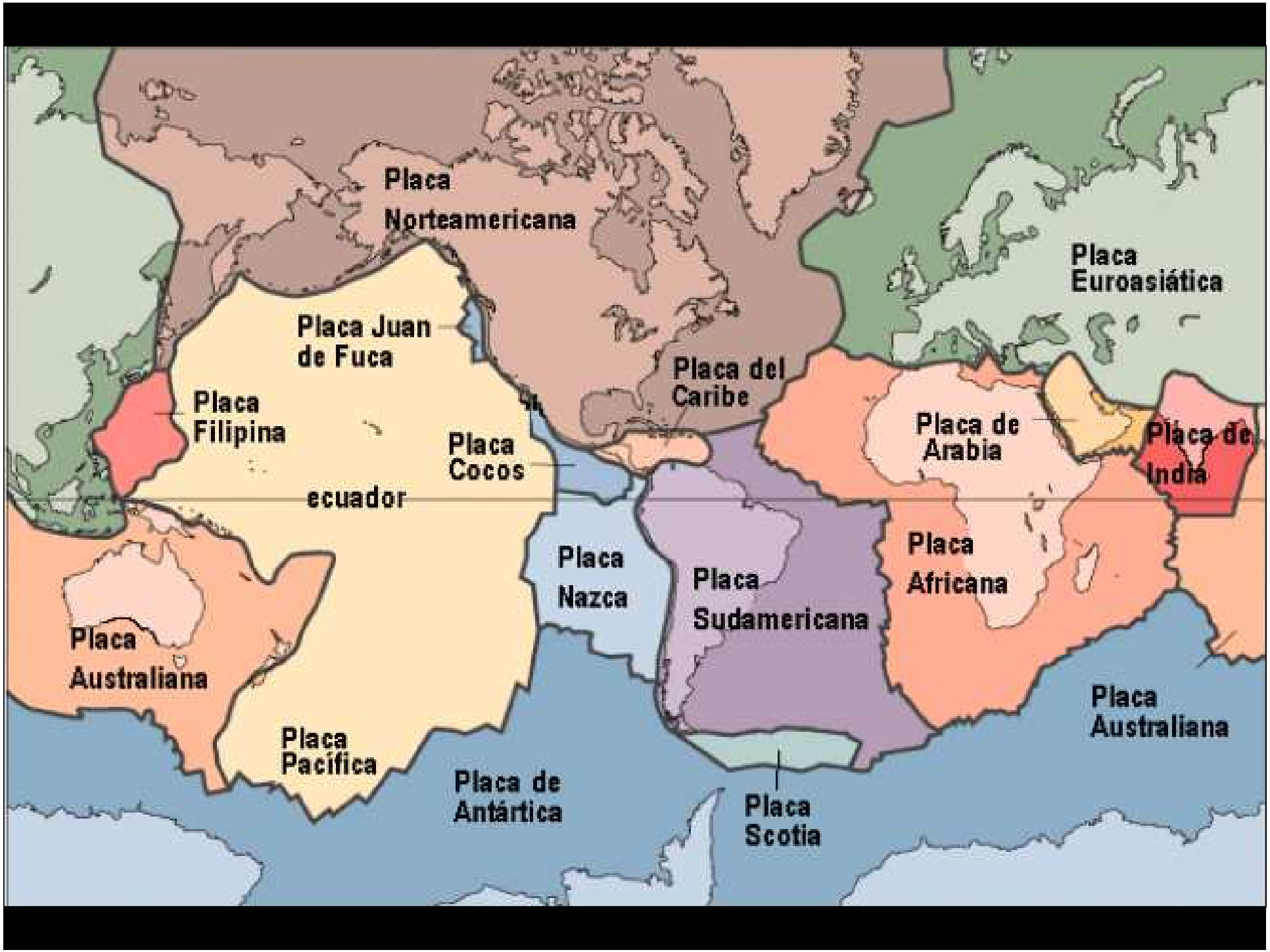


Zonas volcánicas y sísmicas más importantes en el planeta (en rojo).

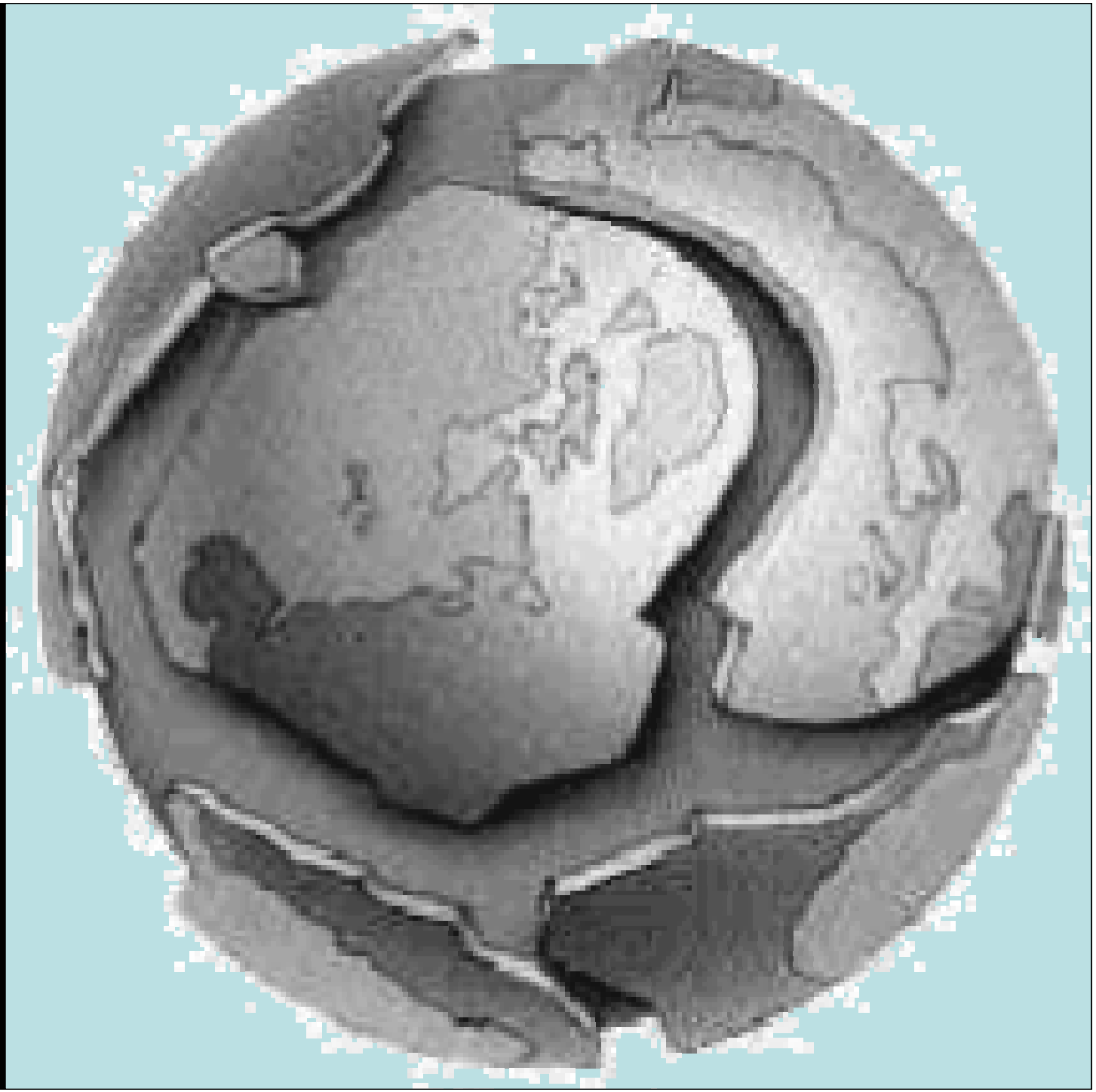
Si unimos con una línea las zonas sísmicas y volcánicas más activas obtendremos los límites (bordes) de las diferentes placas



Los límites de las placas y el relieve terrestre


Placa
Norteamericana
Placa
Euroasiática
Placa Juan
de Fuca
Placa del
Caribe
Placa
Filipina
Placa de
Arabia
Placa de
India
Placa
Cocos
ecuador
Placa
Nazca
Placa
Sudamericana
Placa
Africana
Placa
Australiana
Placa
Australiana
Placa
Pacífica
Placa de
Antártica
Placa
Scotia

Las placas litosféricas recortadas sobre el globo terráqueo



Los desplazamientos de las placas:

Las placas se desplazan lentamente (2 a 12 cm/año).

Los movimientos de las placas pueden ser de separación (constructivos), de choque (destructivos) y neutros (sin separación ni choque).

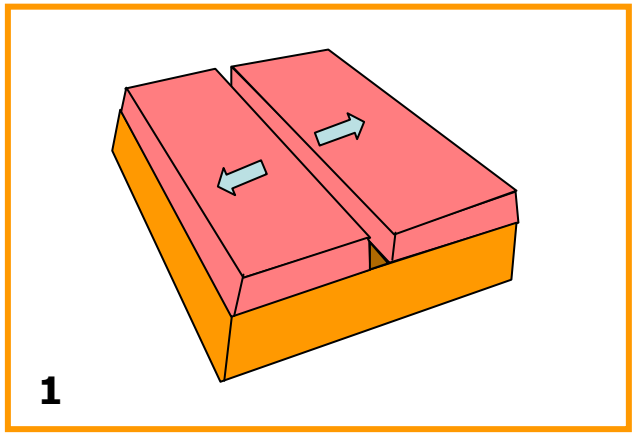
1) Los bordes constructivos se llaman así porque surge nueva litosfera oceánica.

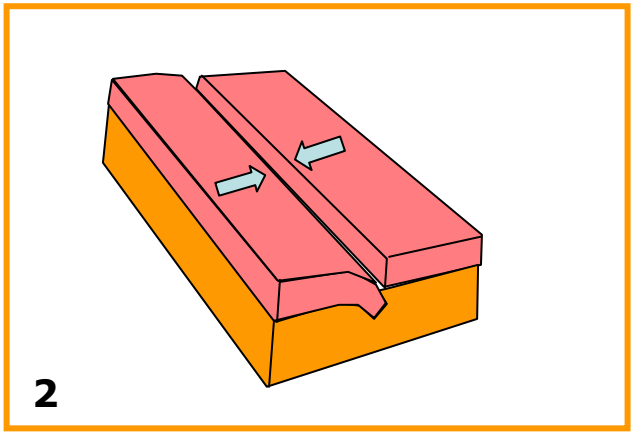
2) Los bordes destructivos son bordes en los que se destruye la litosfera al **subducir** en la astenosfera.

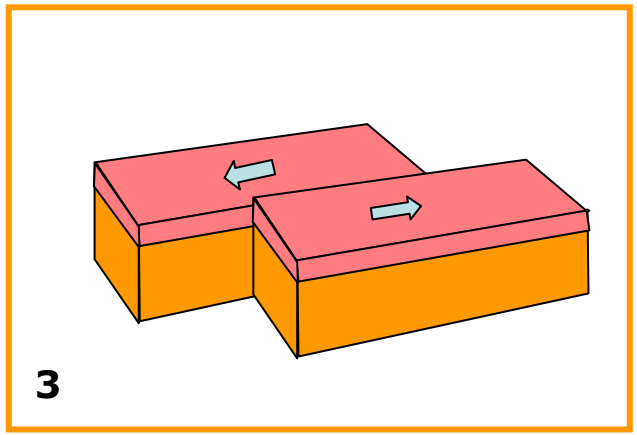
3) En los bordes neutros o fallas transformantes no hay ni formación ni destrucción de litosfera.

Litosfera

Astenosfera

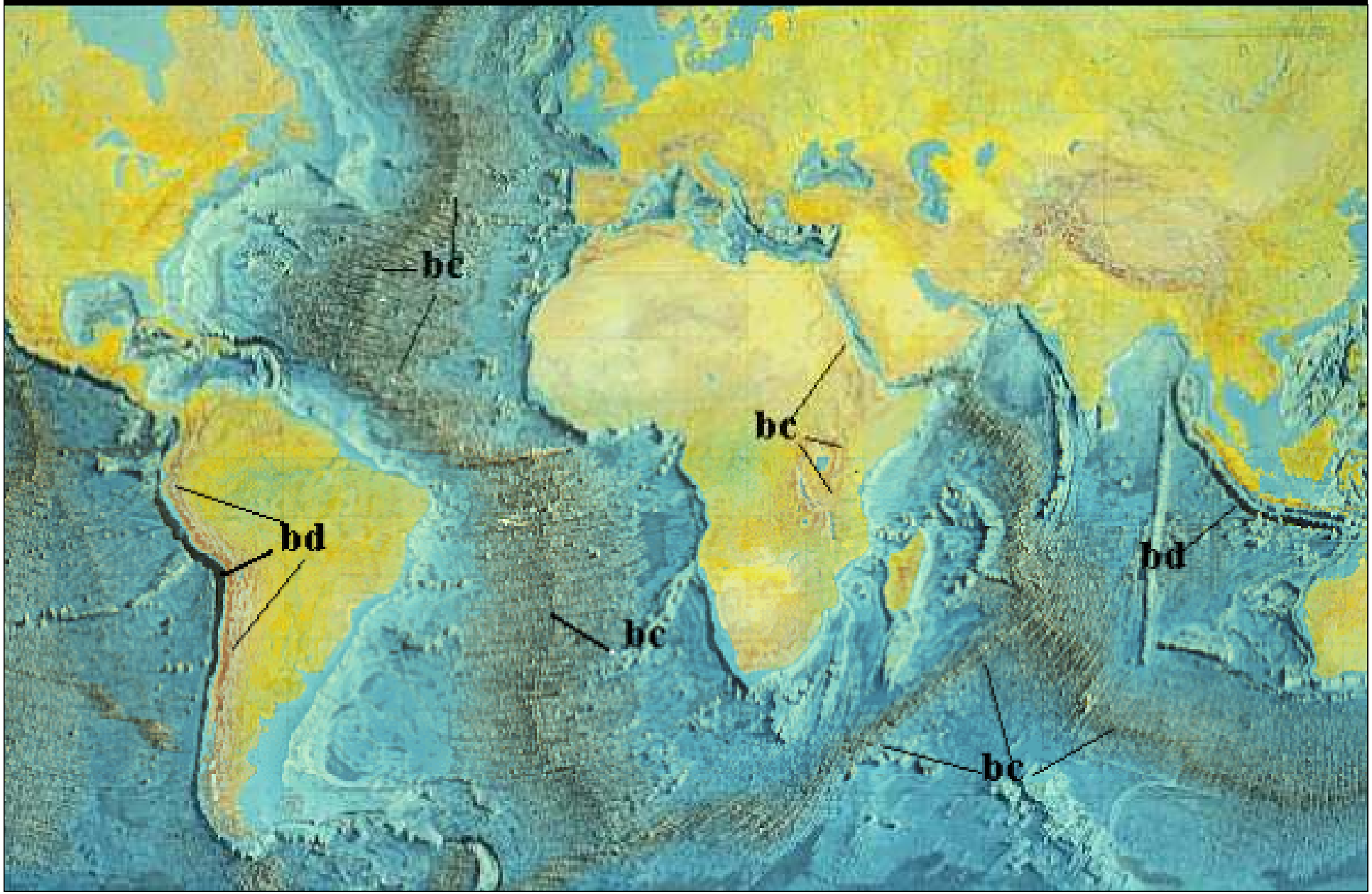






bc: borde constructivo

bd: borde destructivo

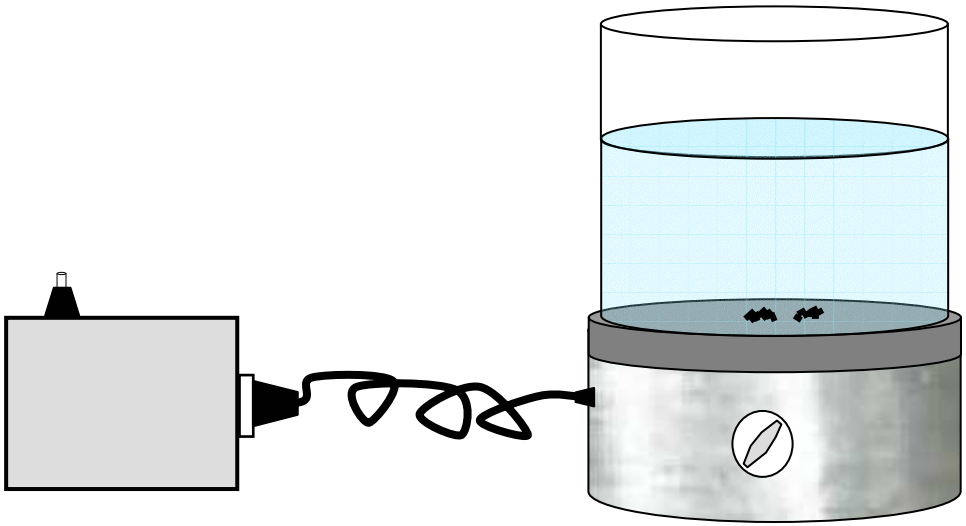


EL MOTOR DE LAS PLACAS

LAS CORRIENTES DE CONVECCIÓN

La convección del calor.

Experimento: Introduce en un recipiente con agua unas virutas de un material que se hunda pero que no sea demasiado pesado. Enciende el hornillo eléctrico y espera un poco a ver lo qué sucede.

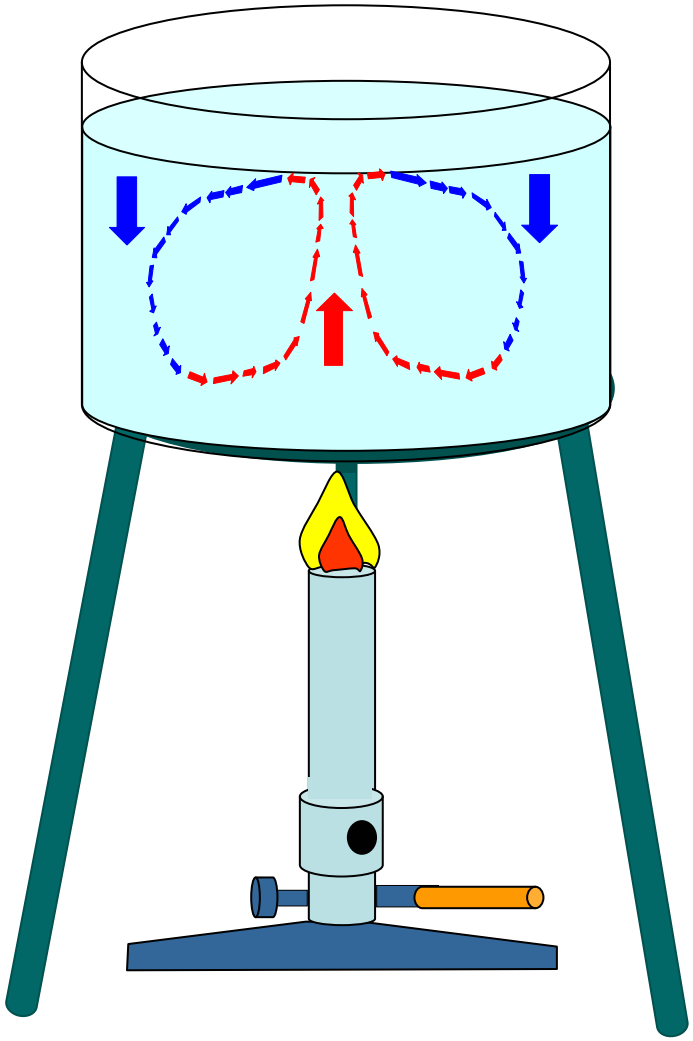


Al calentar la base de un fluído (líquido o gas) se hace menos denso y asciende. Al llegar a las zonas superficiales se enfría y se hace más denso y desciende.
Se forman así unas corrientes llamadas **corrientes de convección**.

En las zonas más profundas de la astenosfera sucede algo similar. Los materiales calientes, menos densos, ascienden y al llegar a la base de la litosfera se enfrían, se hacen más densos y descienden.

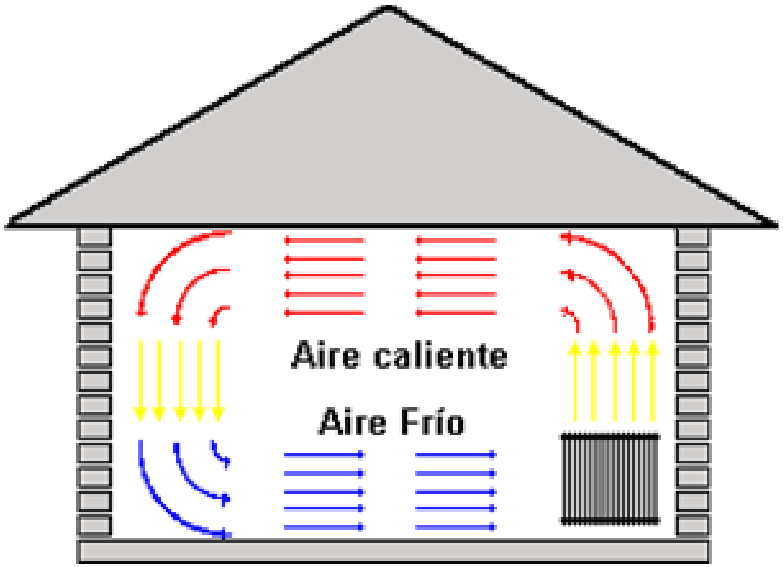
Las corrientes de convección en la Astenosfera crean las fuerzas que desplazan las placas.

