

# **Estructura Interna de la Tierra**

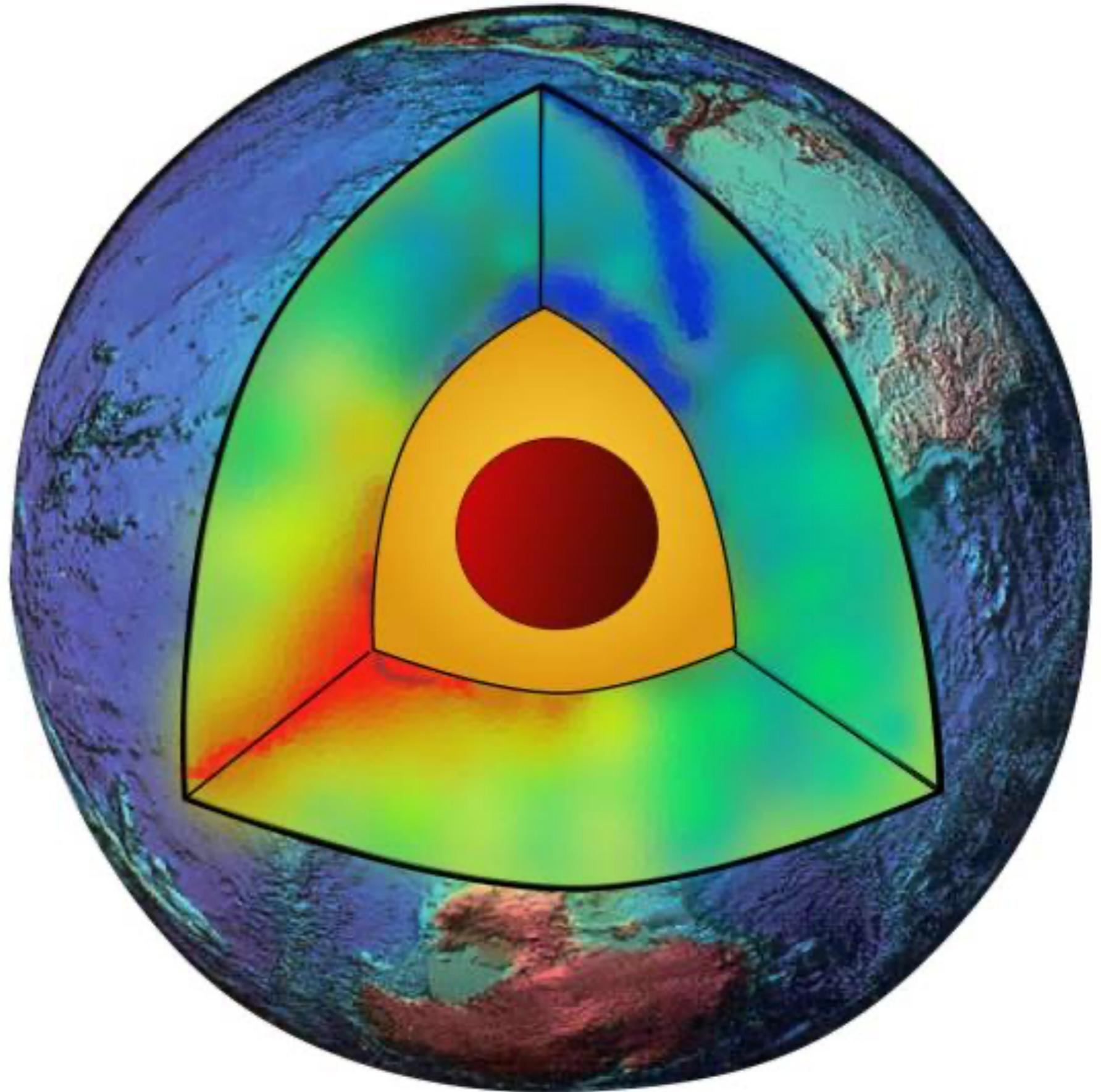
**Geología General**

# Estructura Interna de la Tierra

-La máquina termina del interior de la Tierra.

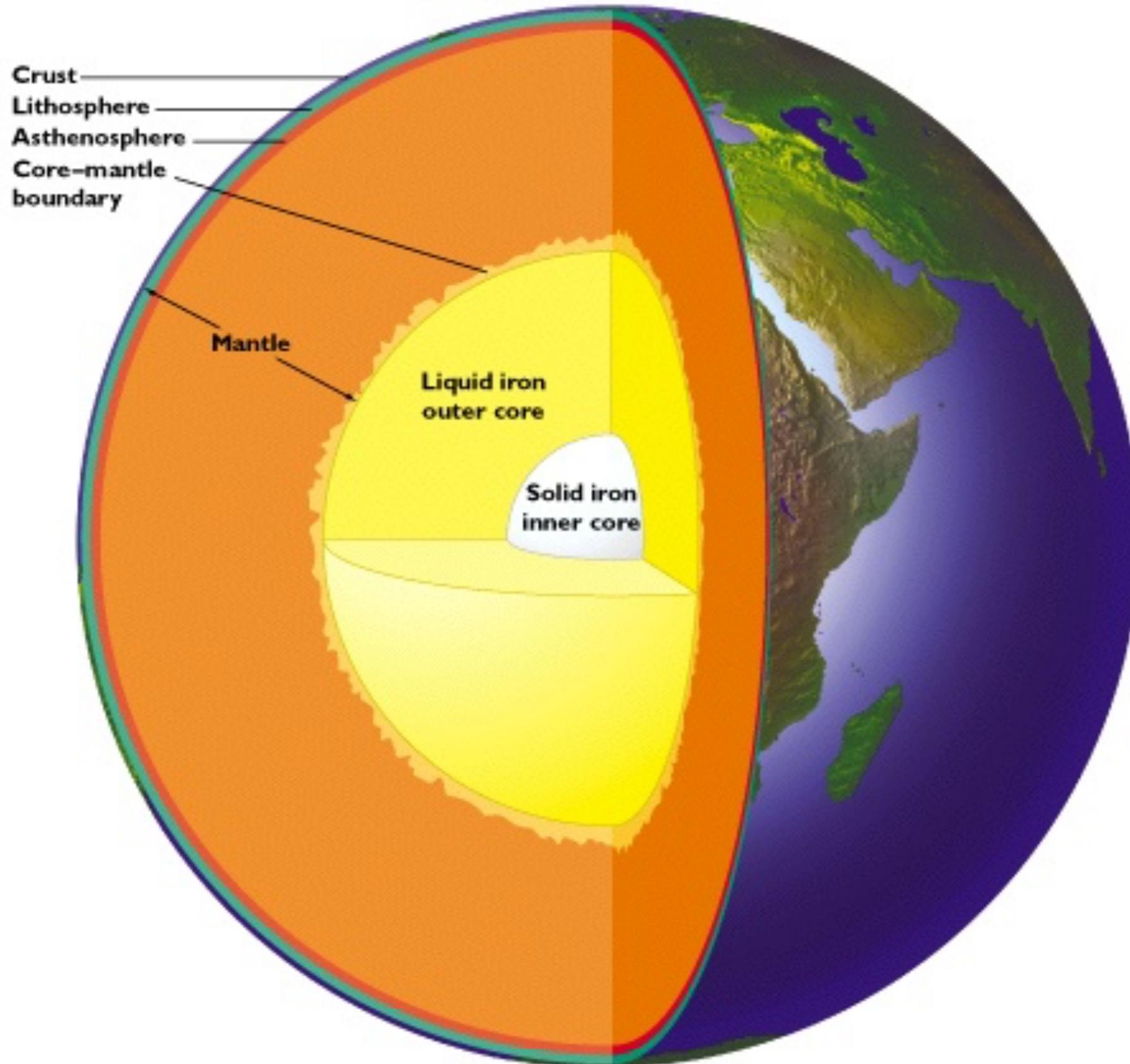
-Campo magnético de la Tierra

-Introducción a la sismología: herramientas para ver el interior de la Tierra.



