

Introducción a la Sismología

¿Qué son los terremotos?

Cambio repentino del estado de tensiones en un volume de roca

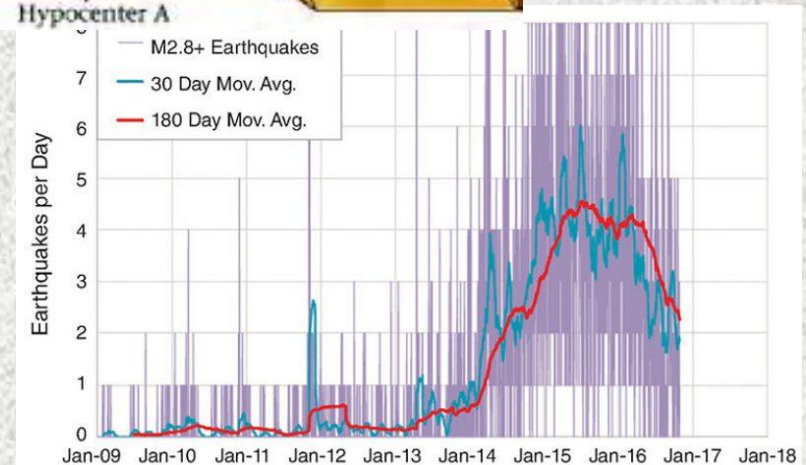
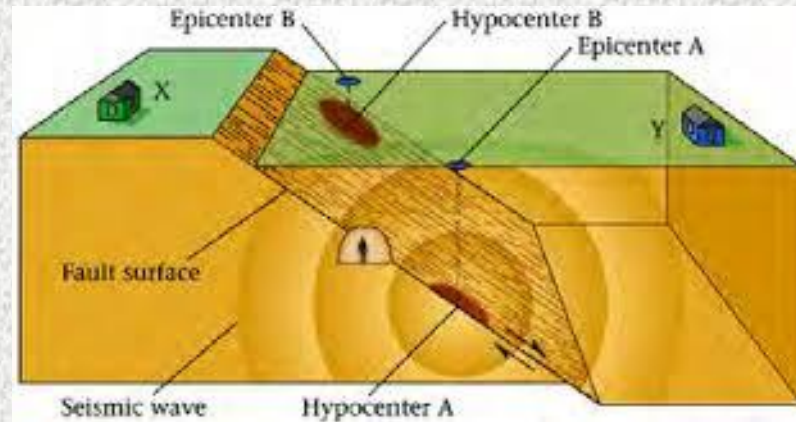
- Liberación brusca de energía
- Propagación medio elástico

- Naturales

- tectónicos
- volcánicos
- colapso

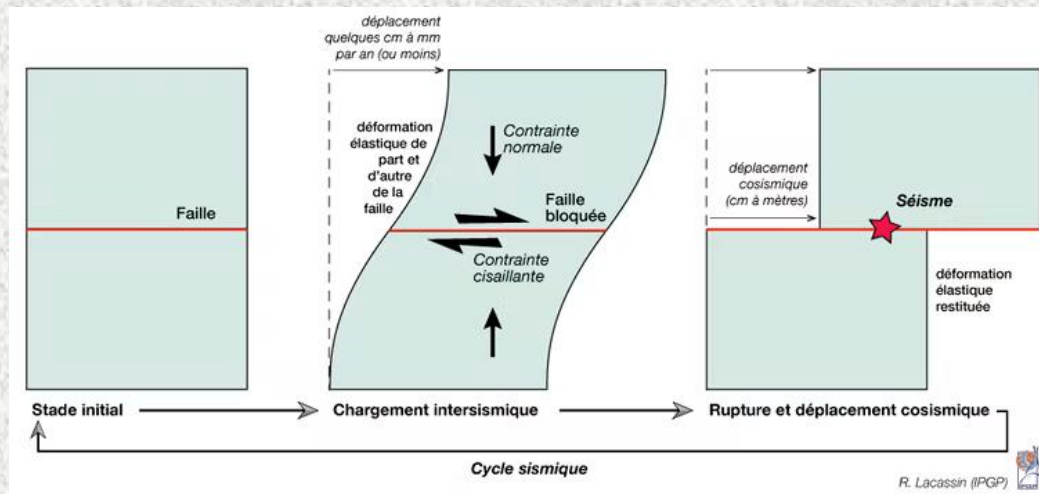
- Producidos por el hombre

- controlados
- inducidos



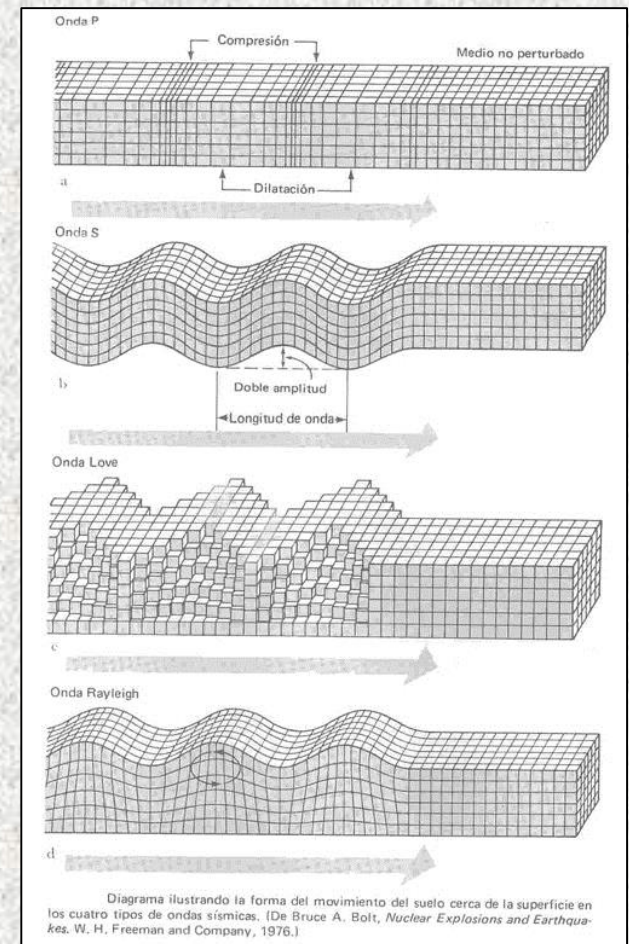
¿Qué son los terremotos?

¿Por qué ocurren?



Cuatro tipos distintos de ondas:

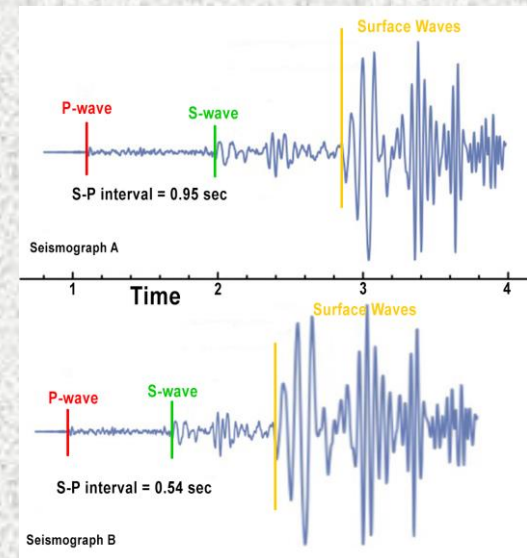
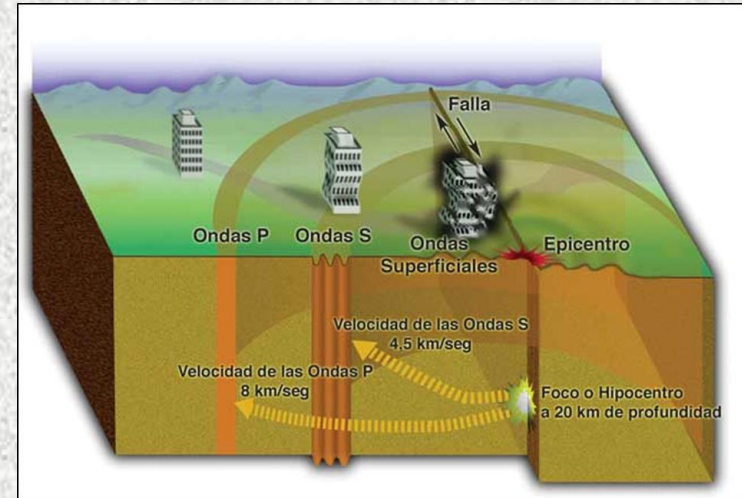
- Ondas P (longitudinal)
- Onda S (transversal)
- Onda Love
- Onda Rayleigh



¿Qué son los terremotos?

¿Por qué ocurren?

¿Cómo los registramos?



¿Qué son los terremotos?

¿Por qué ocurren?

¿Cómo los registramos?

¿Podemos predecirlos?

NO

Predicción



- Fecha y Hora
- Ubicación
- Magnitud

Alerta temprana



Aviso con la mayor antelación posible del suceso de un evento

Pronóstico



Probabilidad de ocurrencia en un tiempo corto. Usado para réplicas

Peligrosidad



$P_o, M > M_o, \Delta t$

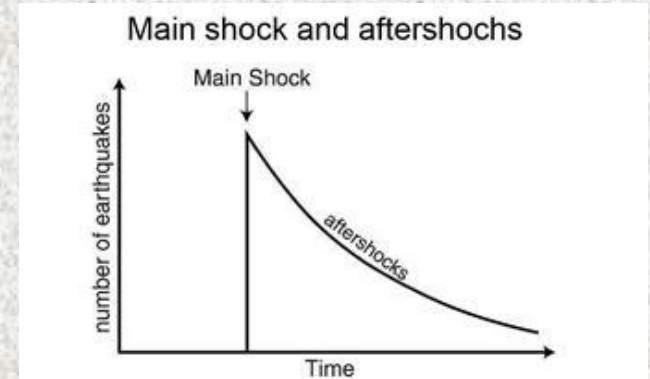
¿Qué son los terremotos?

¿Por qué ocurren?

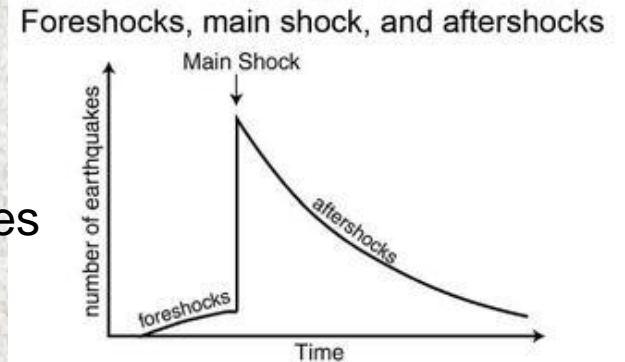
¿Cómo los registramos?

¿Podemos predecirlos?