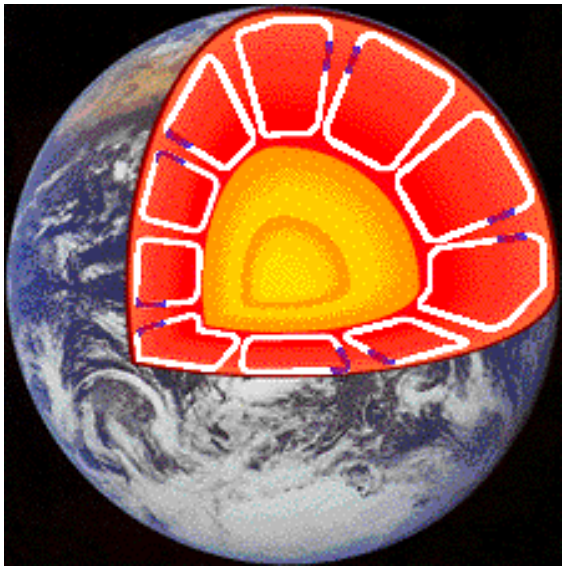
Corrientes de convección en un líquido



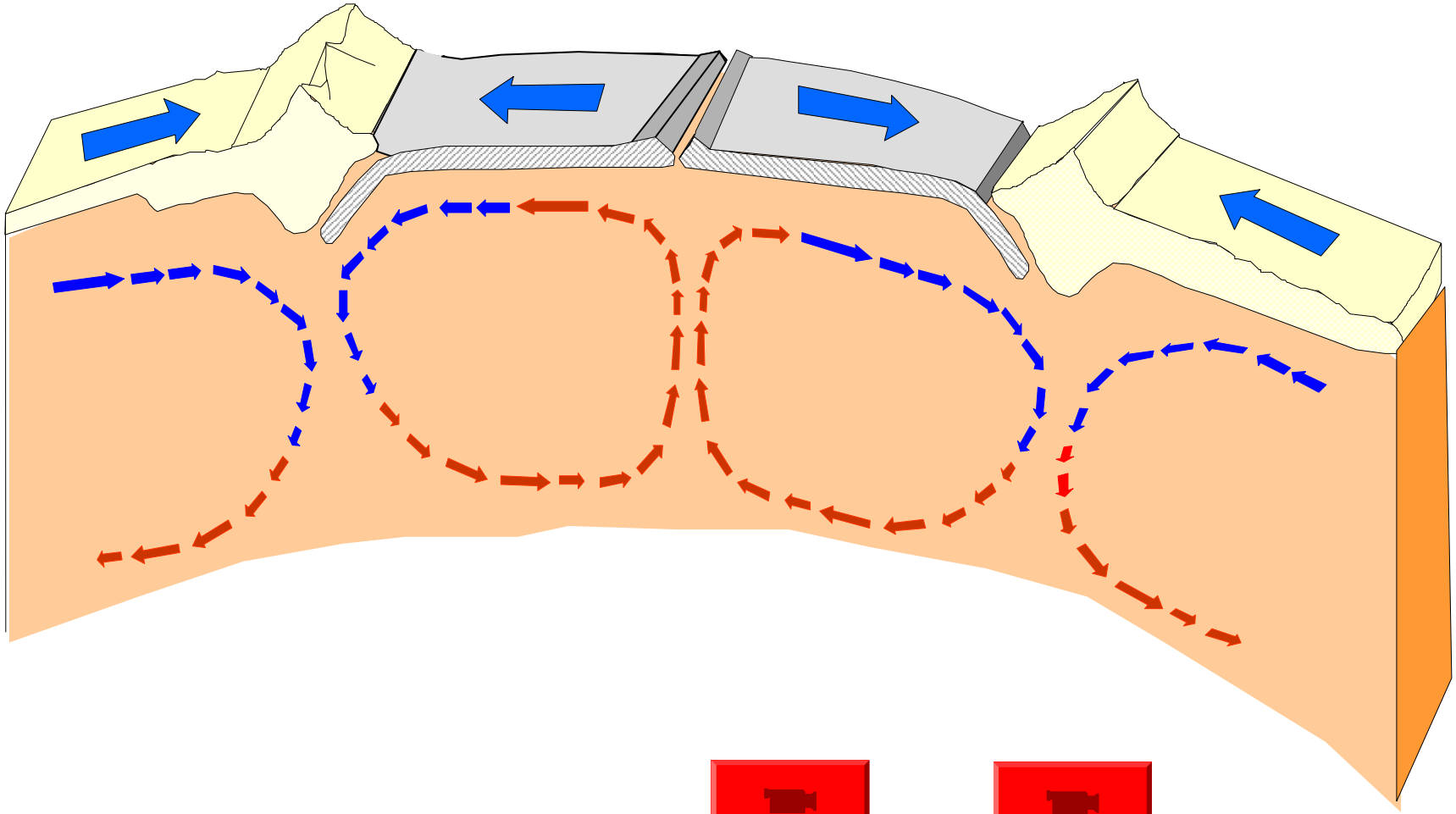
1) Corrientes de convección en una habitación calentada por un radiador.

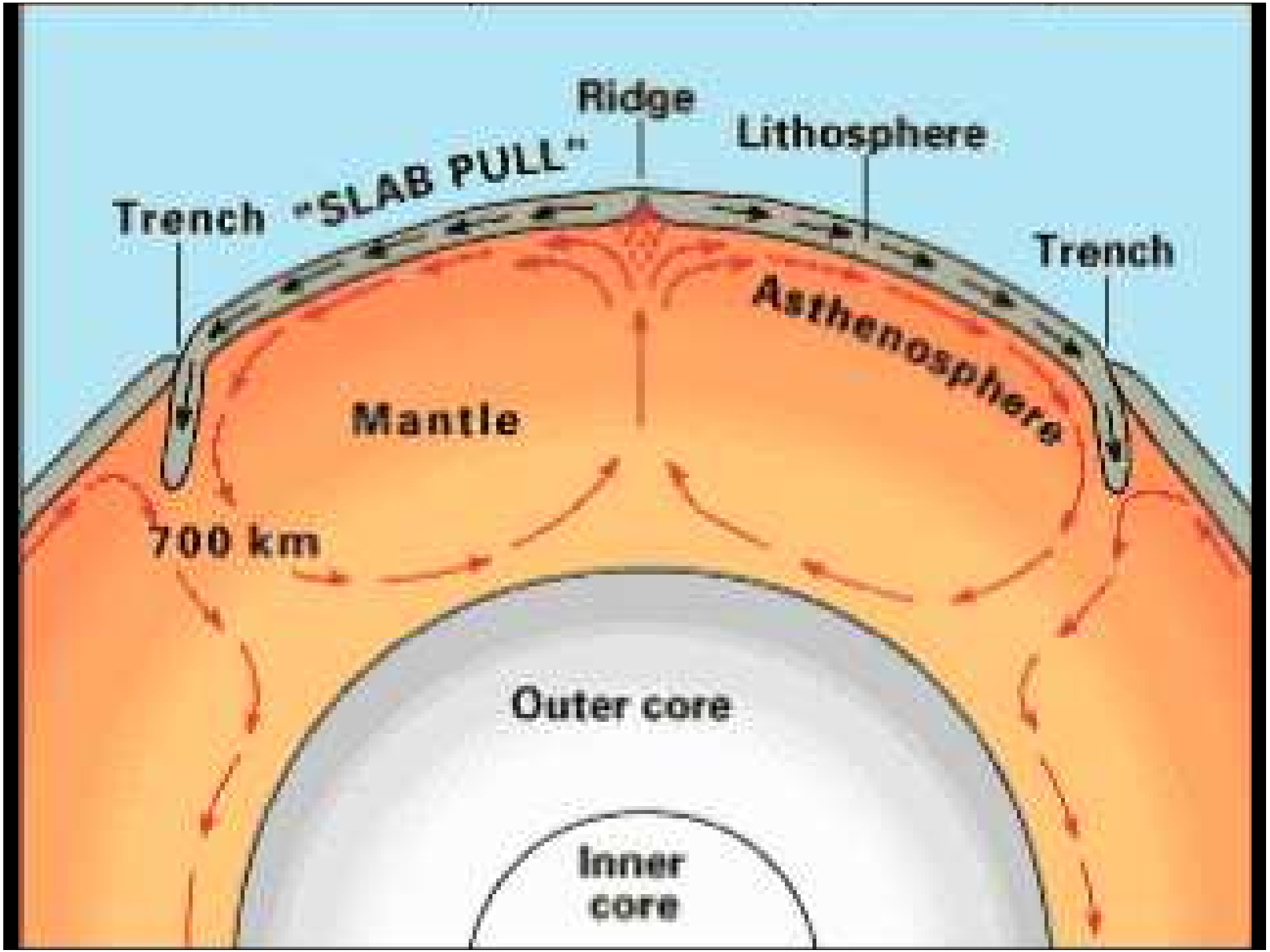
2) Corrientes de convección en el manto terrestre.





Las corrientes de convección



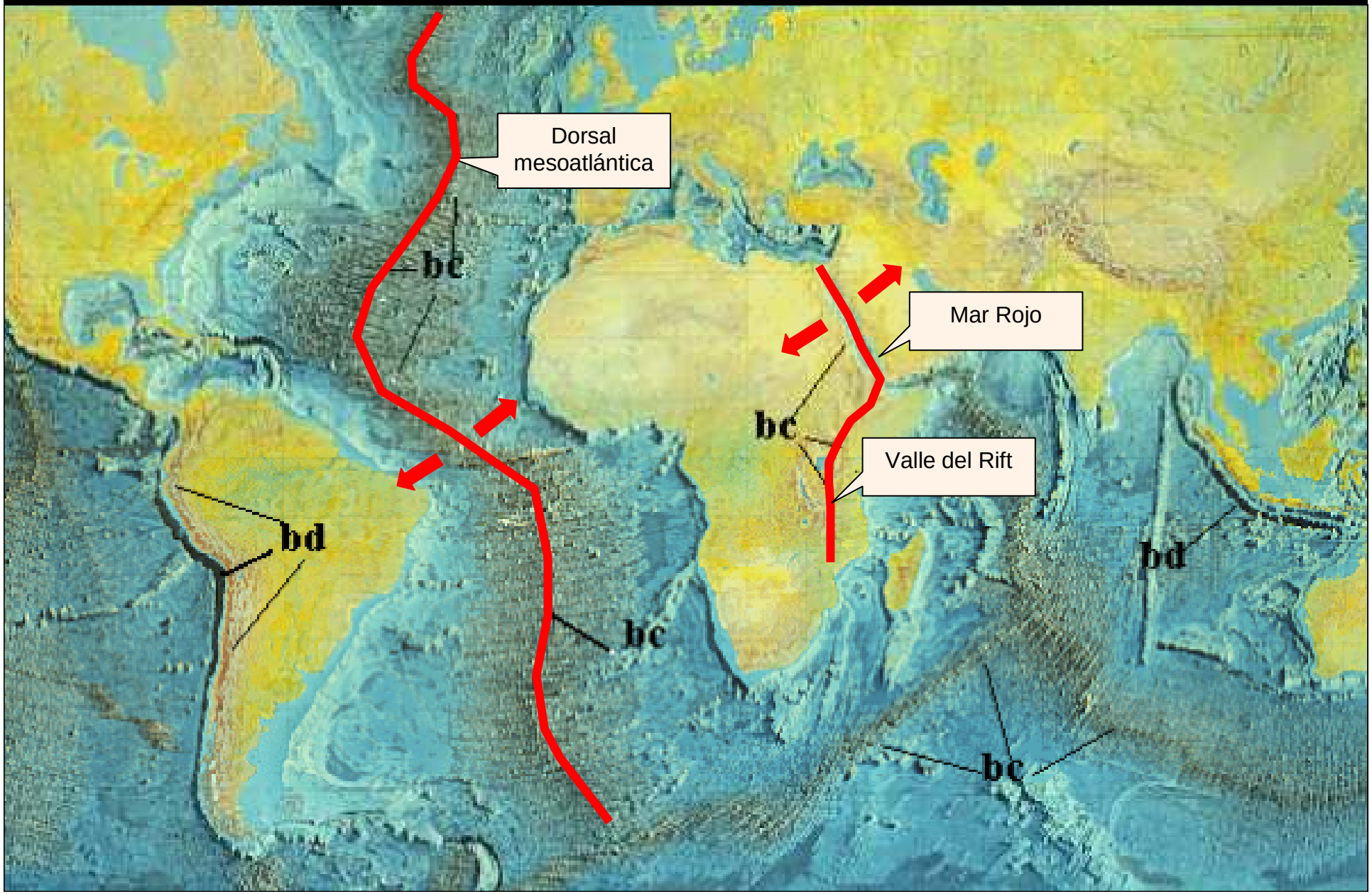

Ridge
Lithosphere
"SLAB PULL"
Trench
Trench
Asthenosphere
Mantle
700 km
Outer core
Inner core

Los bordes constructivos

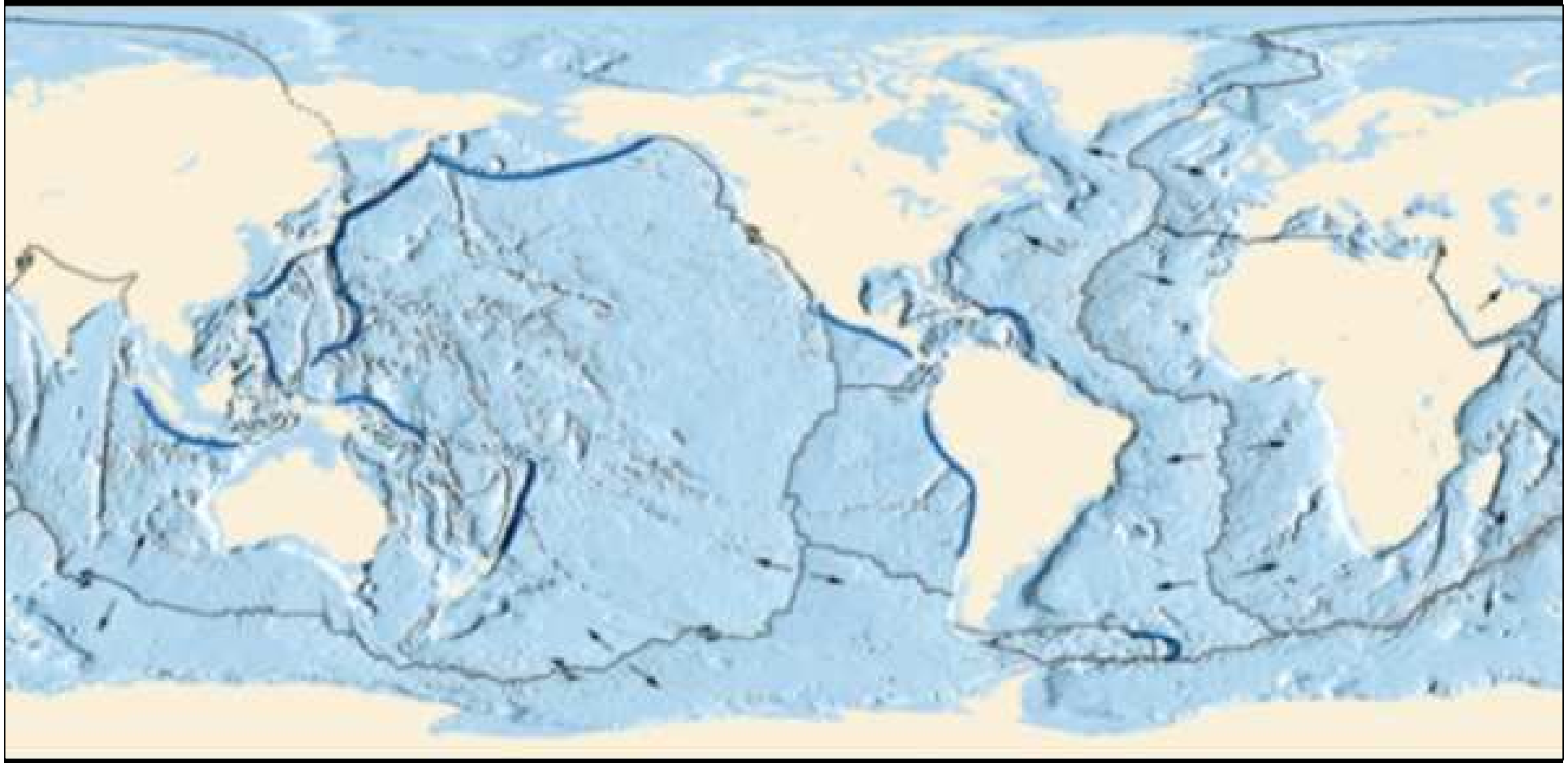
Rift y Dorsales

bc: borde constructivo

bd: borde destructivo



Movimientos de los bordes de placa constructivos (dorsales).
En los bordes constructivos las placas se separan.

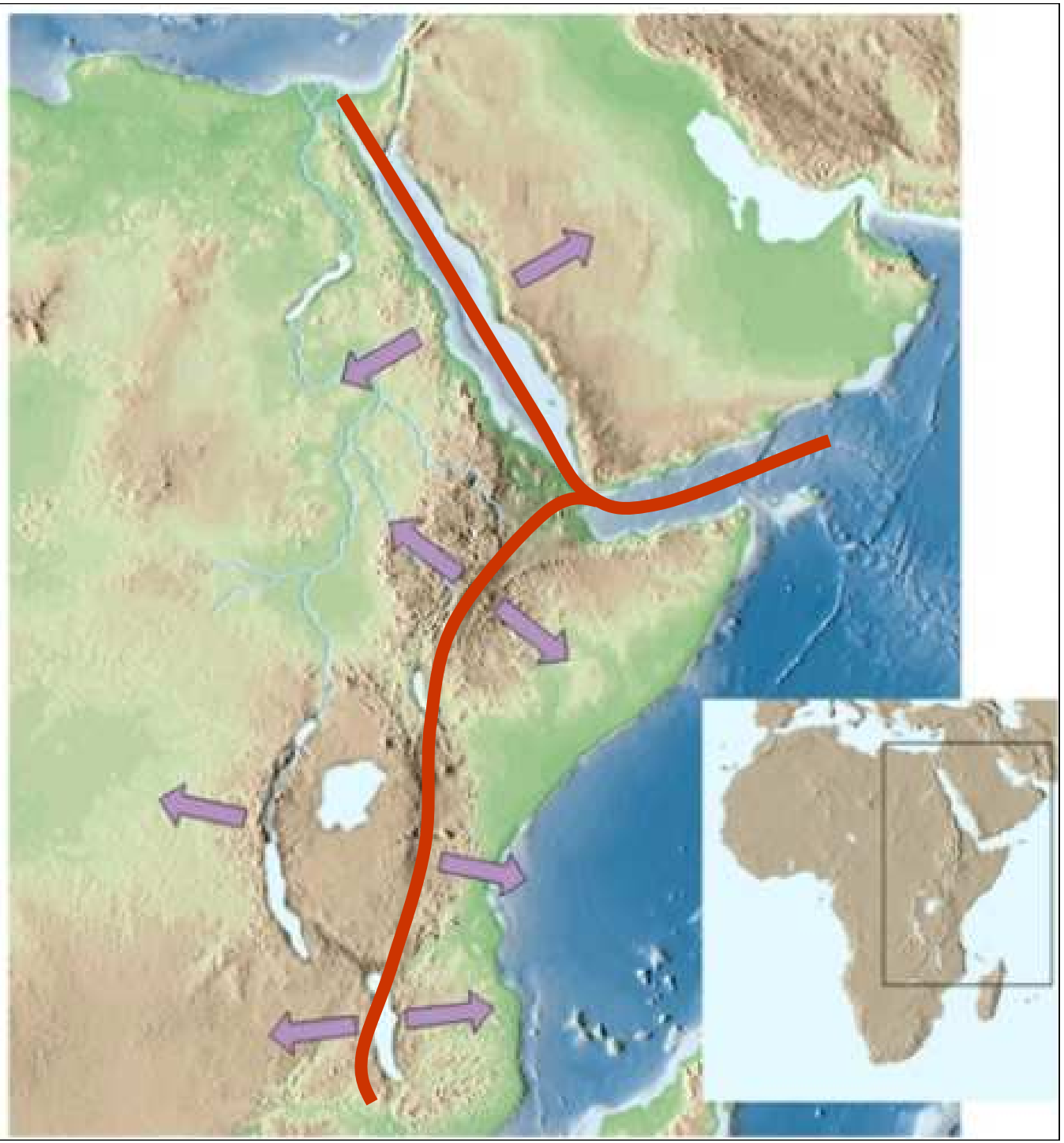


Borde constructivo en el Mar Rojo y en el Valle del Rift Africano.

El Mar Rojo se originó al separarse la placa Arábiga de la placa Africana.