# Estructura Interna de la Tierra

## Composición



# Estructura Interna de la Tierra

## Corteza:

**Corteza oceánica** (espesor prom. 7-10 km)

-Tope: sedimentos pelágicos (~ 0.5 km)

-Estratigrafía relativamente uniforme →

## Ofiolitas:

-*Pillow lavas* (basalto)

-Diques laminados o  
*sheeted dikes* (diabasa)

-Gabro (isotrópico)

-Gabro (acumulado en capas)

-Acumulaciones ultramáfica

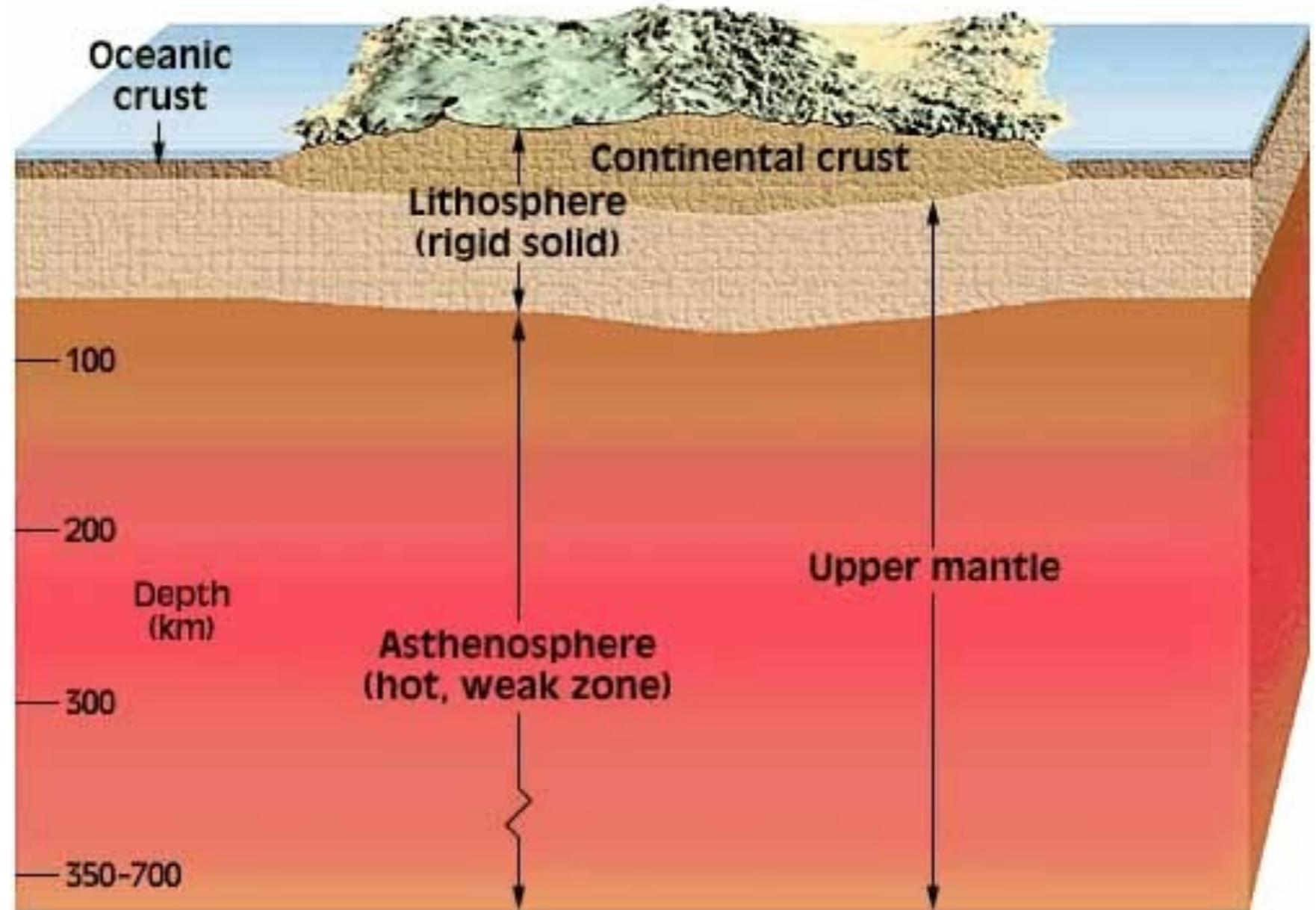
-Tectonita ultramáfica inferior

**Corteza continental** (espesor 20-90 km,  
prom. ~35 km)

-Antiguo (hasta 4 Ga)

-Heterogéneo (composición media: diorita-  
granodiorita)

-Núcleo cratónico (Precámbrico): rodeado  
progresivamente de cadenas montañosas.  
La corteza inferior es máfica y la corteza  
superior es más silíceo



## Preguntas:

-¿Cómo sabemos la secuencia de profundidad en la corteza oceánica?

-Si la Tierra tiene 4.567 Ga de edad, por qué la corteza más antigua tiene solo 4.0 Ga?

-¿Por qué es la corteza inferior máfica y la corteza superior silíceo?

# Estructura Interna de la Tierra

**Manto:** Peridotita (roca rica en olivino)

SiO <sub>2</sub>	45.1%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.3 %
FeO	8.0 %
MgO	38.1 %
CaO	3.1 %

Composición media: manto tiene composición variable: El manto superior está agotado y el manto inferior es "primitivo".

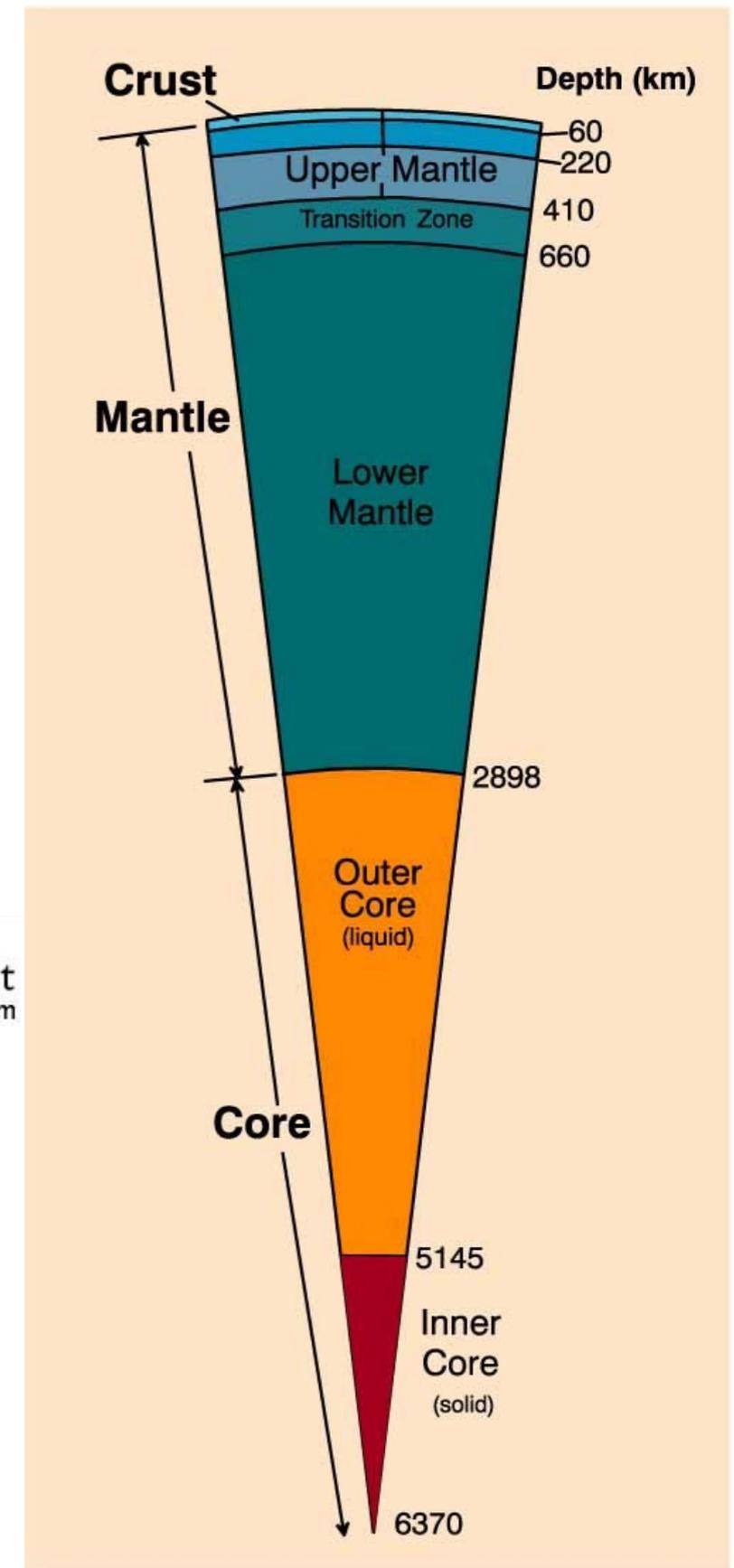
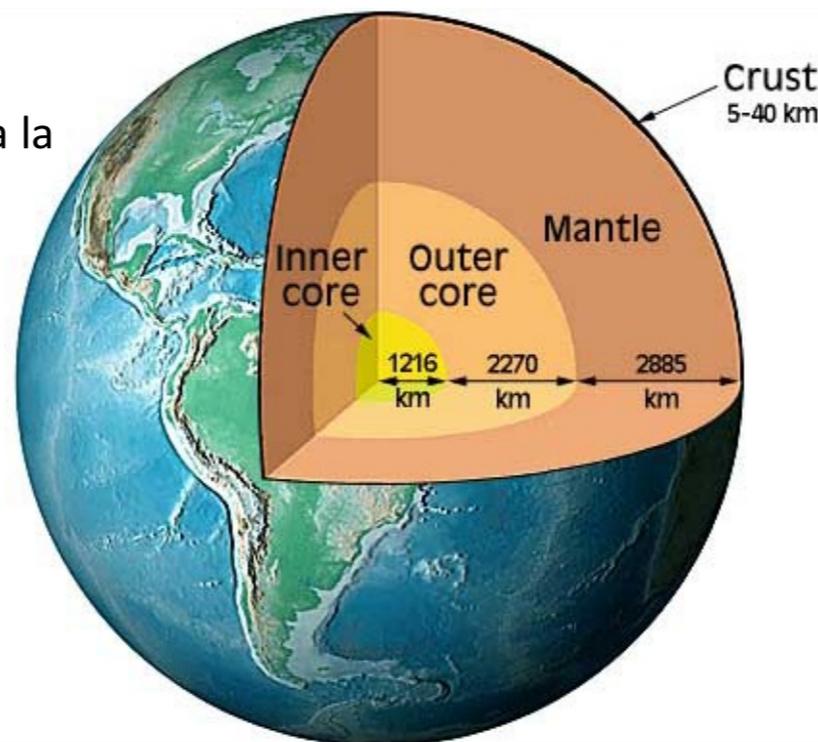
La composición promedio se basa en análisis de manto: xenolitos, meteoritos, densidad y datos geofísico.

