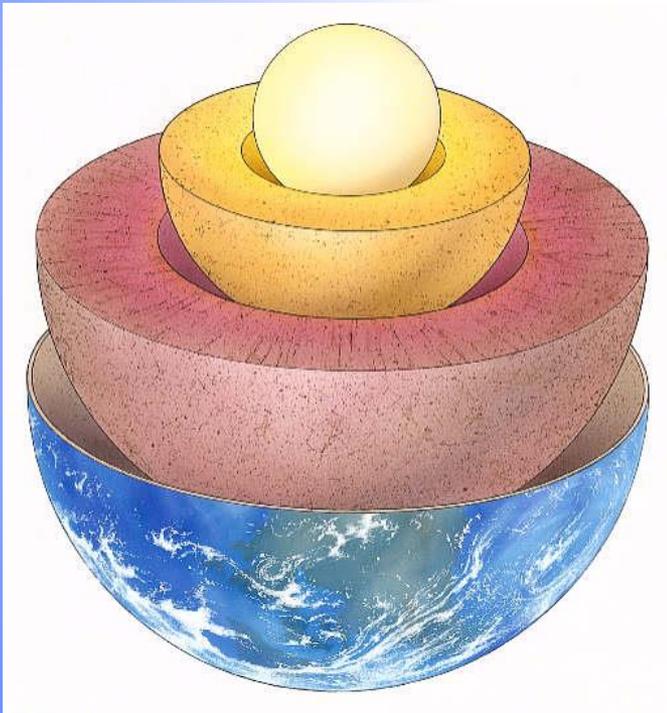


Geodinámica y tectónica de placas



Dra. Marie-Noëlle Guilbaud

Departamento de Vulcanología

Instituto de Geofísica, UNAM

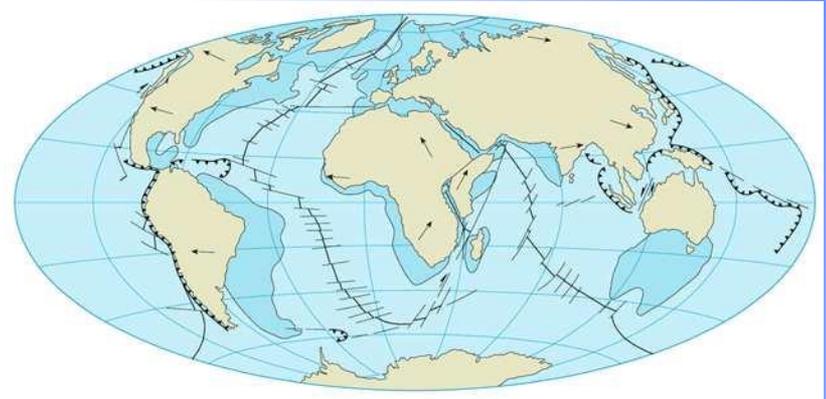


Explosión @ Popocatepetl, diciembre del 2014

Estructura de la plática

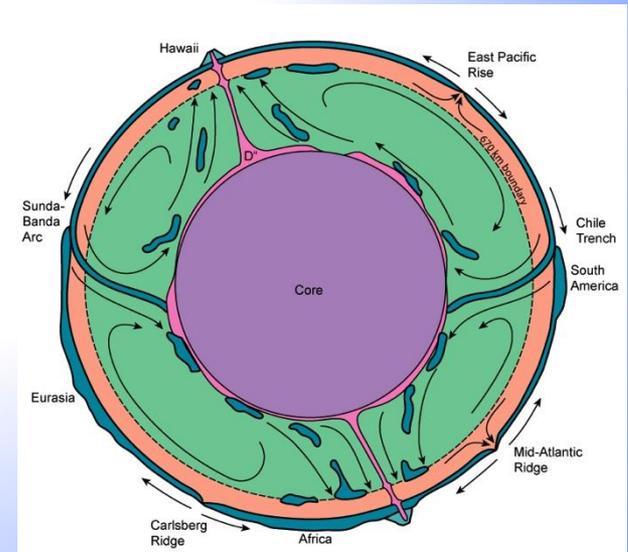
La teoría de la tectónica de placas

Un descubrimiento que cambió radicalmente nuestra visión de la tierra



Visión actual de la dinámica interna de la Tierra

Un planeta joven en constante renovación: los volcanes y sismos como principales manifestaciones de esta dinámica



Antes de la tectónica de placas:

Teoría de la permanencia:

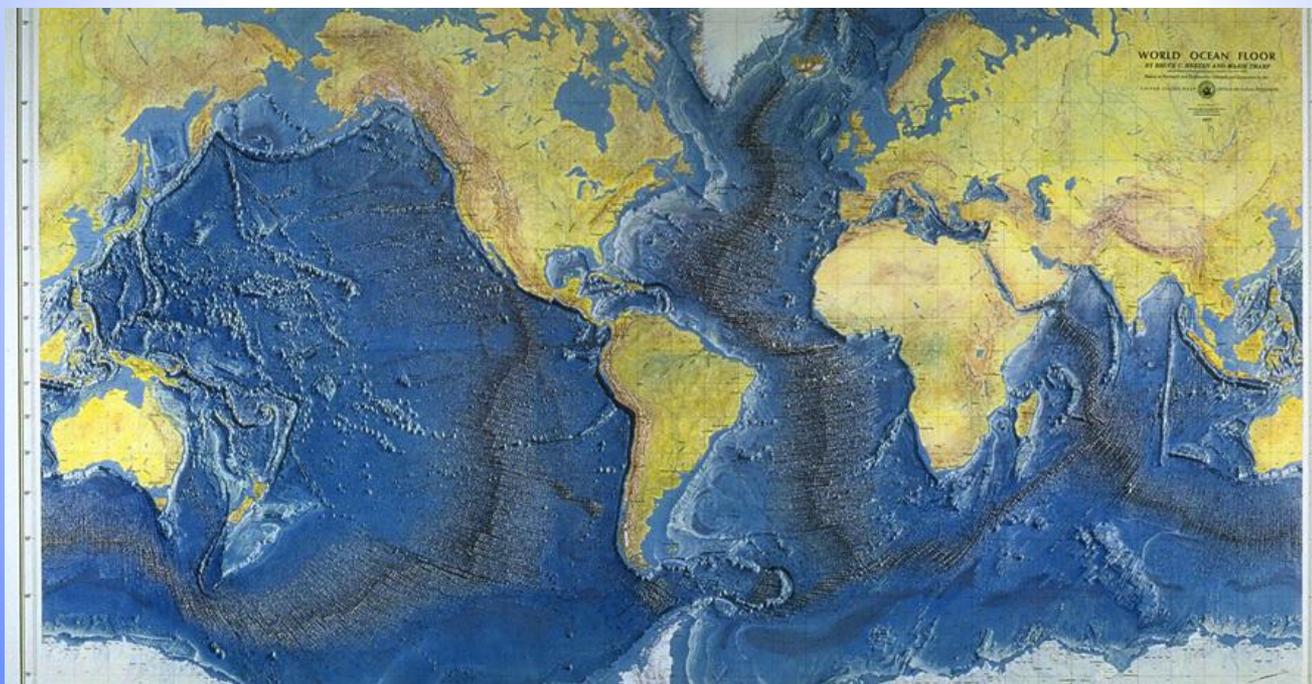
los continentes y océanos están como siempre estuvieron; la “solidez” de la tierra previene cualquier movimiento.

Teoría de la deriva continental:

Los continentes han sido unidos aprox. 200 Ma y se han separado, moviéndose como barcos sobre el océano (Wegener, 1915)

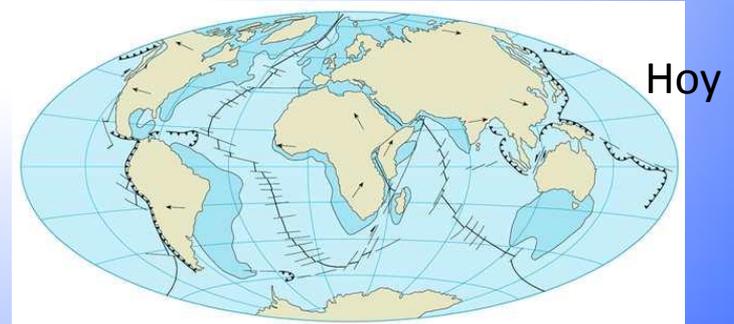
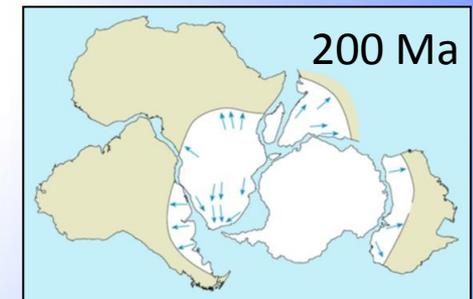
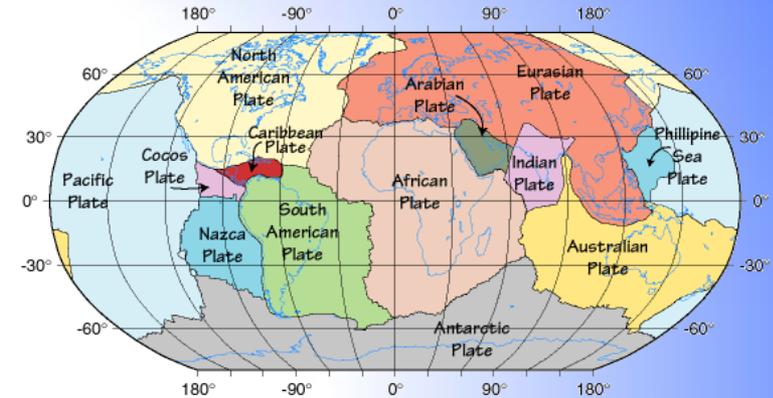
Desarrollo de la teoría

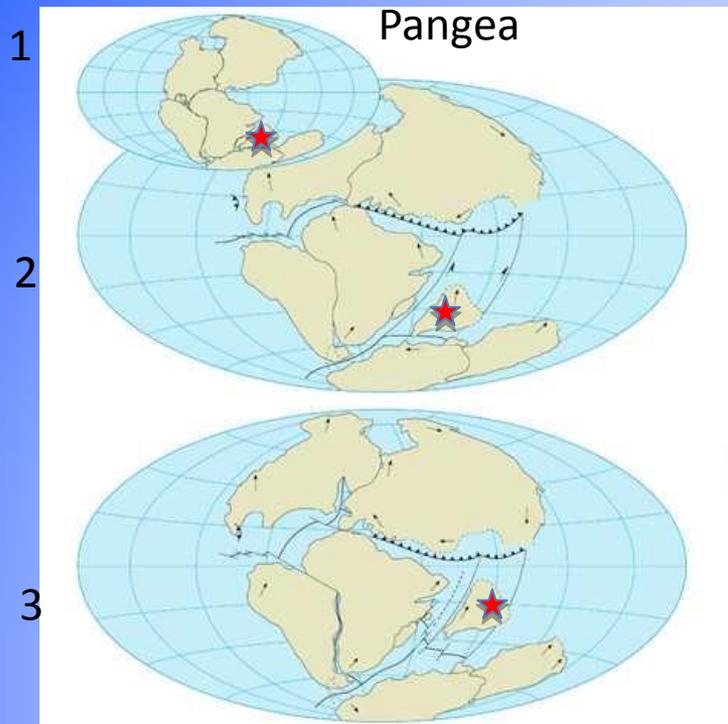
- Nuevas técnicas geofísicas desarrolladas durante y después de la segunda guerra mundial permiten cartografiar los fondos marinos (1956)
- Descubrimiento de las cordilleras oceánicas (*Mid-Ocean Ridges*)
- Propuesta de la expansión del fondo oceánico (1960)
- Elaboración de un modelo único que explica diversas evidencias sísmicas, volcánicas, geodesicas, magnéticas, botánicas etc.



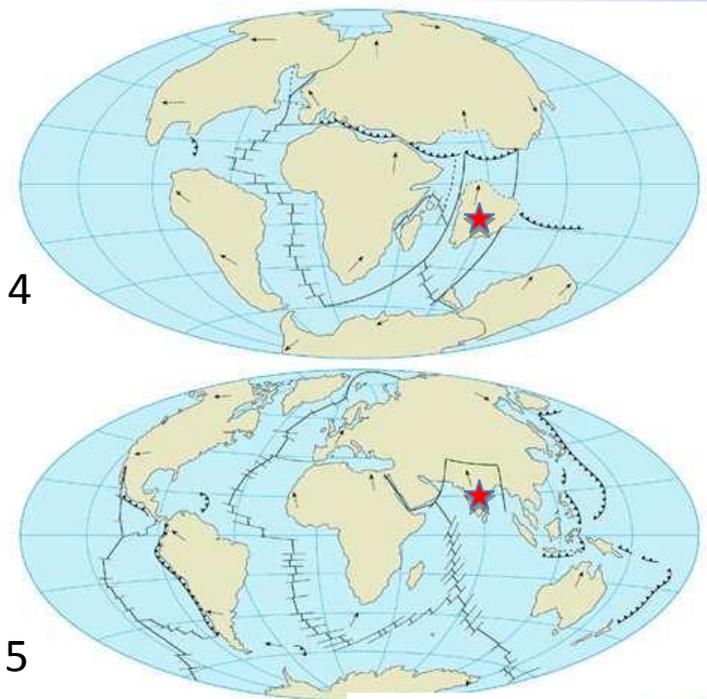
Tectónica de Placas: definición

- Describe la subdivisión de la parte superior de la tierra (**litosfera**) en dominios rígidos (**placas**) cuyos márgenes concentran la actividad **sísmica y volcánica** más importante.
- Define los límites y el movimiento relativo (extensional, compresivo y/o transcurrente) de estas placas en la actualidad así como en el pasado suponiendo que la superficie de la tierra haya quedado constante.
- Una hipótesis fundamental de este modelo es la **rigidez** de las placas, la cual ha sido probada por la geodesia.
- **Esta aceptado universalmente.**



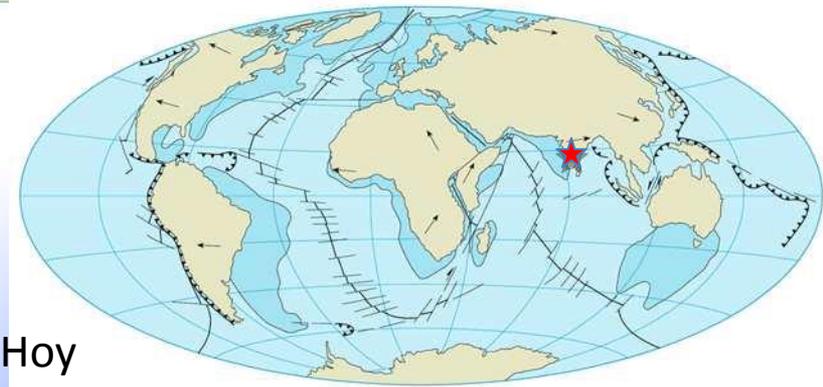


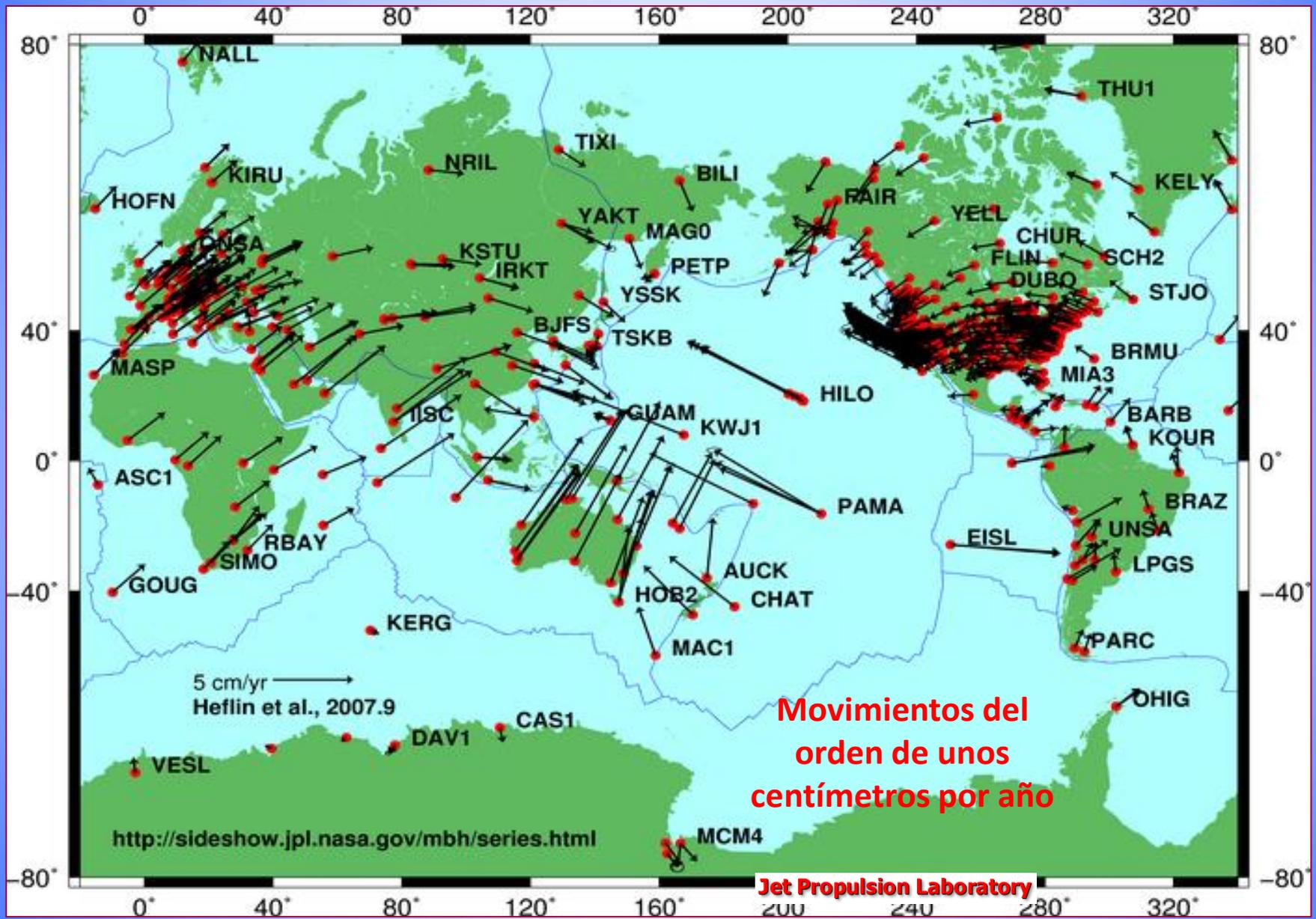
Elementos tectónicos que “desplazan” los continentes



En lugar de una visión de los continentes como “barcos” flotando encima de un material oceánico más viejo (sial vs sima) se ha llegado a la concepción de placas que cargan corteza oceánica y continental y mueven lentamente (cm/años).