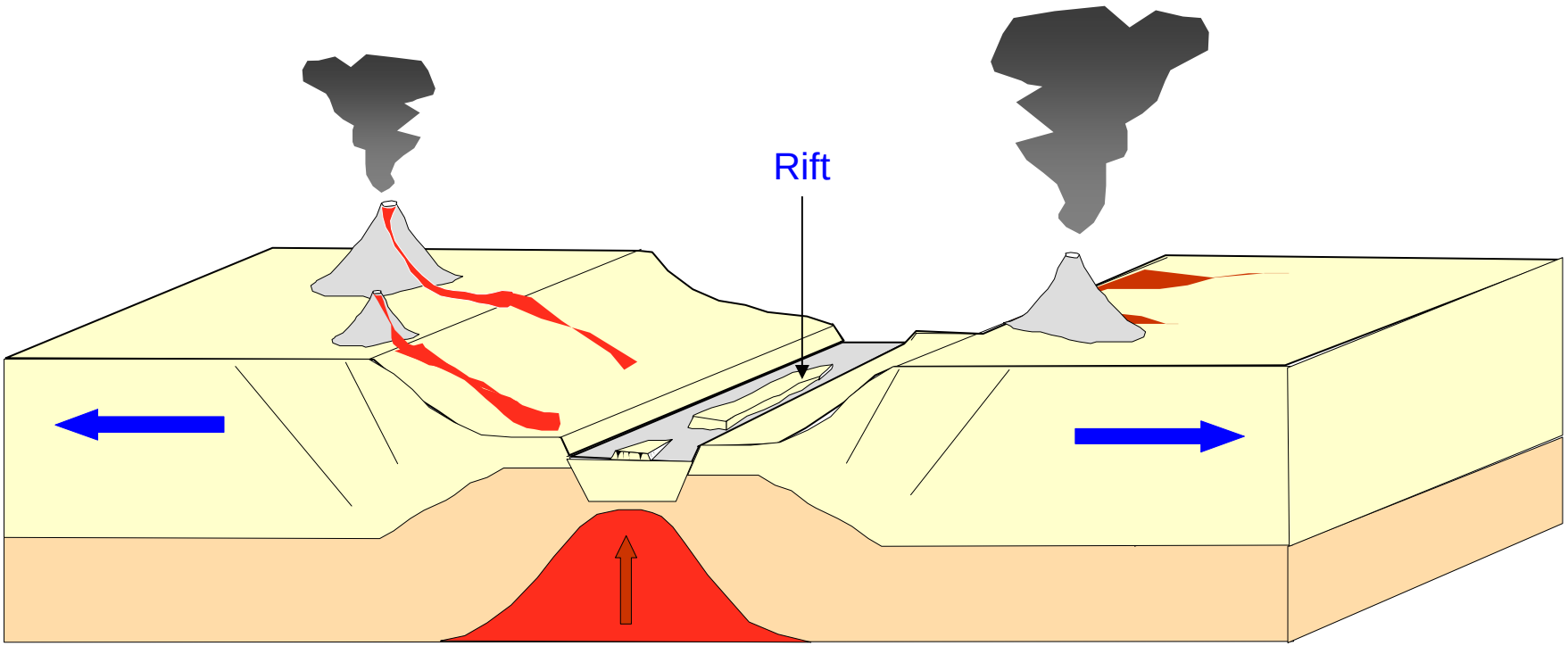
En el Rift Valley Africano se da un borde constructivo. Los grandes lagos ocupan las depresiones dejadas por la litosfera al fragmentarse.

Con el tiempo el este de África se separará como ya se separaron la India y Madagascar.



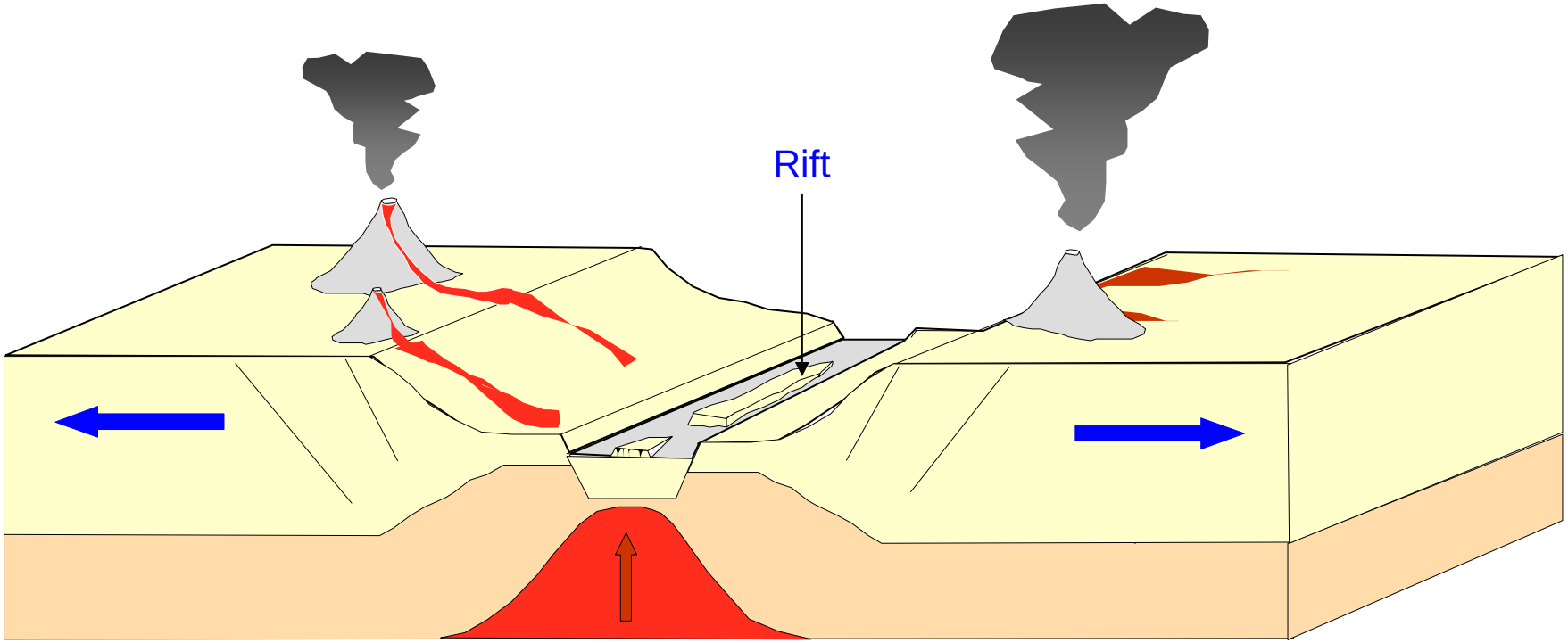
Rift continental *(Valle del Rift africano).*

En África hay una gran fractura llamada el valle del rift africano. En ella se da también una intensa actividad volcánica y sísmica..

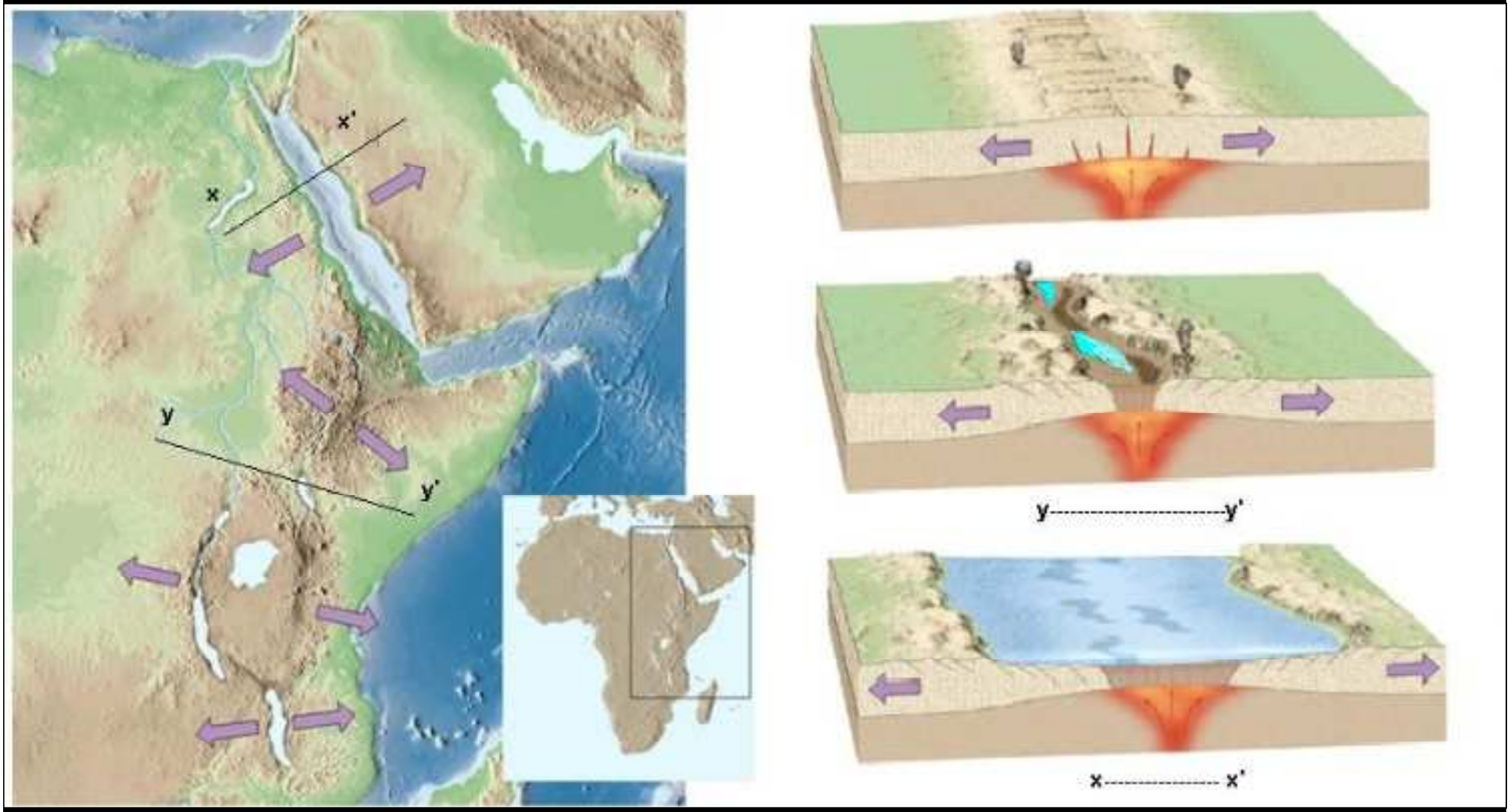


Rift continental *(Valle del Rift africano).*

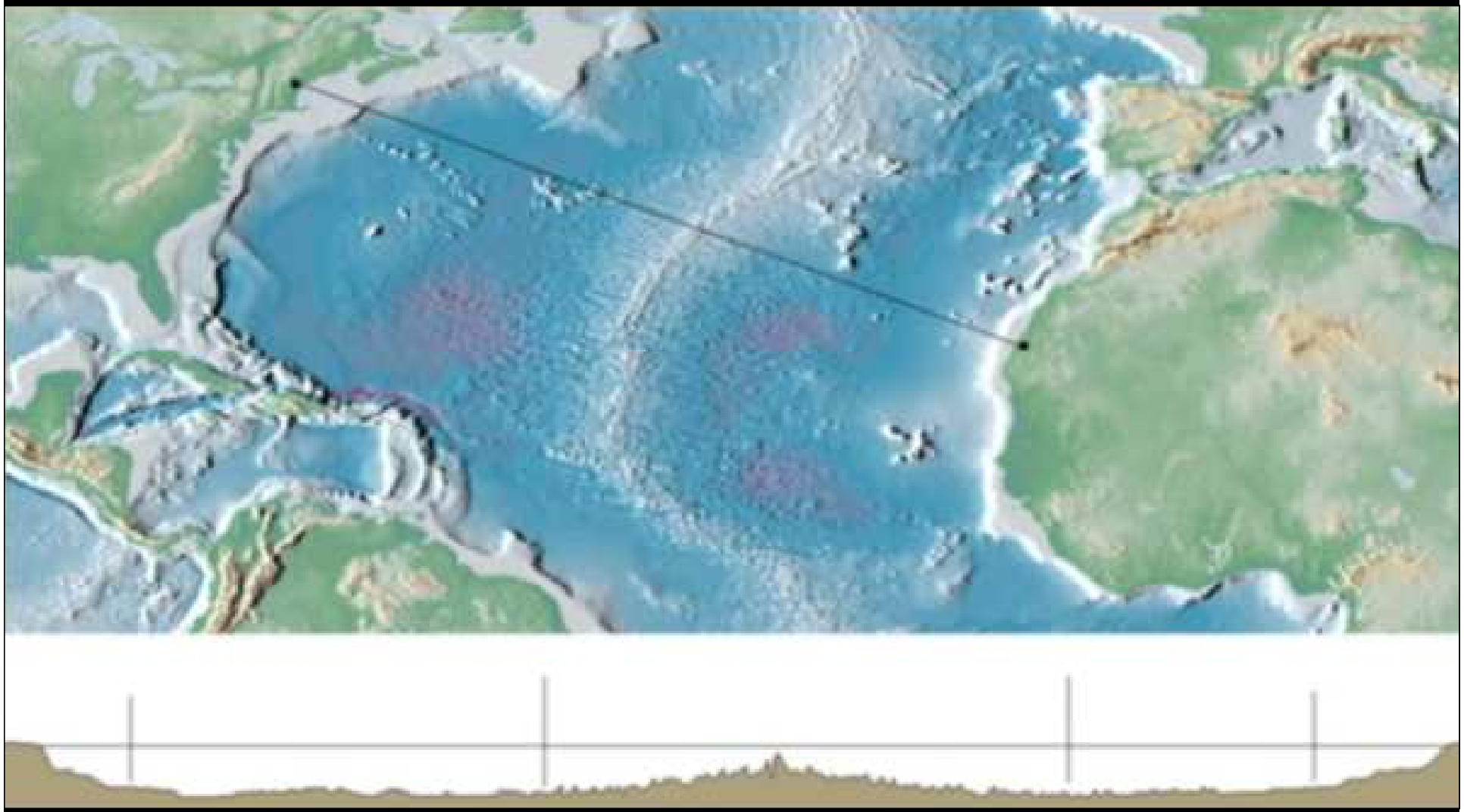
Bajo el valle del rift se producen corrientes de convección ascendentes por las que suben materiales calientes menos densos. En estas zonas la litosfera continental se abomba, se estira y se fragmenta, produciéndose una depresión o rift en la que se puede acumular el agua y formarse lagos. Se trata de zonas con abundante actividad volcánica. Una zona de este tipo se encuentra en el llamado Gran Valle del Rift Africano.



Movimientos de las placas en un borde constructivo en el Mar Rojo y el RIft Valley Africano. Con el tiempo el este de África se desgajará como ya lo ha hecho la península Arábiga en el Mar Rojo.

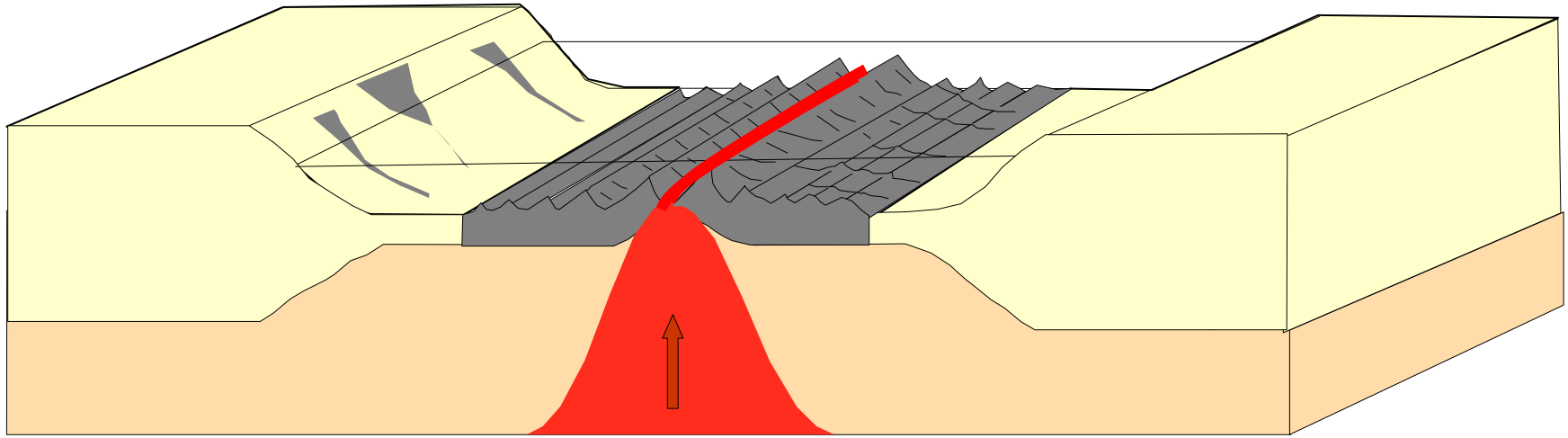


La dorsal del Atlántico es un borde constructivo en el que las placas se separan.



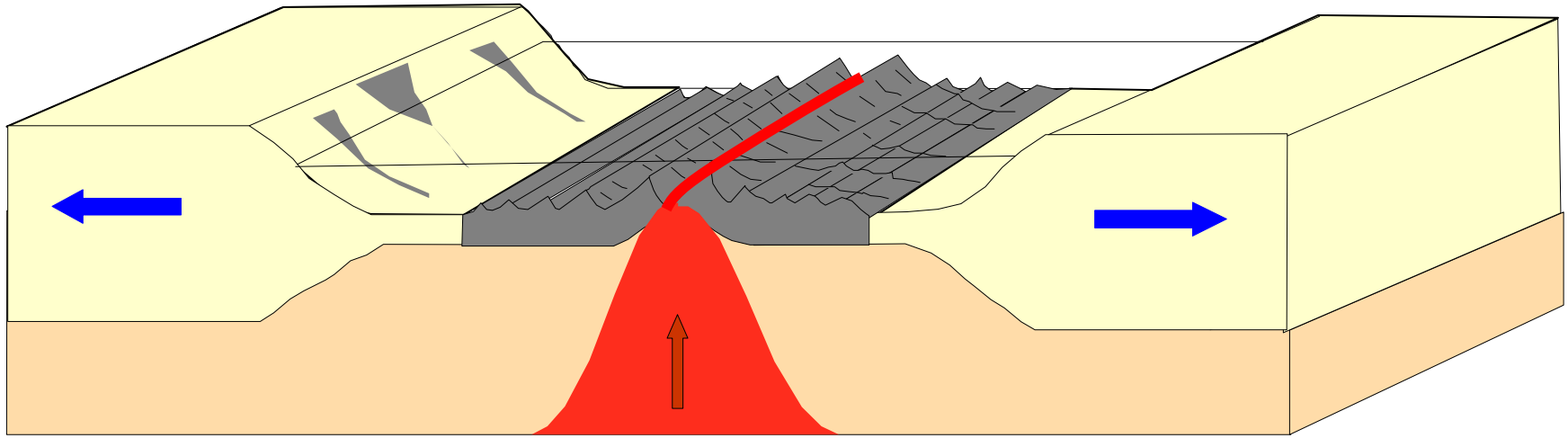
Dorsal oceánica *(Dorsal Medio Atlántica).*

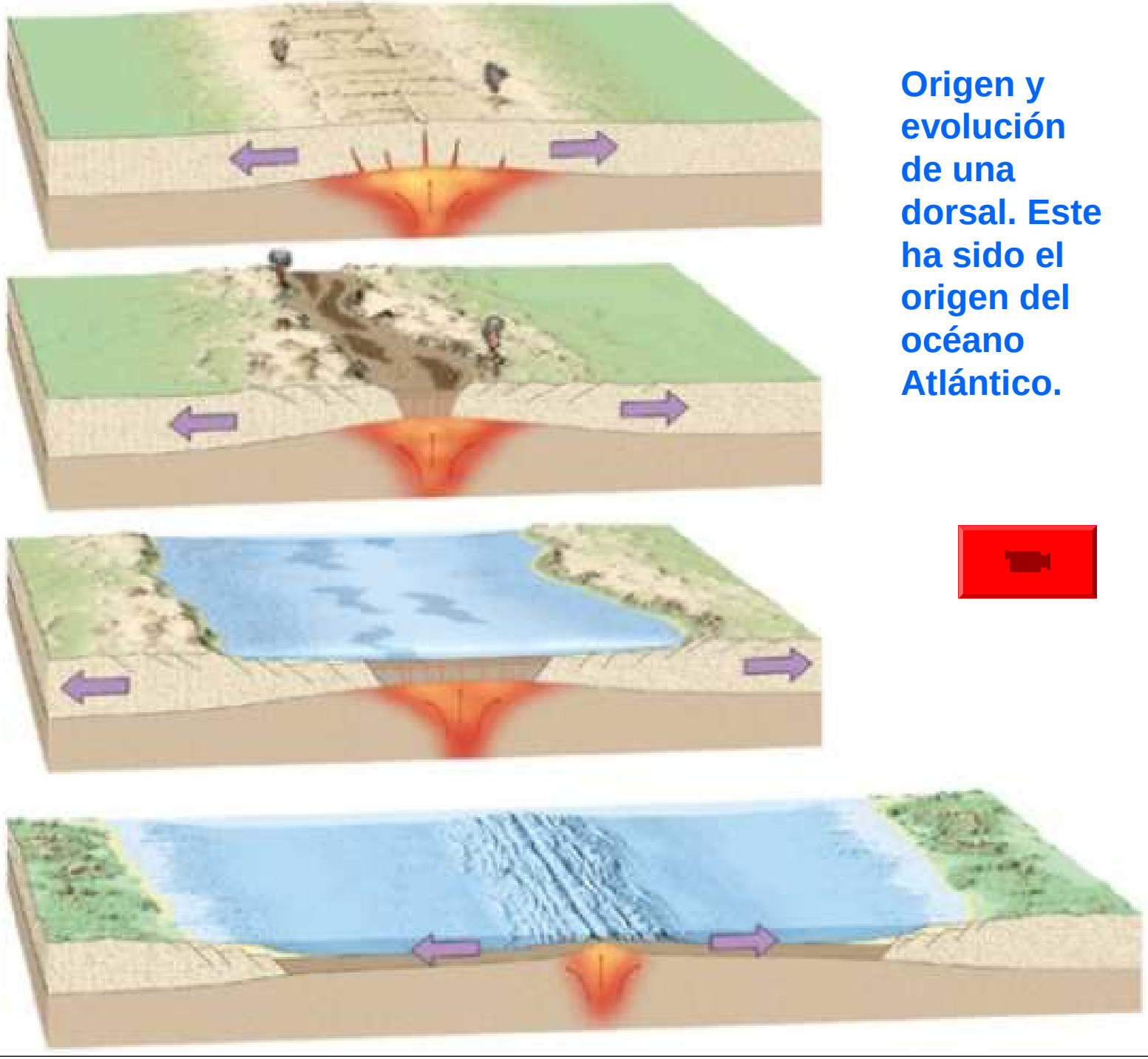
Las dorsales son cadenas montañosas de 2000 m de altura sobre el fondo oceánico , 1000 km de ancho y 60 000 km de longitud que recorren todos los fondos oceánicos. Consisten en una doble cadena montañosa simétrica dividida por una depresión central, el rift de la dorsal.