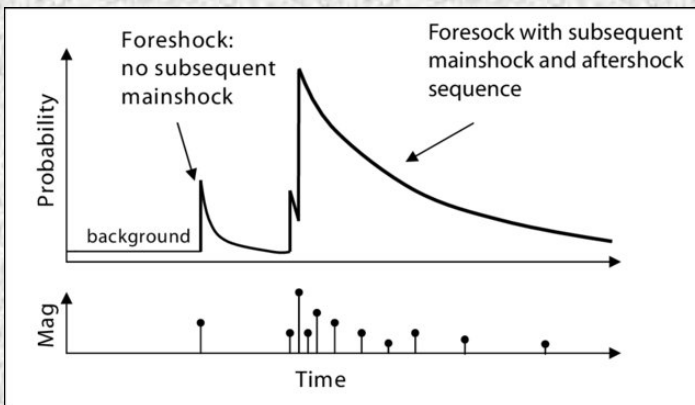
Réplicas



Premonitores

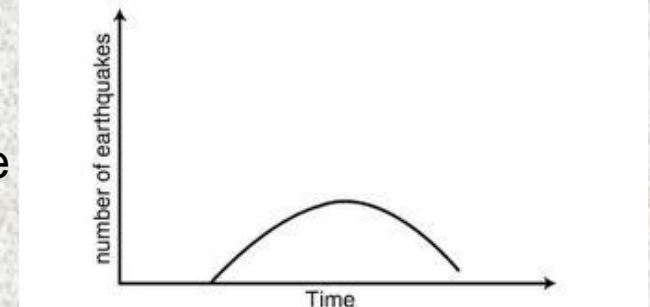


Caso real - Probabilidades



Swarm

Enjambre



¿Qué son los terremotos?

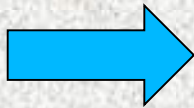
¿Por qué ocurren?

¿Cómo los registramos?

¿Podemos predecirlos?

¿Por qué es importante estudiar los terremotos?

Conocimiento

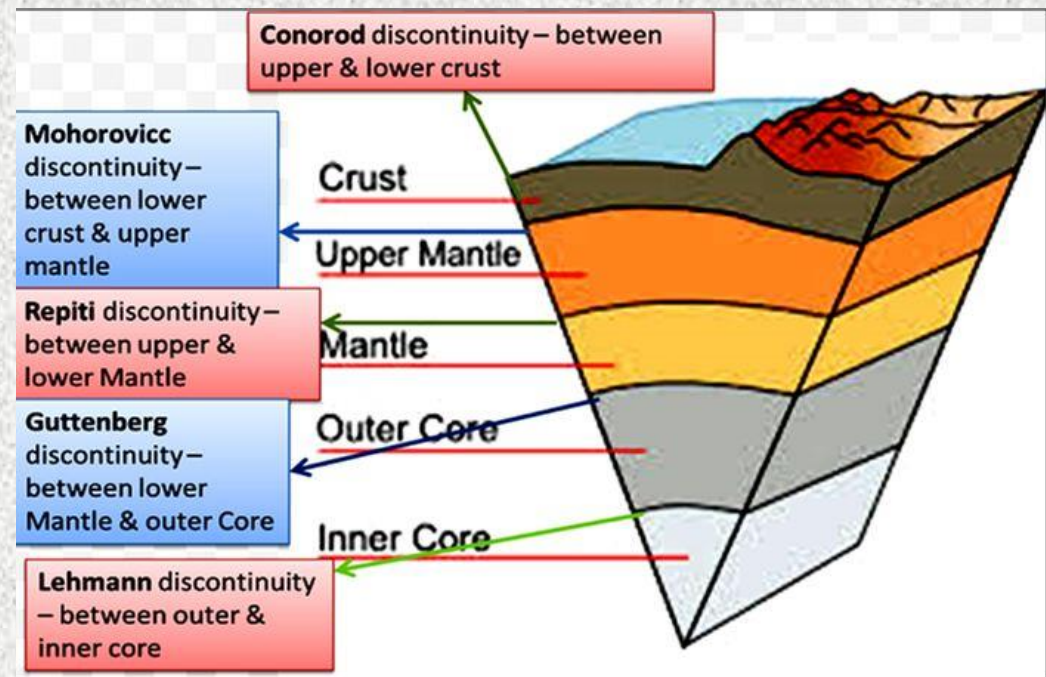


- Estructura interna del planeta a diferentes escalas
- Estado actual de zonas de interés
- Evolución de sistemas estudiados y sus derivaciones....

exploración de recursos naturales
caracterización de sistemas volcánicos
establecimiento de normas estatales
entre muchos otros.

Estructura Química de la Tierra

- Corteza
- Manto
- Núcleo



Summary of Earth Structure

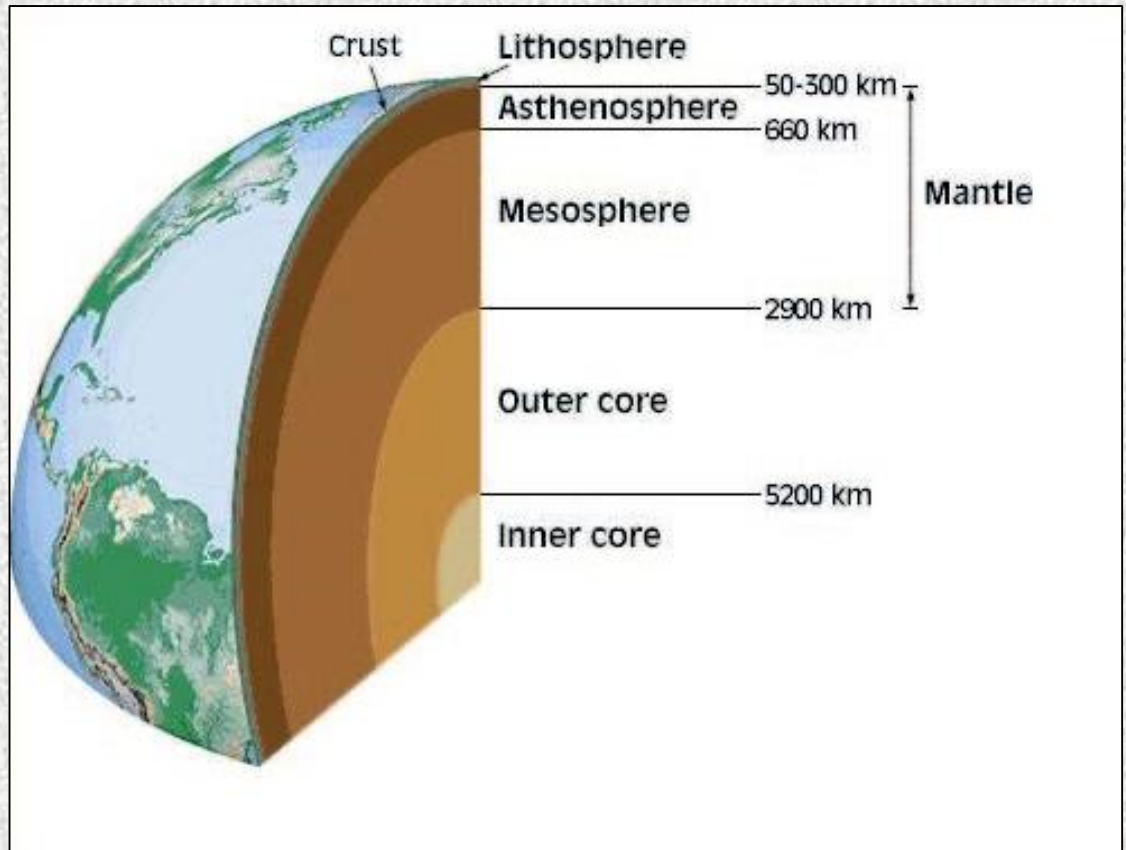
Region	Depth (km)	Fraction of Total Earth Mass
Continental crust	0–50	0.00374
Oceanic crust	0–10	0.00099
Upper mantle	10–400	0.103
Transition region	400–650	0.075
Lower mantle	650–2890	0.492
Outer core	2890–5150	0.308
Inner core	5150–6370	0.017

Discontinuidades:

- Conrad
- Mohorovicic
- Repetti
- Guttenberg
- ULVZ
- Lehmann
- Discontinuidades en el manto (~440 y 660 km)