1. **Manto Superior** (27.5%): se extiende desde MOHO hasta la discontinuidad a 660 km. Hay dos transiciones principales

-A 410 km, el olivino se transforma de una estructura cristalina ortorrómbica a cúbica (espinela) con disminución de la densidad.

-A 660 km, límite inferior de la zona de transición.

2. **Manto inferior** (55.5%): a 660 km la espinela se transforma en una estructura más densa (similar a la estructura de perovskita) con Si en coordinación octahédrica. Asociado con wüstita de magnesio.



# Estructura Interna de la Tierra

## Núcleo (16%):

-80-85% Fe + 5-6% Ni "aleación" + 10-15% elementos ligeros, probablemente (S+O+Si).

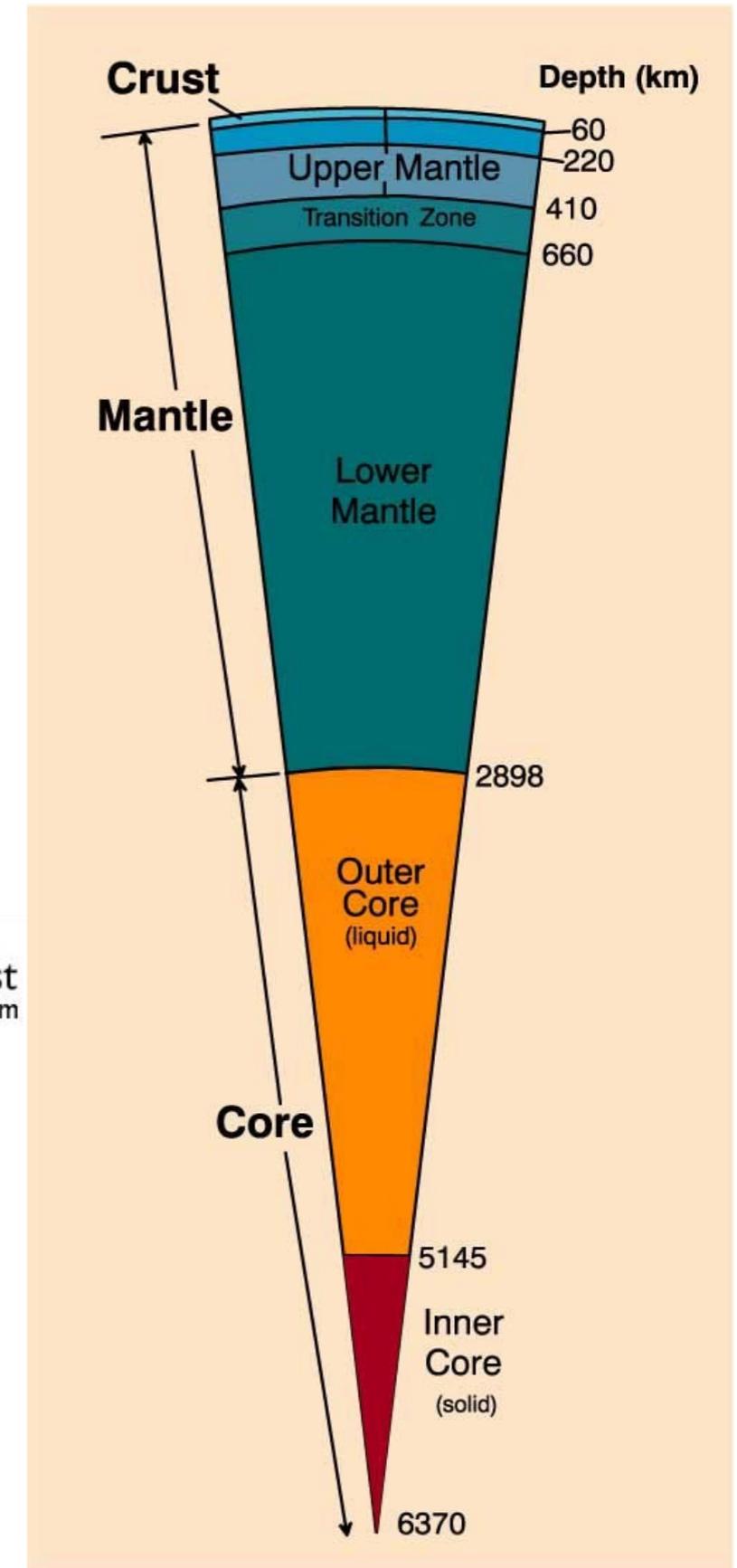
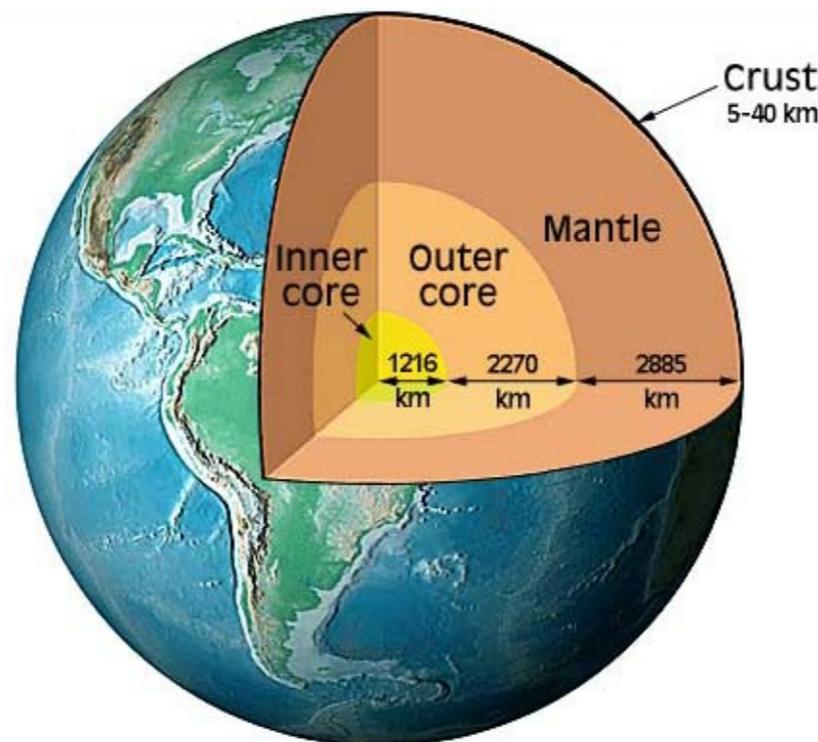
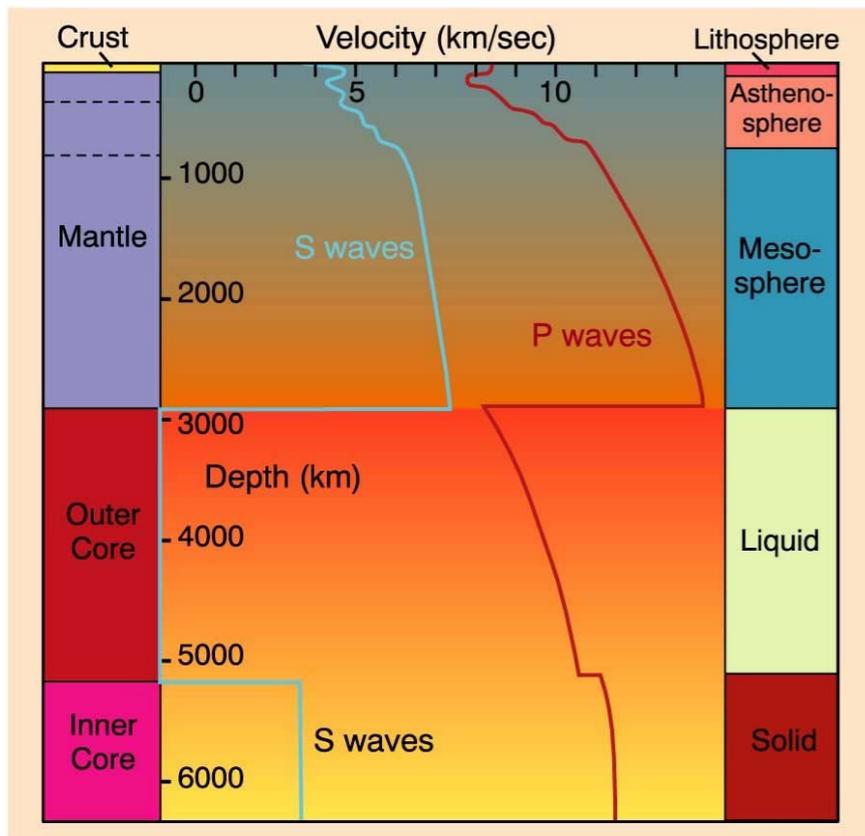
-La composición se basa en analogía con meteoritos de hierro, datos de densidad y velocidad sísmica.