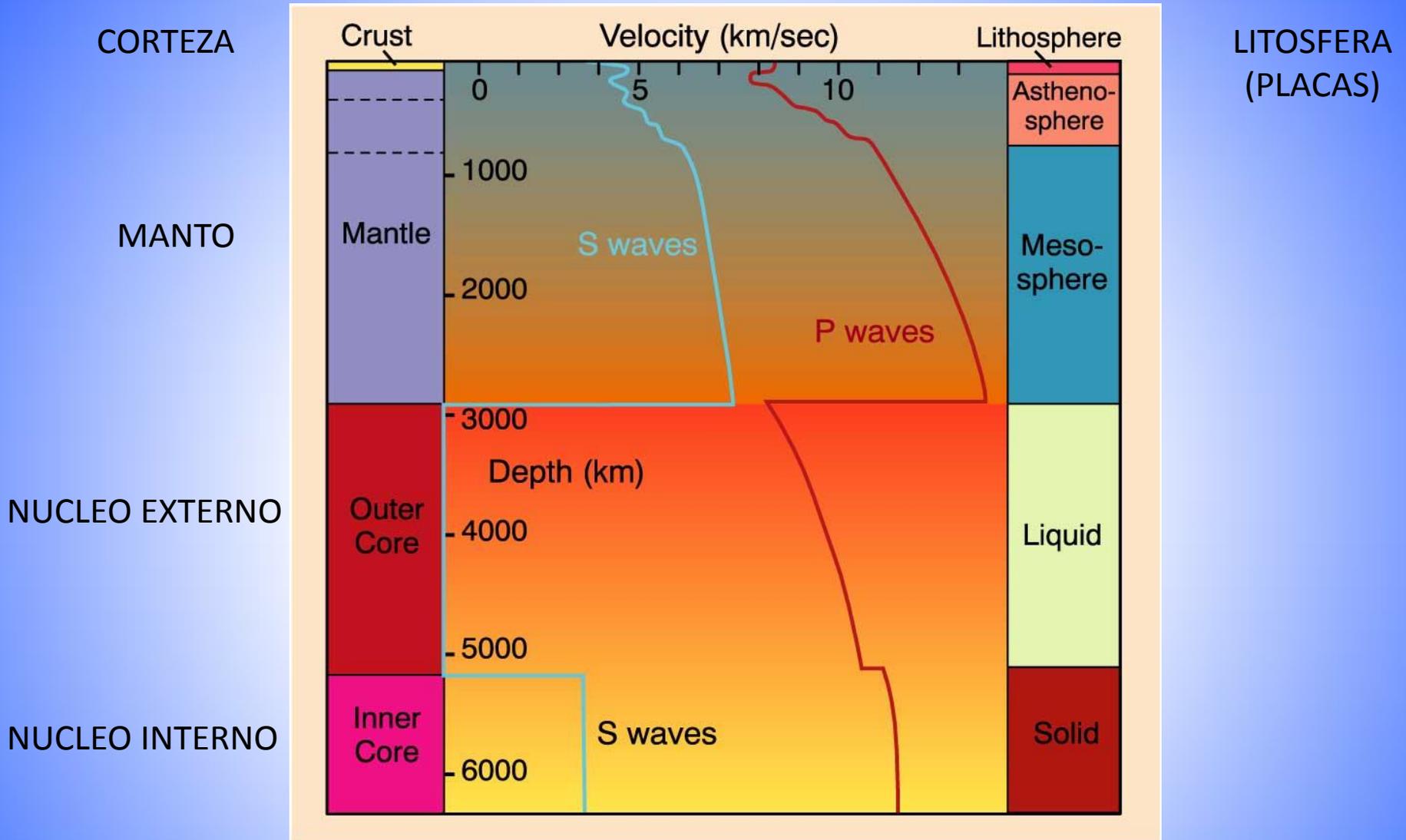
6: Hoy





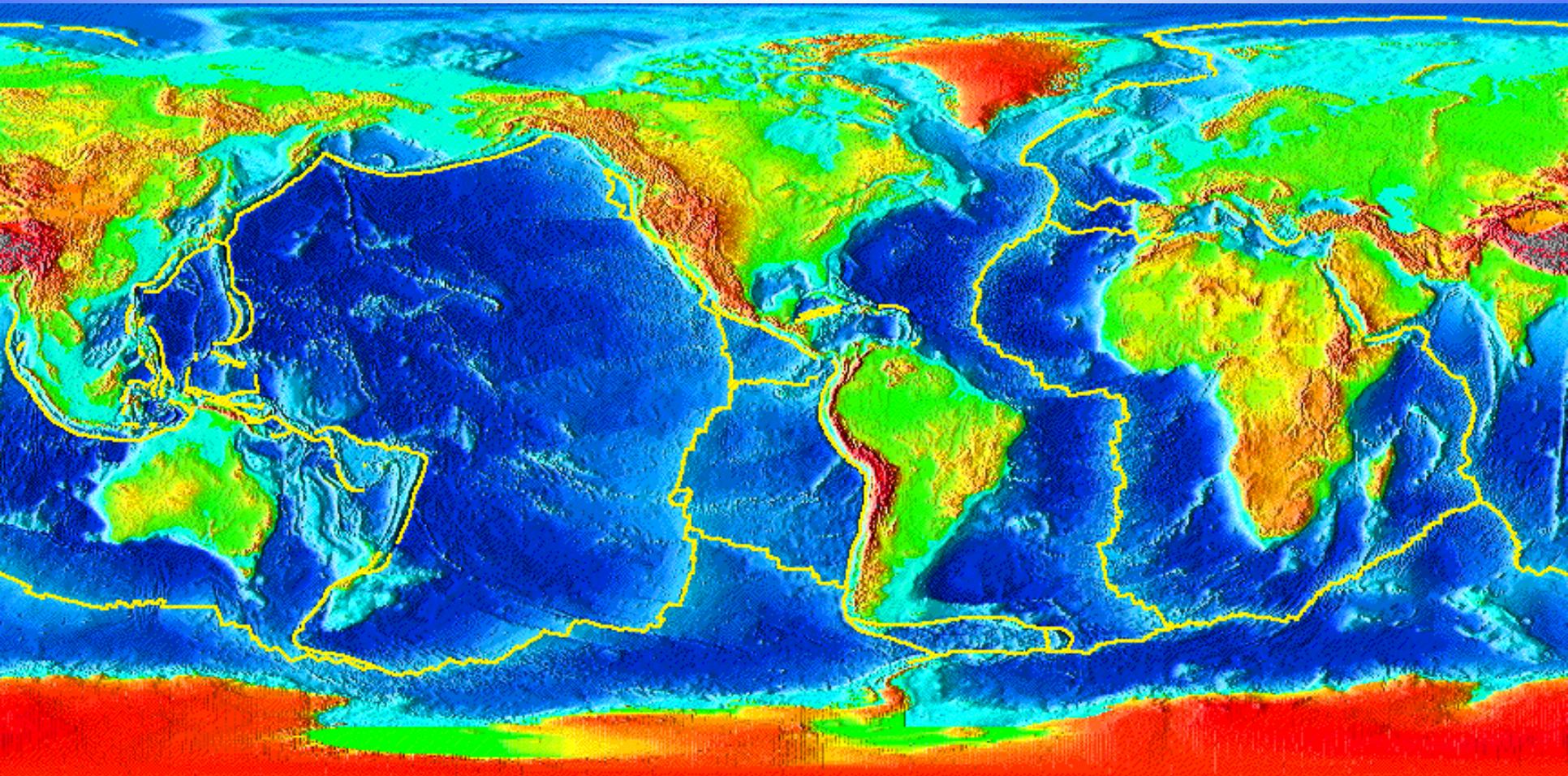
**Movimientos del
orden de unos
centímetros por año**

Enero 1, 2007



El estudio de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas revela la estratificación interna de la Tierra.

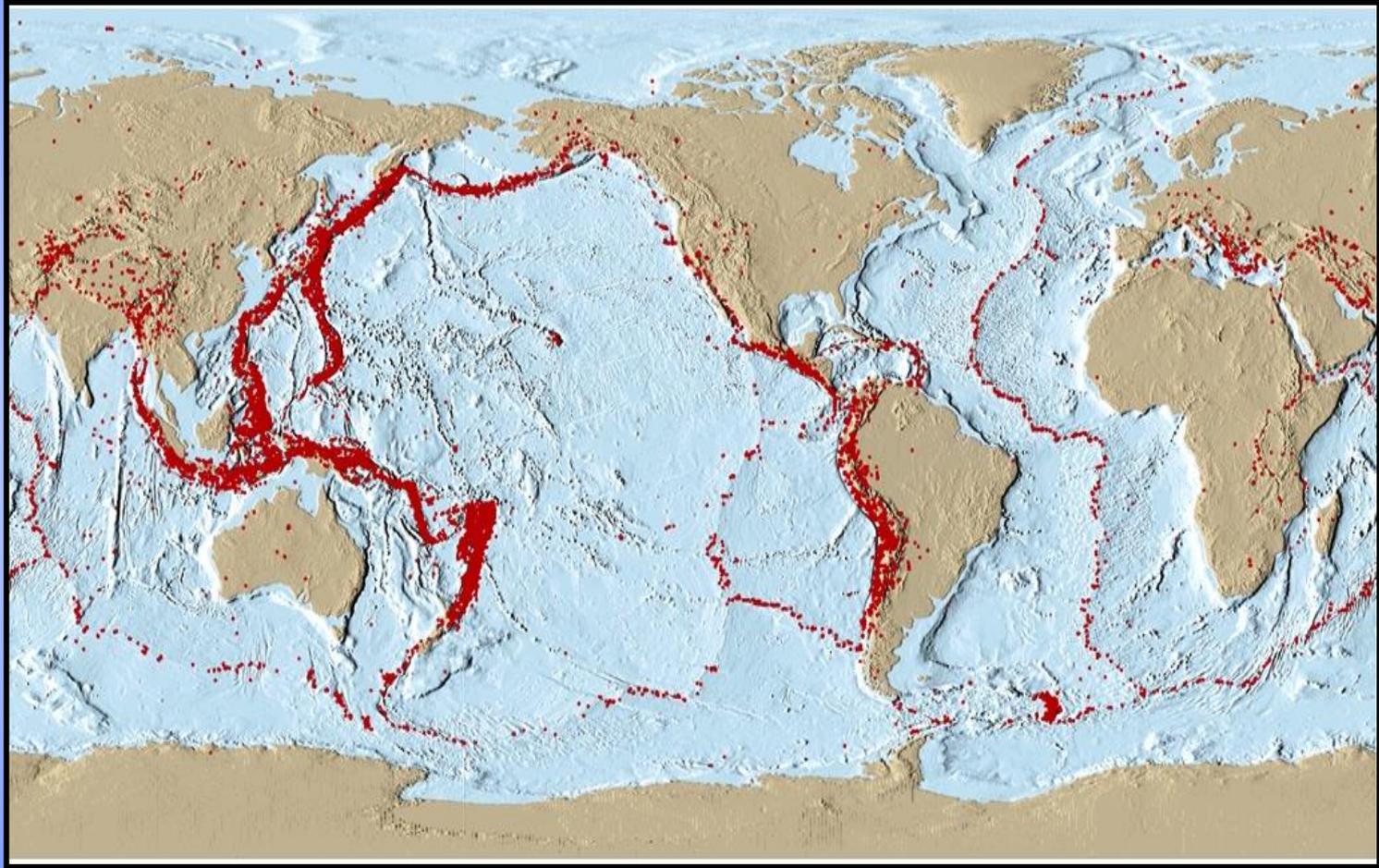
Topografía de la Tierra y de los fondos oceánicos



Crustal Plate Boundaries

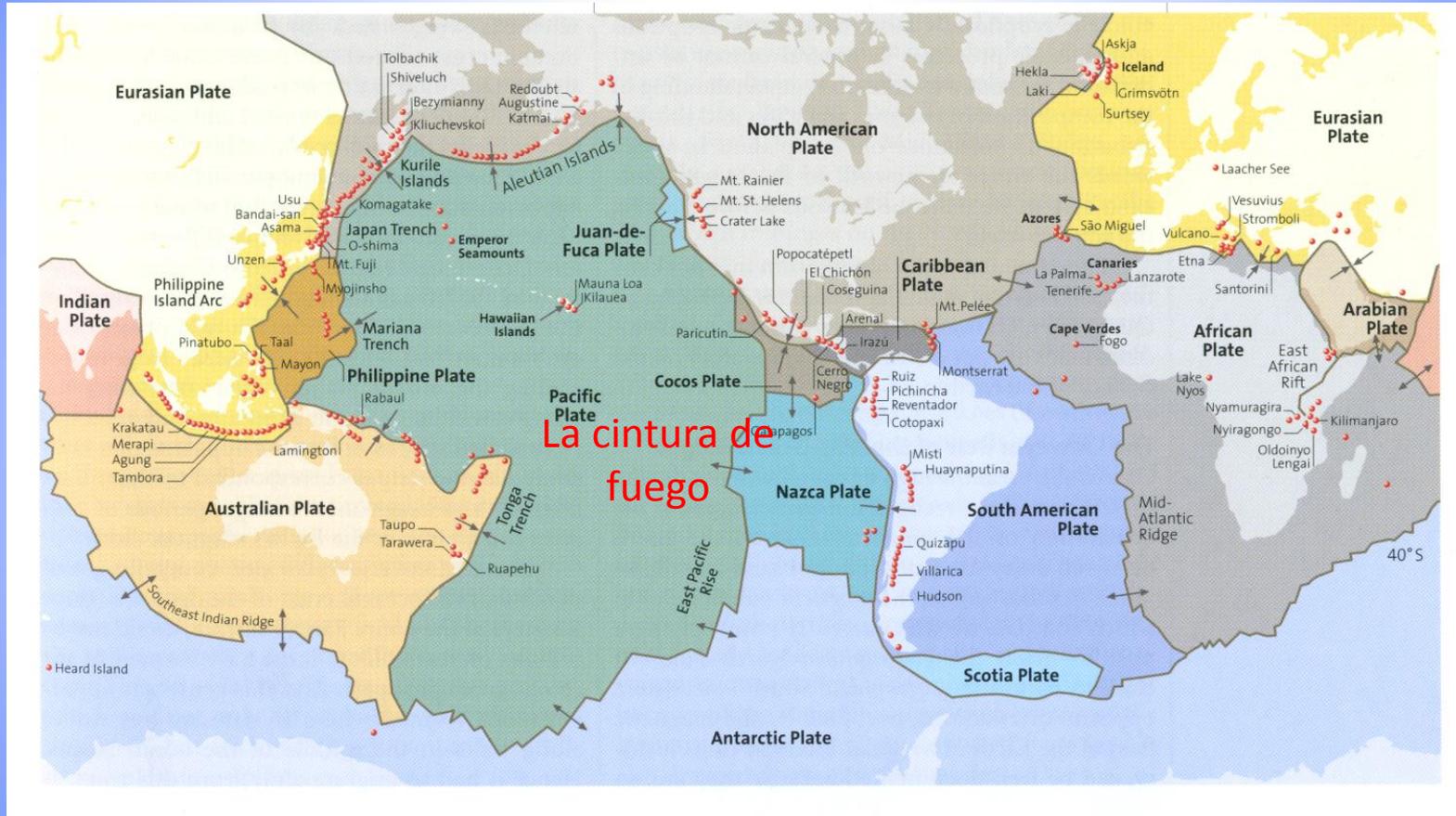
Límites de placa (en amarillo) se caracterizan por accidentes topográficos (depresiones, cadenas montañosas) pronunciados, prueba de actividad tectónica constante.