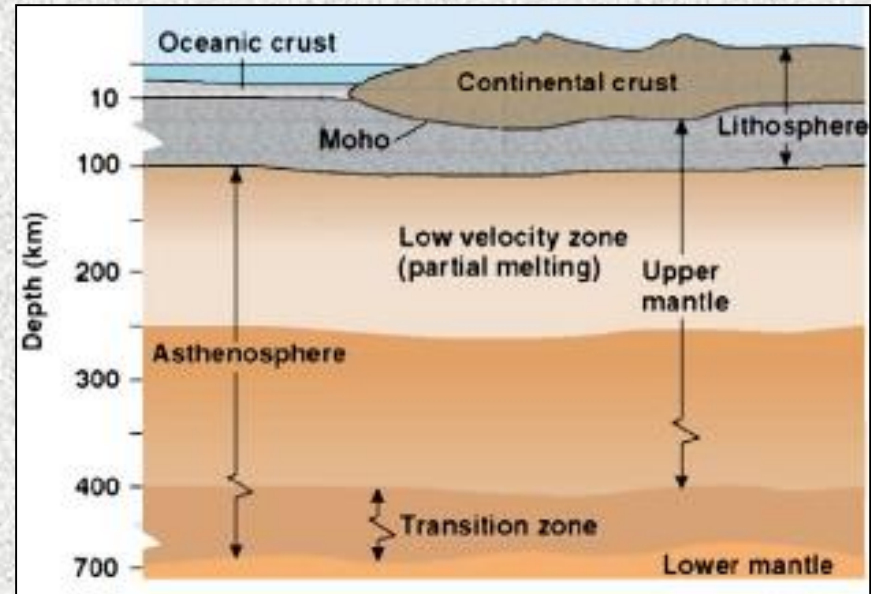
Estructura Mecánica de la Tierra

- Litósfera
- Astenósfera
- Mesósfera
- Núcleo



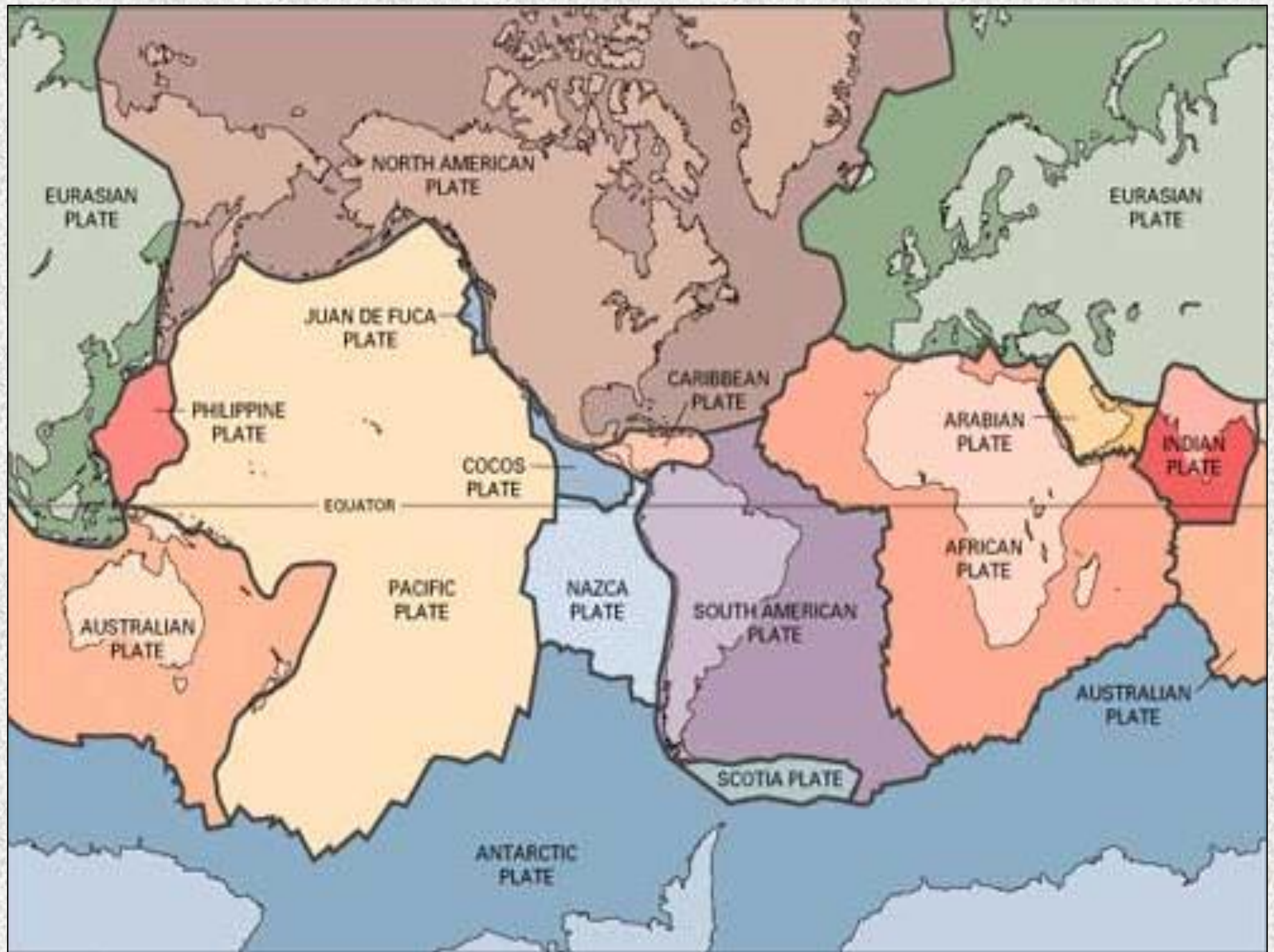
Litósfera

Incluye la corteza y parte superior del manto y es suficientemente fría para comportarse como una capa rígida



- Límite térmico (isoterma de 1300°C)
- Límite sísmico (LVZ: Low Velocity Zone)
- Límite isostático (nivel de compensación de las masas)

Se divide en placas rígidas que incluyen parte de la corteza continental y parte de la oceánica





Tectónica de Placas

Es una teoría científica (Wegener, 1915) que sostiene que la superficie de la tierra está formada por placas rígidas que se desplazan sobre un manto plástico y caliente en constante movimiento

Esta teoría proporciona la explicación más ampliamente aceptada de los movimientos de la corteza terrestre. Este movimiento es lento pero constante

LEYES DE LA TECTÓNICA DE PLACAS

I) La superficie de la Tierra está dividida en placas rígidas (segmentos esféricos de unos 100 Km de espesor que forman la litosfera: placas litosféricas.

II) Las placas se crean en las dorsales oceánicas: uniones constructivas; zonas de acreción.

III) Las placas se mueven sin deformación sobre un medio viscoso: la astenósfera.

IV) Las placas se destruyen en las zonas de subducción donde se hunden en el manto (sólo las oceánicas).

V) Los continentes más livianos y las placas que los contienen no son sumergibles.

“The behaviour of the Earth”

Claude Allégre (1988)

LEYES DE LA TECTÓNICA DE PLACAS

VI) Los límites de placas se definen sismológicamente por dorsales (ridges): zonas de acreción, trincheras oceánicas (trenches): zonas de subducción y fallas transformes (los que no siempre coinciden con los límites de los continentes).

VII) La energía interna de la Tierra es disipada en los márgenes de placas:
mecánicamente = terremotos;
térmicamente = volcanes.

VIII) Los movimientos de las placas rígidas son gobernados por leyes matemáticas que rigen los movimientos en una esfera: el movimiento entre dos placas puede ser definido por un polo de rotación (polo de Euler) y por la velocidad angular relativa.

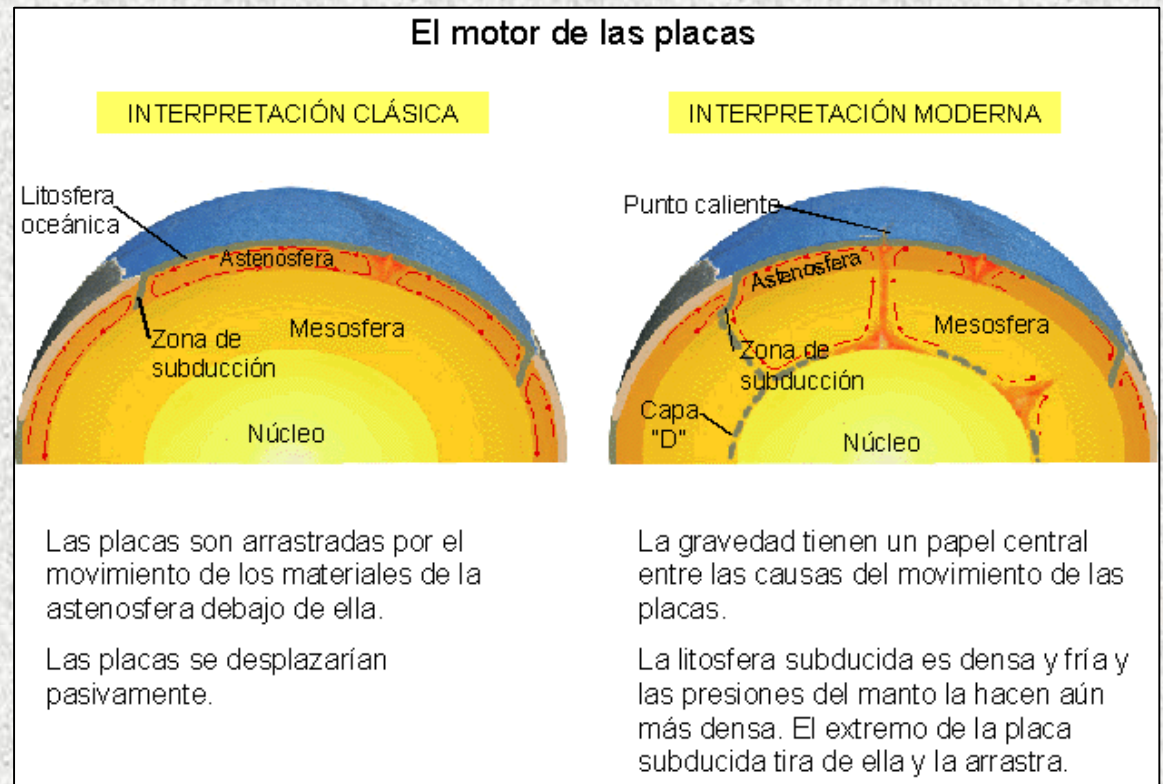
“The behaviour of the Earth”

Claude Allégre (1988)

¿Por qué se mueven las placas?

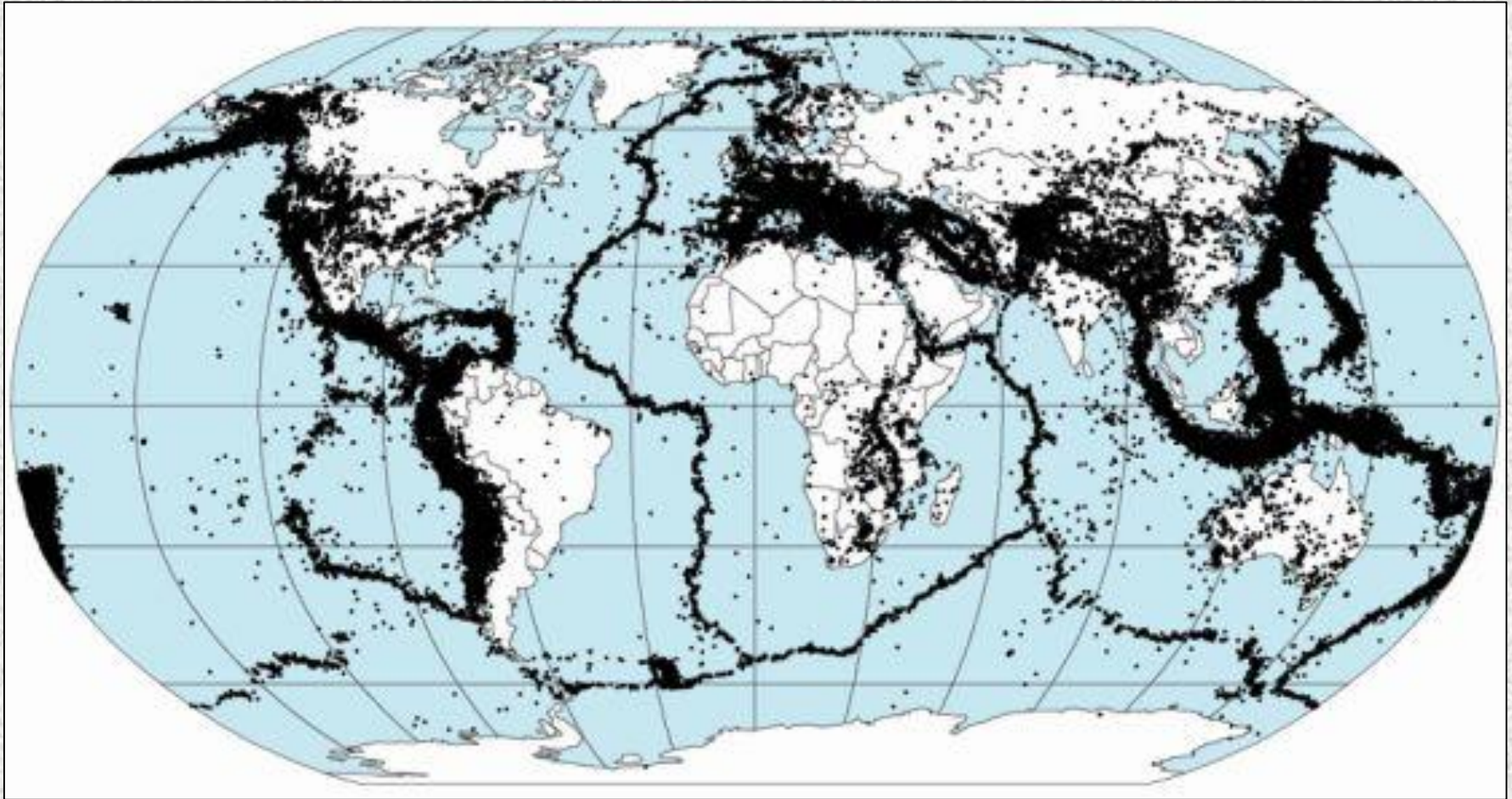
Existen distintos sistemas de fuerza

- Sistemas que actúan en los márgenes de placa:
 - empuje desde la dorsal
 - arrastre desde la subducción
- Sistemas que corresponden a las corrientes de convección térmica en el manto