\*El núcleo externo es "líquido", es decir, no transmite ondas S.

\*El núcleo interno es sólido (efecto de presión).

-Convección en el núcleo exterior. Se cree que el núcleo es la fuente campo magnético de la Tierra.

-Existe un fuerte gradiente de temperatura en el límite del núcleo-manto, a 2898 km. Podría ser la fuente de plumas mantélicas (?).



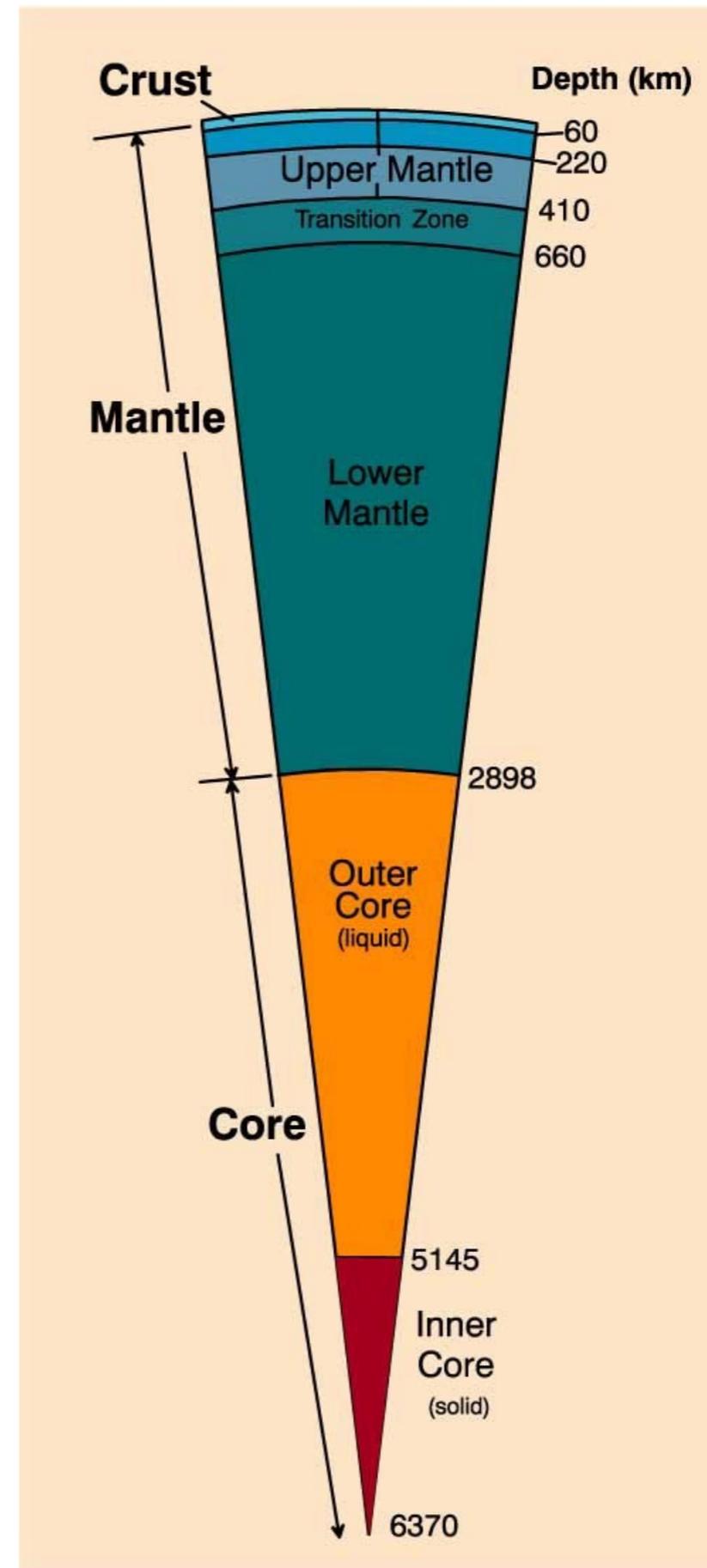
# Gradiente de Presión

## Ejercicio 1

Profundidad	Densidad	Zona
0 km	$\leftarrow 1.22 \text{ g cm}^{-3} \leftarrow$	Atmósfera
62 km	$\leftarrow 2.5 \text{ g cm}^{-3} \leftarrow$	
10 km	$\leftarrow 3.1 \text{ g cm}^{-3} \leftarrow$	
405 km	$\leftarrow 3.5 \text{ g cm}^{-3} \leftarrow$	
652 km	$\leftarrow 4.2 \text{ g cm}^{-3} \leftarrow$	
2891 km	$\leftarrow 5.5 \text{ g cm}^{-3} \leftarrow$	
5125 km	$\leftarrow 9.9 \text{ g cm}^{-3} \leftarrow$	
6362 km	$\leftarrow 12.8 \text{ g cm}^{-3} \leftarrow$	