Dorsal oceánica *(Dorsal Medio Atlántica).*

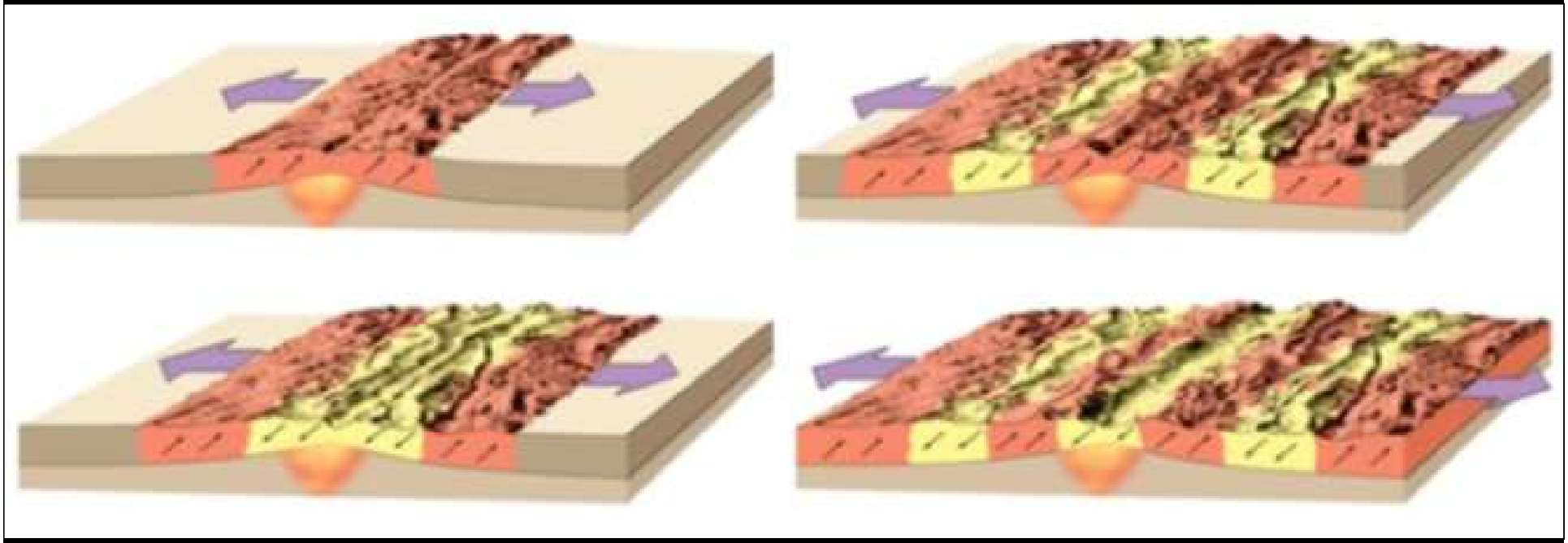
Si la corriente de convección ascendente continúa, las placas se separan más y más formándose un mar estrecho y alargado, esto está sucediendo en la actualidad en el Mar Rojo. Si el proceso continúa las placas se separan y los materiales que provienen del interior se acumulan entre ellas formando litosfera oceánica más densa. El mar se ensancha y poco a poco se convierte en un océano. La acumulación de materiales forma en la línea de ascenso una doble cadena montañosa sumergida: una dorsal. Algo parecido a esto sucedió hace millones de años para formar el océano Atlántico.





Origen y evolución de una dorsal. Este ha sido el origen del océano Atlántico.

Los rift y las dorsales son bordes constructivos en los que las placas se separan y surge nueva litosfera oceánica.



Esto explica :

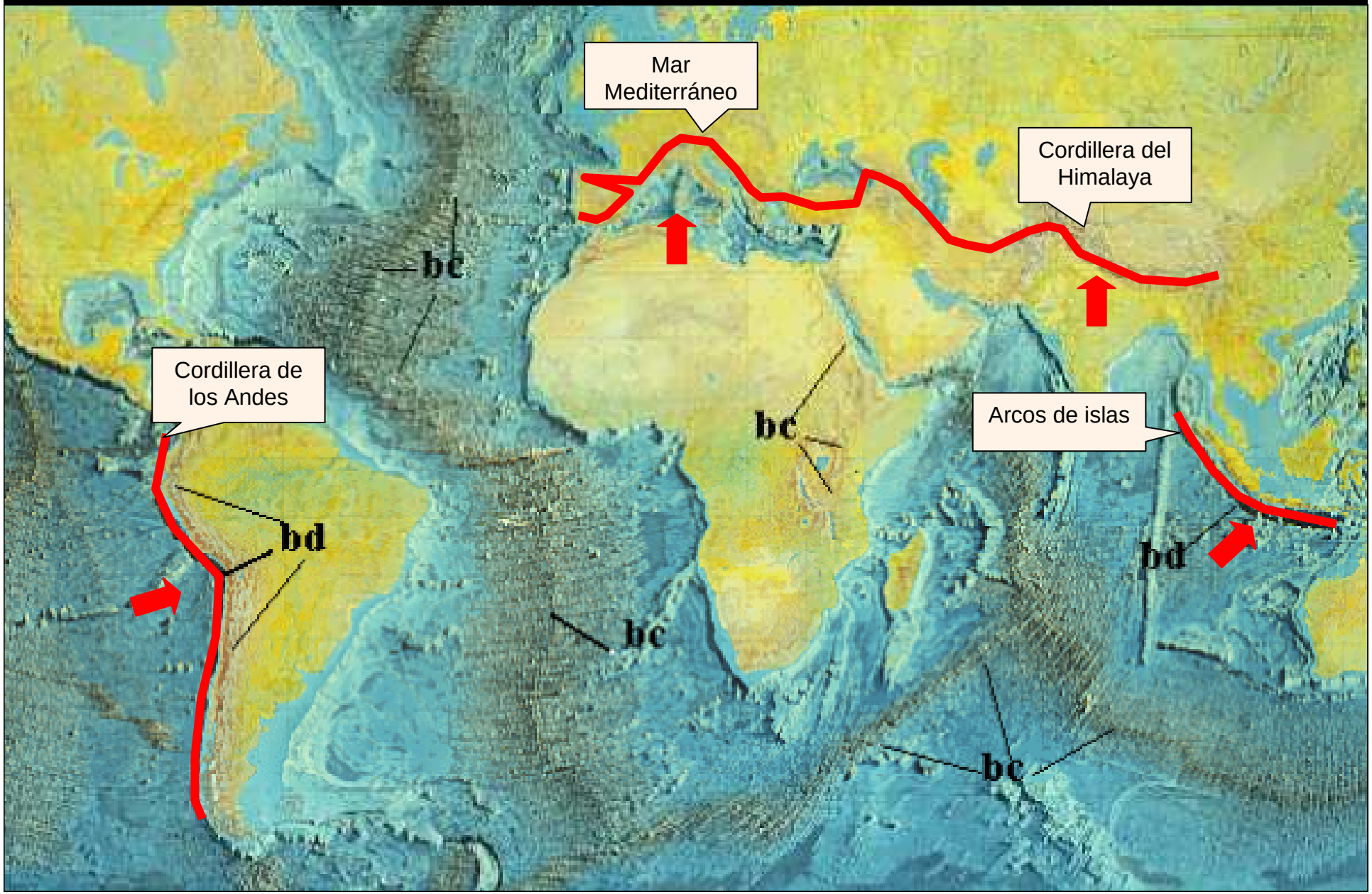
- las anomalías magnéticas a ambos lados de las dorsales
- la falta de sedimentos de los fondos oceánicos
- la antigüedad creciente del fondo oceánico a ambos lados de las dorsales.
- El hecho de que las rocas del fondo oceánico sean de naturaleza volcánica.

Los bordes destructivos

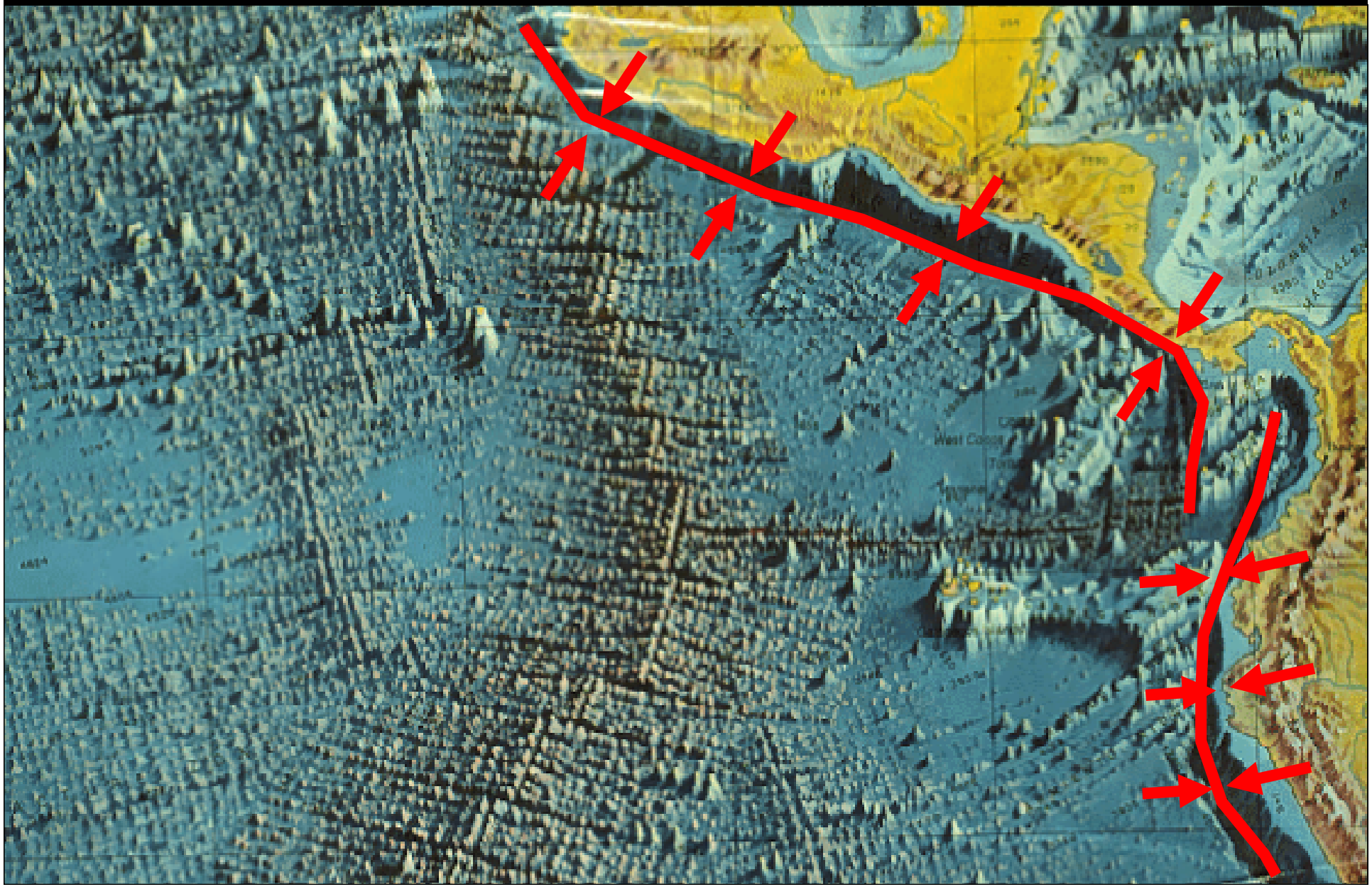
- Fosas
- Orógenos (Andes, Himalaya)
- Arcos de Islas volcánicas

bc: borde constructivo

bd: borde destructivo

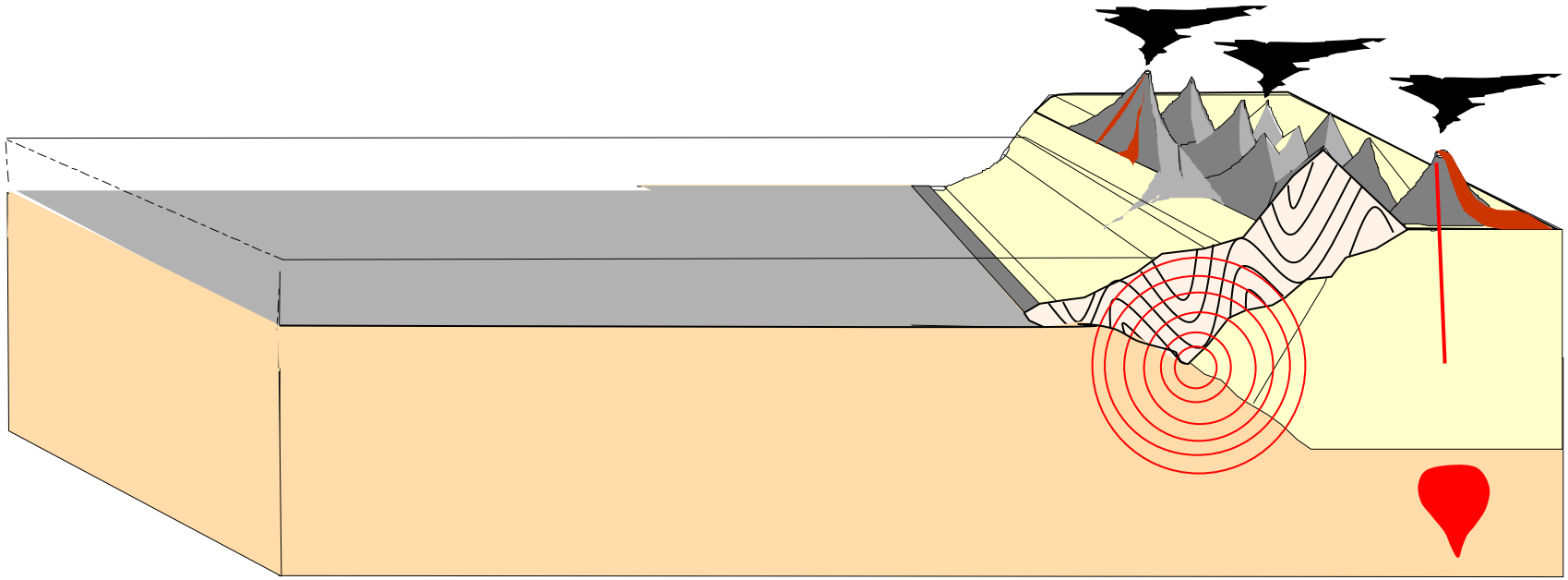


Borde destructivo (choque de placas) en la costa oeste de América.



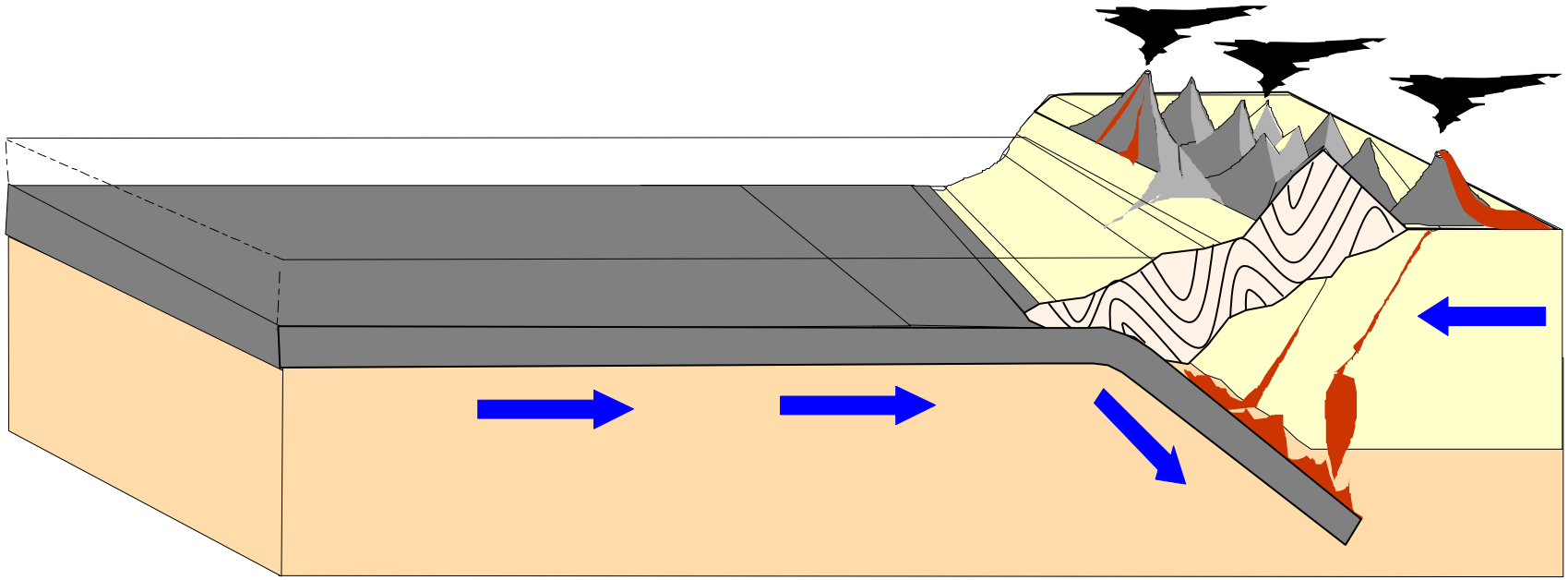
Cordillera perioceánica *(Cordillera de los Andes).*

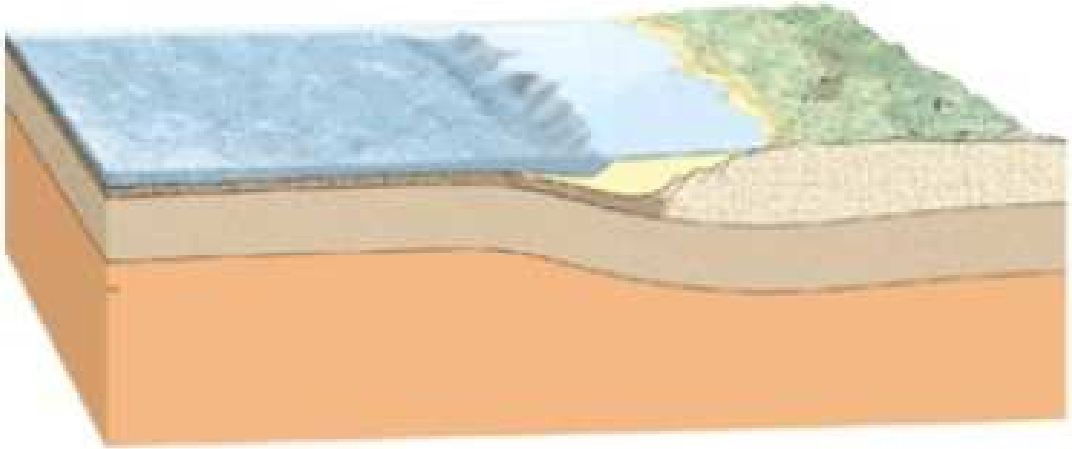
Las cordilleras perioceánicas, como la cordillera de los Andes, son cadenas montañosas recientes situadas en un margen continental. Están constituídas por rocas sedimentarias de origen marino y se da en ellas una intensa actividad volcánica y sísmica.