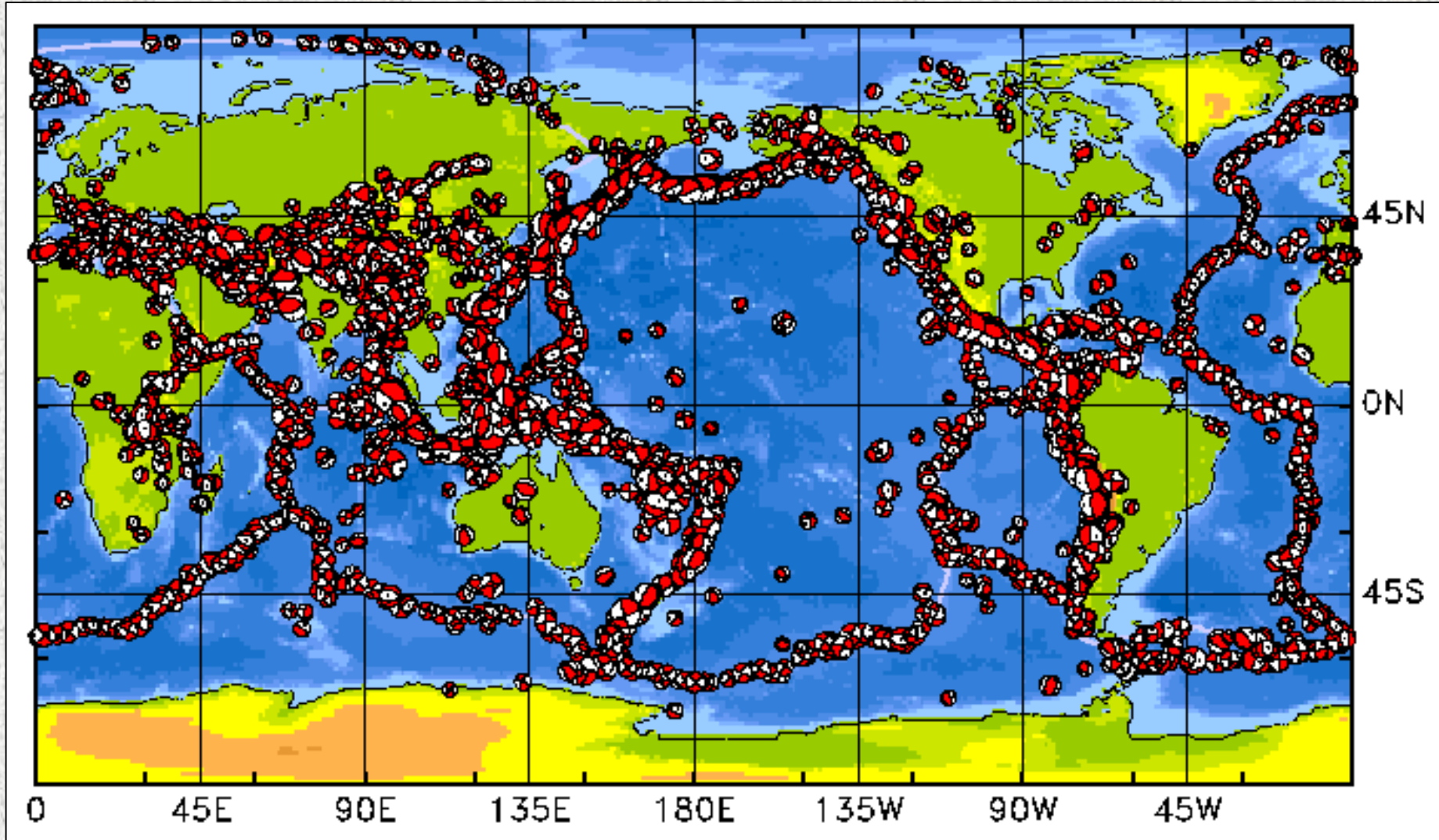
Si analizamos la distribución espacial de los terremotos

→ Determinar los límites de placas



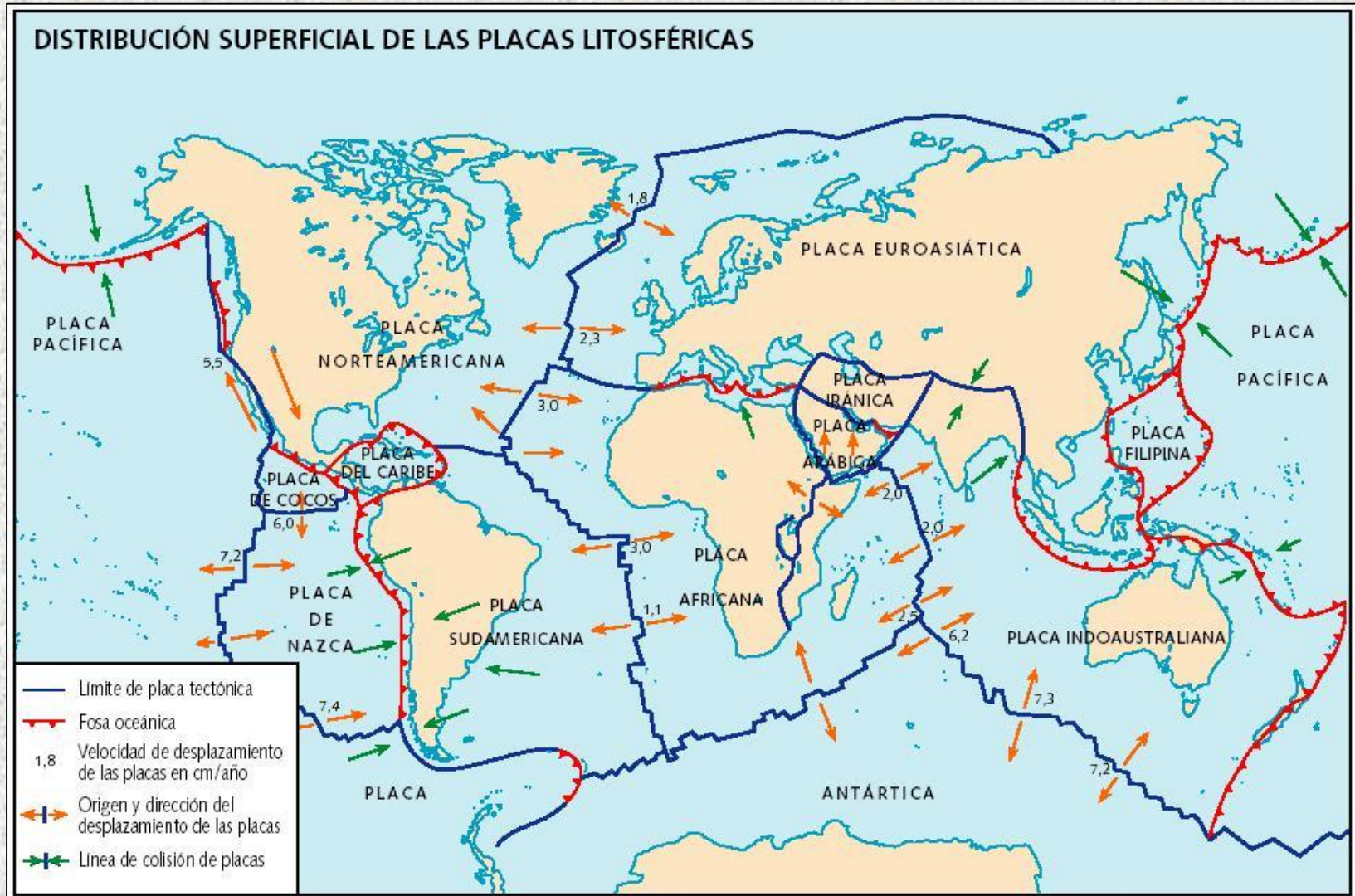
Si analizamos los mecanismos de los terremotos

→ Determinar la dirección de los movimientos relativos entre placas

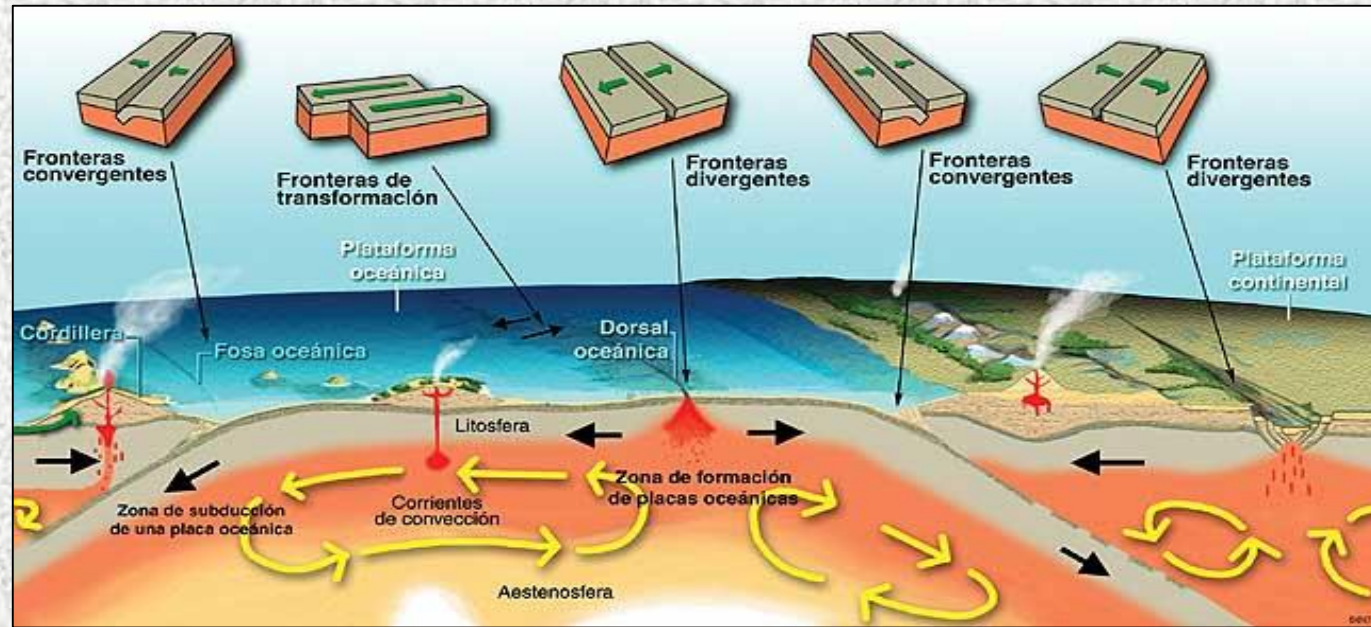


Si analizamos los mecanismos de los terremotos

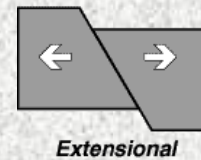
→ Determinar la dirección de los movimientos relativos entre placas