Distribución de la actividad sísmica



Los sismos liberan la energía mecánica acumulada en bordes de placa. Su distribución, magnitud, y profundidad reflejan el tipo de contacto entre-placas.

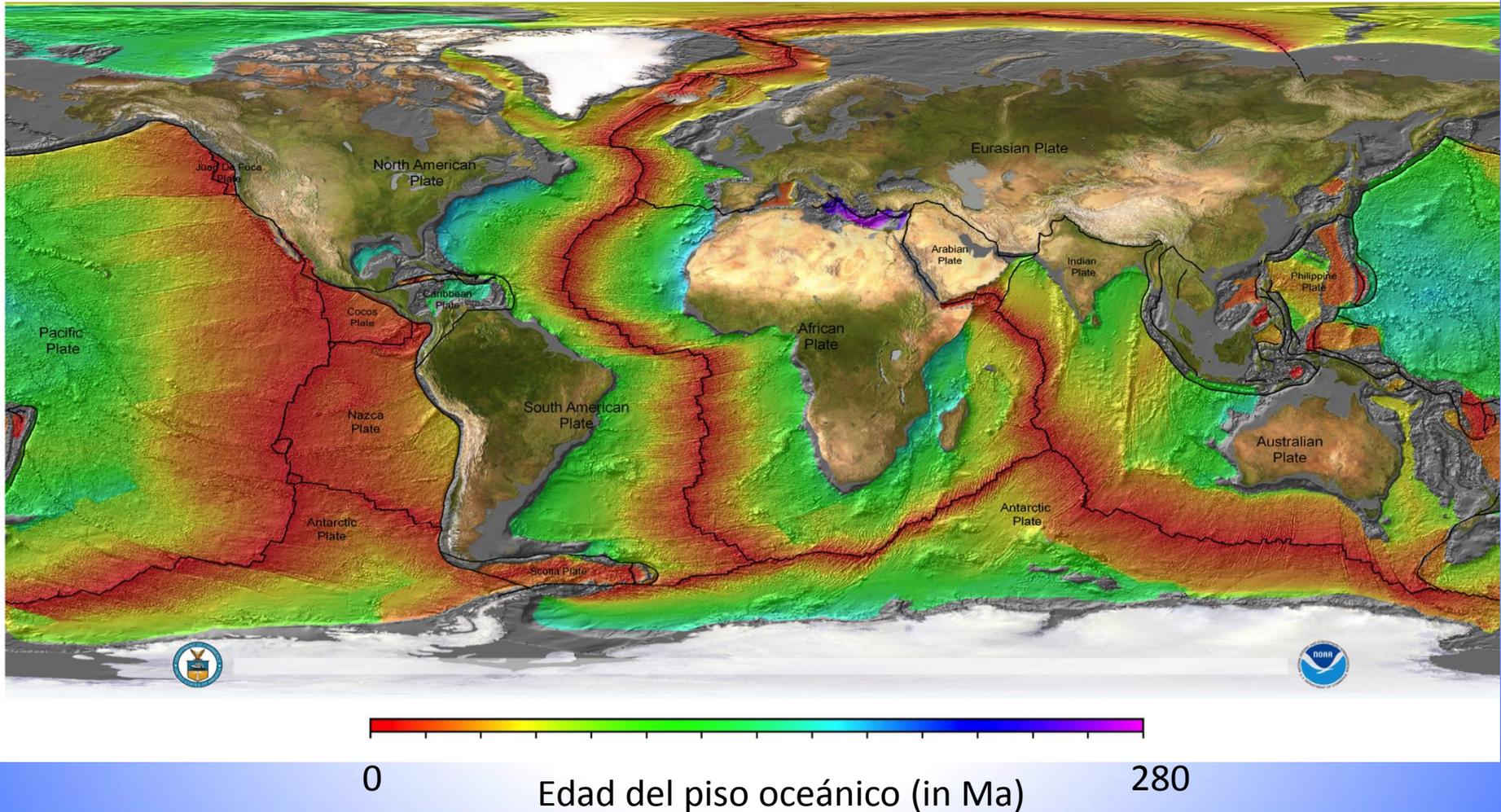
Principales volcanes



La cintura de
fuego

Los volcanes resultan de la llegada a la superficie de fundidos del manto. A cada tipo de contacto su tipo de magma y volcán (explosivo vs efusivo, andesítico vs basáltico). El papel de los volcanes es de liberar la energía térmica contenida en el centro de la Tierra. La corteza oceánica es producto de la actividad volcánica en las dorsales.

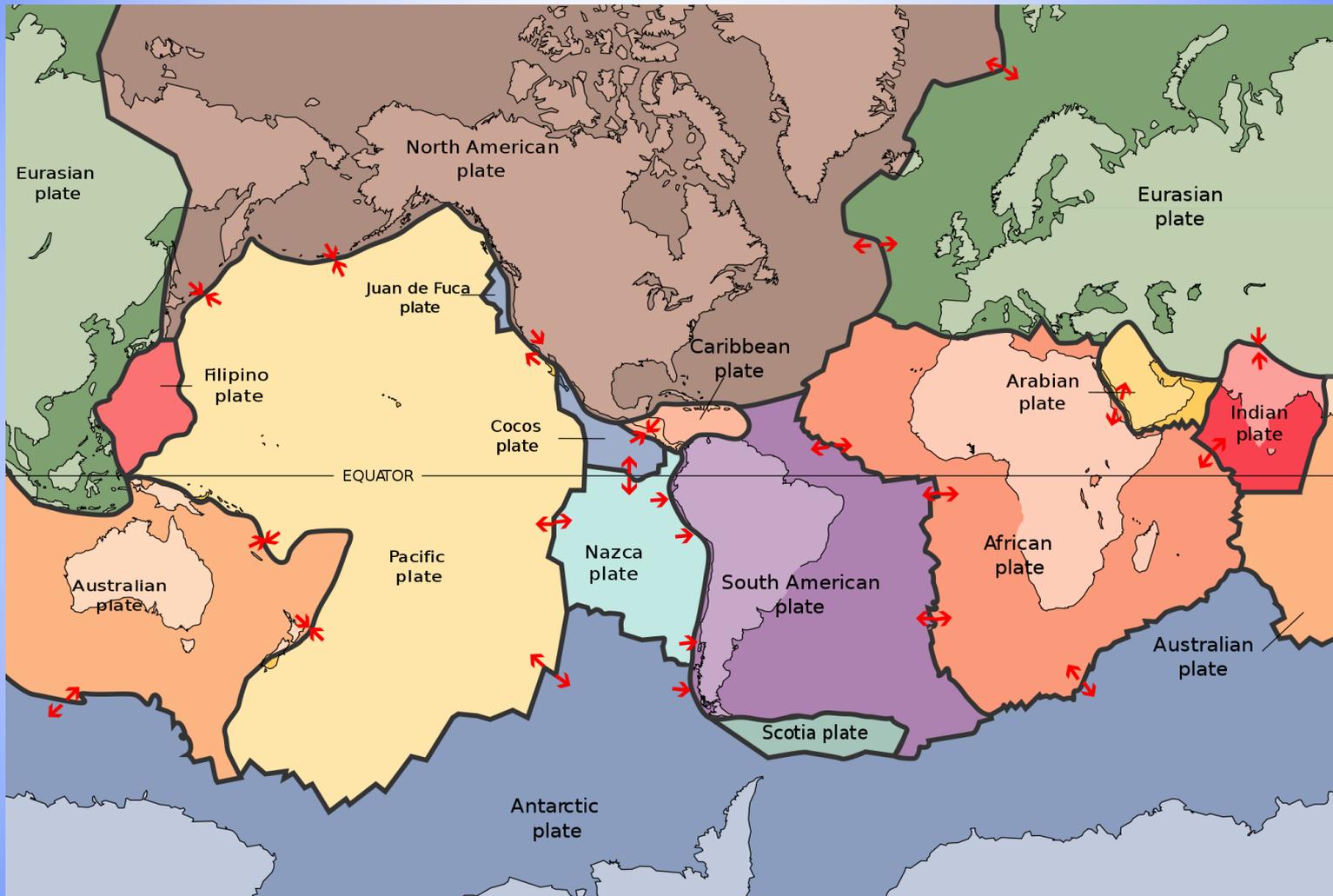
Imagen satelital de la Tierra y edad del piso oceánico



Esta imagen resalta los límites de los continentes y patrones en la distribución de edad del fondo oceánico en ambos lados de las dorsales.

La corteza oceánica es joven (<170 Ma), también prueba de una renovación constante.

17 placas



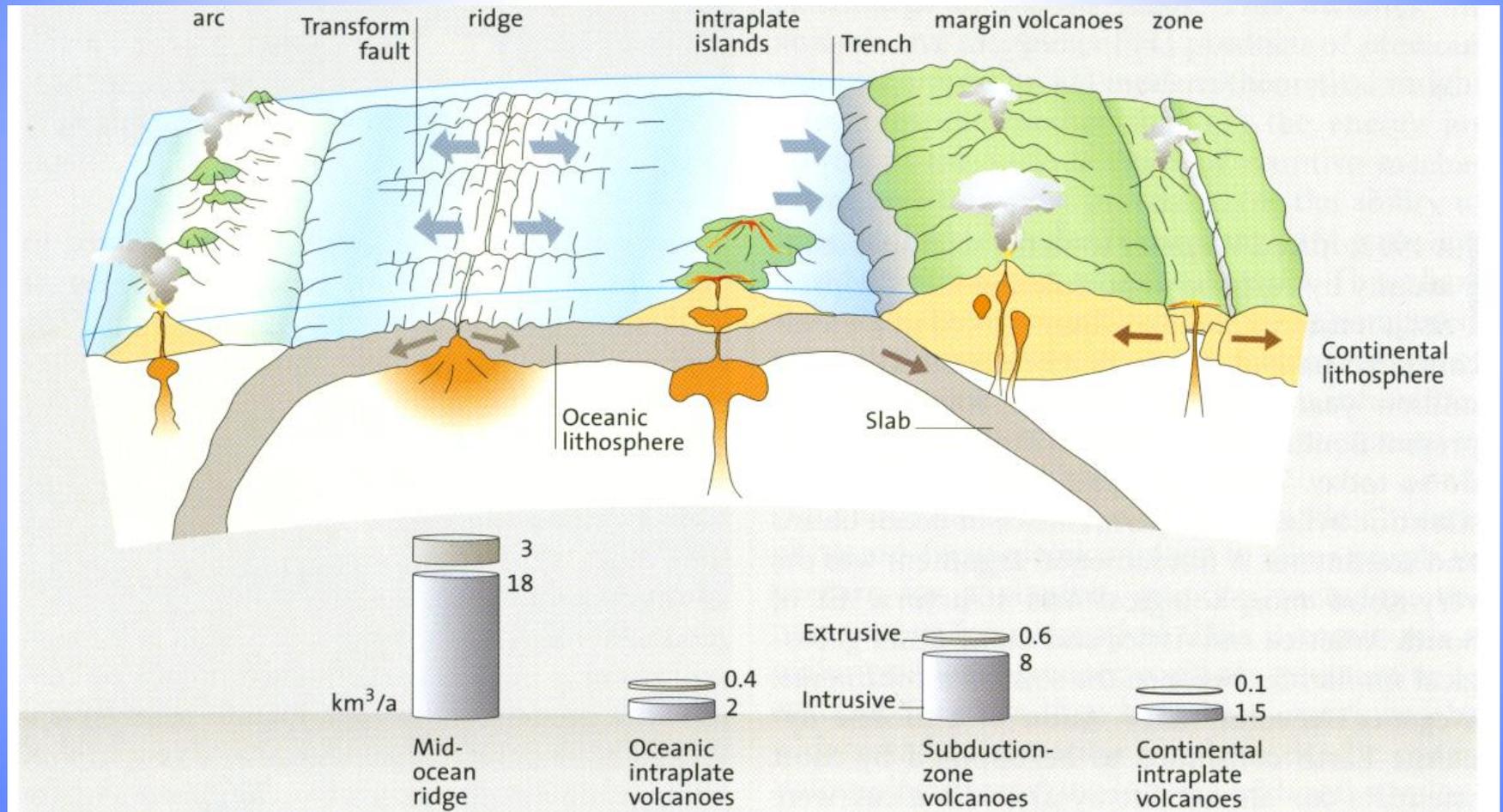
Limites entre placas son de naturaleza: extensional, compresivo, o transcurrente, aunque hay limites con mecanismos intermedios. La suma de todos los desplazamientos es nula (conservación del perímetro de la Tierra)

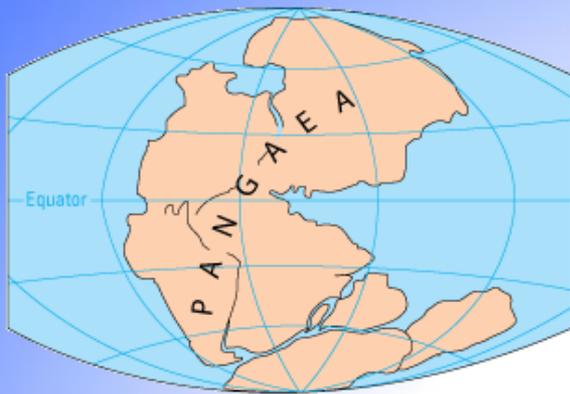
Diferentes tipos de límites de placa



Parte superior de la tierra: litosfera rígida (incluye corteza continental o oceánica y parte superior del manto; <200 km) sobre astenósfera menos rígida y más caliente (>1300 deg).