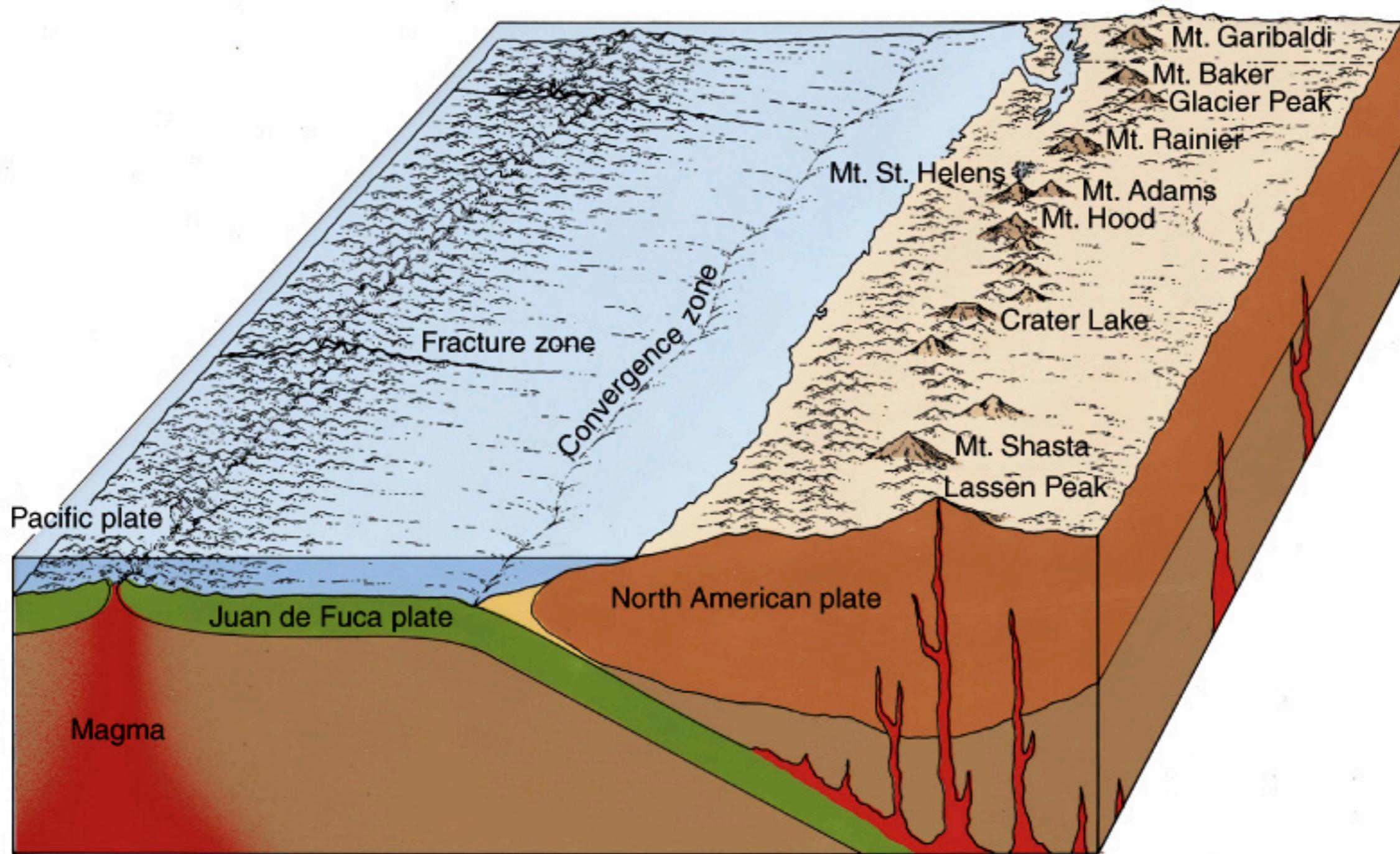
Realizar una hoja de cálculo dónde se incluya lo siguiente:

- (1) ¿En qué zona de la estructura interna de la Tierra se encuentran dichas profundidades? (ver gráfico).
- (2) Obtenga las presiones en GPa, Kbares y Gatm para las profundidades y densidades dadas.
- (3) Elabore la curva de gradiente de presión con las densidades dadas.



# Convección del manto

¿Cómo ocurre?



# Fuentes principales de energía térmica

## ¿Cómo se transfiere el calor?

### Fuentes principales de energía térmica:

1. Energía térmica exterior (balance de energía): La energía solar es 5K veces mayor al resto. 30% reflejado, 70% transmitido (sistema hidrológico, movimiento de masas de aire, transporte de corrientes marinas, fotosíntesis, etc.)

2. Energía térmica interior (flujo calorífico): “Pequeña” pero suficiente para conducir los procesos geológicos. Energía es 100 veces mayor que el vulcanismo, terremotos, y otros procesos como el metamorfismo, plegamiento y fallamiento de las rocas.

- Calor por acumulación inicial y diferenciación del Tierra:  $dT/dz$  comenzó a disminuir luego de la solidificación. Partición gravitacional continuada del Fe en el núcleo interno.

- Calor por la desintegración radiactiva: Isótopos inestables de larga vida (U, Th, Rb, K). Transformación de energía cinética a térmica. Disminuye con el tiempo.

### El calor se transfiere a través de tres procesos térmicos:

1. Radiación  $\beta$  Si el material es transparente o translúcido.

- Emisión de energía electromagnética (luz visible, infrarroja, etc.).

- Las rocas son sólidas y opacas, (excepto quizás a gran profundidad por silicatos).

2. Conducción  $\beta$  Si el material es opaco y rígido.

- Transferencia de energía cinética desde átomos calientes a fríos.

- Eficiente en metales, pobre en silicatos.

3. Convección  $\beta$  Si el material es dúctil.

- Movimiento de material (requiere ductilidad).

- Expansión inducida por el calor y flotabilidad.

Mucho más eficiente que la conducción.

# Densidad



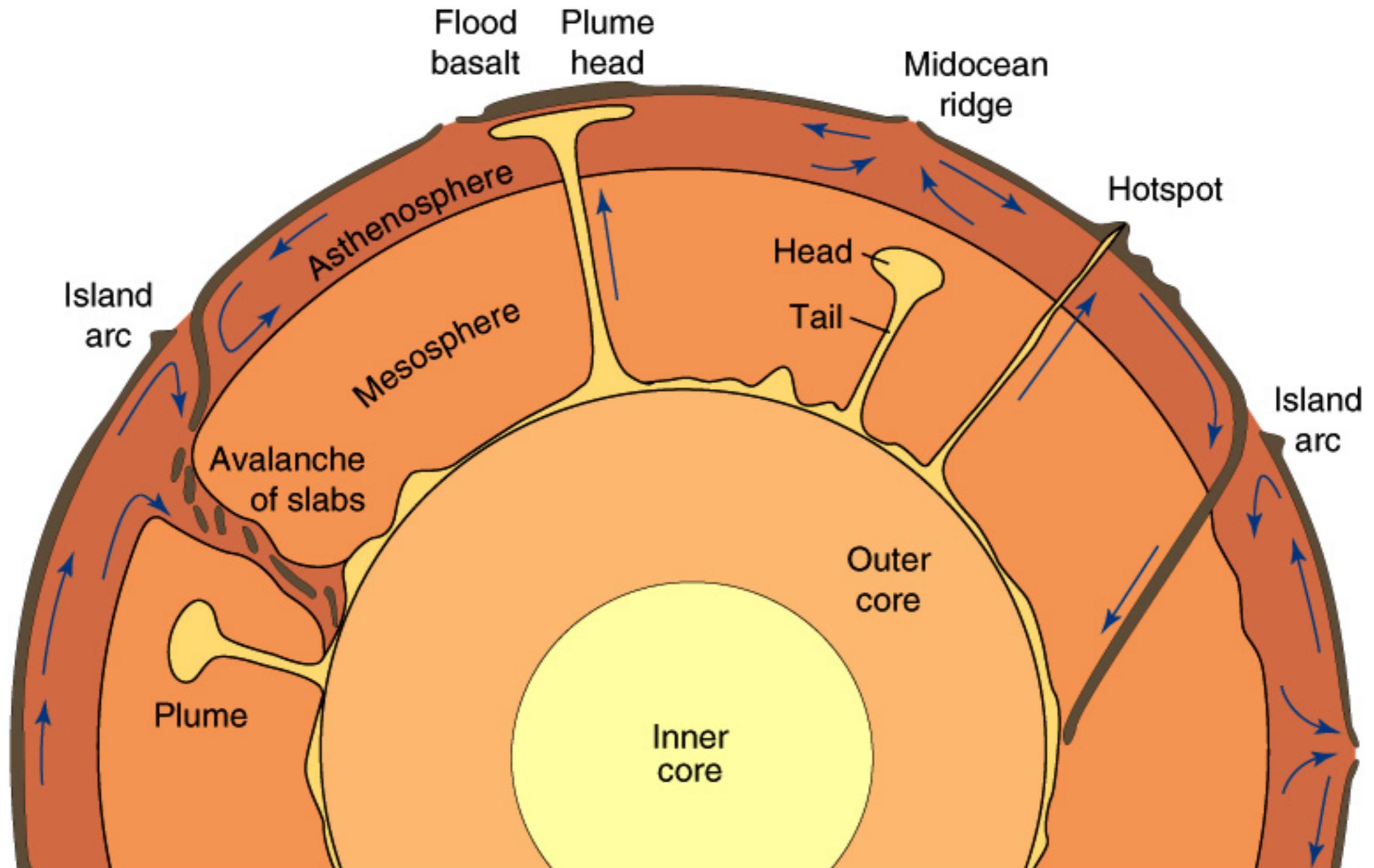
Es la masa de un material, por unidad de volumen.