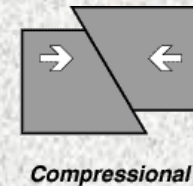
Bordes o márgenes de placas



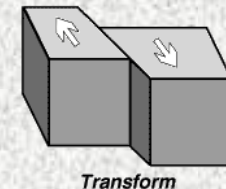
- Bordes de **divergencia** o **extensión**

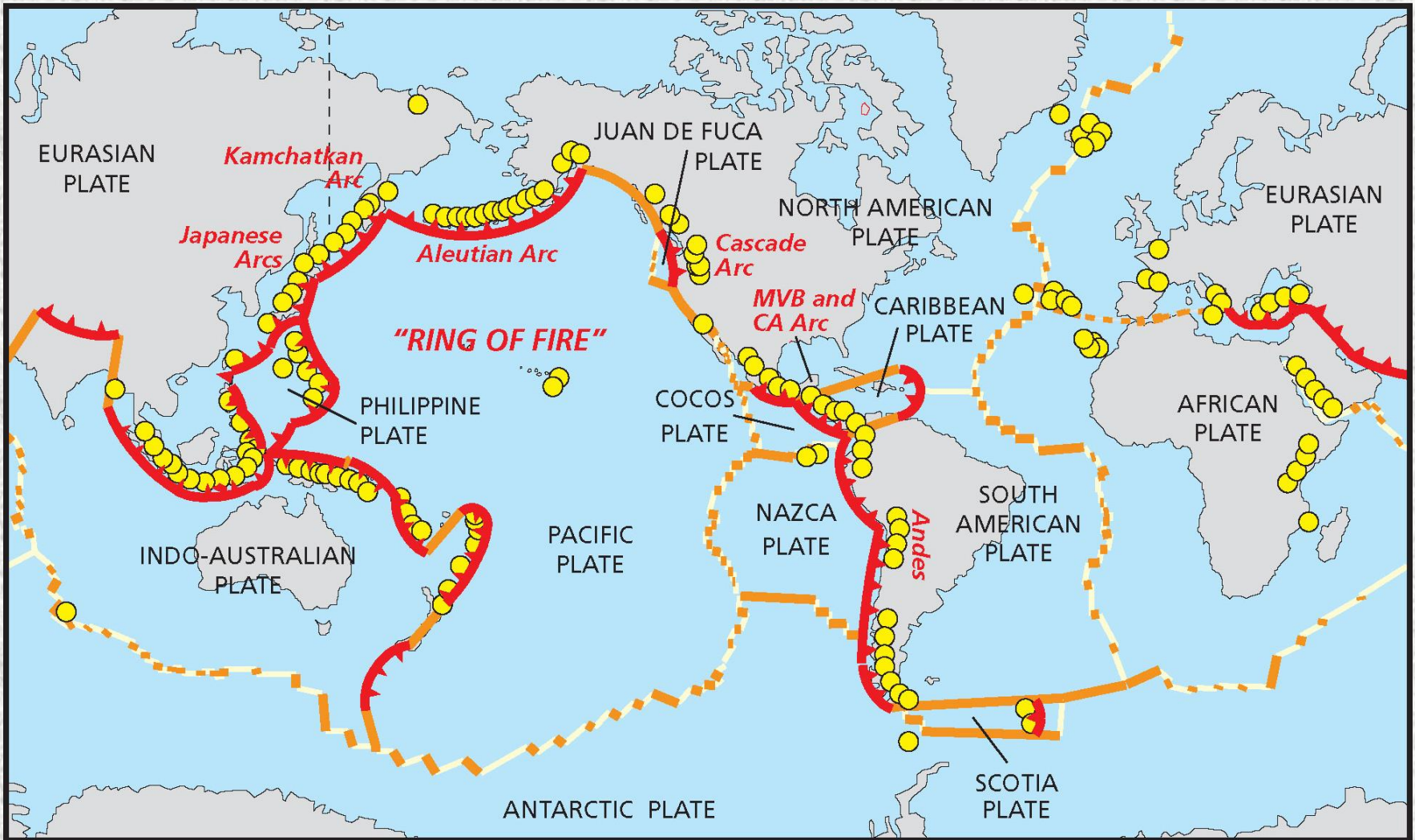


- Bordes de **convergencia** o **subducción**



- Bordes **conservativos** (fallas transformantes)





● earthquake activity
Arcs in the "Ring of Fire"

Convergent "Teeth" on overriding plate

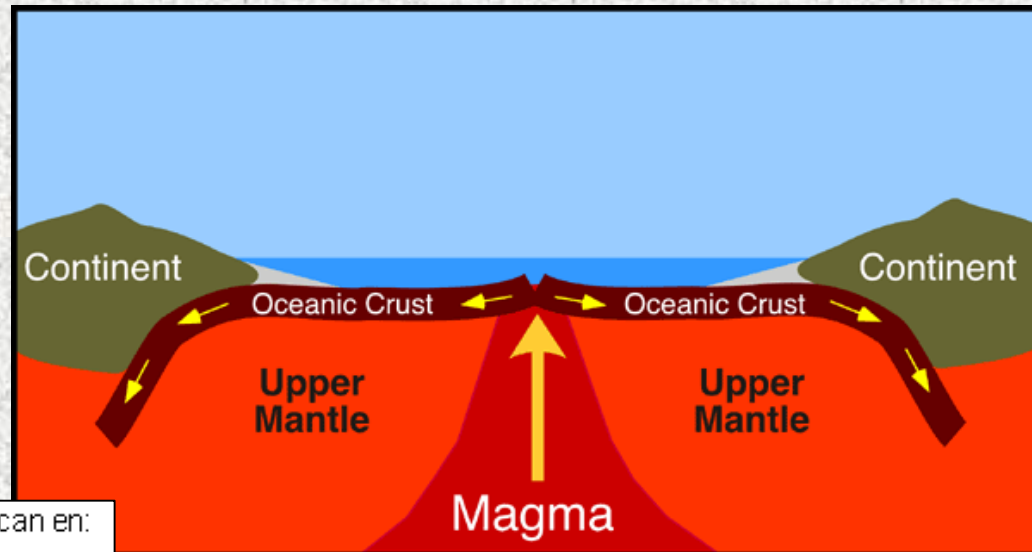
Divergent

Transform

Bordes divergentes

Las placas se alejan unas de otras, permitiendo el surgimiento de material desde el manto, creando así nuevo suelo oceánico. Estos bordes están asociados con áreas montañosas en el suelo oceánico llamadas dorsales oceánicas.

Sismicidad asociada: los terremotos son **superficiales** y se alinean a lo largo del eje de las dorsales, mostrando un mecanismo extensional con **magnitudes moderadas**.



Los terremotos según la profundidad del foco sísmico se clasifican en:

Someros, profundidad menor de 70 km.

Intermedios, foco entre 70 y 300 km.

Profundos, foco entre 300 y 700 km.

Bordes convergentes

Las placas se acercan unas a otras. Cuando dos placas convergen generalmente una subducta bajo la otra, destruyéndose corteza oceánica.

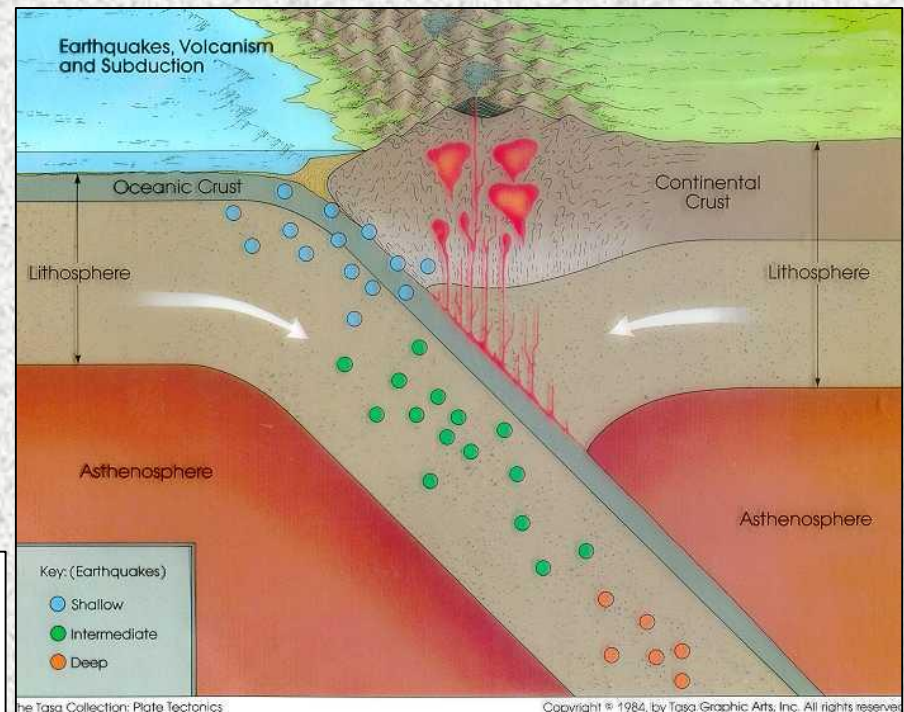
Sismicidad asociada: los terremotos tienen focos **superficiales**, **intermedios** y **profundos**. En estos bordes ocurren los terremotos de **mayor magnitud**, con algunos sismos que han alcanzado magnitudes superiores a 9

Los terremotos según la profundidad del foco sísmico se clasifican en:

Someros, profundidad menor de 70 km.

Intermedios, foco entre 70 y 300 km.