Tipos de contactos entre placas

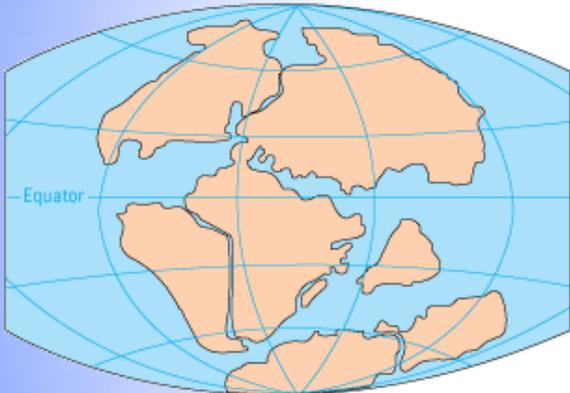




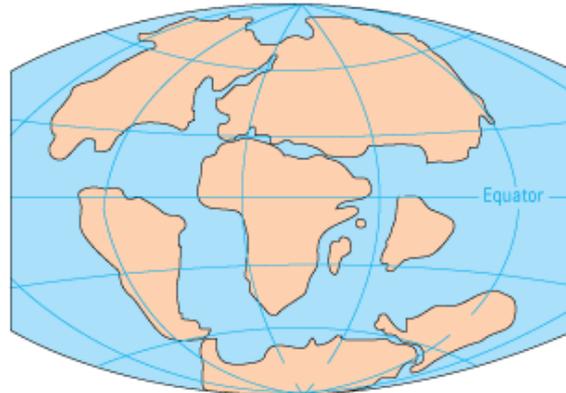
PERMIAN
225 million years ago



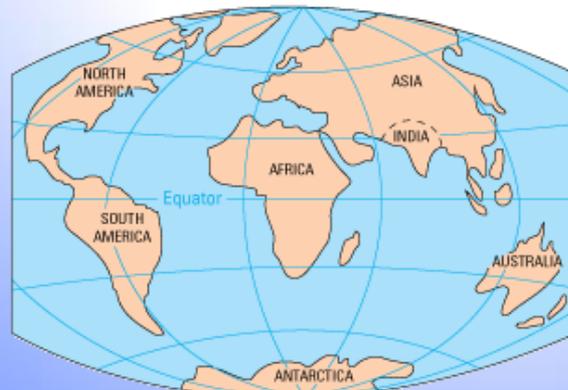
TRIASSIC
200 million years ago



JURASSIC
150 million years ago

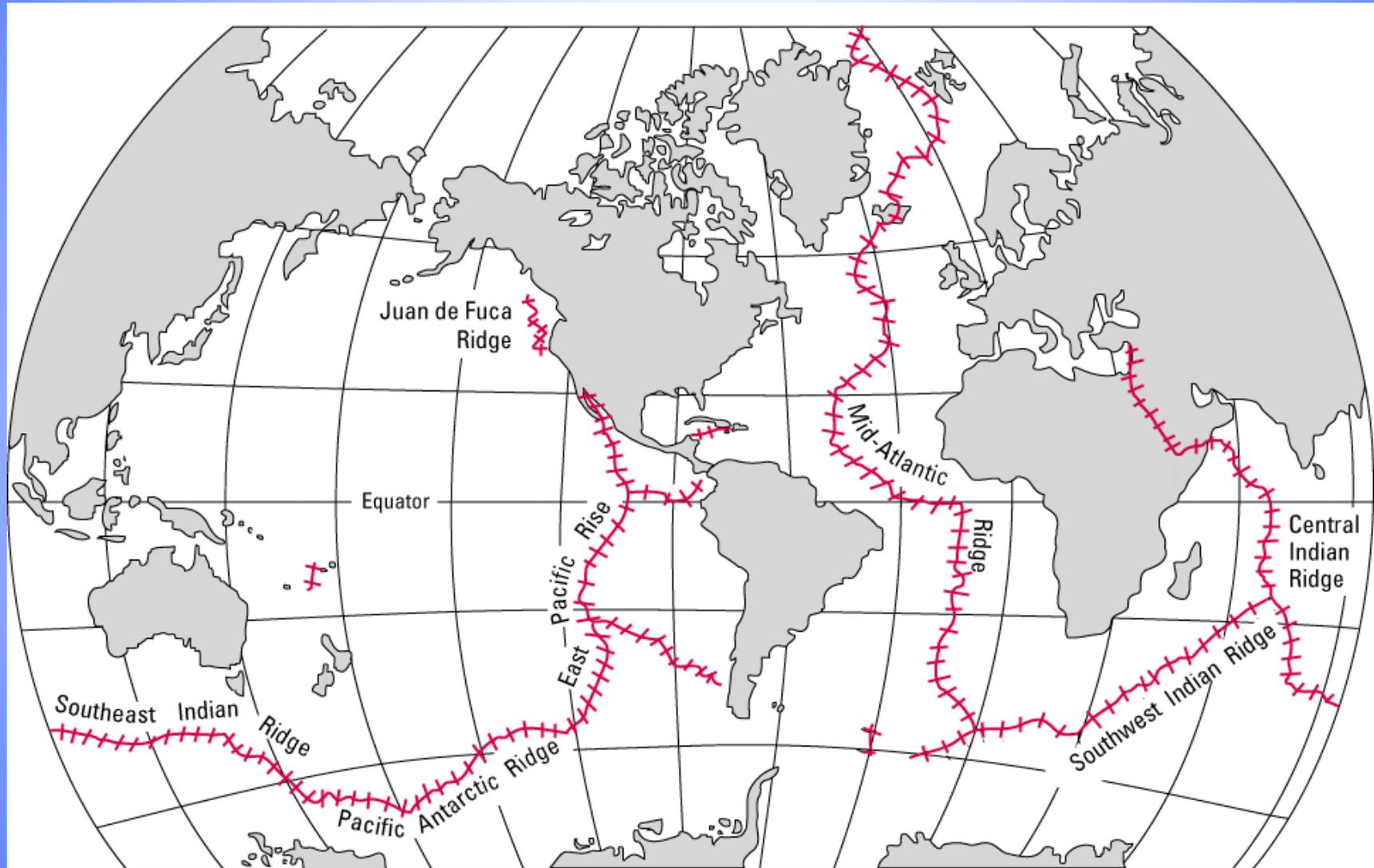


CRETACEOUS
65 million years ago



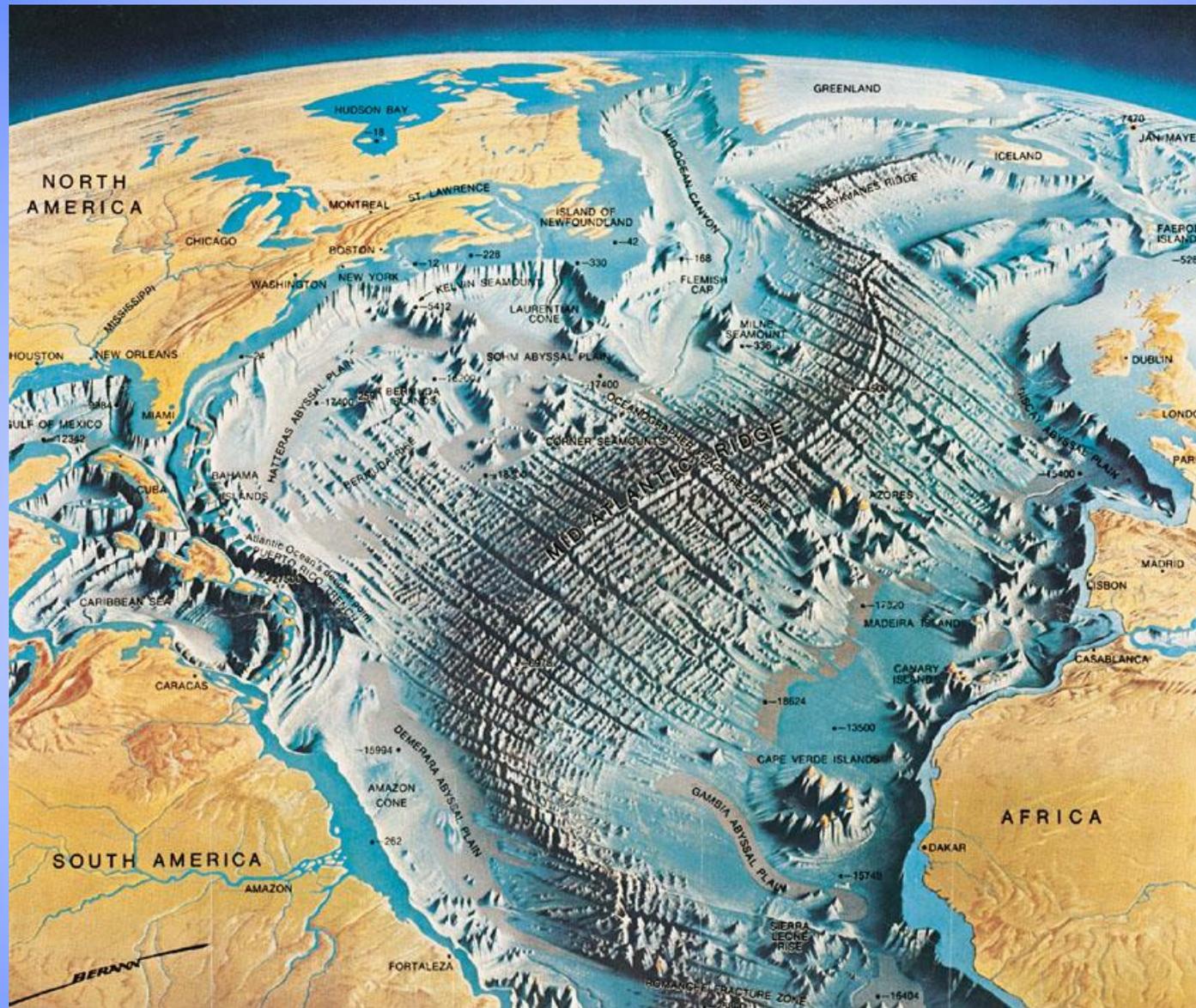
Reconstrucción
de la migración
de los
continentes con
el tiempo

Zonas en extensión: Cordilleras oceánicas



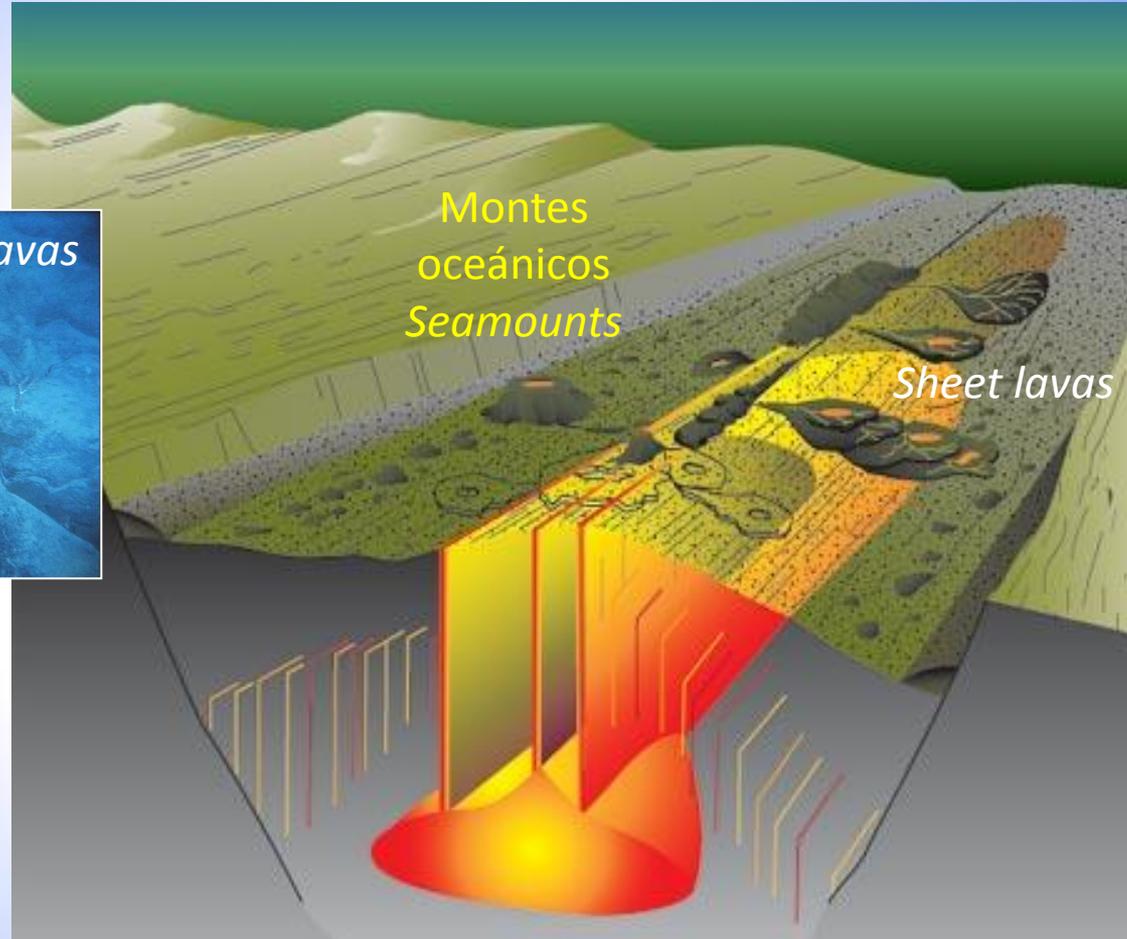
Cadenas montañosas más largas de la Tierra (>60,000 km en total)

Zonas en extensión



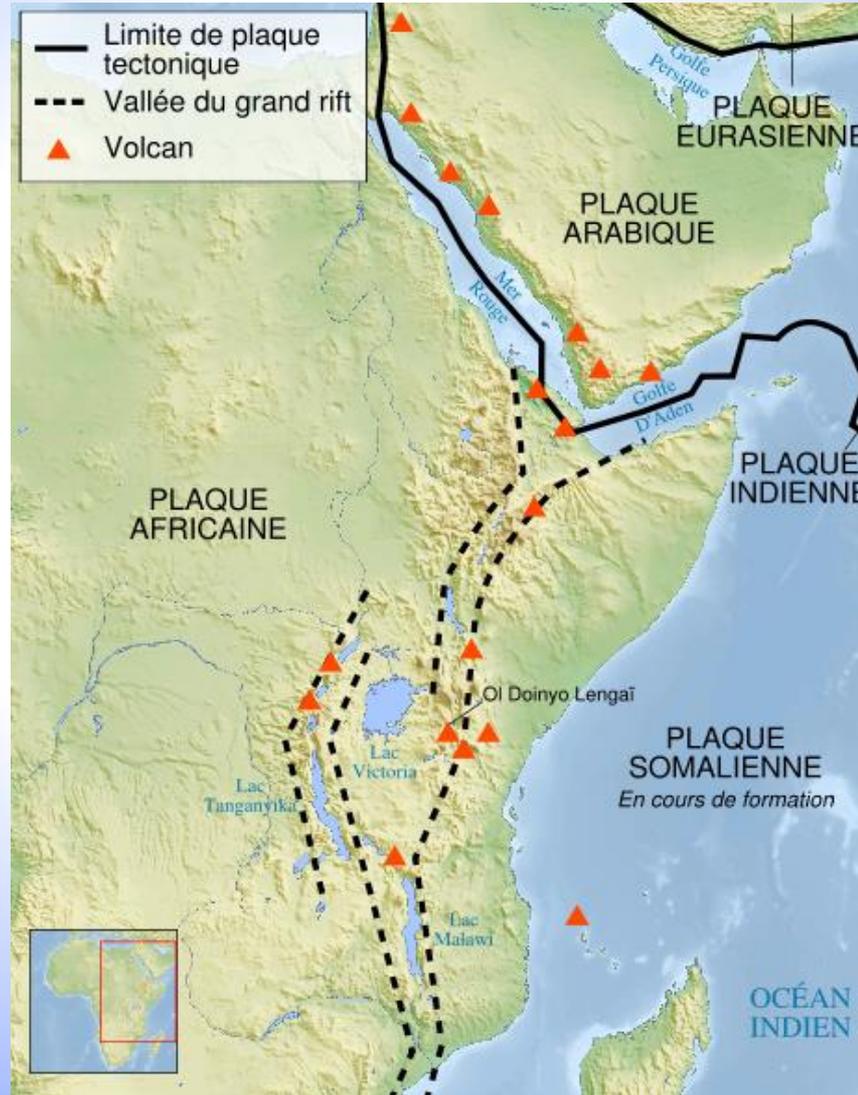
Los fondos oceánicos tienen una topografía muy irregular pero organizada. La cordillera al medio del Atlántico culmina a 2500 m de profundidad y su base esta a 5000 m de profundidad: es un relieve mayor.