Cordillera perioceánica *(Cordillera de los Andes).*

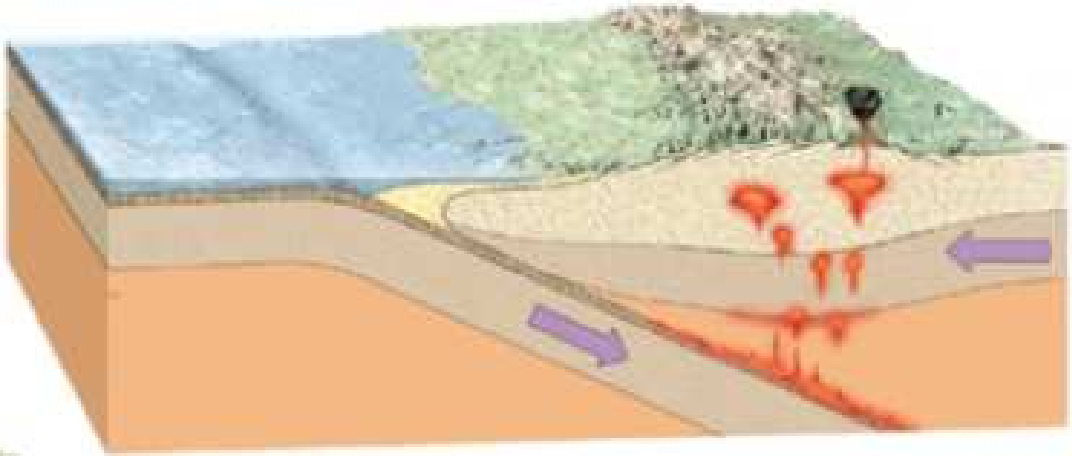
Las cordilleras perioceánicas, como la cordillera de los Andes, se forman cuando se produce una corriente de convección descendente entre una placa de litosfera oceánica y una de litosfera continental. La litosfera oceánica, más densa y delgada, se introduce bajo la litosfera continental, más gruesa y ligera, generando una intensa actividad volcánica y sísmica y arrastrando los sedimentos. Estos se acumulan en el borde de la placa continental dando lugar a largas cadenas montañosas situadas en un borde continental, como la cordillera de los Andes.

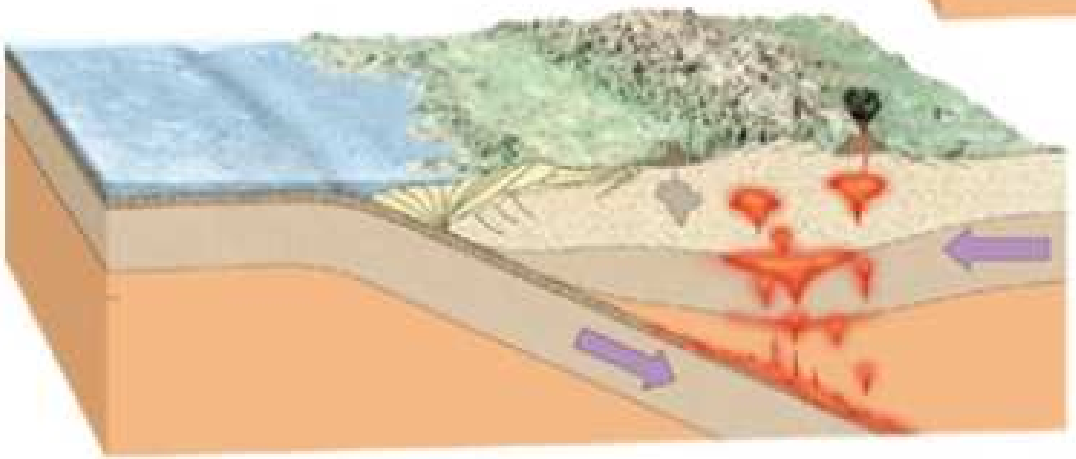




Origen y evolución de una cadena montañosa como la de los Andes. Estas cadenas se forman por el choque de placas**.**

Esta cadena montañosa se ha formado por un desplazamiento de la placa Sudamericana hacia el oeste lo que hace que la placa de Nazca, a la izquierda en los esquemas, se introduzca bajo ella **, subducción.**





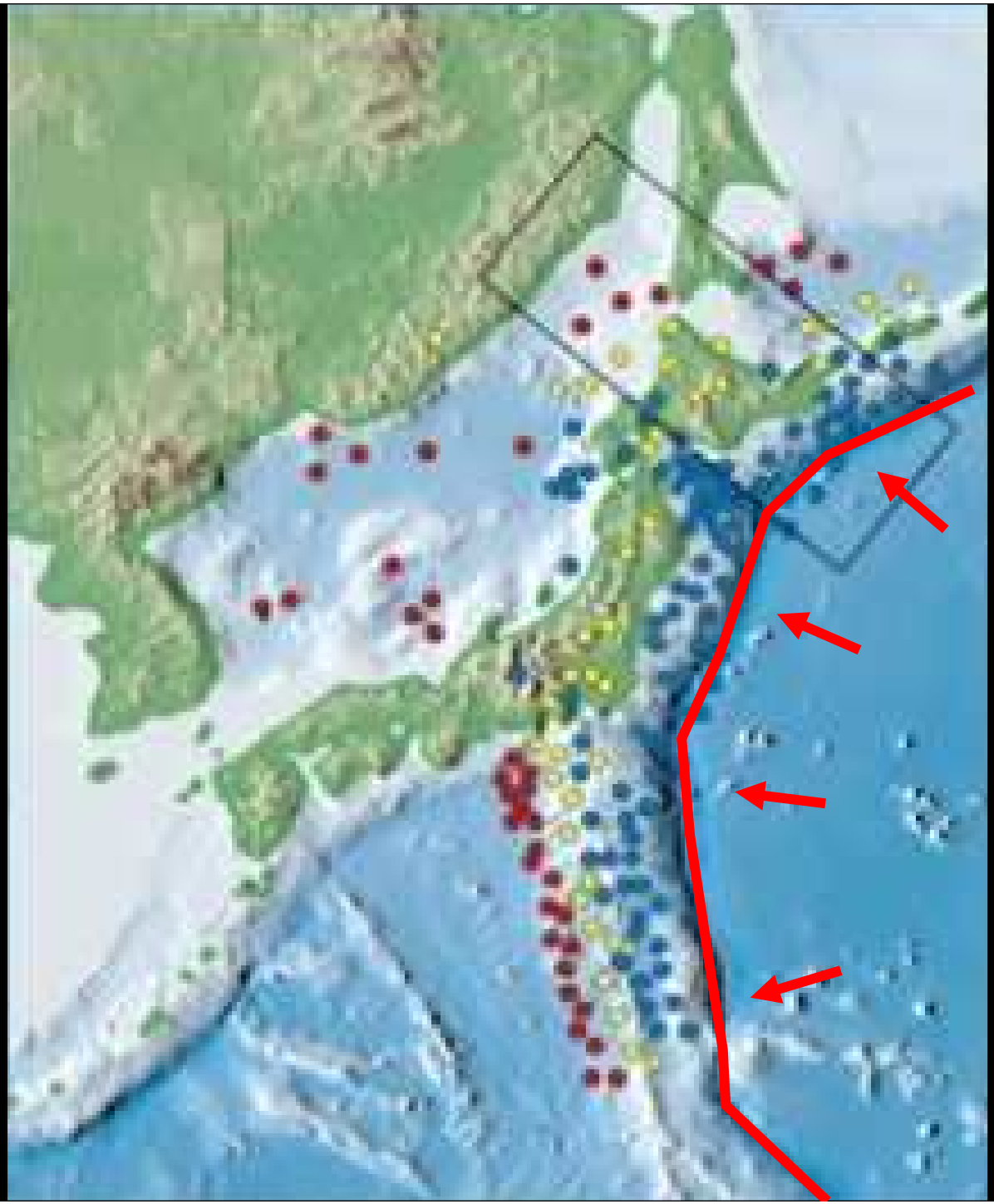
El proceso genera una intensa actividad volcánica y sísmica y la elevación de la placa Sudamericana. Los sedimentos de su margen continental ascienden formando la cordillera de los Andes.

Arcos de Islas y Fosas del Pacífico

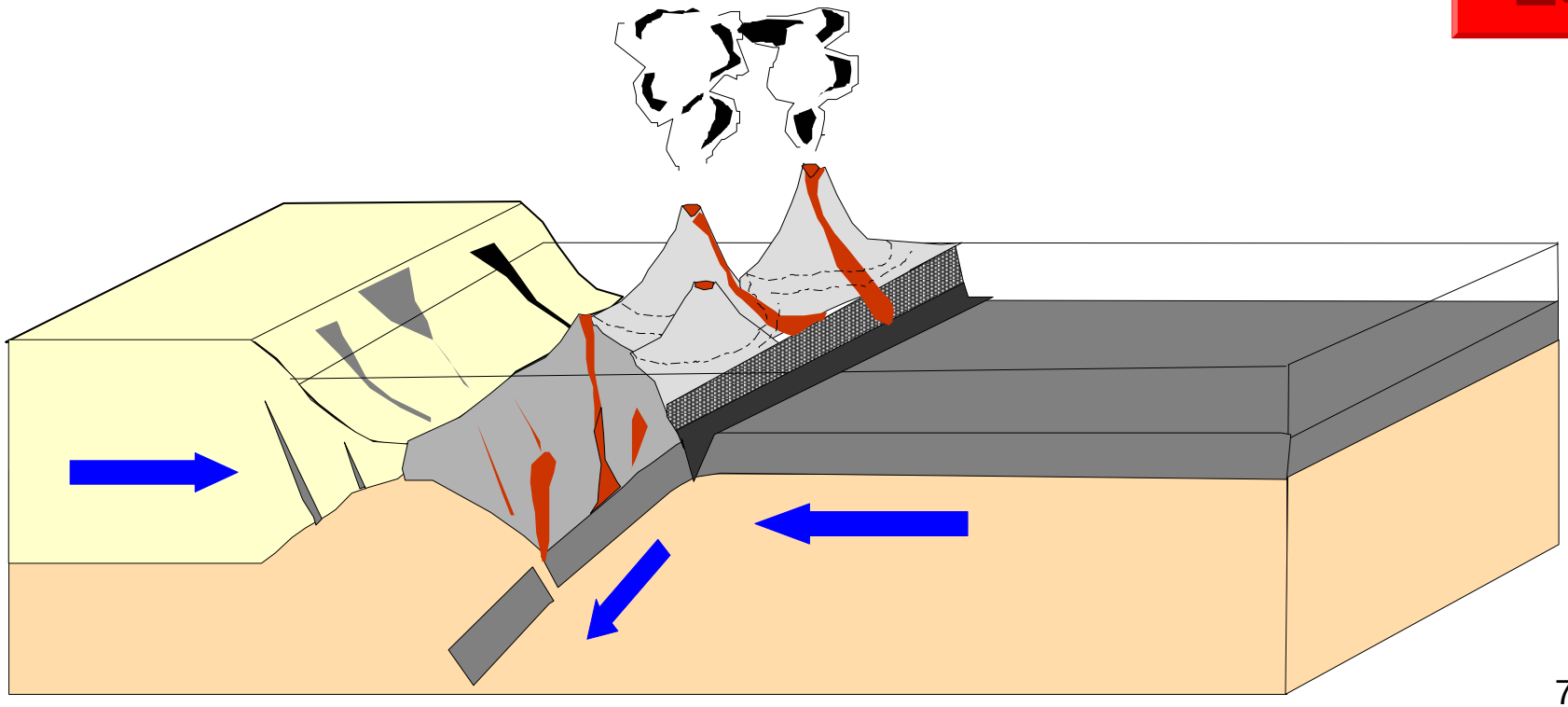
Al este del Océano Pacífico se da un borde destructivo al desplazarse la placa del Pacífico (litosfera oceánica) bajo la litosfera mixta (continental y oceánica) de la placa Euroasiática.

En la imagen, los puntos indican la actividad sísmica.

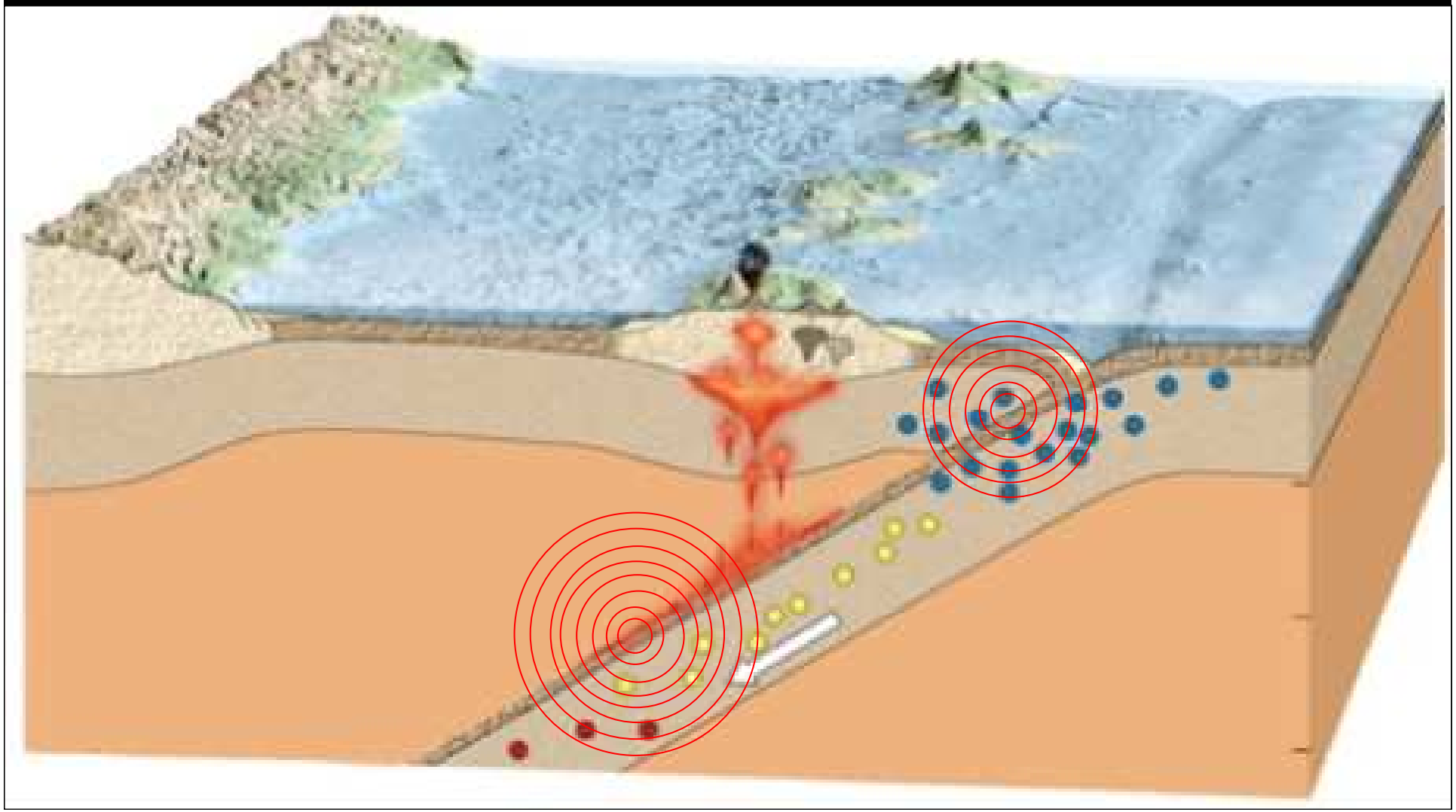
Azul, seísmos menos profundos, rojo, seísmos más profundos.

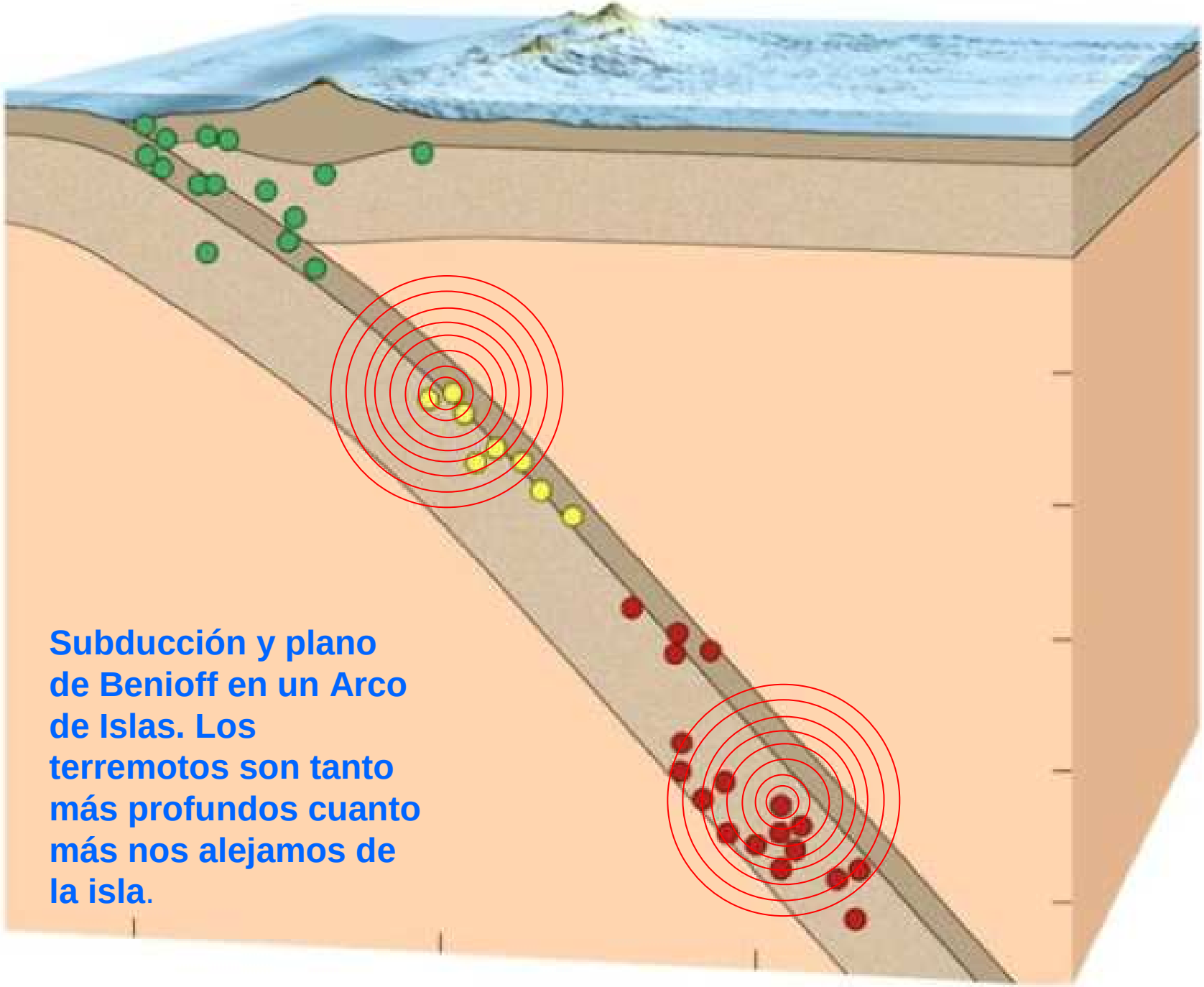


Arco insular *(Archipiélago del Japón).*
Los arcos de islas se generan cuando una corriente de convección descendente se produce entre dos placas, una de litosfera oceánica y otra mixta: continental y oceánica. La litosfera oceánica, más densa y delgada, se introduce bajo la mixta, generando una intensa actividad volcánica y sísmica. Se producen así profundas fosas en forma de arco jalonadas de islas volcánicas como las fosas y los arcos de islas del océano Pacífico.



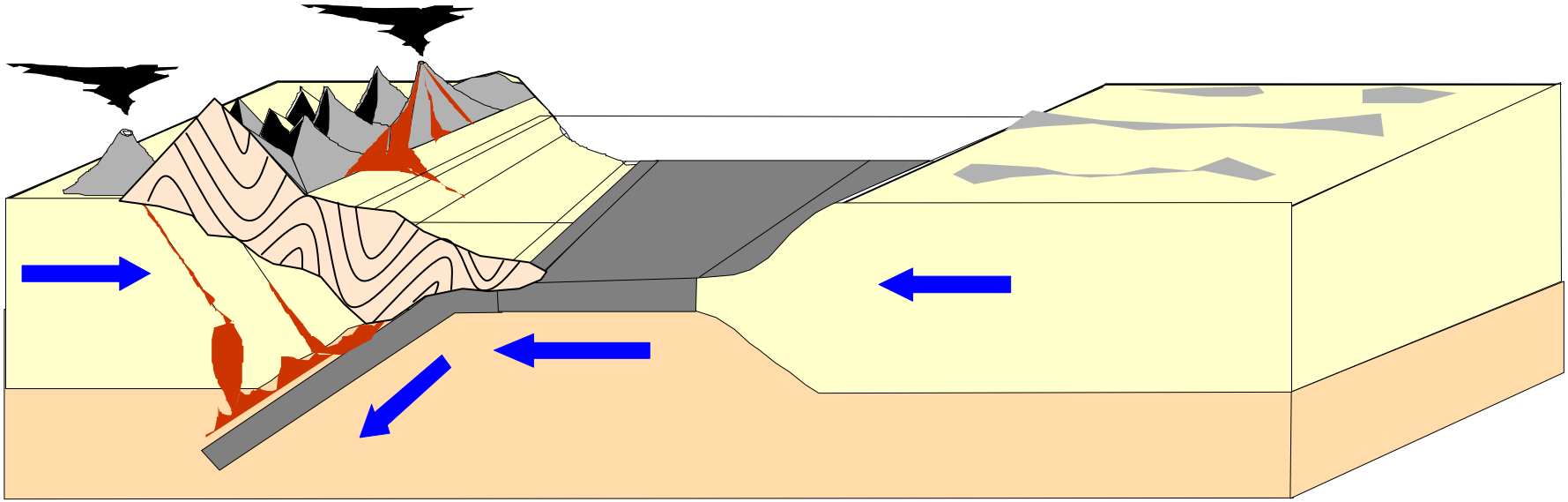
Borde destructivo (choque de placas) en un Arco Insular (Arcos de Islas y fosas del este del océano Pacífico.
Los seísmos son tanto más profundos cuanto más nos alejamos del punto donde subduce la litosfera, formando un plano inclinado llamado plano de Benioff. La fricción de las placas funde las rocas y genera actividad volcánica.