Generalmente se da en  $\text{g/cm}^3$  o  $\text{kg/m}^3$ .  
A modo de comparación, la densidad de agua es  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

# ¿Qué impulsan los movimientos de placas?

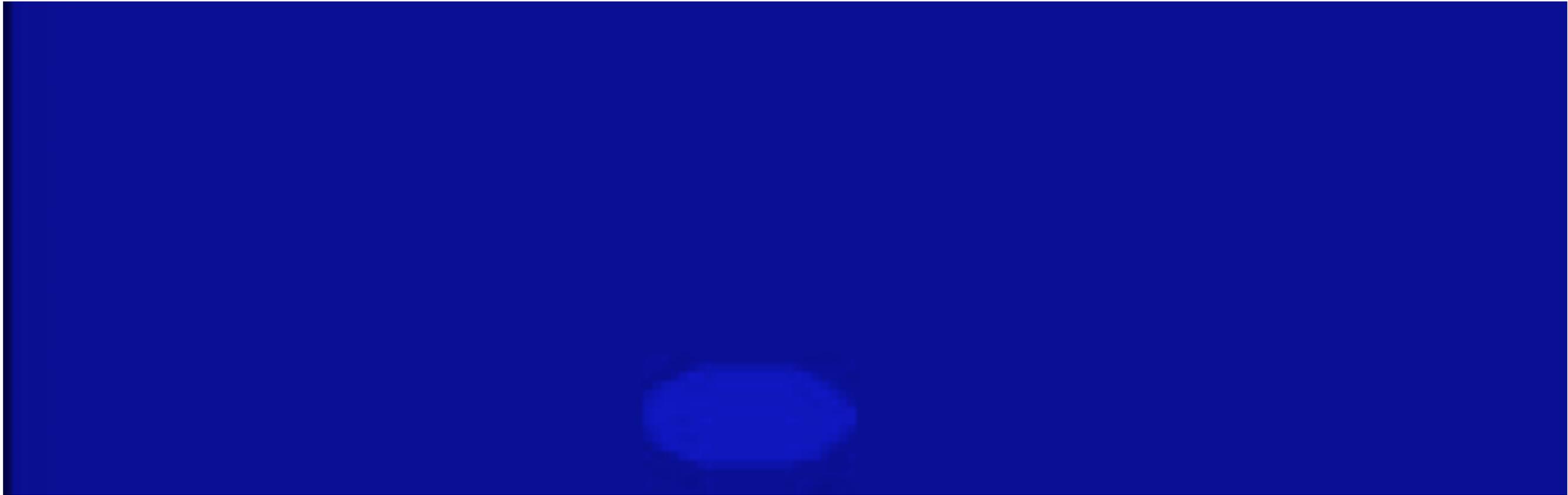
Materiales convectivos en el manto de la Tierra se originan a profundidad, cerca del límite núcleo-manto.

- Flujo convectivo que depende de la densidad y temperatura.
- Convección ascendente y descendente.
- Distribución desigual del calor en el interior de la Tierra.



# Fuerzas que impulsan el movimiento

## Convección del Manto: Natural



### Convección del manto

Movimiento del material que, habiendo absorbido calor (menor densidad, mayor flotabilidad) en cierto lugar, se mezcla con un fluido más frío (mayor densidad, menor flotabilidad) y cede calor. La convección puede involucrar dos tipos de flujos:

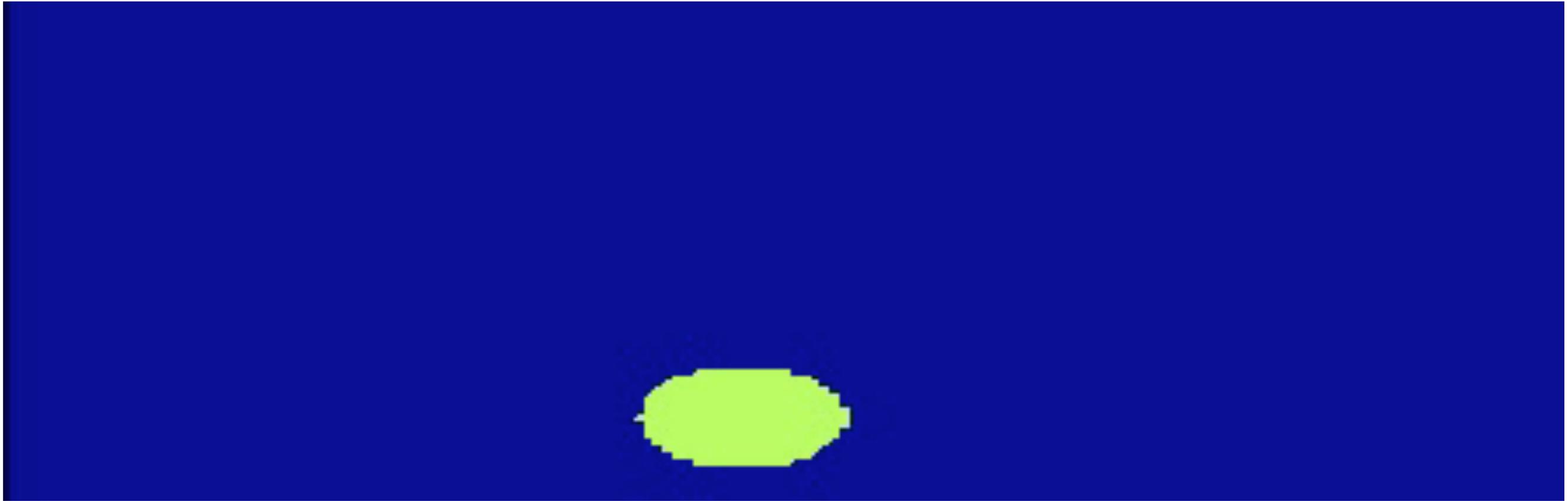
- Una dirección: el material caliente se acumulará en el tope del sistema dúctil.
- Cíclico: El material caliente asciende y desplaza lateralmente al material frío y denso que tiende a descender y así se mantiene un sistema continuo.

### Convección natural

-**Plumas mantélicas:** ocurren en respuesta a una perturbación del gradiente geotérmico en la interfaz núcleo-manto. Tienen magma más primitivo. Introducen calor al manto.

# Fuerzas que impulsan el movimiento

## Convección del Manto: Penetrativa

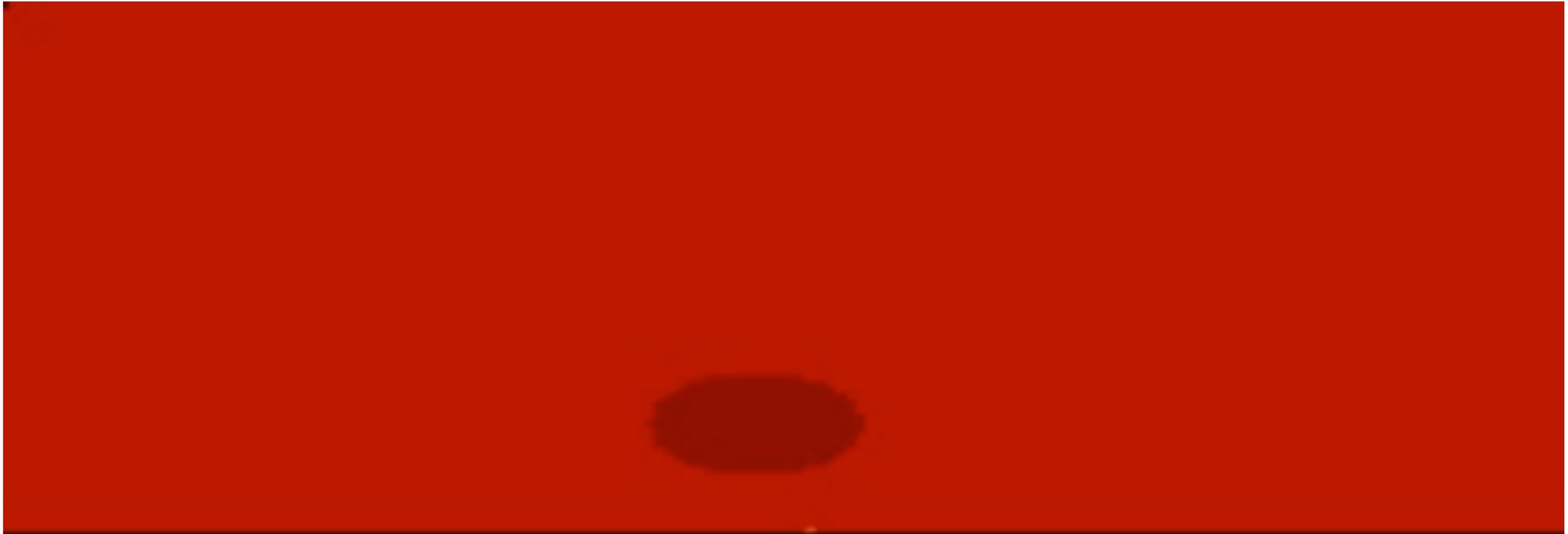


### Convección penetrativa

- Zonas de divergencia**, donde ocurre una fusión parcial del manto superior (peridotita). Forma dorsales oceánicas. Mecanismo encargado de la formación de cuencas oceánicas.
- Fuerza de empuje de placa**, por la posición elevada de la dorsal que permite deslizar a la fosa de circulación.