Actividad volcánica

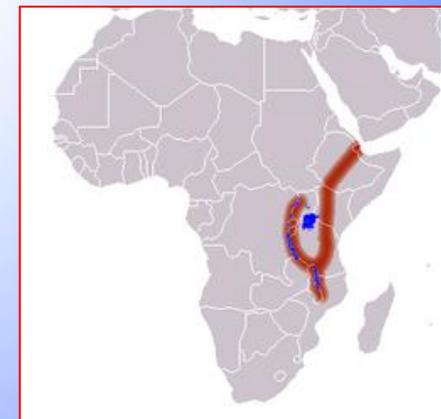


Modelo de la actividad volcánica en el medio de la cordillera atlántica

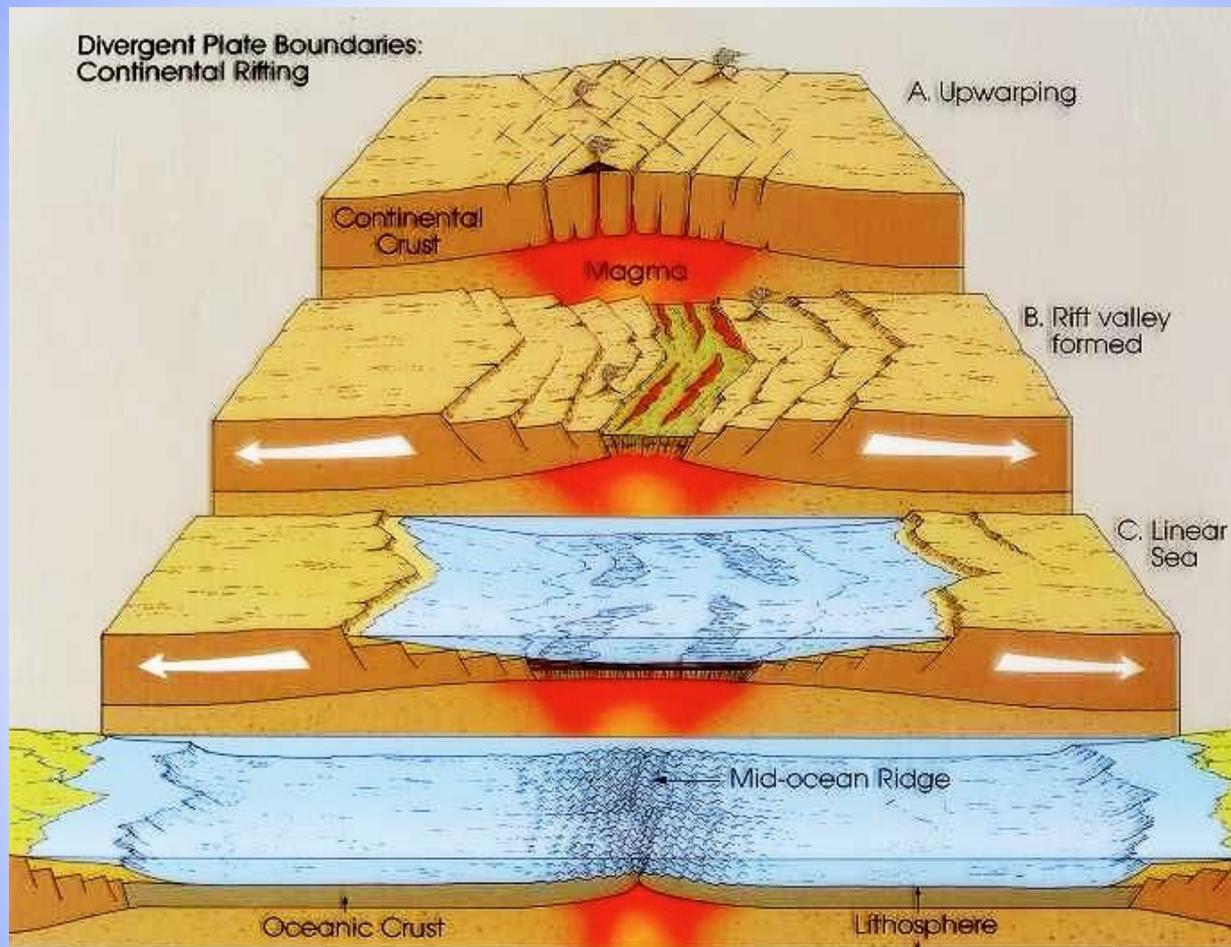
Zonas de apertura continental "Rifts"



Iniciación de separación de placas y formación de corteza oceánica



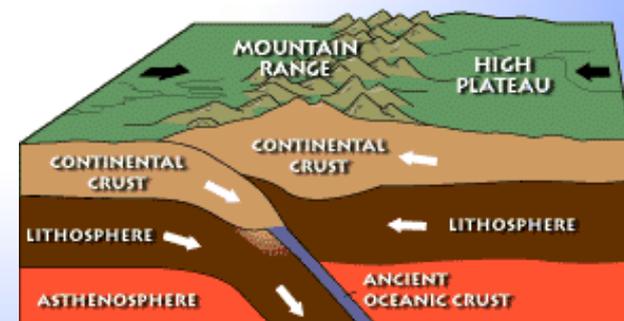
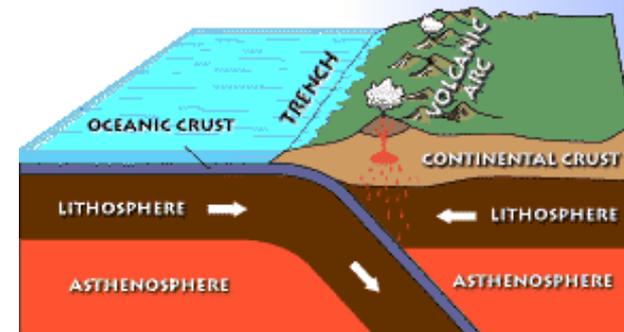
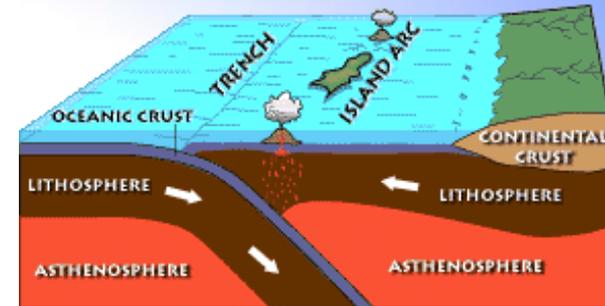
Zonas en extensión



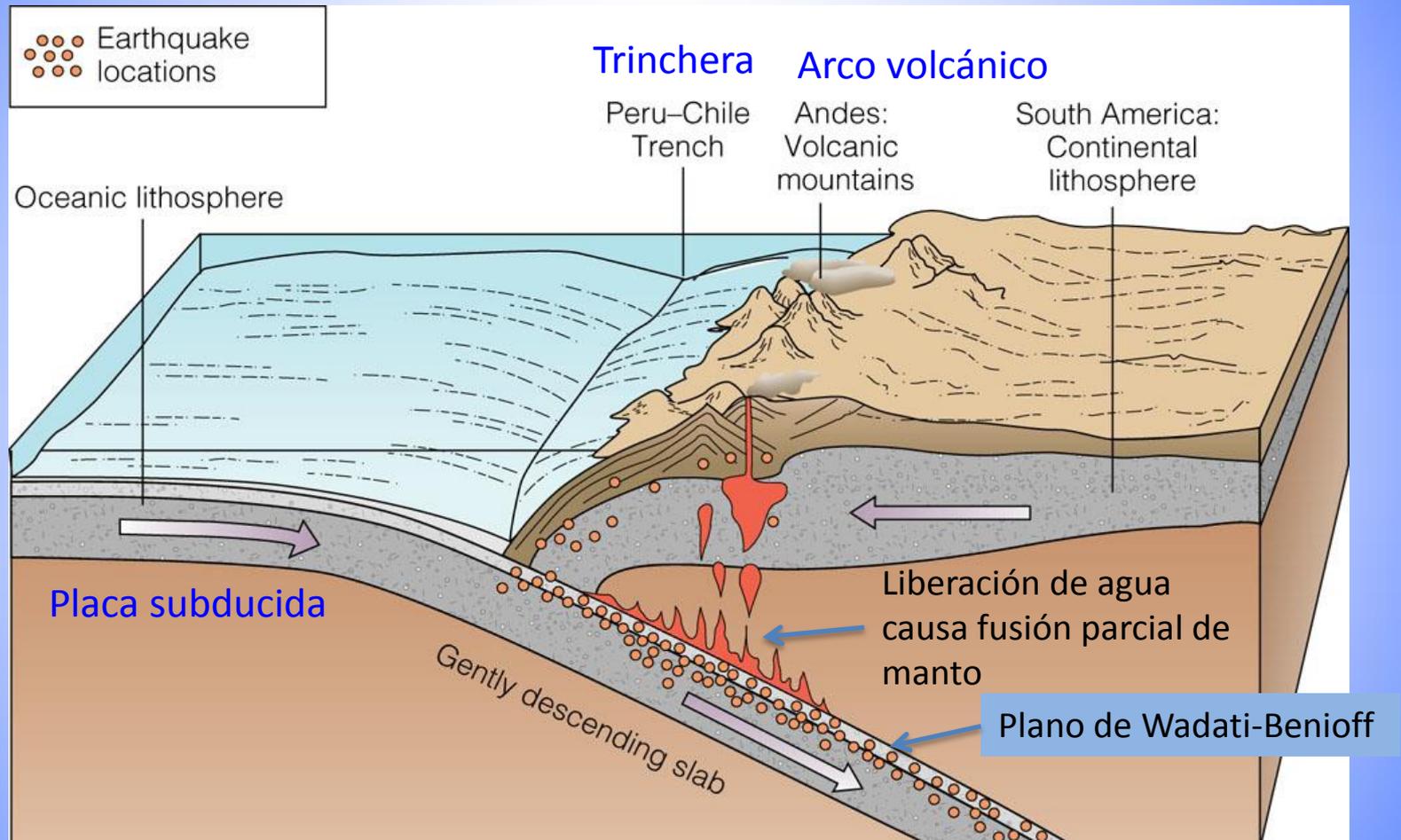
Reconstrucción de la apertura del océano atlántico

Zonas en compresión

- Zonas de subducción: desaparición de la corteza oceánica
- Zonas de colisión: contacto entre dos cortezas continentales (montañas más elevadas)



Zonas de subducción



Fenómeno tectónico más importante: permite hundimiento de la litosfera en el manto, y produce la mayor parte de la sismicidad y la actividad volcánica más explosiva.

Anillo de fuego ("ring of fire")



Subducción océano-océano: Arco de islas

- Indonesia
 - Más alta densidad de volcanes activos del planeta
 - Volcanes a lo largo de toda la costa

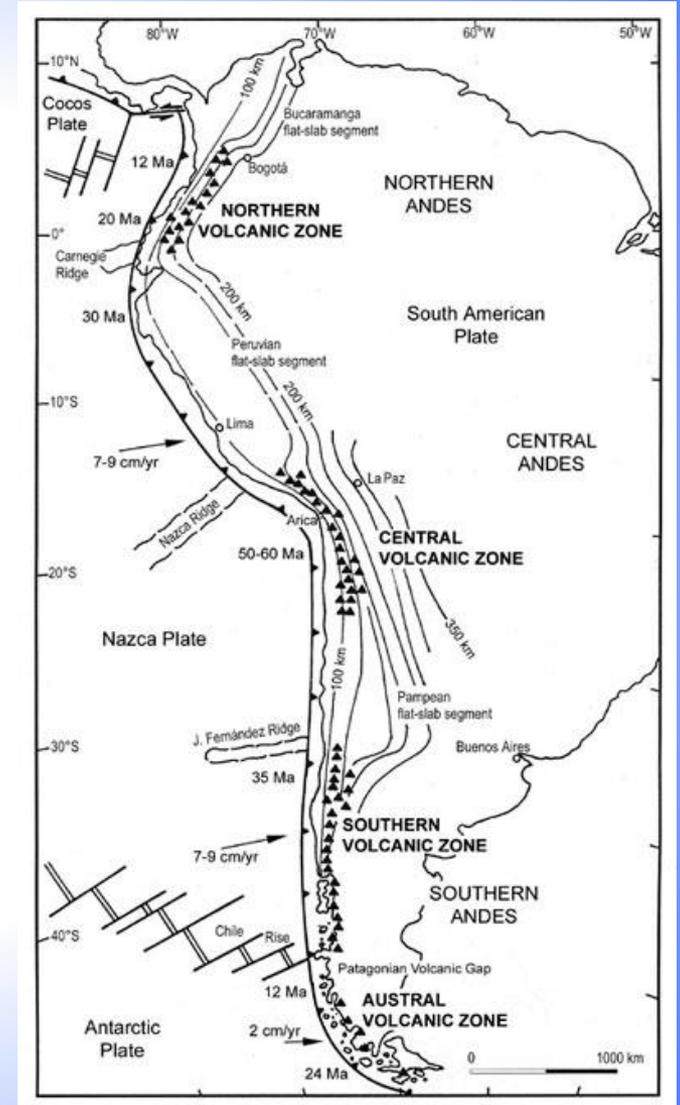


Arco continental: La Cordillera de los Andes

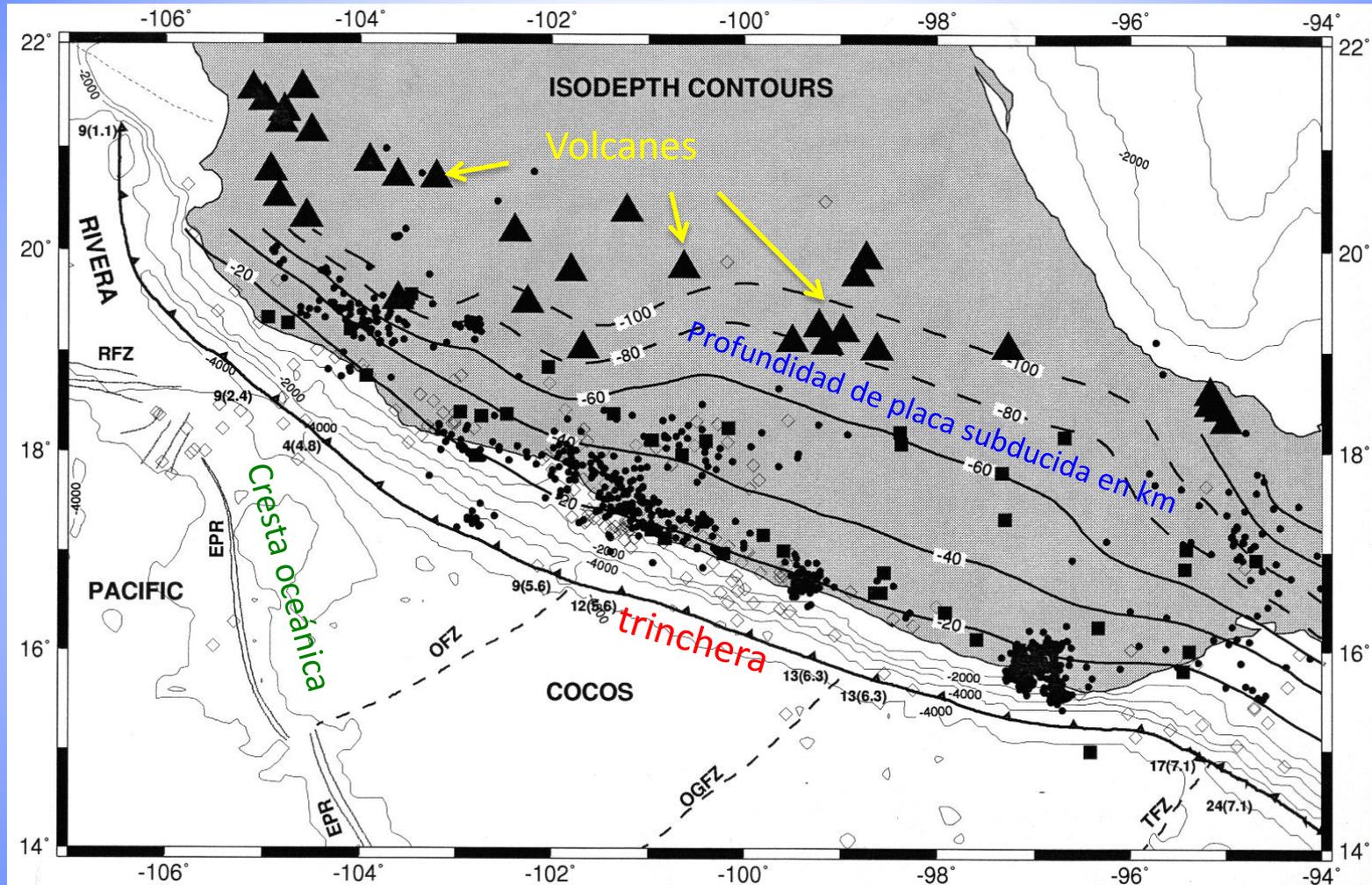
- Sierra continental más larga (7000 km)
- Más alto pico: C. Aconcagua (casi 7000 m snm)

Distribución de los volcanes no continua, reflejo de cambios en geometría de la subducción