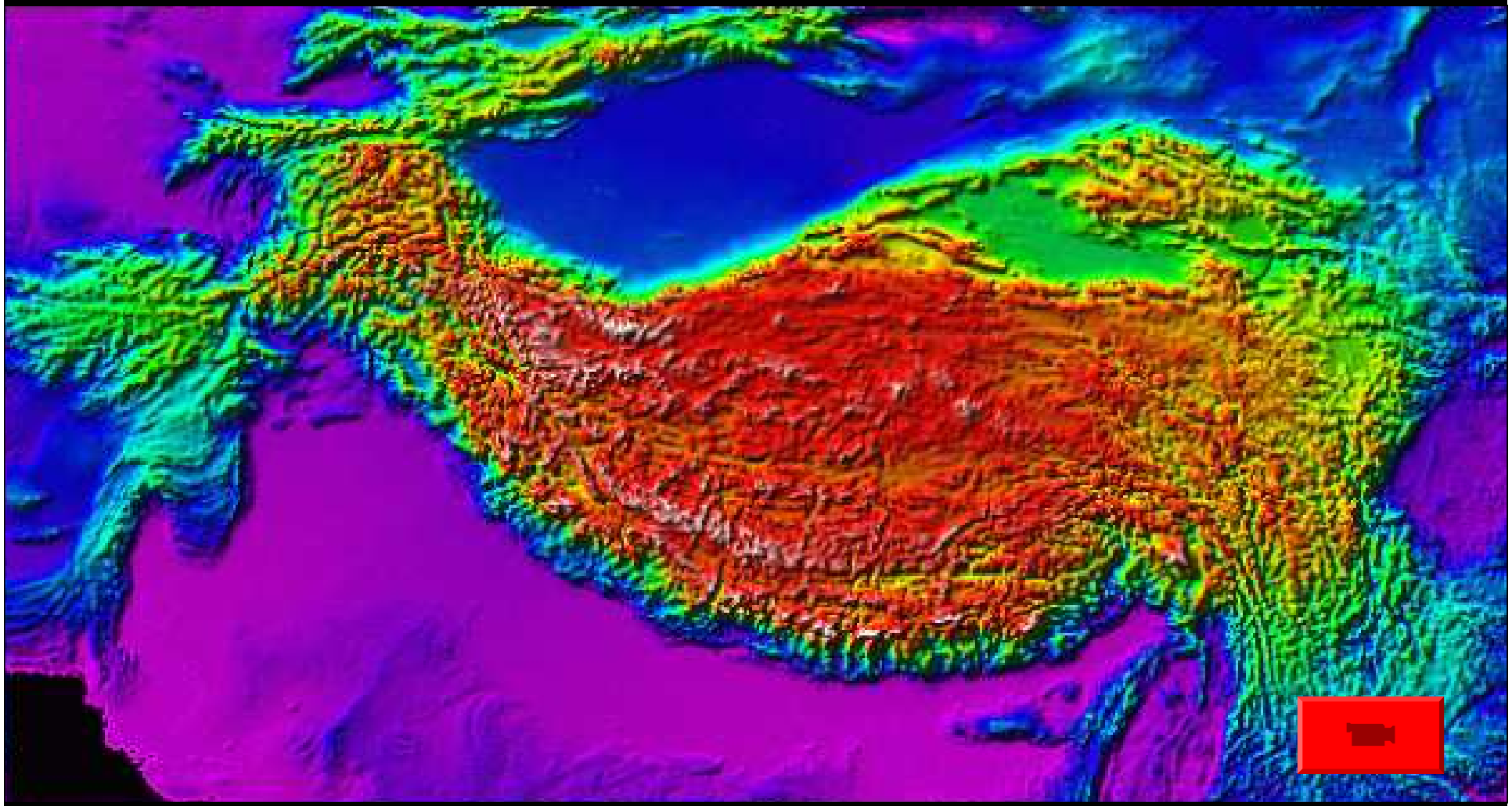


Subducción y plano de Benioff en un Arco de Islas. Los terremotos son tanto más profundos cuanto más nos alejamos de la isla.

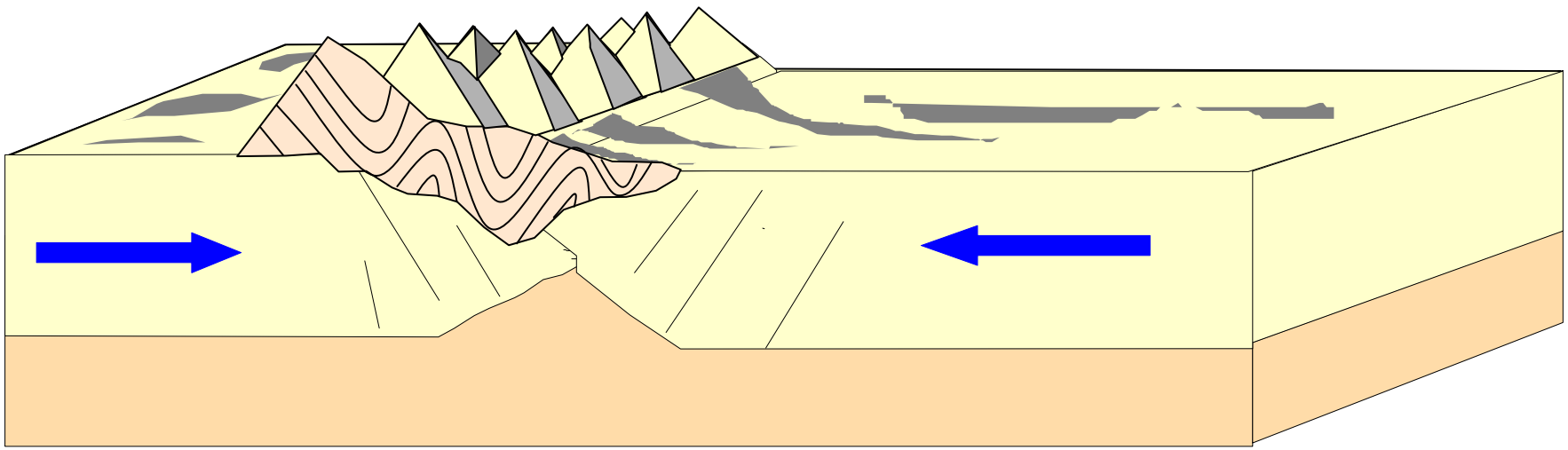
Mar interior *(Mar Mediterráneo).*
Entre el sur de Europa y África existe una corriente de convección descendente que genera la subducción de la litosfera del fondo del Mar Mediterráneo -que forma parte de la placa Africana- bajo la placa Euroasiática. Este proceso estrecha cada vez más el mar Mediterráneo y hace ascender los sedimentos produciendo una serie de cadenas de montañas en el sur de Europa: Alpes, Penibética, etc. La energía generada por el proceso de subducción se libera en forma de actividad volcánica y sísmica.

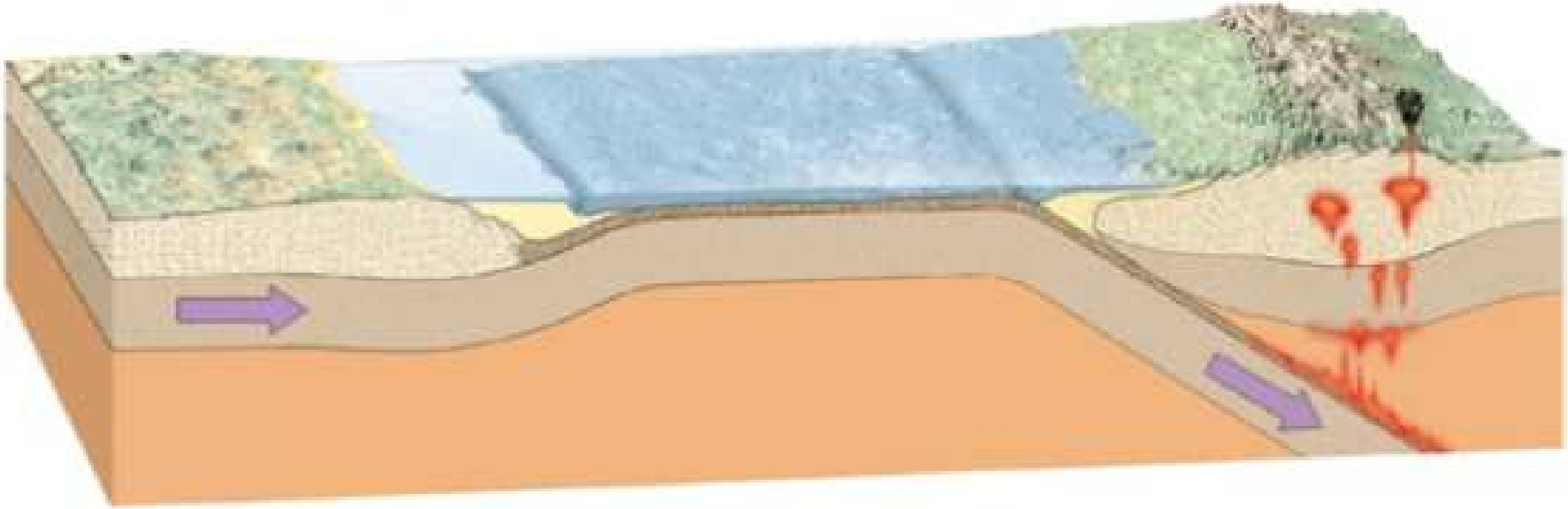


Borde destructivo (choque de placas) en el Himalaya, donde chocan la placa Euroasiática y la subplaca de la India.

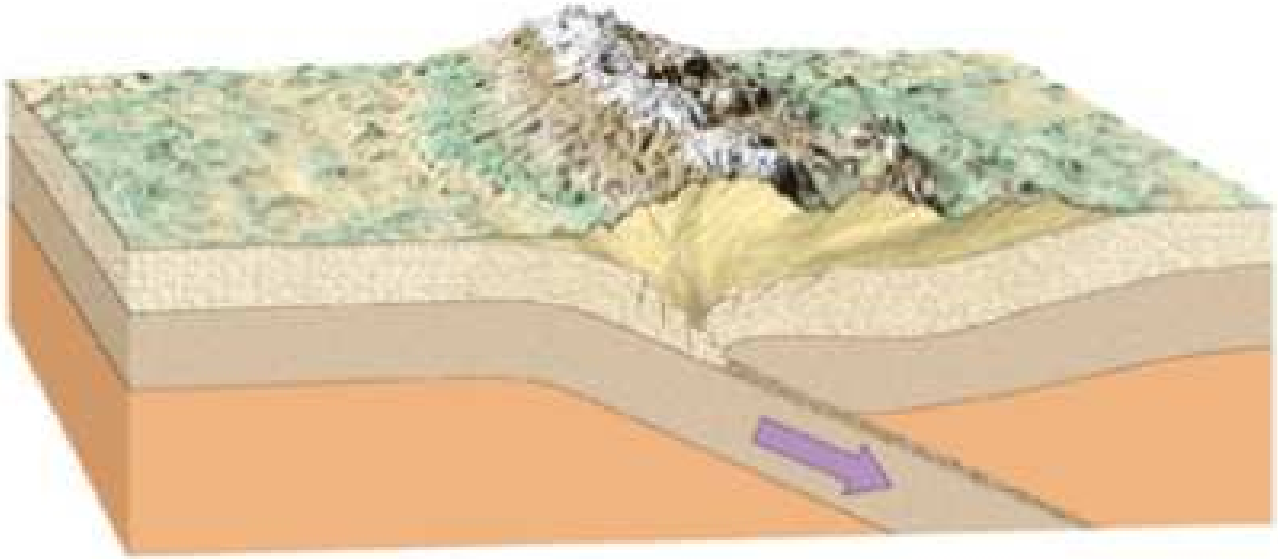


Cordillera intercontinental *(Cordillera del Himalaya).*
Si una placa mixta subduce totalmente bajo una placa continental, la litosfera oceánica se introduce totalmente bajo la litosfera continental y ambas placas se sueldan. Los sedimentos que existían entre ambas se acumulan en el borde que existía entre ellas formando una gran cadena montañosa entre ambas: ***una cordillera intercontinental****. Esto sucedió cuando el borde oceánico de la placa de la India se introdujo bajo la placa Euroasiática formando la cordillera del Himalaya..*





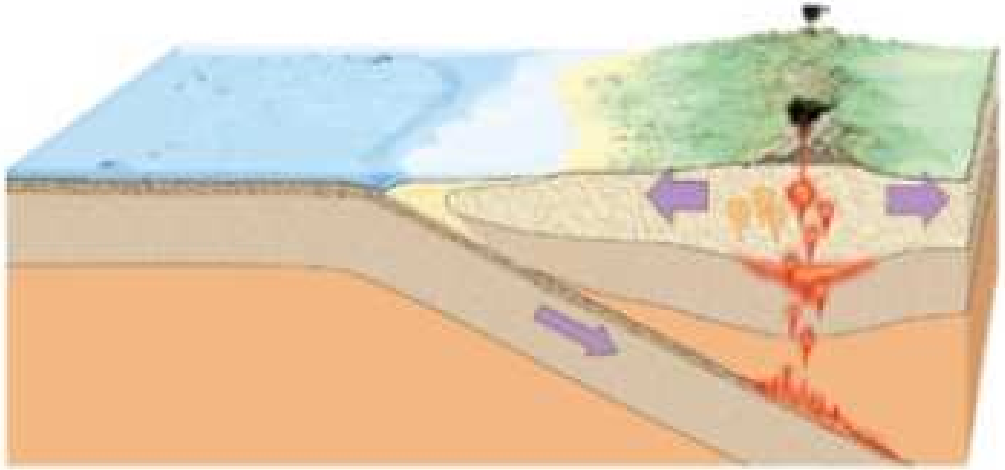
La formación del Himalaya



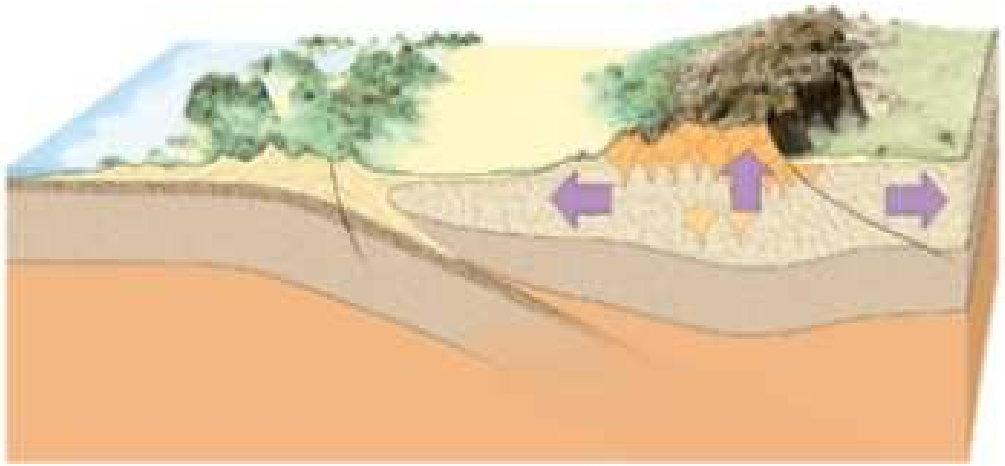
El Himalaya se ha formado al colisionar la placa de la India, a la izquierda, contra la placa Euroasiática.

Desplazamiento de la placa de la India hacia el norte.

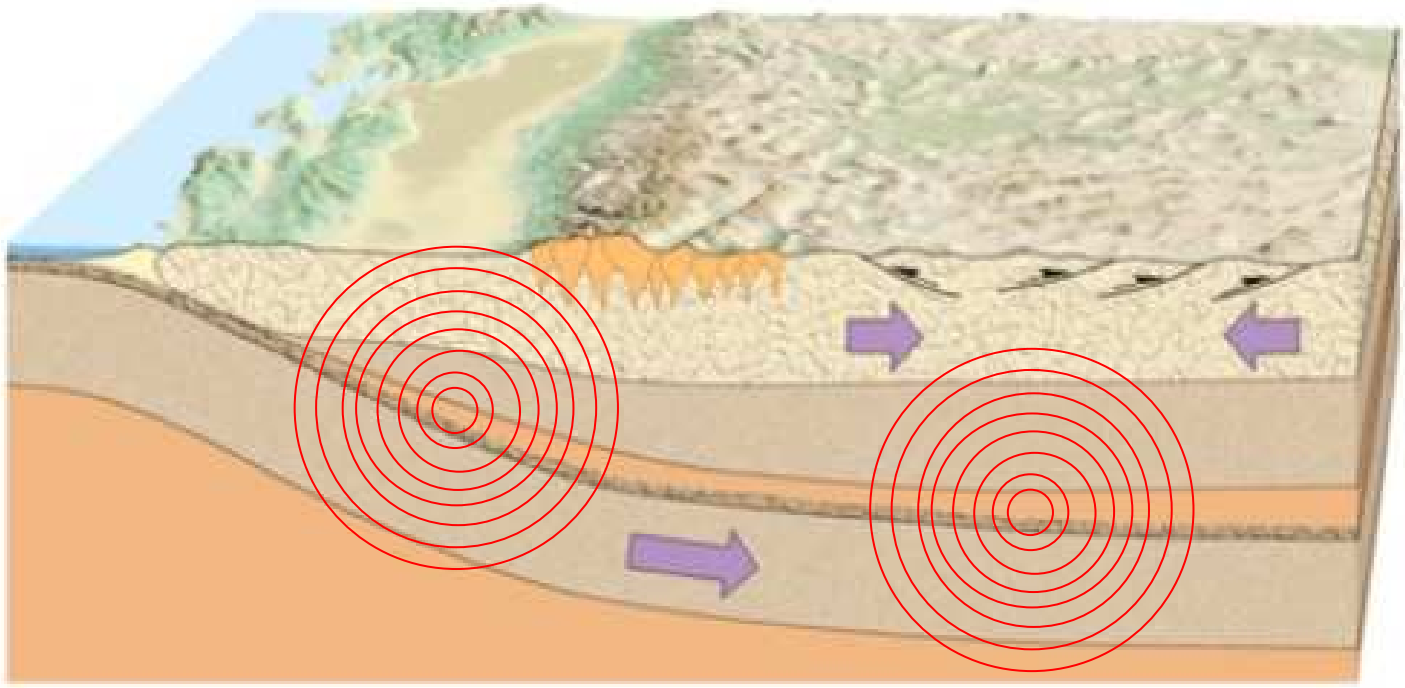
Este movimiento generó la gran cordillera del Himalaya.

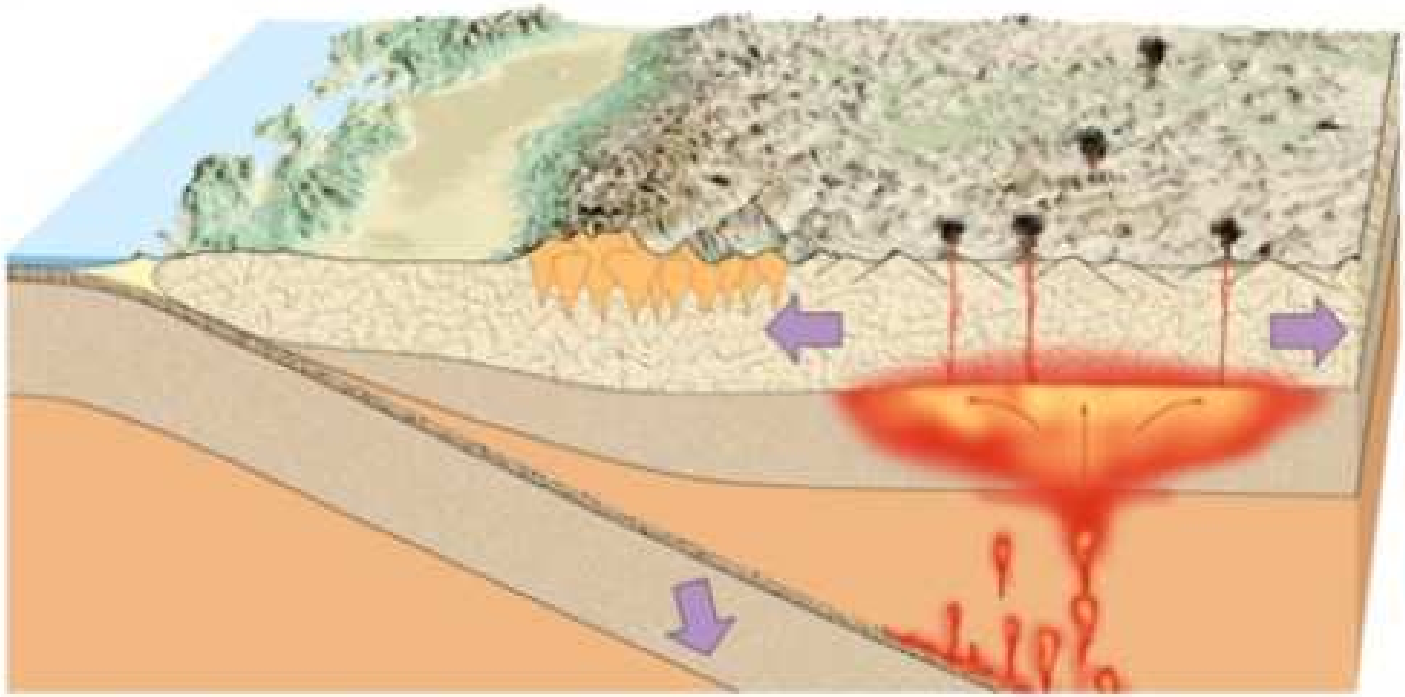


Subducción de una placa oceánica bajo una placa continental.