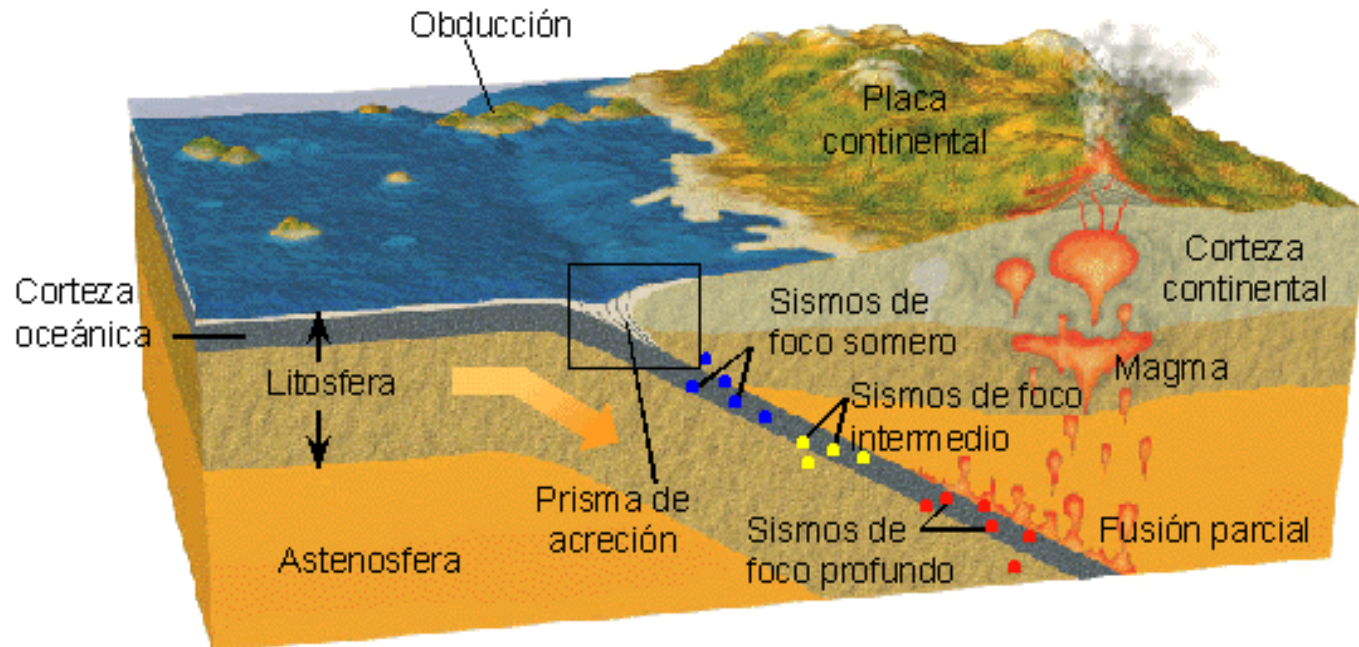
Profundos, foco entre 300 y 700 km.



Existen dos tipos de litosferas, oceánica y continental, dando posibilidad a tres tipos de bordes convergentes:

Convergencia continental - oceánica

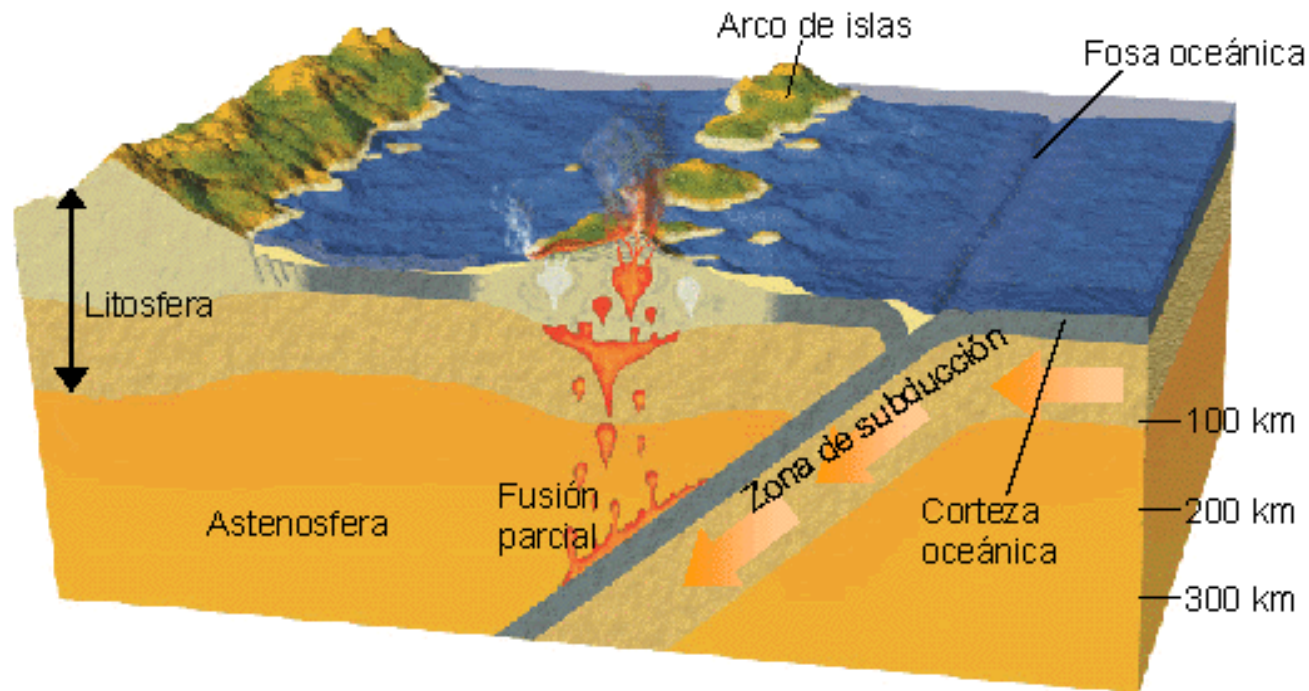
La litosfera continental es más ligera y gruesa que la oceánica. Por esta razón, al converger ambas la oceánica se introduce bajo la continental.



Existen dos tipos de litosferas, oceánica y continental, dando posibilidad a tres tipos de bordes convergentes:

Convergencia oceánica - oceánica

La litosfera oceánica aumenta su potencia y densidad a medida que envejece. Cuando su edad se sitúa en torno a los 150 m.a. su densidad es mayor que la de la astenosfera y sufre una subducción espontánea.

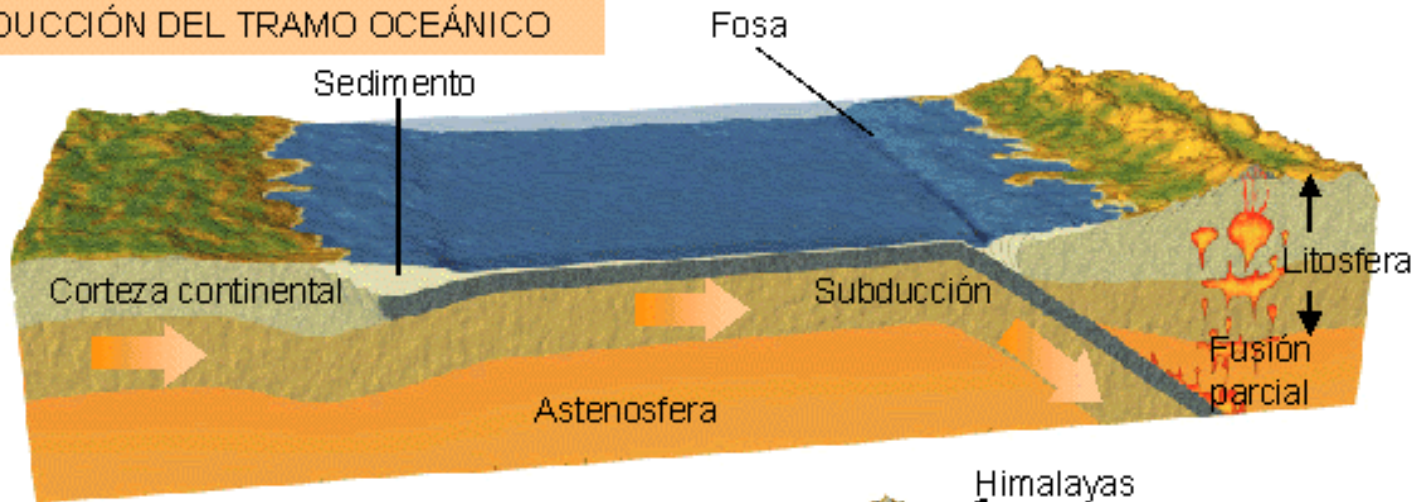


Existen dos tipos de litosferas, oceánica y continental, dando posibilidad a tres tipos de bordes convergentes:

Convergencia continental - continental

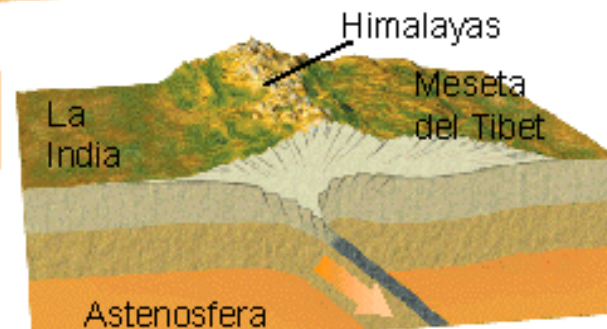
Tras la subducción del tramo oceánico, se puede producir el encuentro de dos continentes. Se produciría entonces una colisión y el cabalgamiento de un continente sobre otro.

SUBDUCCIÓN DEL TRAMO OCEÁNICO



COLISIÓN CONTINENTAL

Este tipo de convergencia ha originado cordilleras como el Himalaya o los Alpes

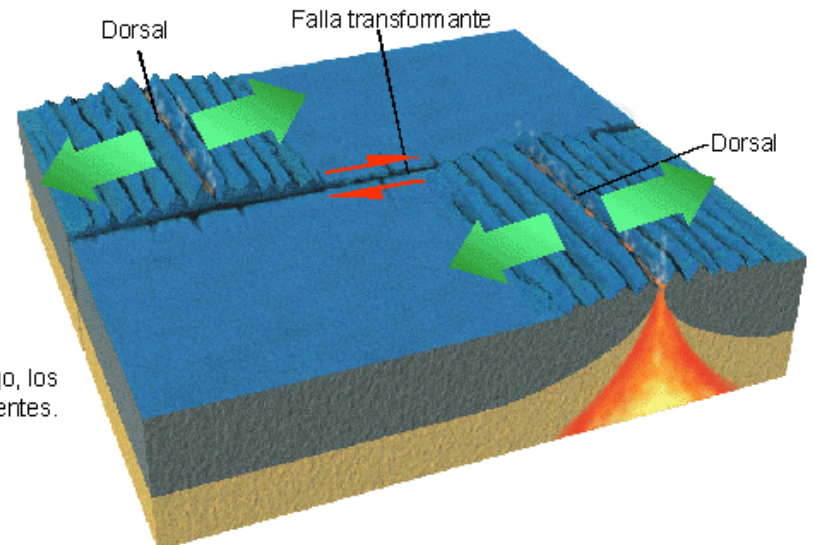


Bordes conservativos o transformantes

Las placas deslizan una respecto a la otra, sin creación ni destrucción de la corteza, por eso los bordes son considerados conservativos

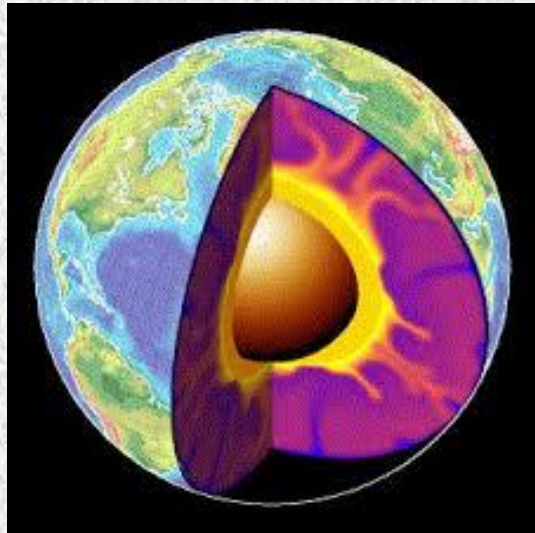
Sismicidad asociada: los terremotos son **superficiales** llegando a profundidades de 25 km, mostrando un mecanismo de movimiento de deslizamiento de rumbo, con **magnitudes menores a 8.5**

Las **Fallas transformantes** se producen por el deslizamiento lateral de una placa con respecto a la otra. No se crea ni se destruye litosfera; se les denomina **bordes conservativos**.