# Fuerzas que impulsan el movimiento

## Convección del Manto: Forzada

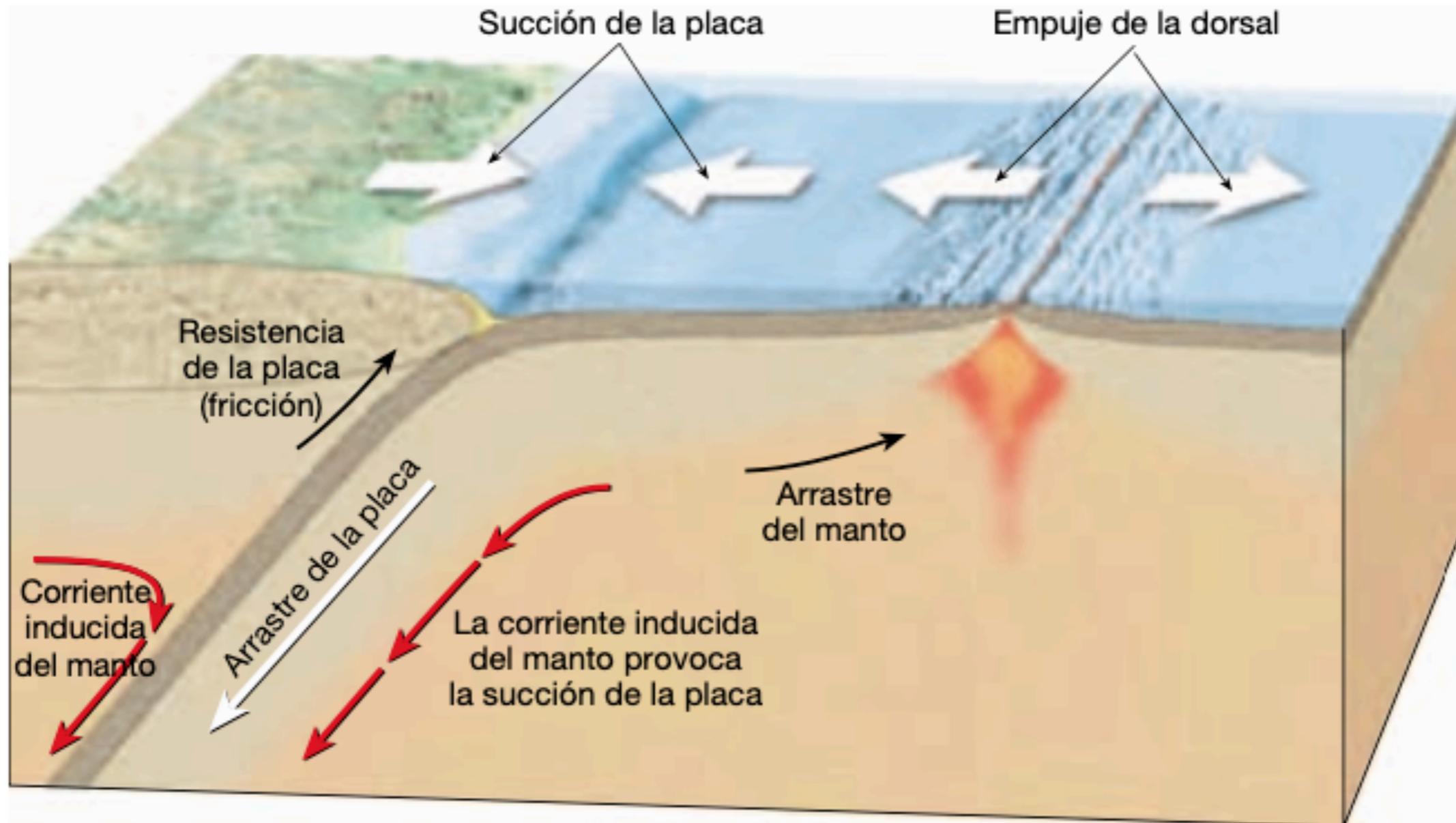


### Convección forzada

- Zonas de subducción**, donde la corteza “forza” la convección en el manto adyacente.
- Fuerza de arrastre de placa**, por la posición elevada de la dorsal que permite deslizar a la fosa de circulación.
- Fuerza de succión**, por la posición elevada de la dorsal que permite deslizar a la fosa de circulación.