Fenómenos sísmicos y volcánicos relacionados con la subducción



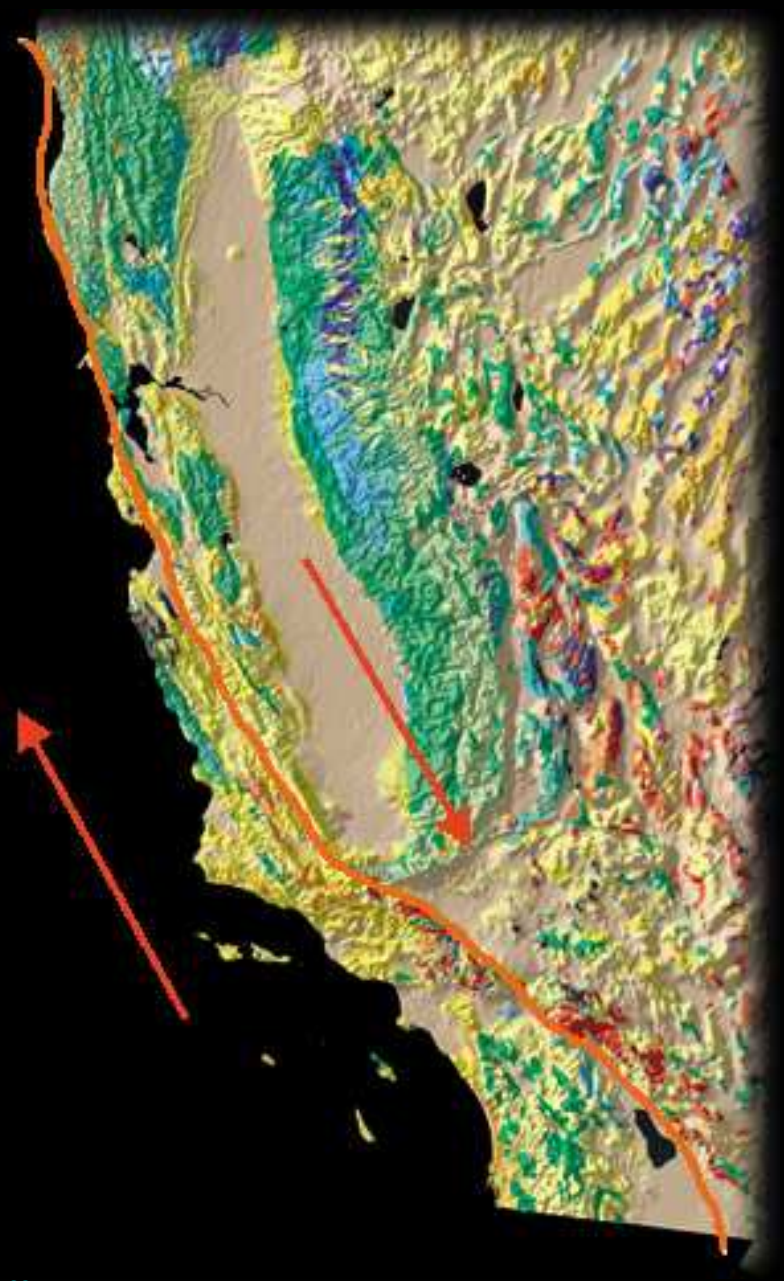


BORDES DE PLACAS
Fallas transformantes

En estos bordes las placas se desplazan lateralmente sin chocar ni separarse. Un ejemplo está en la costa oeste de los Estados Unidos en la llamada falla de San Andrés.

La gran falla de San Andrés es una falla transformante en la que las placas Norteamericana y la del Placa del Pacífico se desplazan lateralmente en direcciones opuestas.

Movimiento relativo de las placas a ambos lados de la Falla de San Andrés.



http://www.ss.ca.gov/museum/gespandreasfault.htm

BORDES DE PLACAS

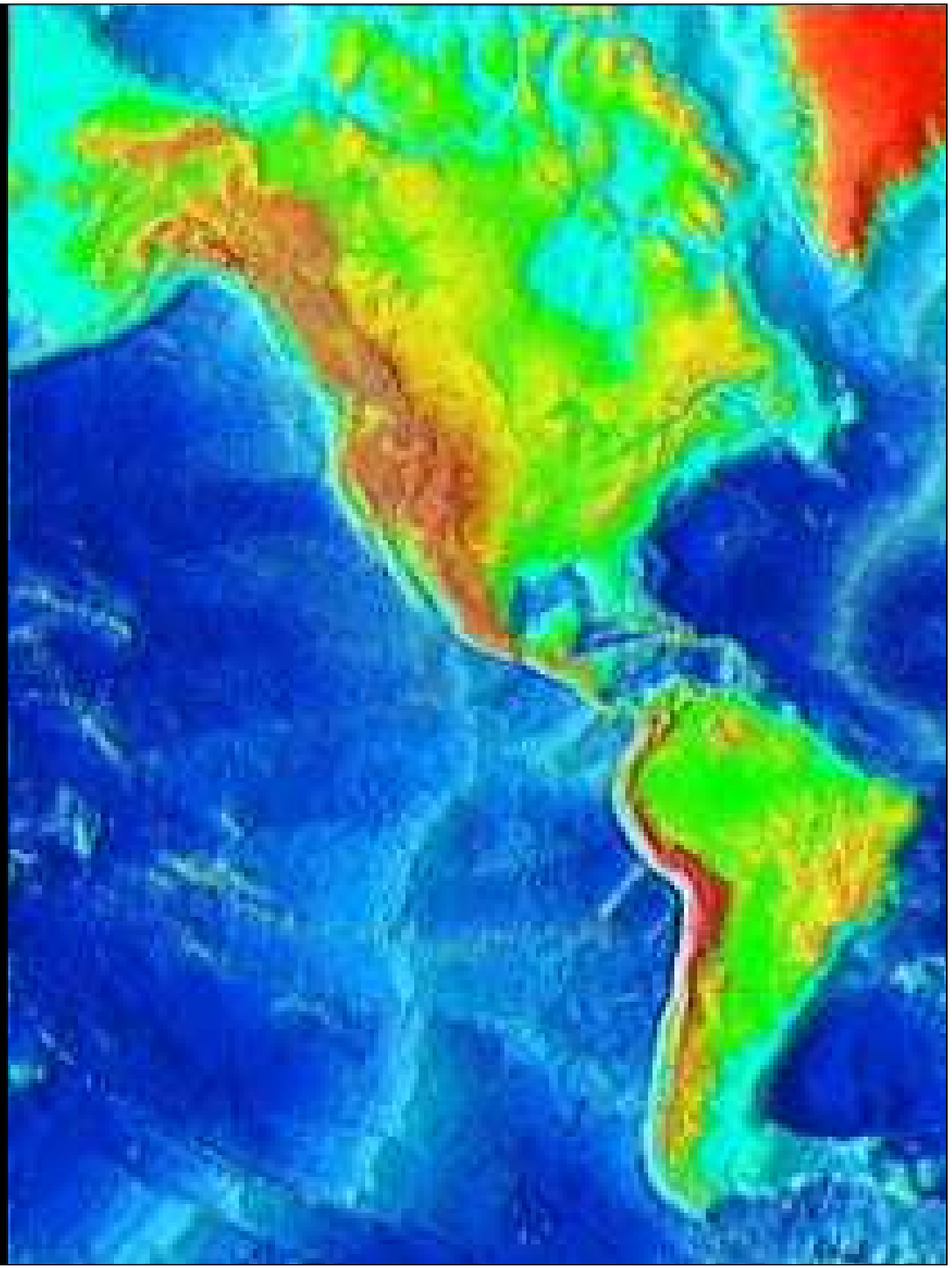
(visión de conjunto)

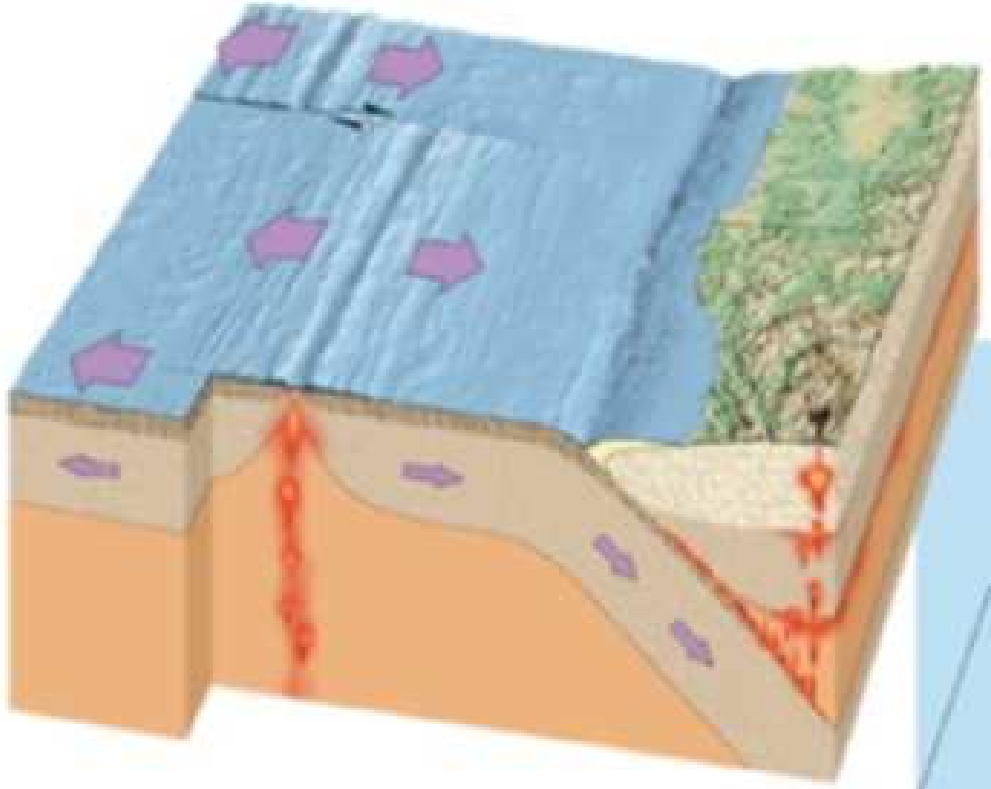
CONSTRUCTIVOS

DESTRUCTIVOS

En esta zona se pueden apreciar todo tipo de bordes:

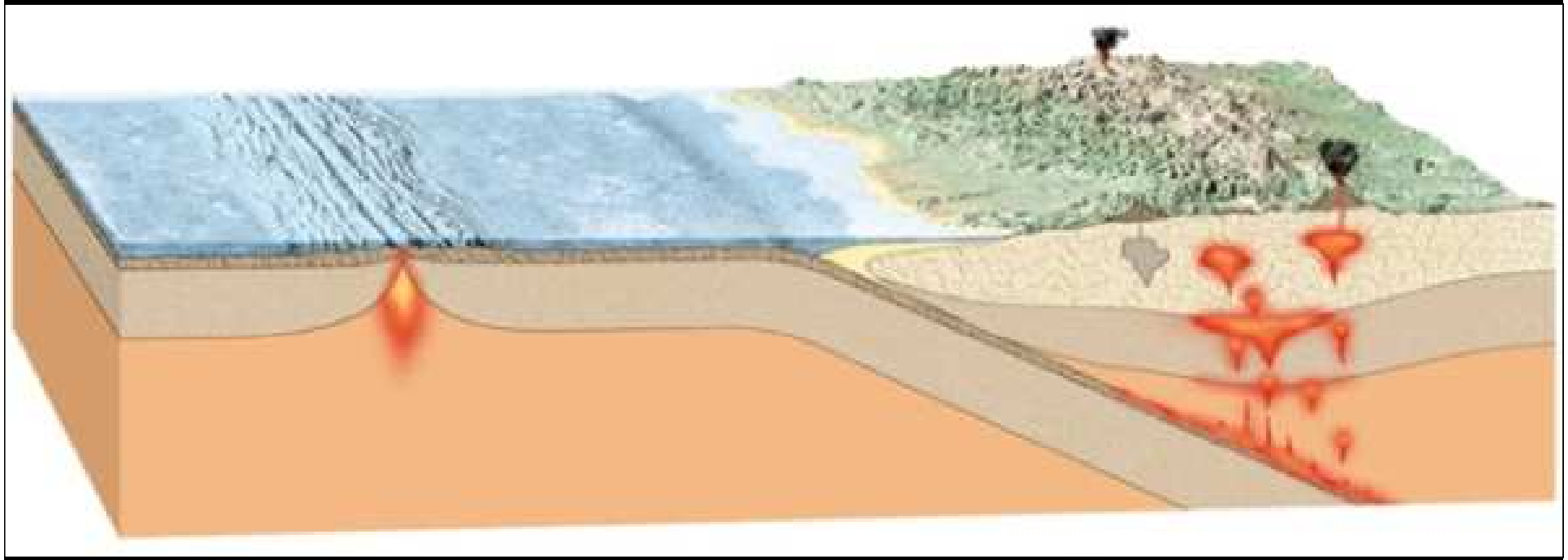
- Bordes constructivos (dorsales).
- Destructivos: fosas y cadenas montañosas.
- Fallas transformantes



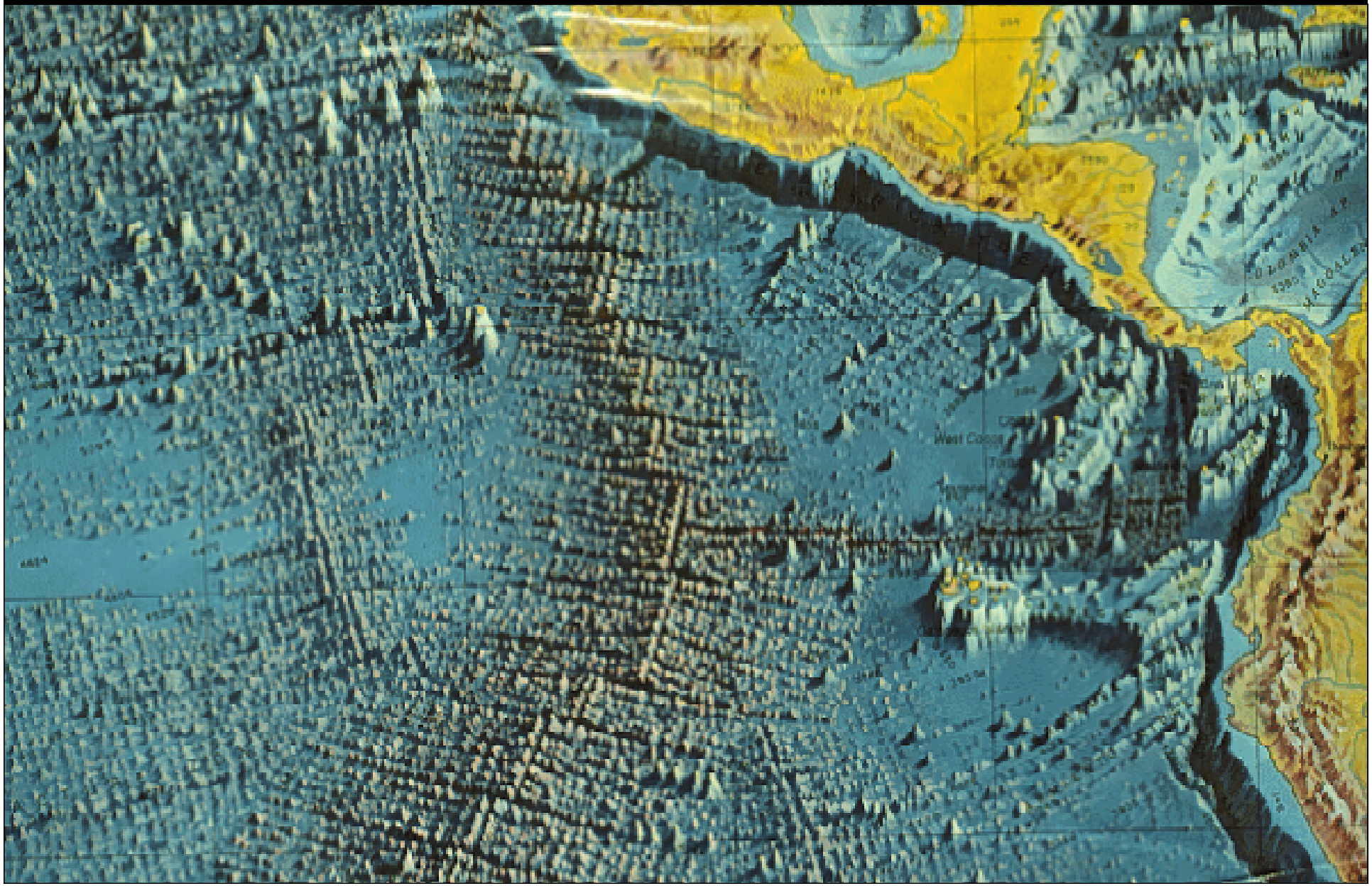


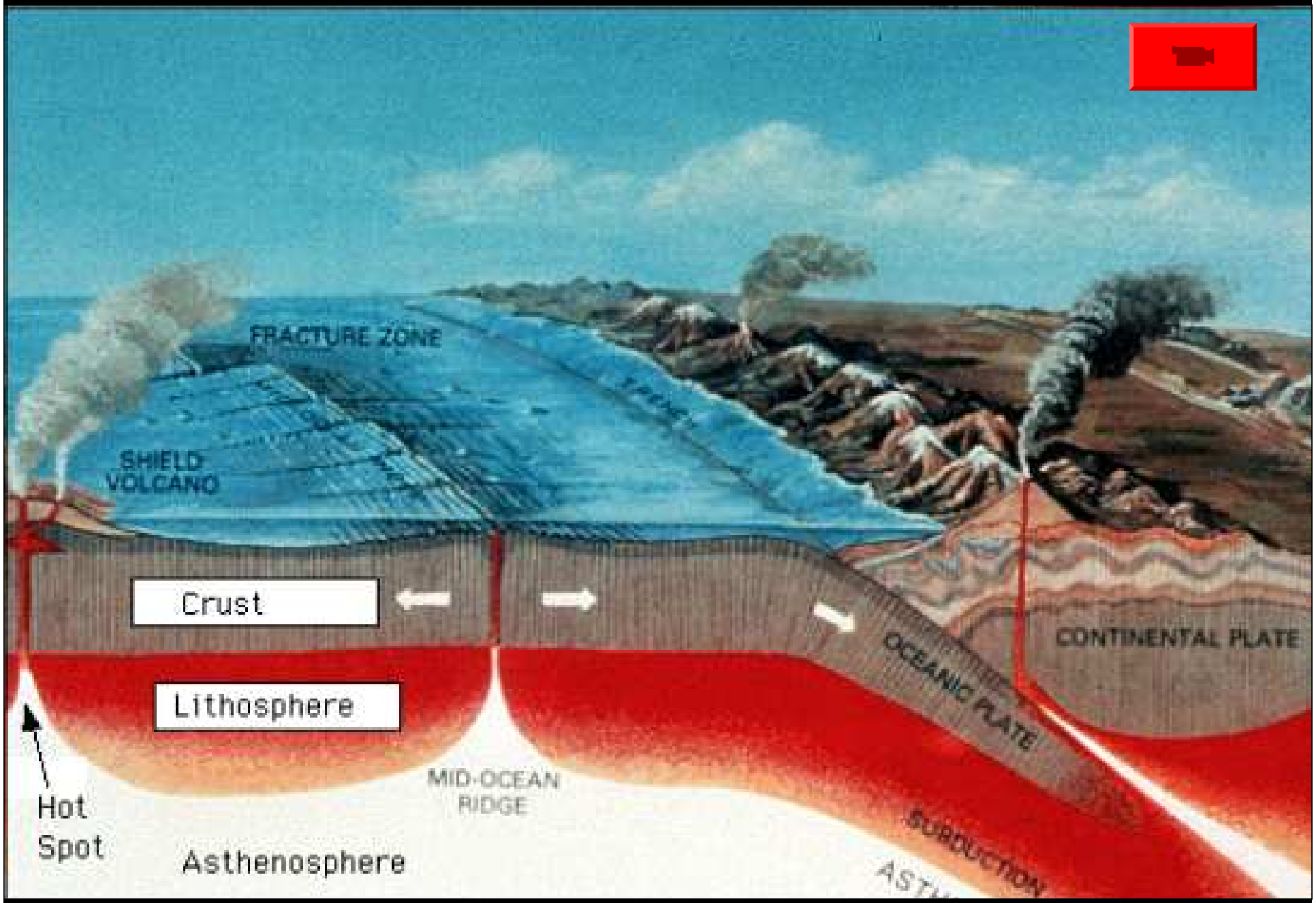
Movimientos de placas en la costa oeste de Norteamérica.