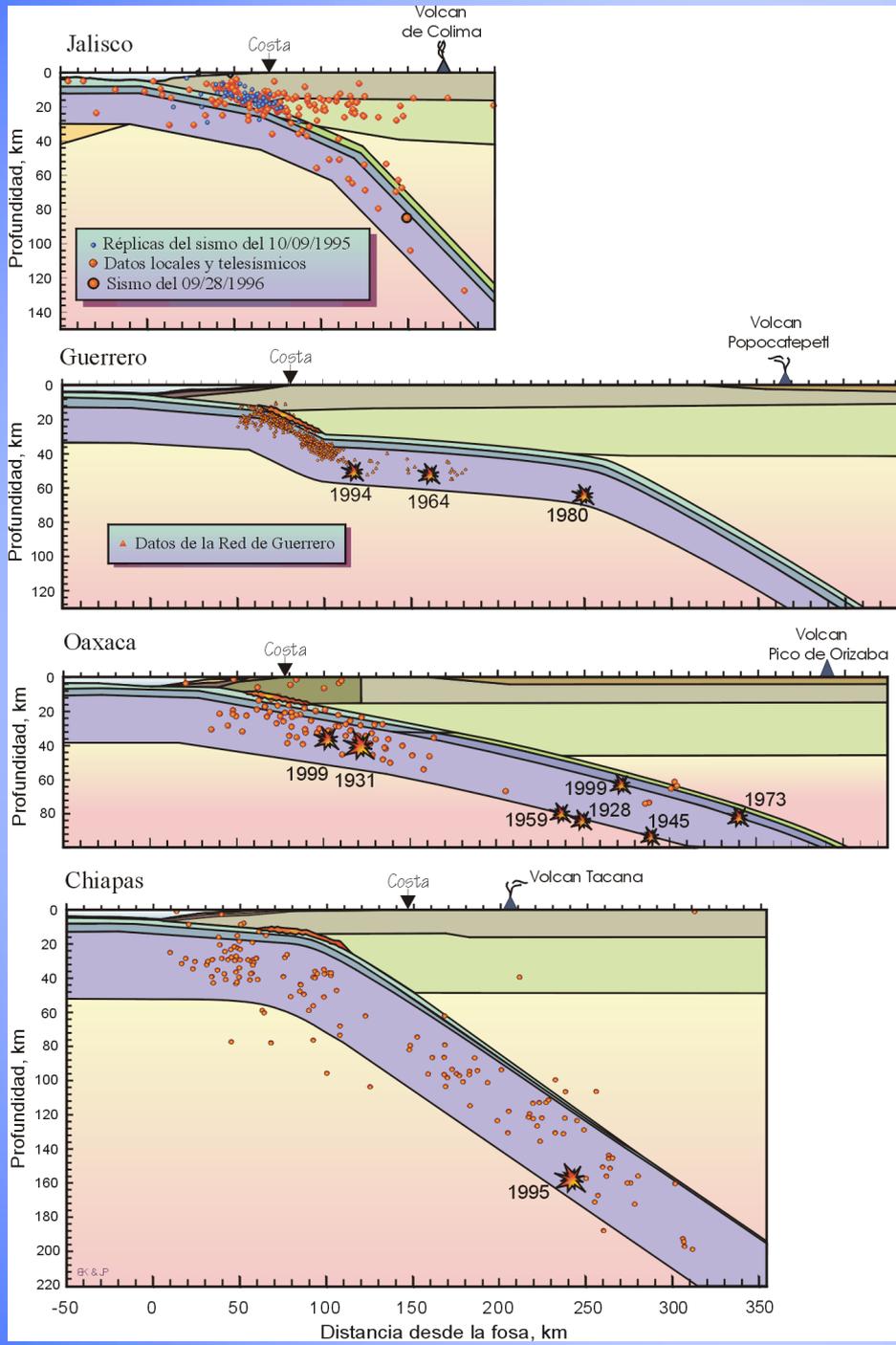
Sismos de mayor magnitud



México: Zona de subducción continental oblicua



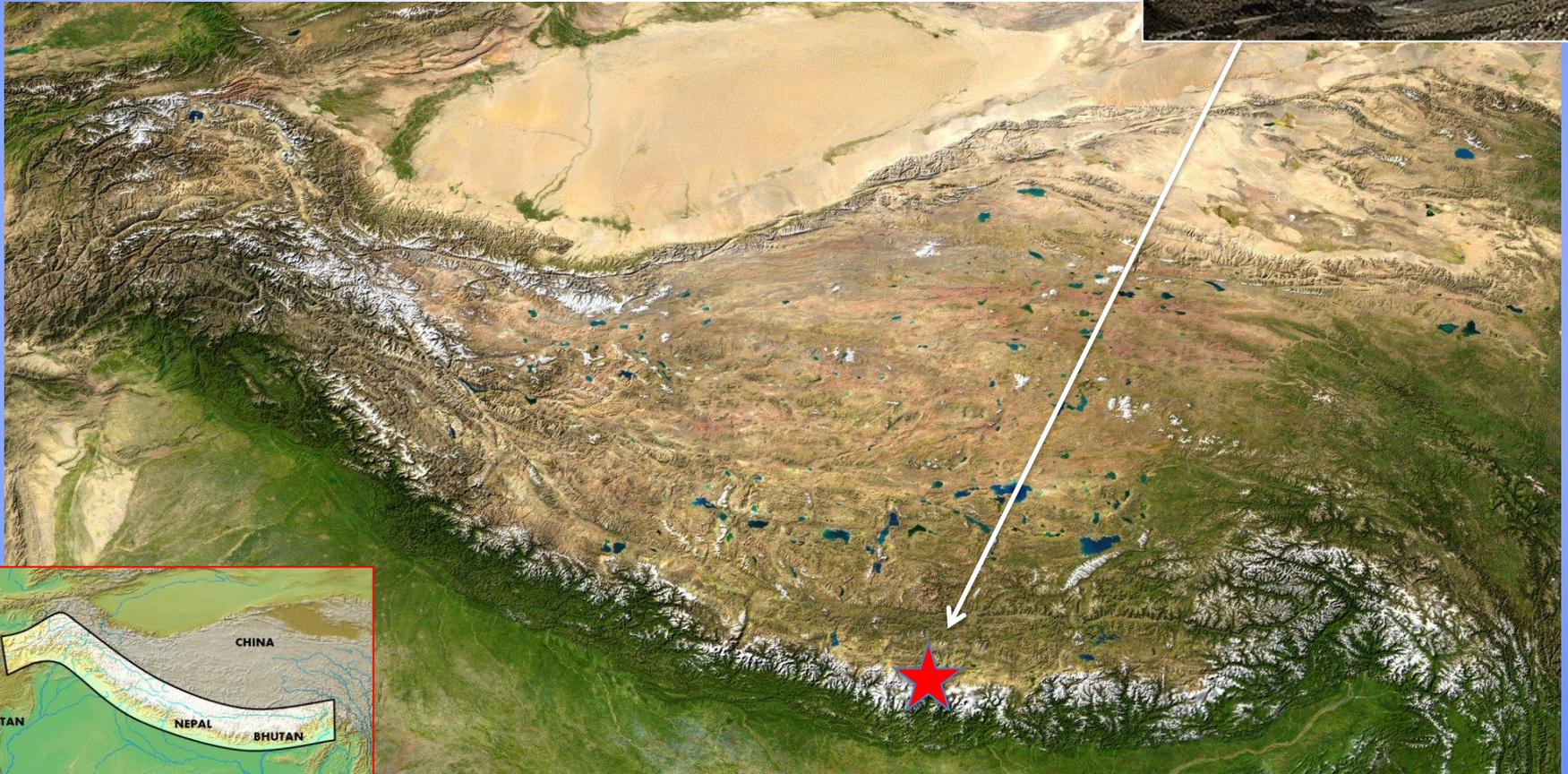
La zona de subducción en México es compleja debido a variaciones en el ángulo de subducción y la edad de la corteza oceánica subducida a lo largo de la trinchera. Los grandes volcanes se ubican aprox. 100 km arriba de la placa.

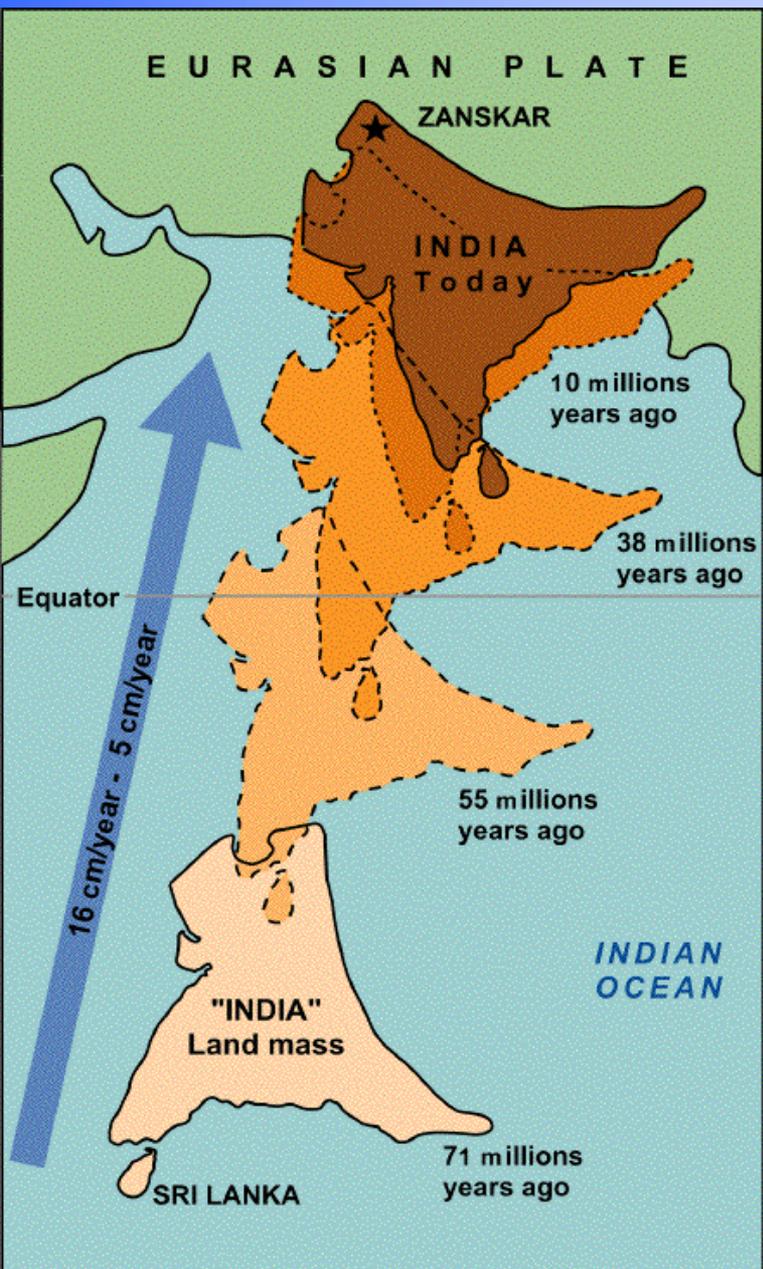


Cambios en la geometría de la placa y su ángulo de subducción afectan a la ubicación del volcanismo: El arco volcánico se desarrolla oblicuamente a la trinchera

Himalayas: la más alta cadena montañosa

El sistema de los Himalaya incluye a más de 100 montañas de más de 7200 m snm.

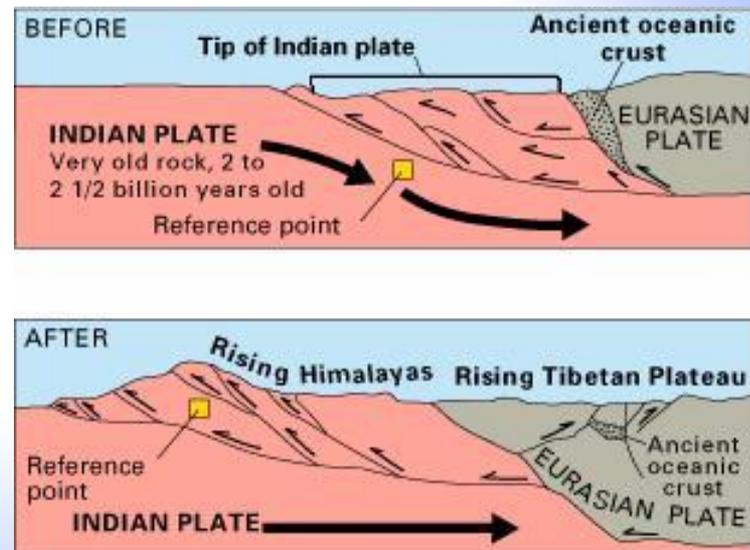




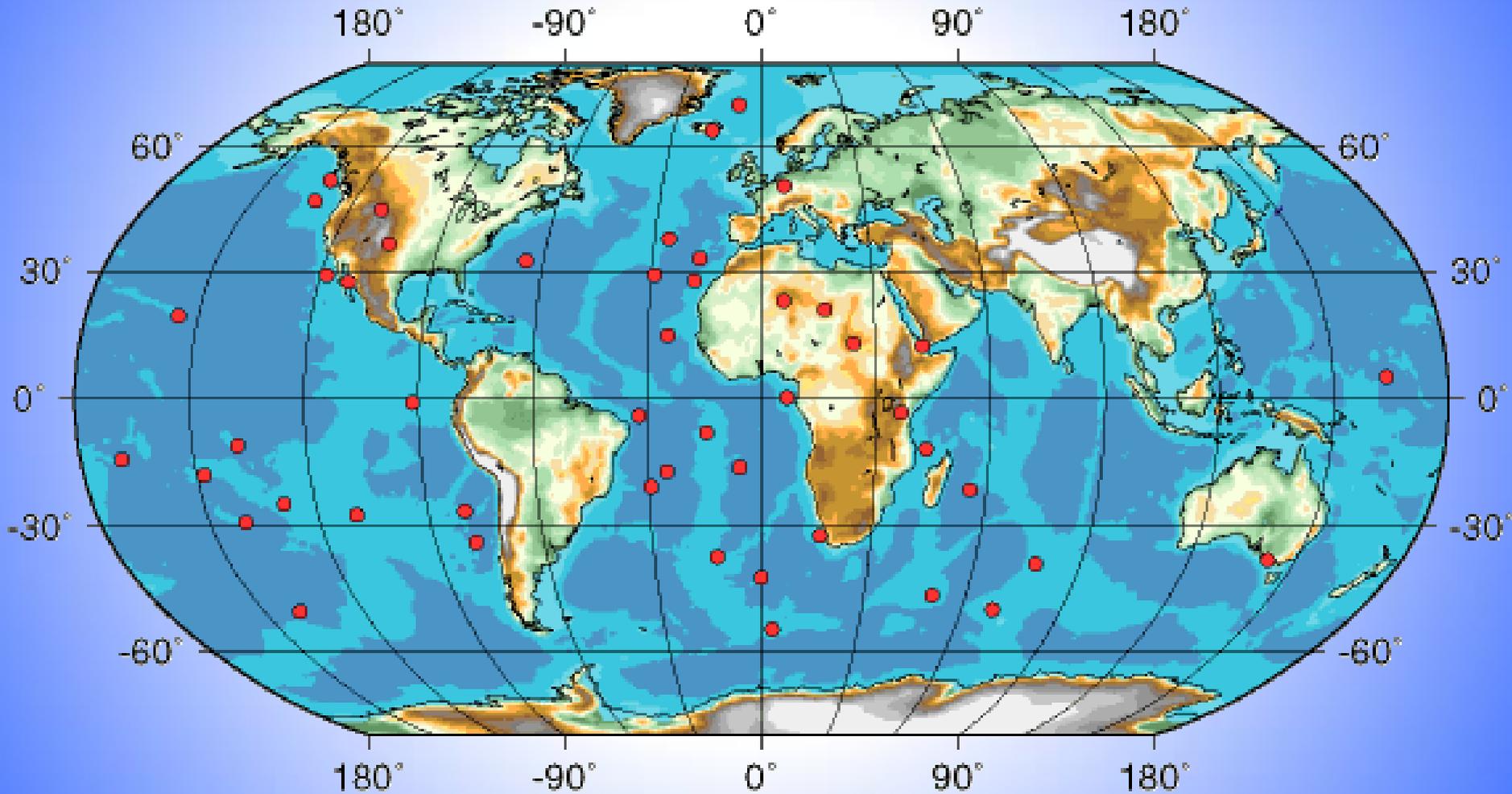
Distancia de 6000 km desde Cretaceous (84 Ma) hasta colision con la placa Eurasia en Eoceno bajo (48-52 Ma)