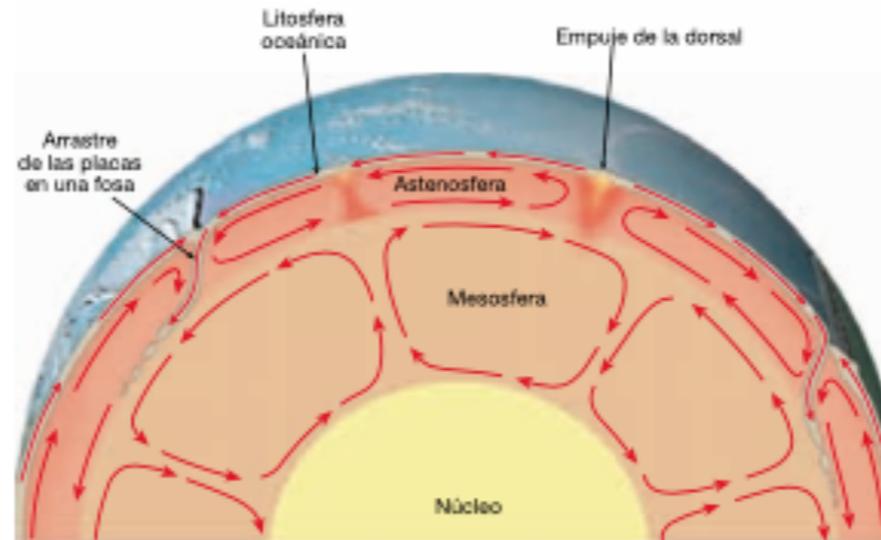
# Fuerzas que impulsan el movimiento

## Convección del Manto

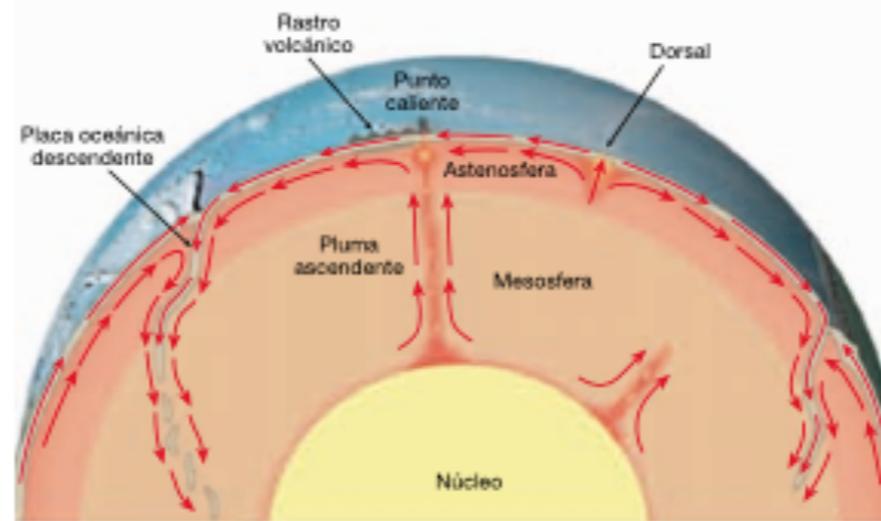


# Fuerzas que impulsan el movimiento

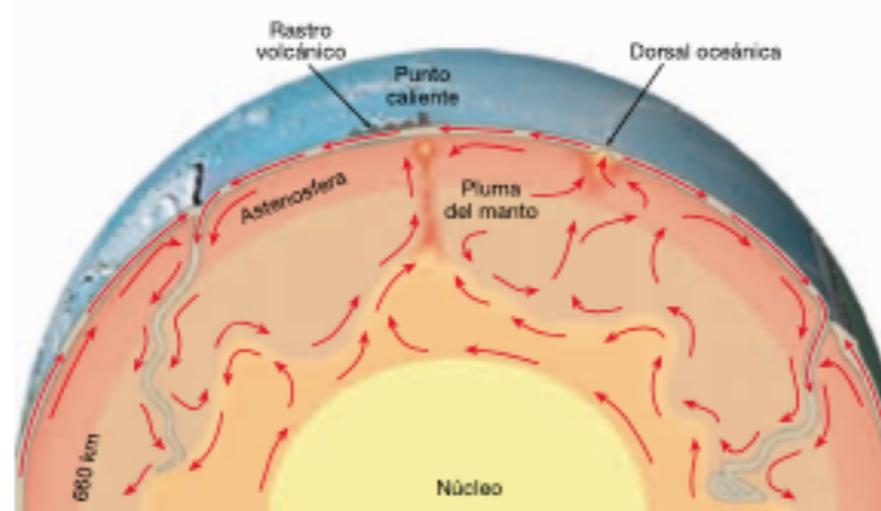
## Convección del Manto



A. Estratificación a 660 kilómetros



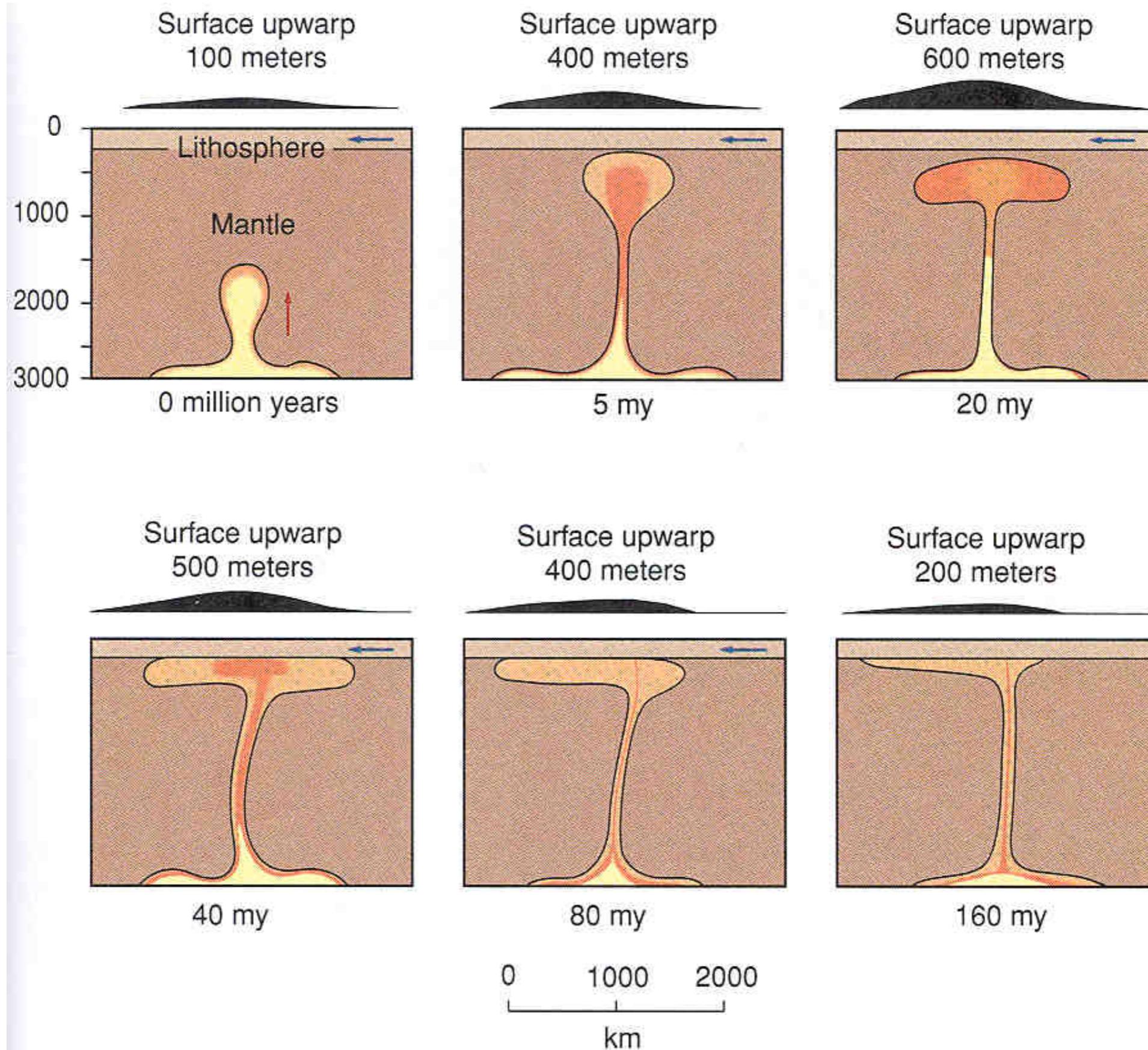
B. Convección de todo el manto



C. Modelo de capa profunda

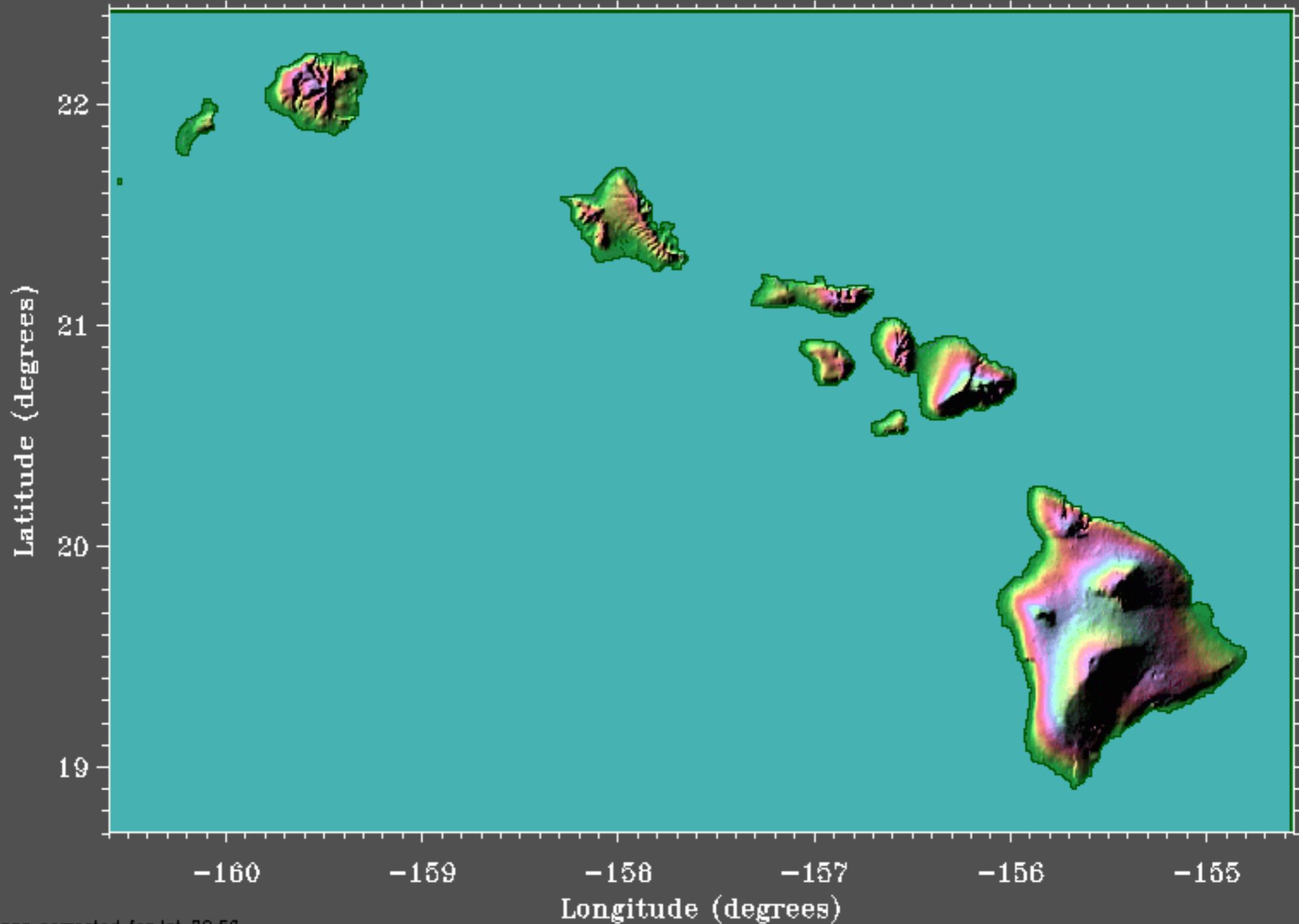
# Convección del Manto

Las plumas mantélicas producen puntos calientes (*hotspots*)



# Convección del Manto

Las plumas mantélicas producen puntos calientes (*hotspots*)



Shape corrected for lat 20.56

V 2.2 COPYRIGHT © 1997 by RAY STERNER, JOHNS HOPKINS UNIVERSITY APPLIED PHYSICS LABORATORY