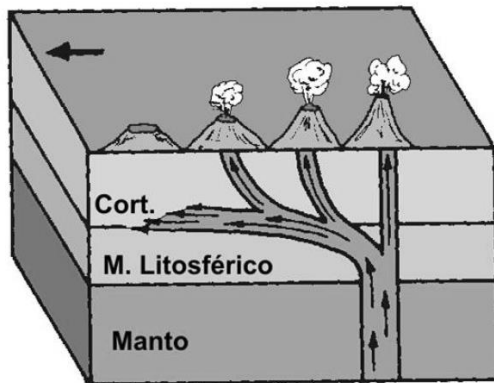
No hay vulcanismo asociado, sin embargo, los terremotos son frecuentes.

Puntos calientes o **Hot Spots**

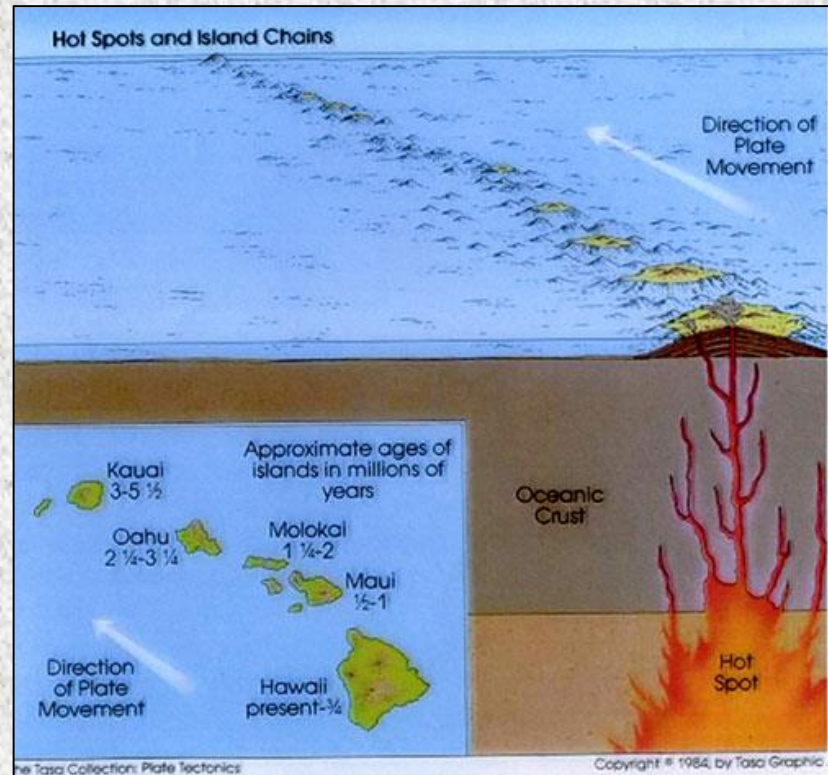


Permiten conocer el desplazamiento absoluto en un marco de referencia independiente del movimiento de las placas litosféricas

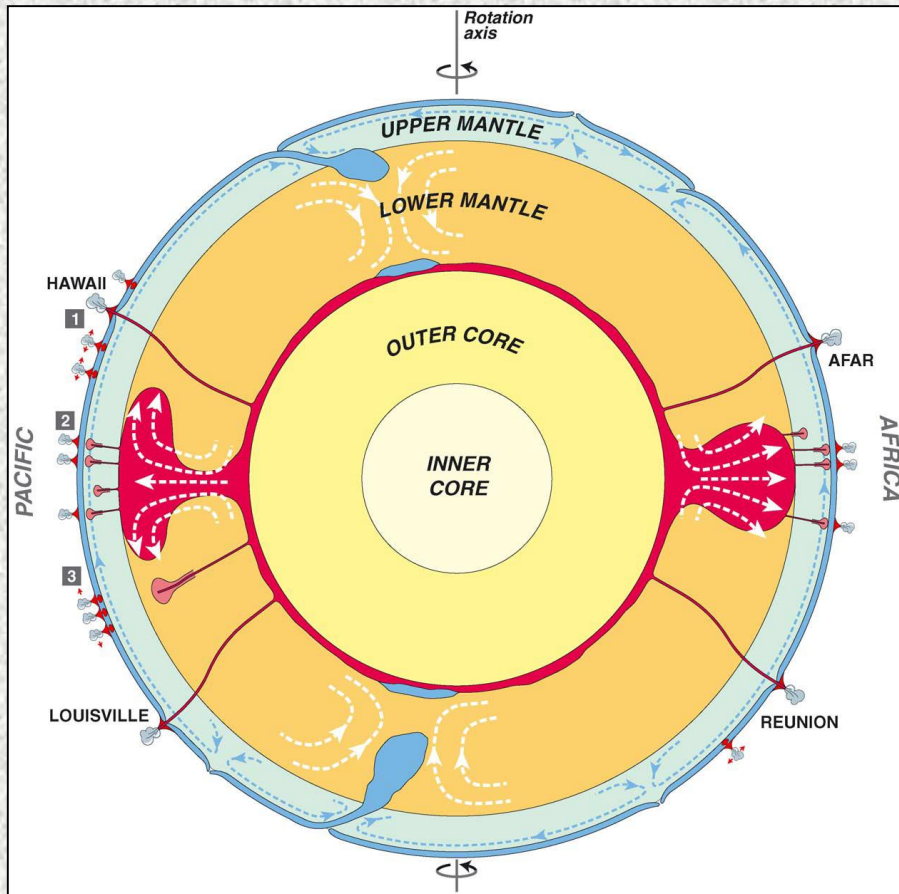
DORSALES ASÍMICAS



PRODUCIDAS POR PUNTOS CALIENTES

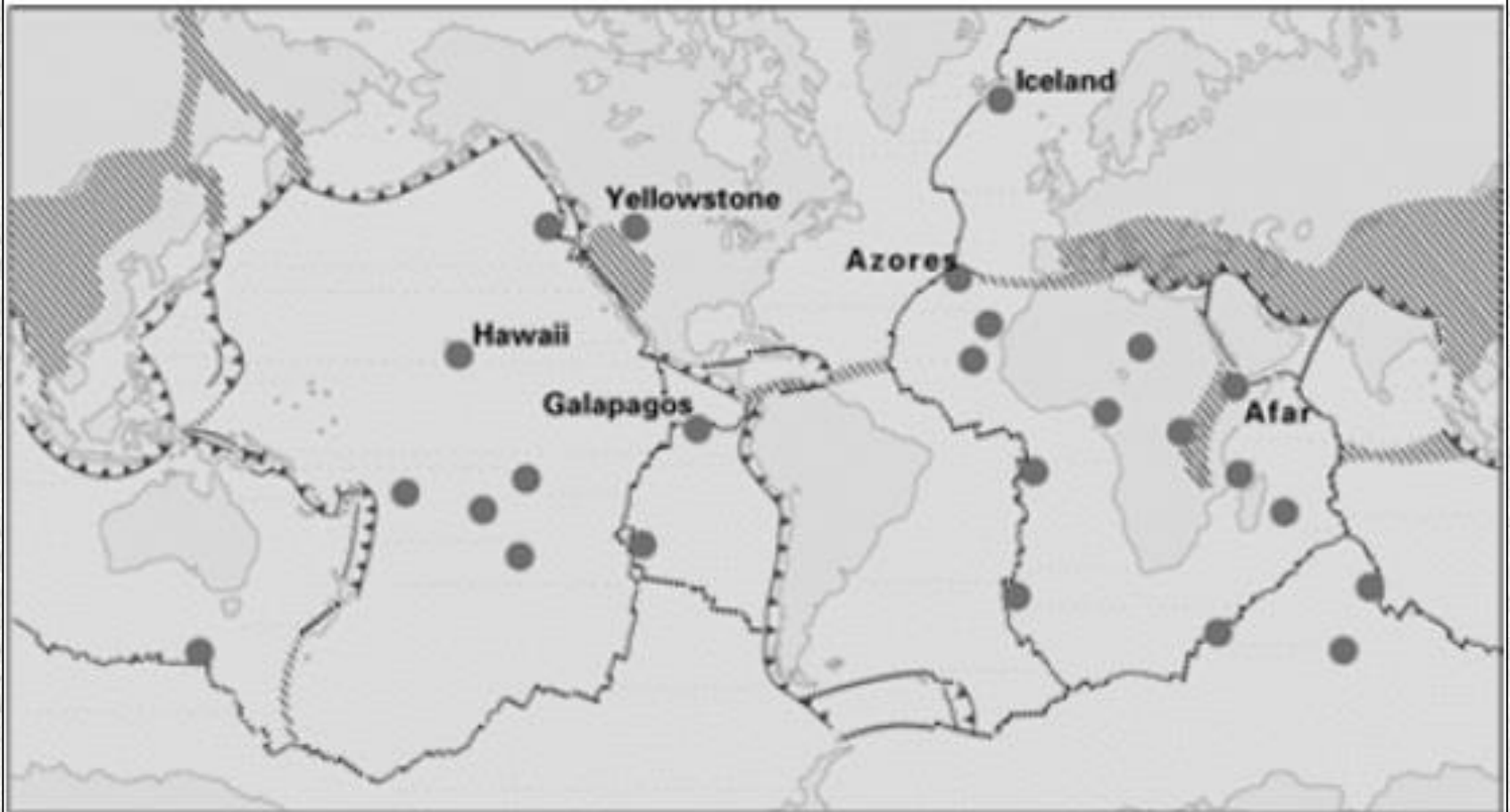


Esquema que muestra el origen de 3 tipos de plumas/puntos calientes



- Plumas "primarias" o principales, más profundas, posiblemente provenientes de la capa límite del manto inferior (D)
- Plumas "secundarias" que posiblemente provienen de la parte superior de los domos cerca de la profundidad de la zona de transición
- Puntos calientes 'terciarios' pueden tener un origen superficial, vinculado a tensiones de tracción en la litosfera y a la fusión por descompresión

PUNTOS CALIENTES (*HOT SPOTS*)



Movimientos absolutos

Morgan (1969)

¿Qué es un sistema magmático?