Desde Eoceno bajo hasta actualidad: 5 cm/año

Procesos de espesamiento cortical

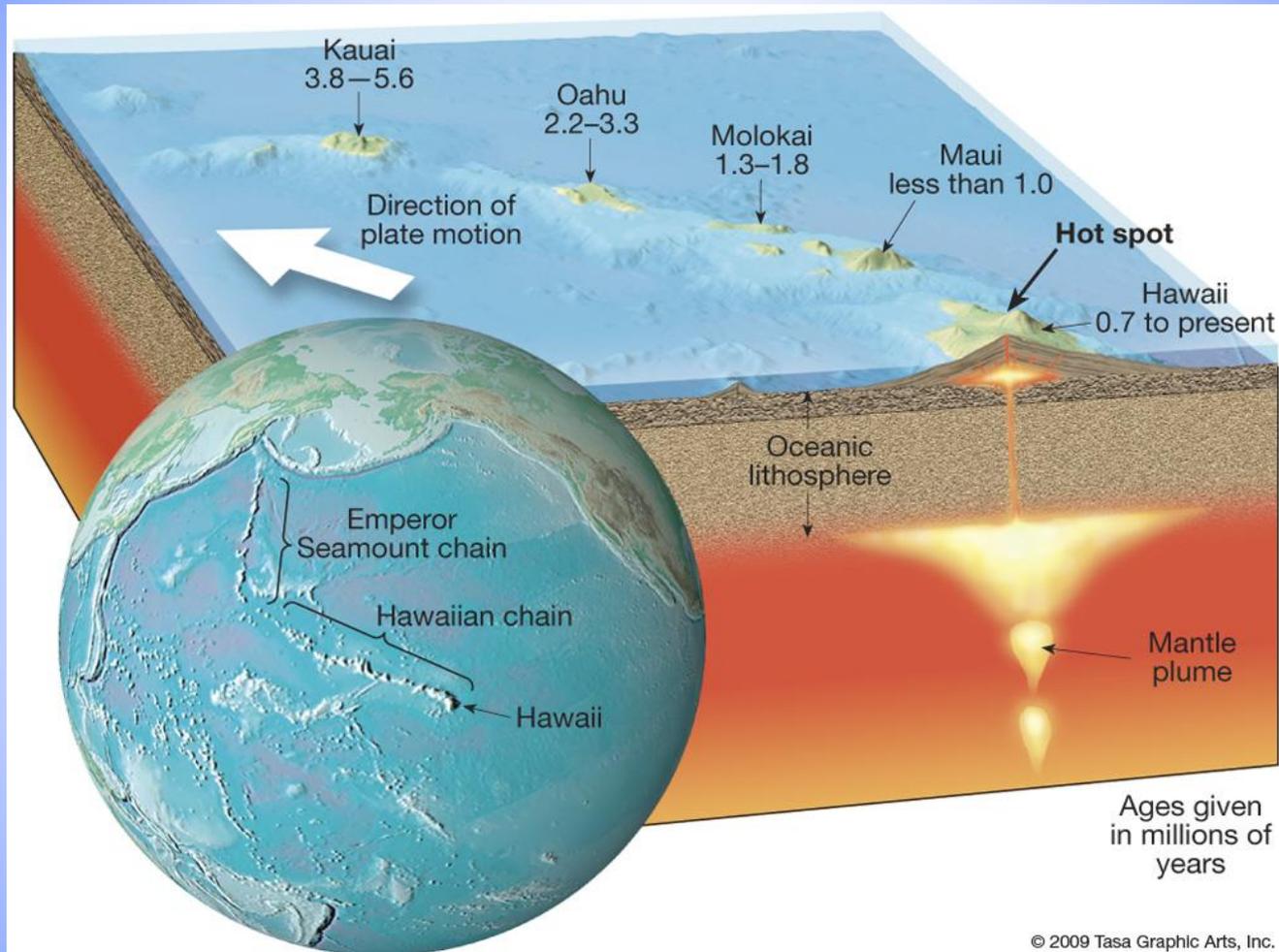


Puntos calientes



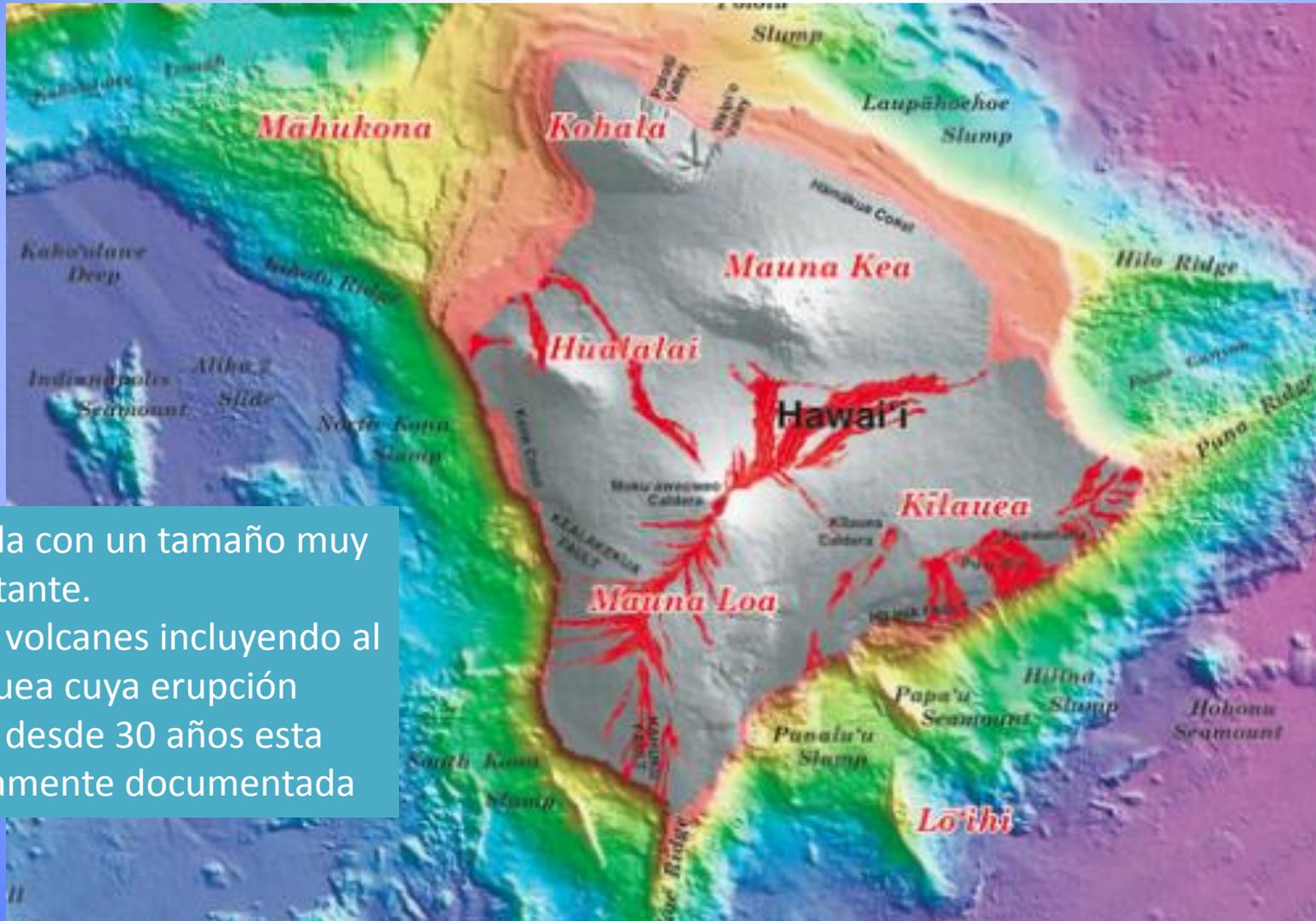
Volcanismo intra-placa

Puntos calientes (Hotspots): Hawaii



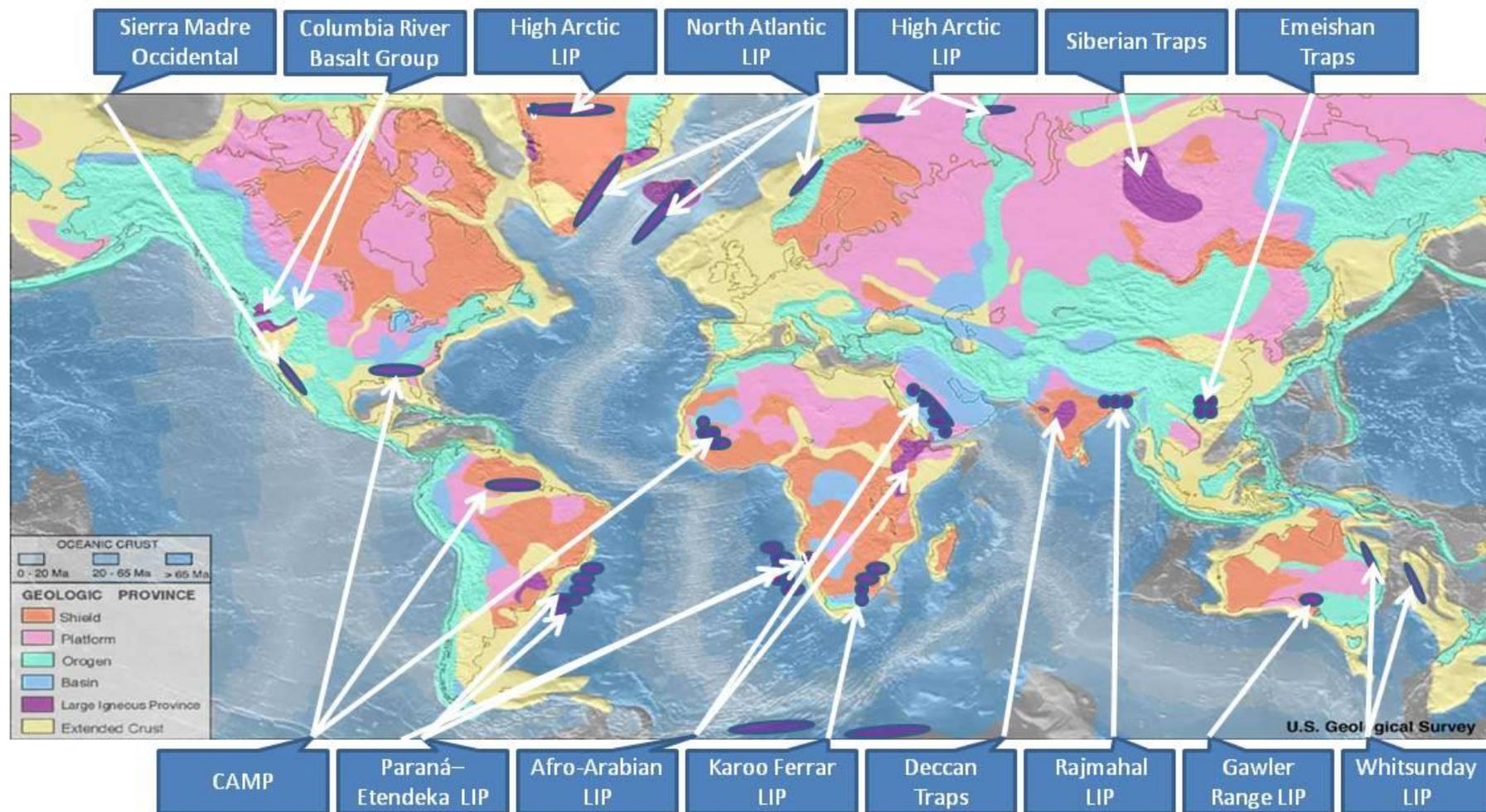
Existencia de plumas mantelicas (*mantle plumes*) estacionarias que “perforan” la corteza en movimiento, dejando una línea de islas volcánicas. Volcanismo principalmente efusivo (producción de lavas).

The Big Island



Una isla con un tamaño muy importante.
Varios volcanes incluyendo al V. Kilauea cuya erupción actual desde 30 años esta ampliamente documentada

Grandes provincias igneas (*Large Igneous Provinces*)

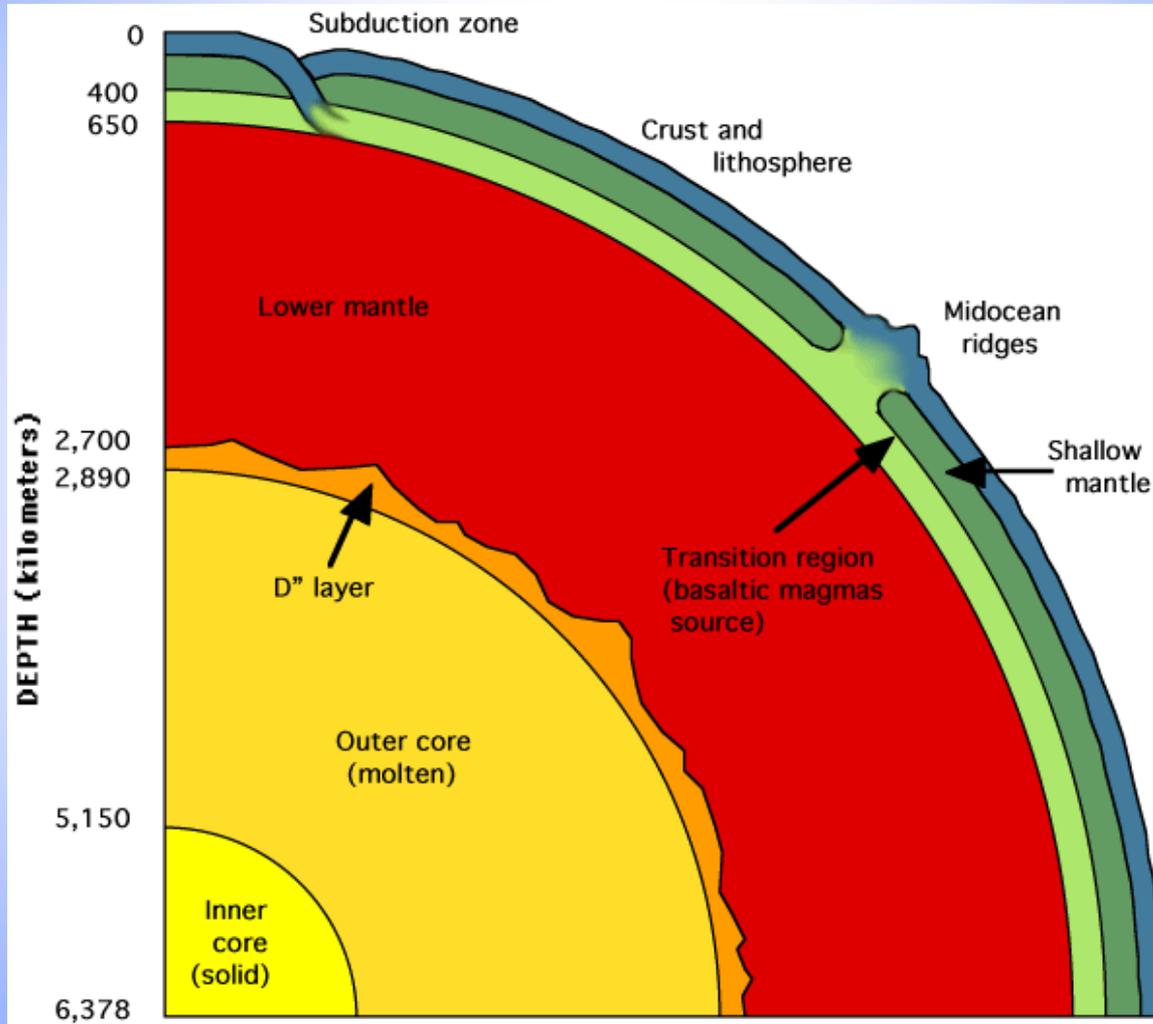


Estos extensos campos de lavas en los continentes esta relacionados con la gran actividad magmática que produce un punto caliente cuando perfora por primera vez a la corteza.



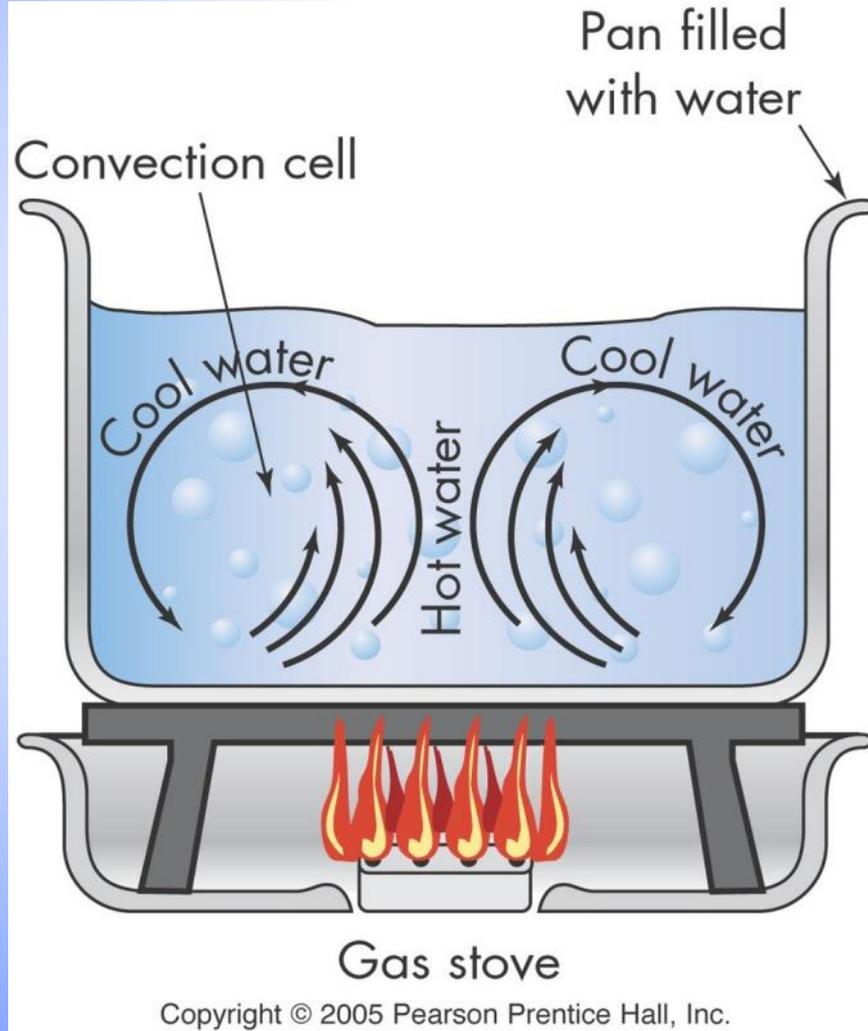
Lavas de la Columbia River Province, Washington State, US, se extienden sobre más de 163,000 km² (*Flood lavas*). Están relacionadas con el punto caliente de la caldera de Yellowstone.