Borde constructivo (dorsal) y borde destructivo (zona de subducción). La litosfera oceánica surge en la dorsal y desaparece (subduce) en el margen continental (placa de Nazca y placa Sudamericana)

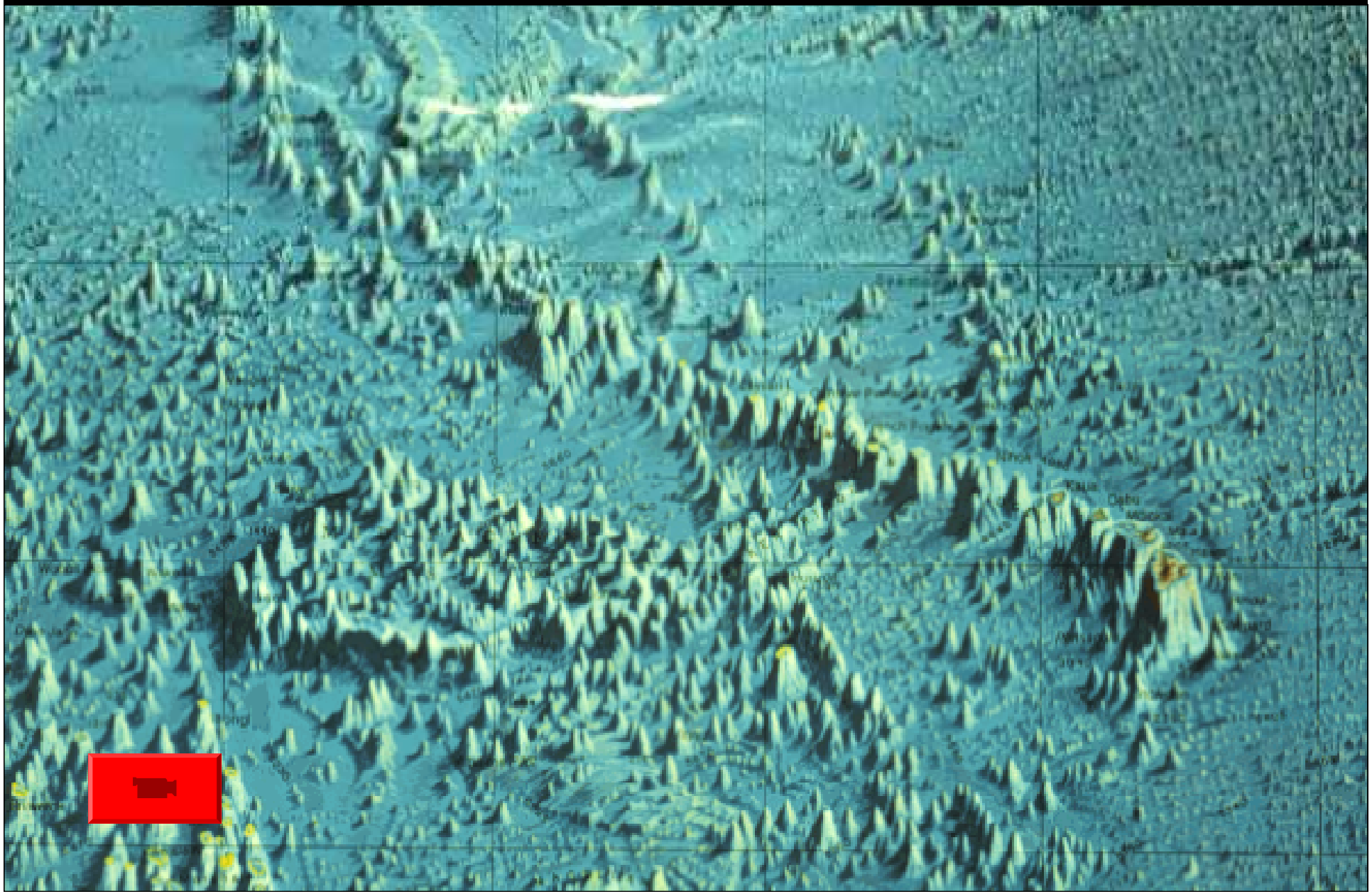


Dorsales (bordes constructivos) y Fosas (bordes destructivos) en el Océano Pacífico.




FRACTURE ZONE
SHIELD VOLCANO
Crust
Lithosphere
Hot Spot
Asthenosphere
MID-OCEAN RIDGE
OCEANIC PLATE
CONTINENTAL PLATE
SUBDUCTION

Las Isla Hawai son un punto caliente.

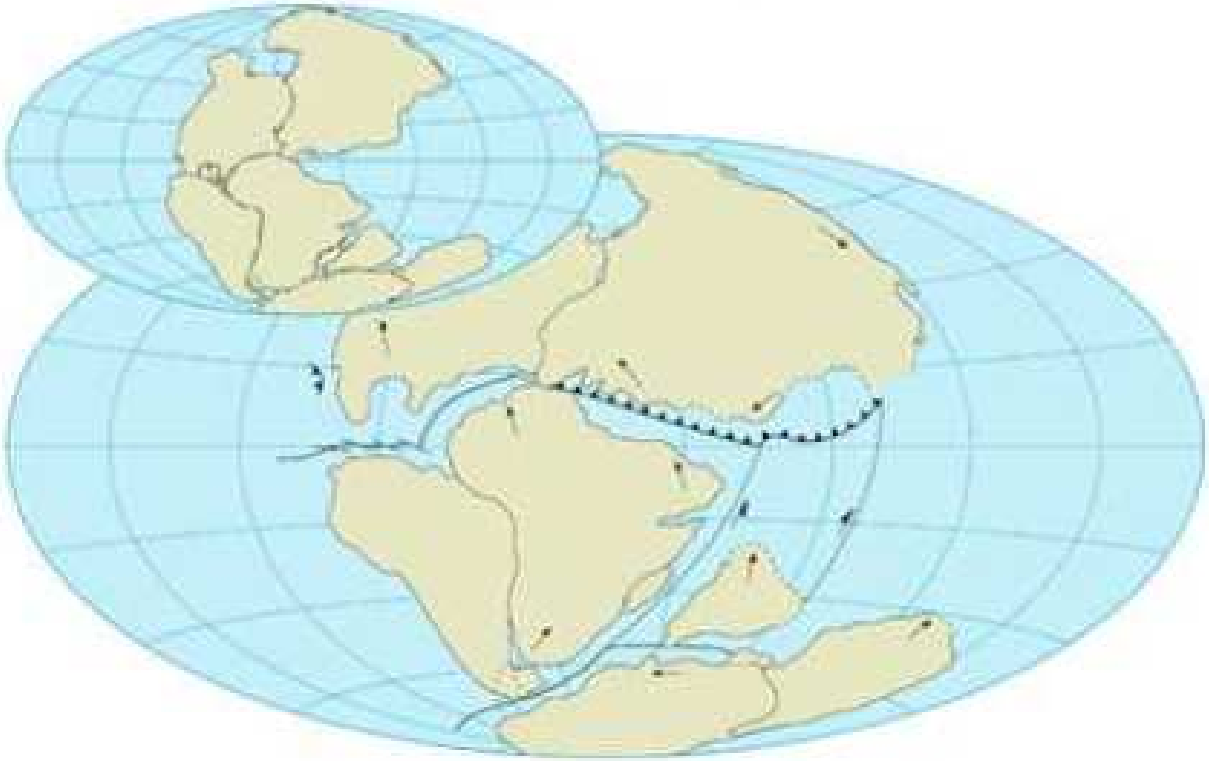


VISIÓN DE CONJUNTO

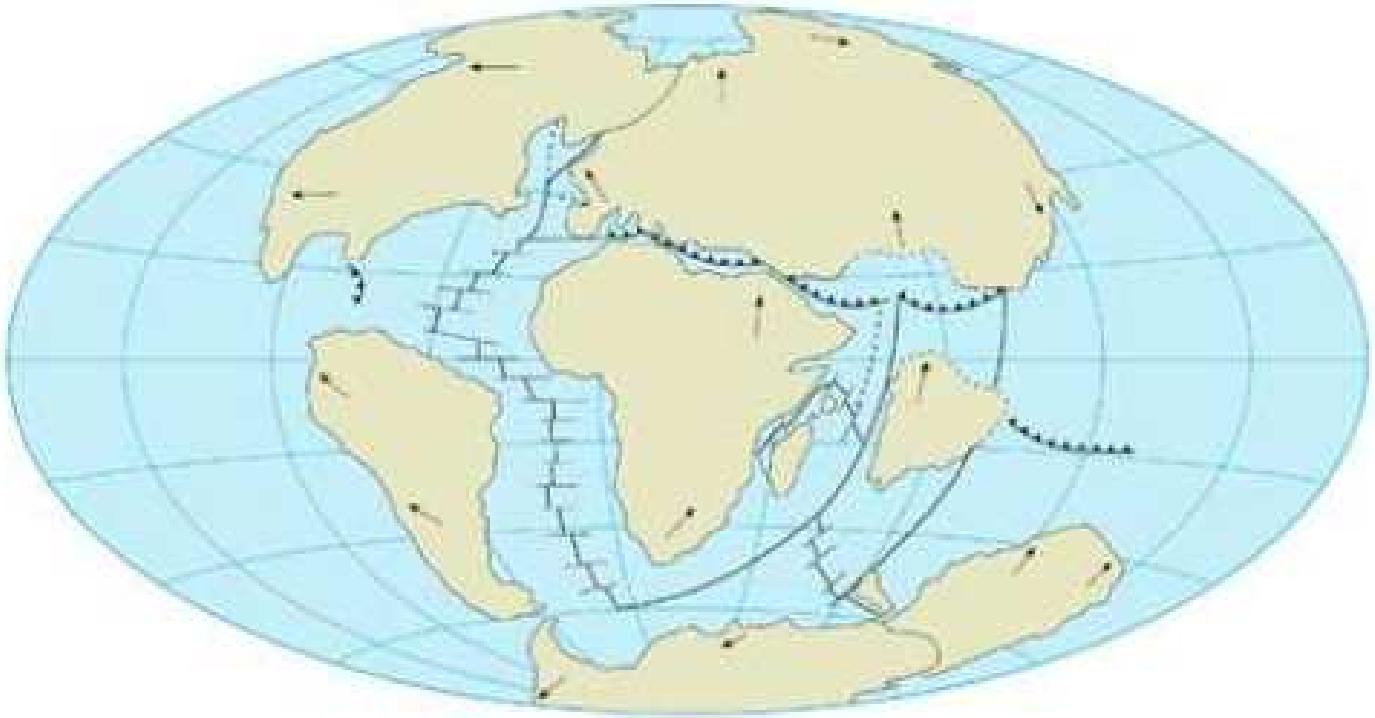
1) Hace 250 m.a.

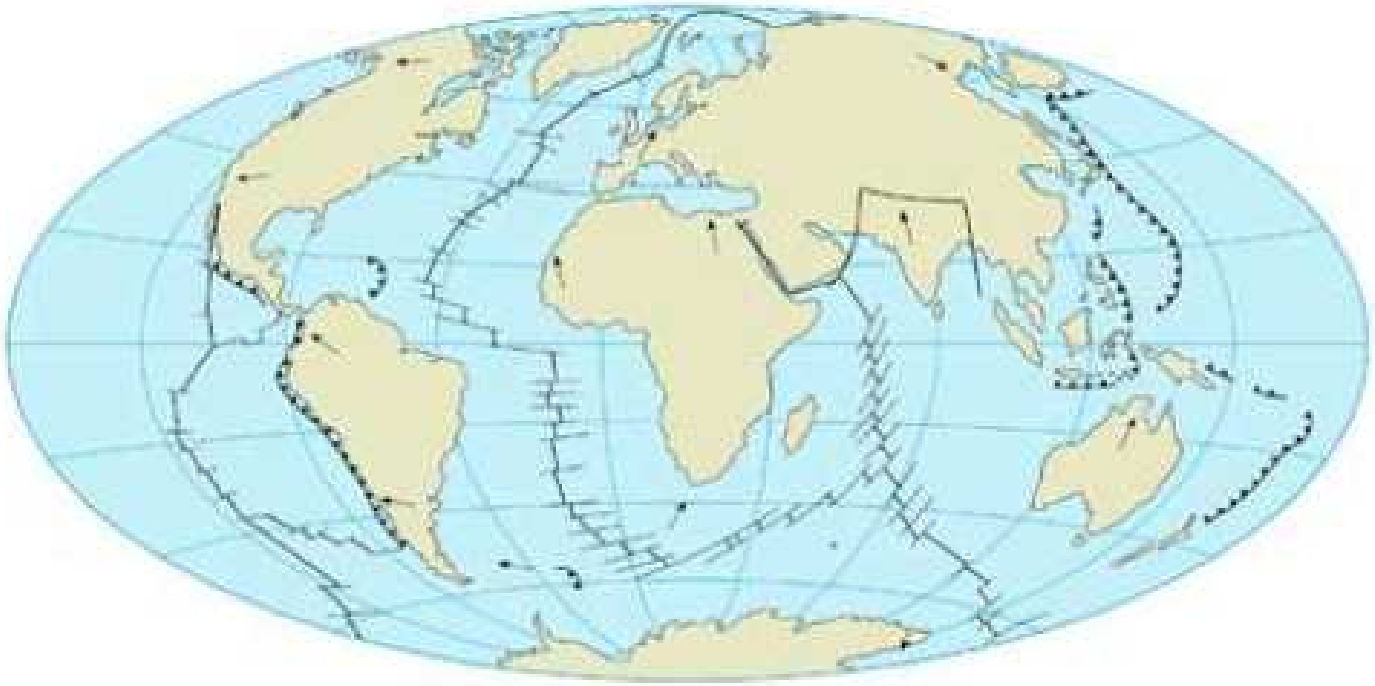
La fragmentación del Pangea a la luz de la Tectónica de Placas.

Las flechas indican los movimientos de las placas.

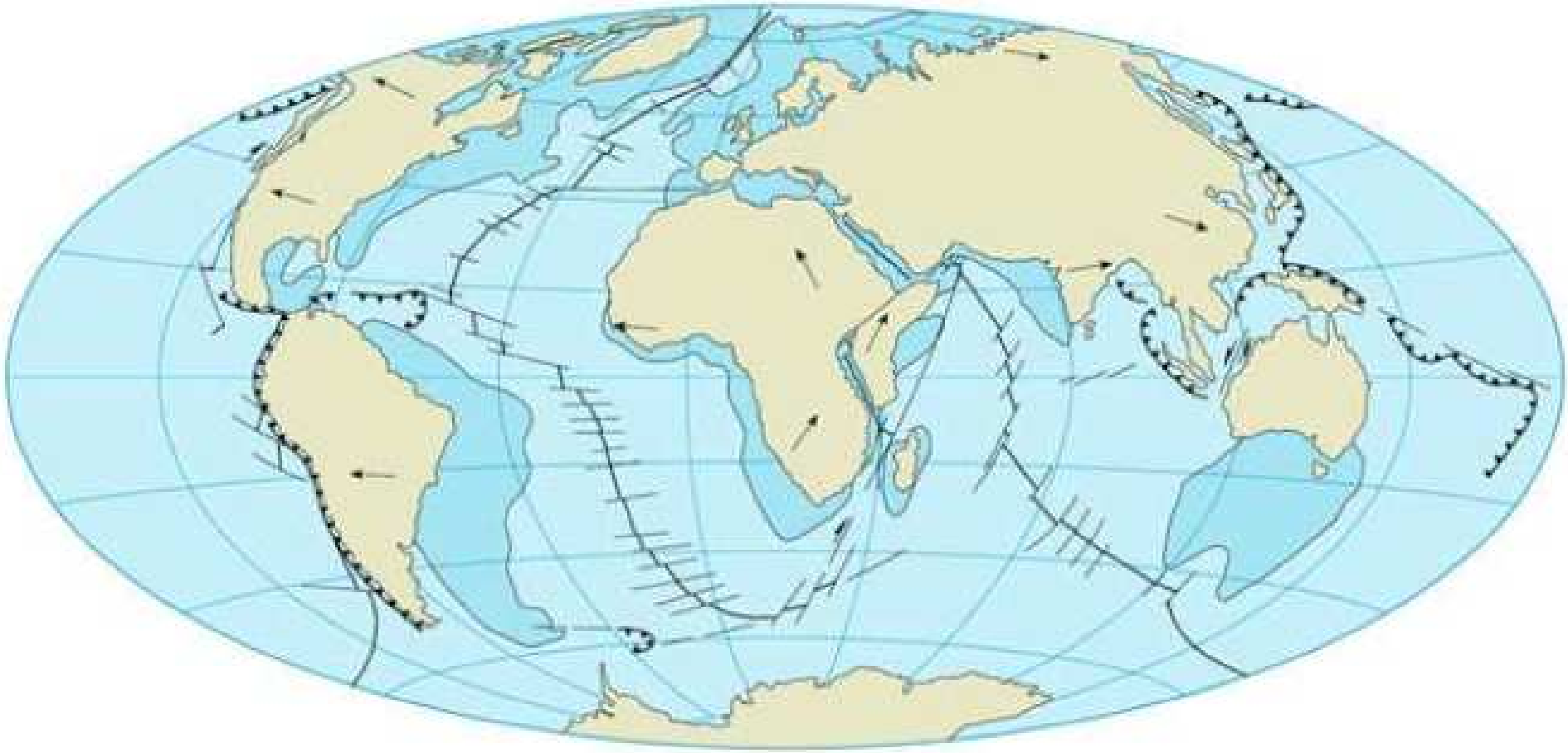


2) Unos millones de años después





3) Situación actual.

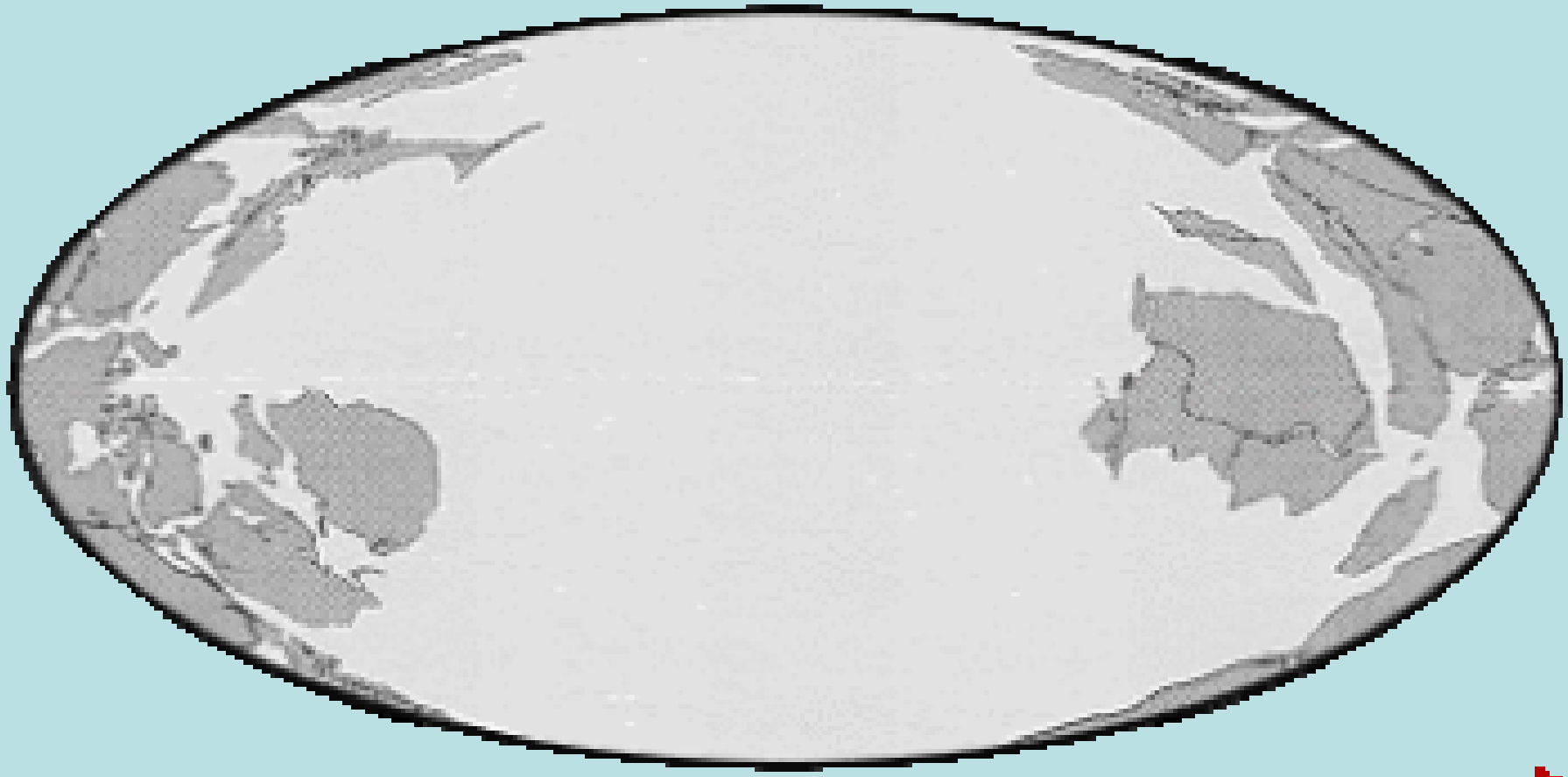


La fragmentación del Pangea a la luz de la Tectónica de Placas.

Puntos calientes que fragmentaron la litosfera del Pangea dando lugar al océano Atlántico.

Evolución de las masas continentales y oceánicas en los últimos 730 m.a.

Las placas se han desplazado, separado, juntado y vuelta a separar, originando un verdadero baile de masas continentales.



FIN