Magma:

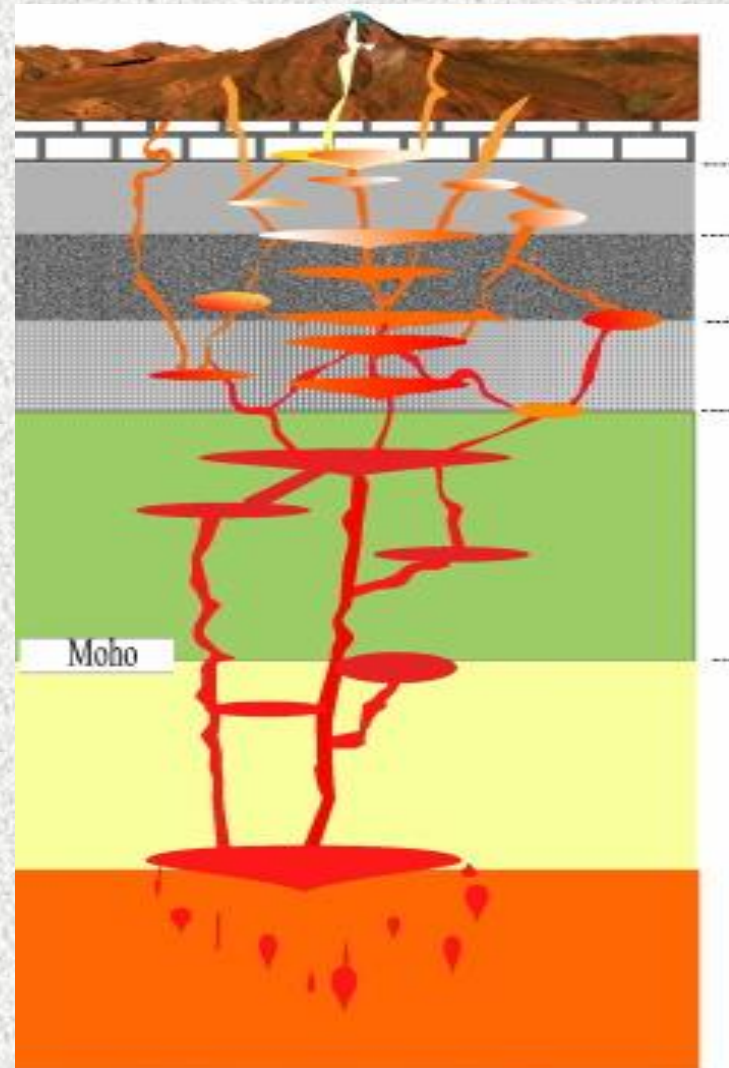
fluido silicatado (40-100% SiO_2),
viscosidad variable, de alta temperatura
(700-1300°C).

Sistema conformado por:

- Magma
- Reservorio profundo
- Conductos de ascenso
- Los reservorios superficiales
- Procesos físico-químicos
- Productos

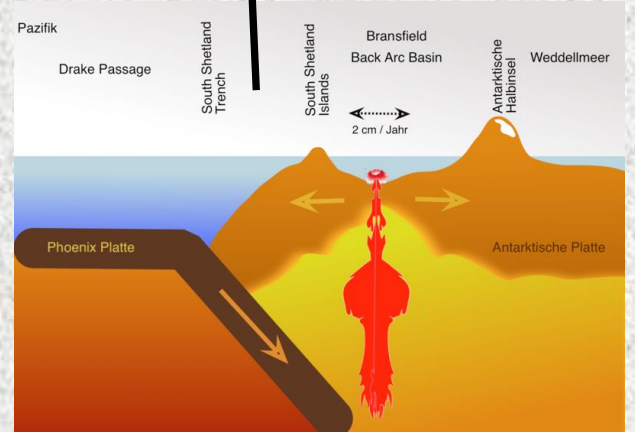
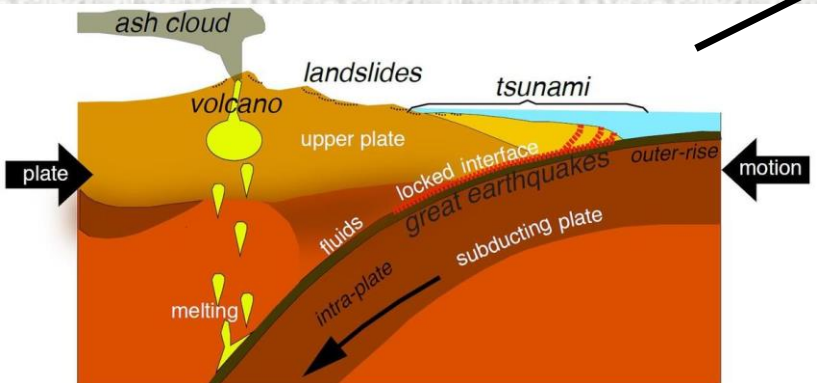
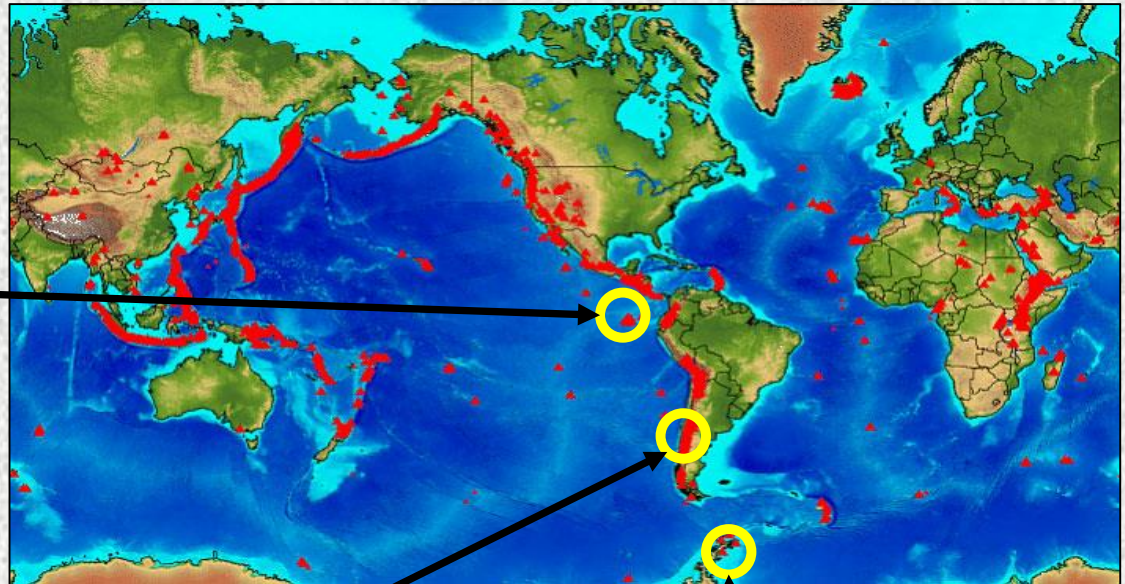
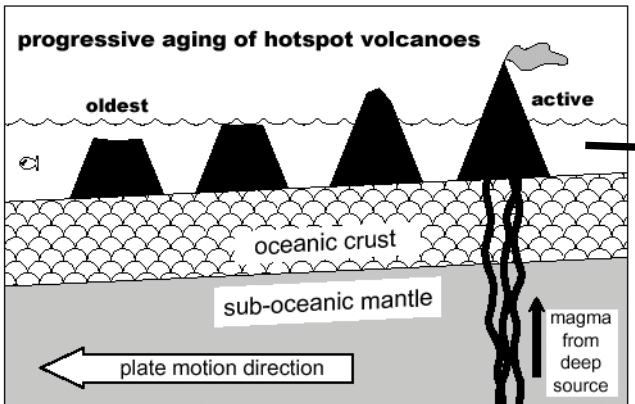
CORTEZA

MANTO

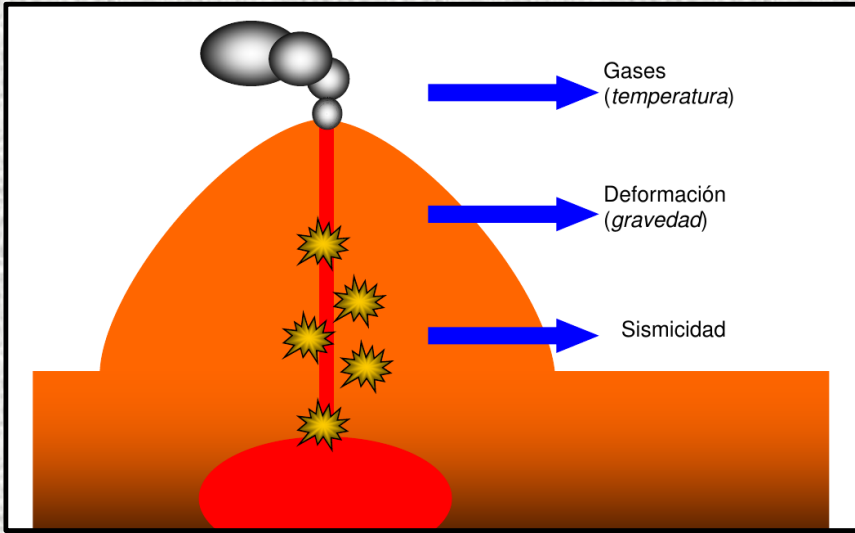


Al igual que ocurre con los terremotos, la mayoría se localizan a lo largo de los bordes de las placas.

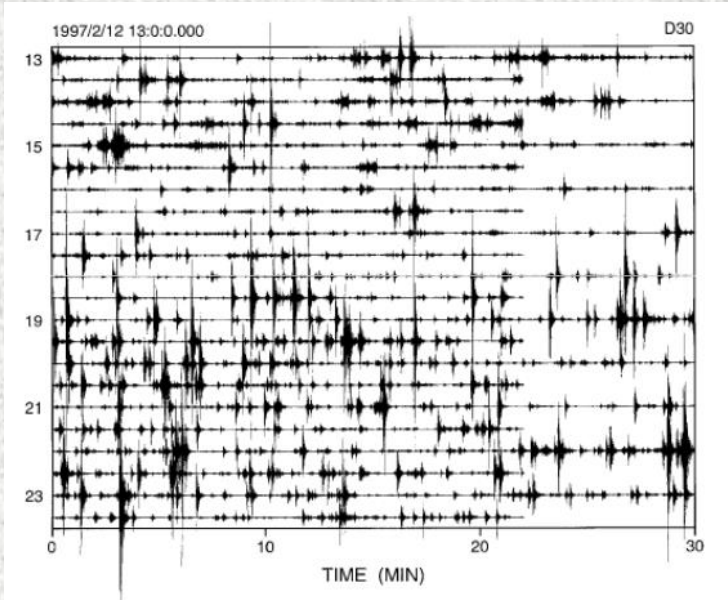
Distintos procesos de generación en zonas de convergencia y divergencia.



SISMICIDAD VOLCÁNICA



Enjambres



Muchos tipos de eventos