Estructura interna y tectónica de placas



Modelos a dos dimensiones permiten ligar la estructura interna a la tectónica de placas.

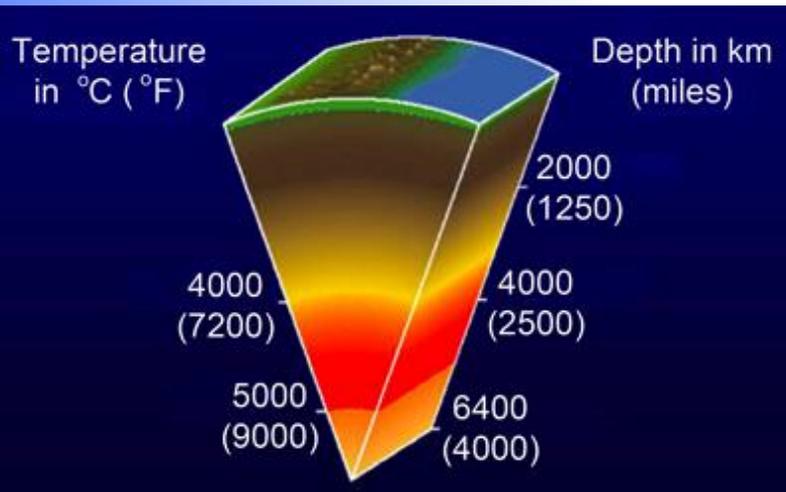
Convección térmica



La convección del manto esta causada por contrastes de densidad entre el manto profundo más caliente y el manto superficial más frío (analogía con el movimiento del agua hirviendo en una cacerola).

El calor

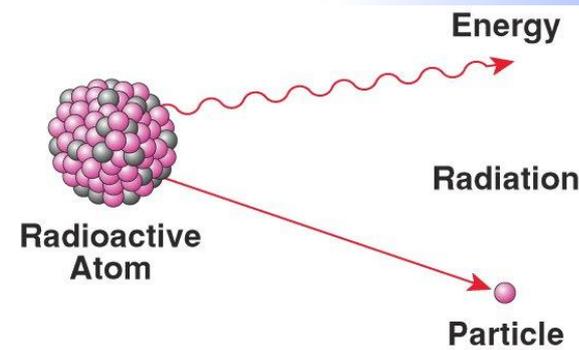
Gradiente geotermal:



Fuentes de calor:

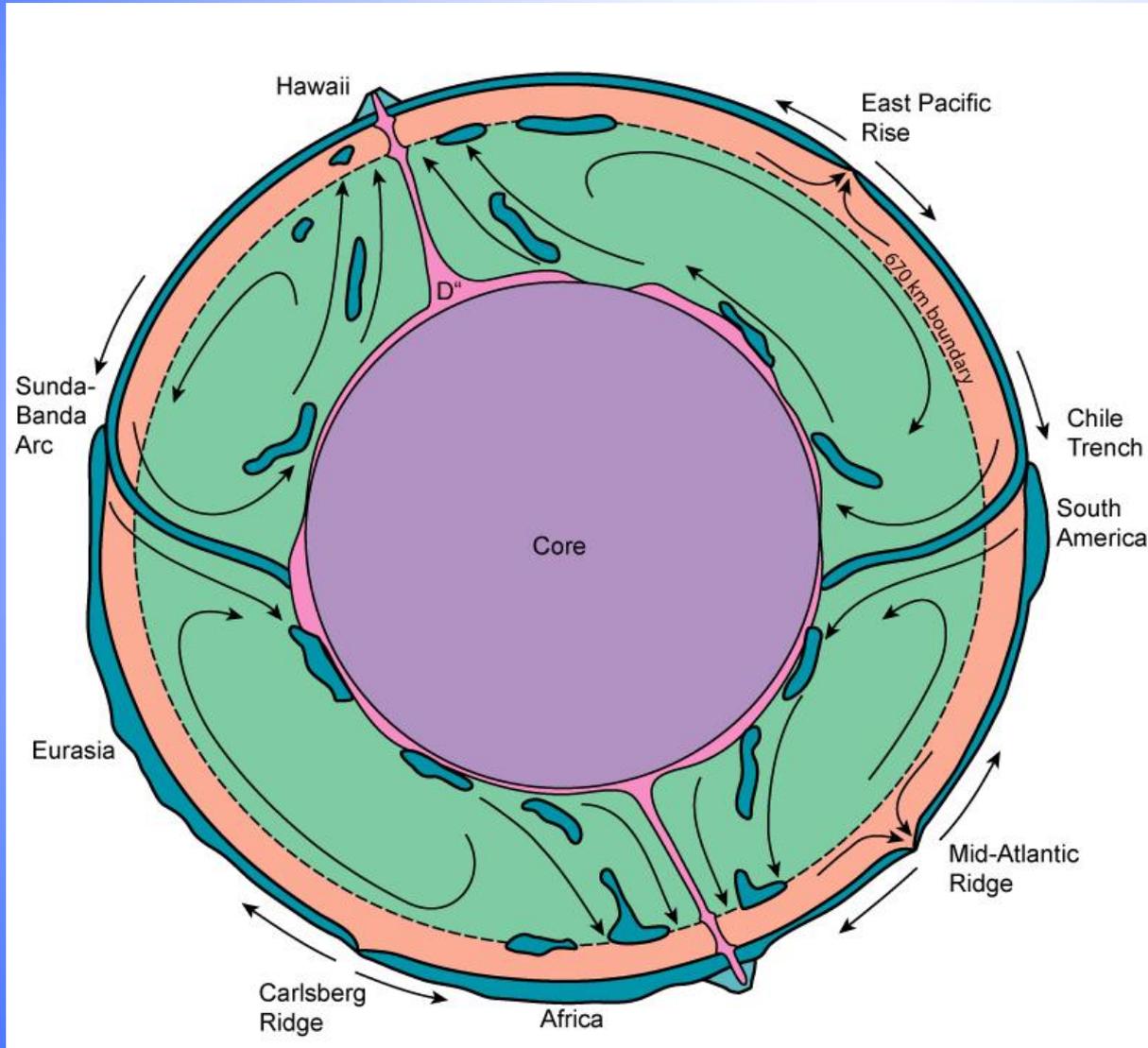
Formación de la Tierra

- Impactos extraterrestres
- Contracción gravitacional
- Decaída de elementos radioactivos de larga vida (U, Th, K)



El flujo de calor liberado por el interior de la Tierra disminuye desde su formación

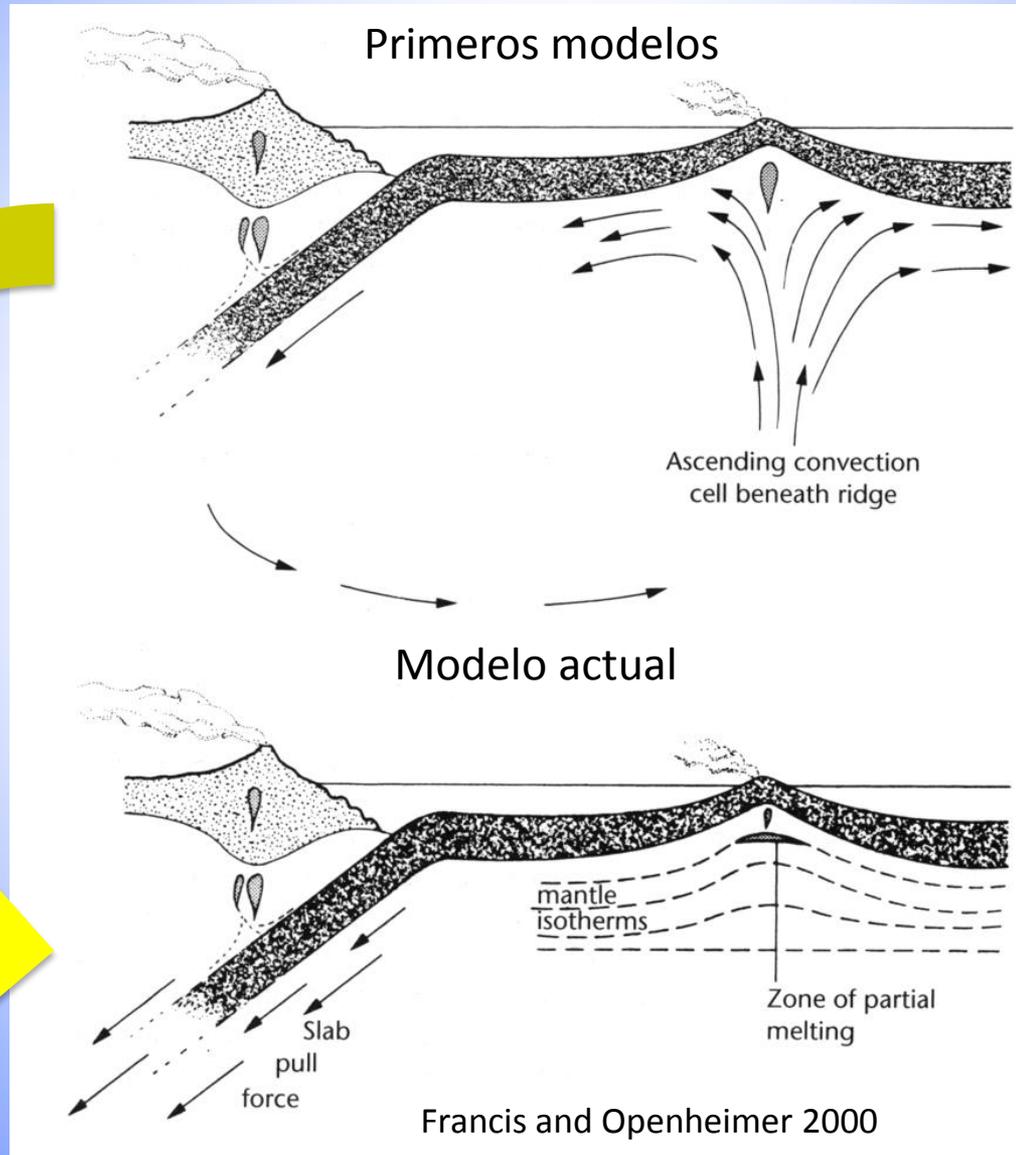
Dinamica del manto



Modelo del manto con dos capas:

- Transición a 660 km separa convección del manto profundo con flujos del manto superficial
- Capa D = origen de las corrientes ascendentes del manto (plumas = *Plumes*)
- Pedazos de corteza entrenados en el manto en las zonas de subducción suben en zonas de plumas mantelicas.

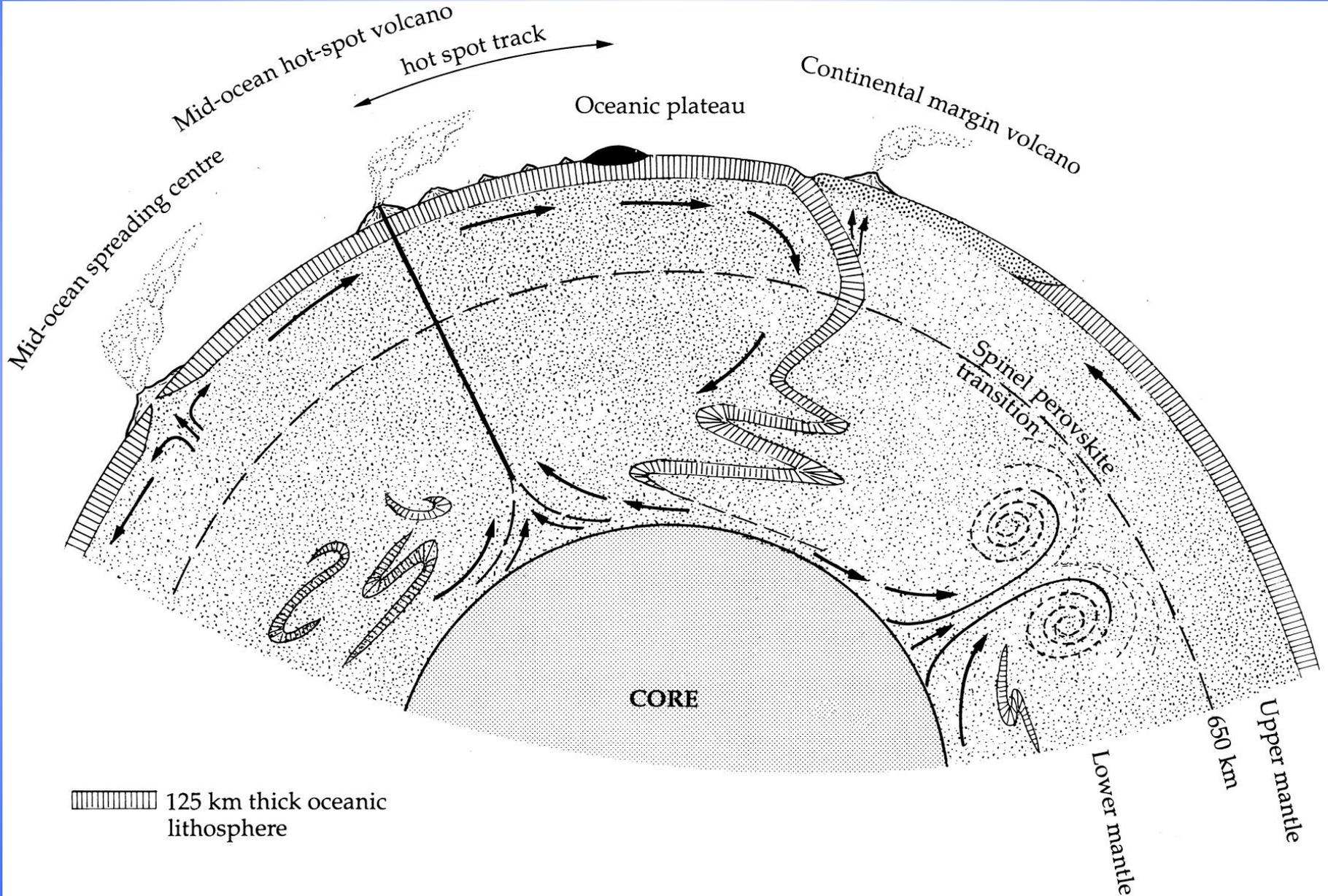
Movimientos de densidad



Movimientos de convección en el manto causan la migración de las placas

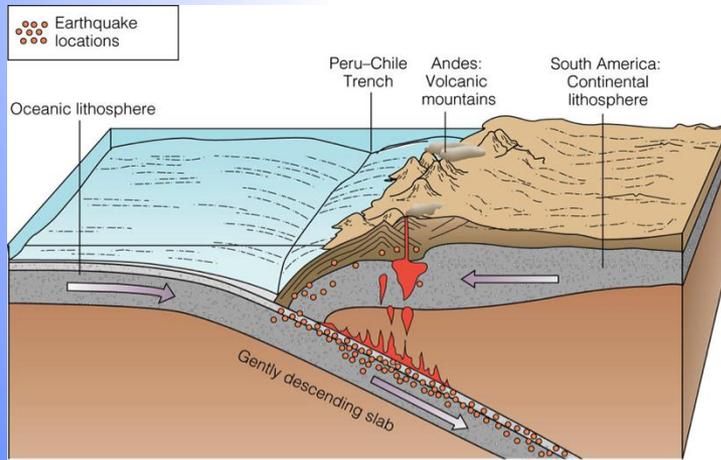
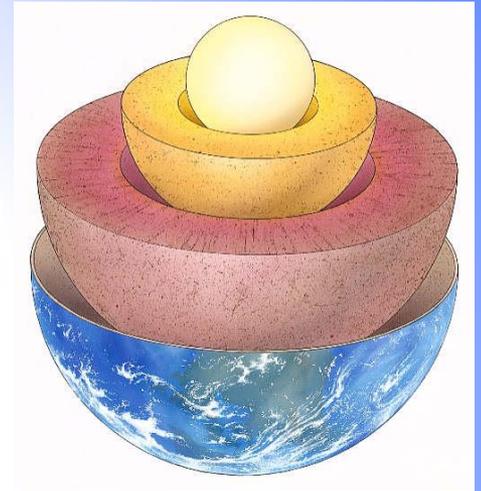
La alta densidad de la placa subducida "jala" la litosfera, lo que causa descompresión y fusión del manto

La dinámica interna de la Tierra



Gracias por su atención

más preguntas:
m.guilbaud@geofisica.unam.mx



Gracias a Denis Legrand y
Vladimir Kostoglodov por
compartir diapositivas