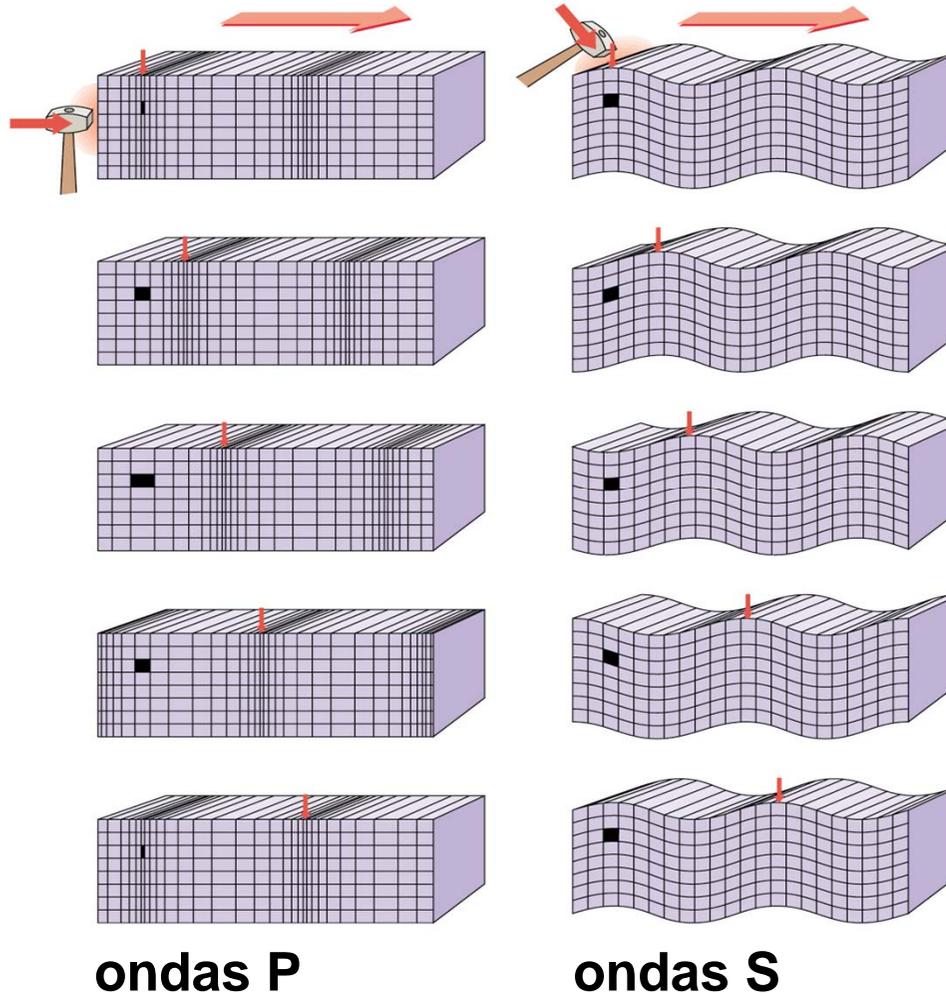


Tema 3
El Interior de la Tierra

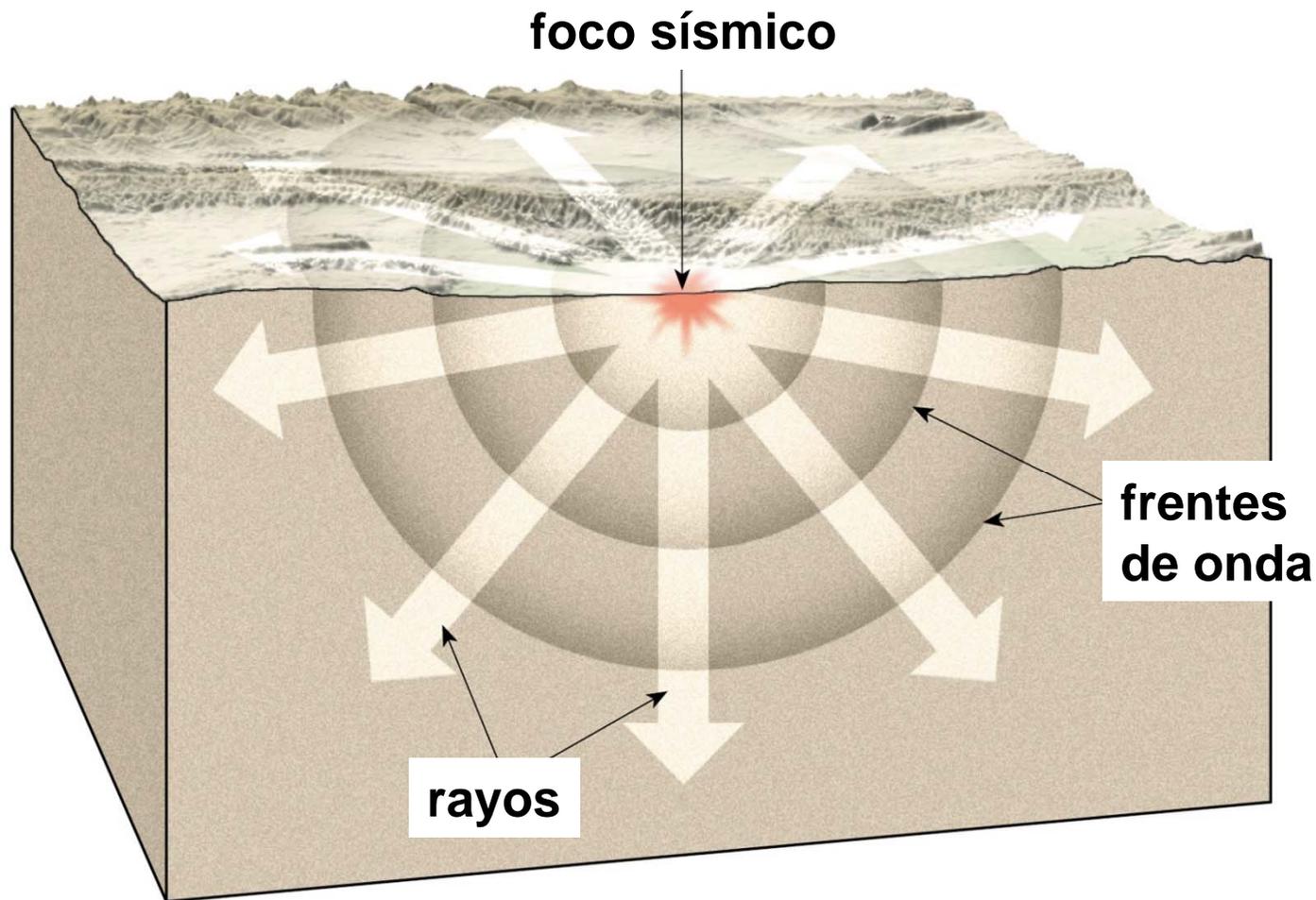
Caracterización del Interior de la Tierra

- **La mayor parte del nuestro conocimiento del interior de la Tierra proviene del estudio de las ondas sísmicas**
 - **Los tiempos de tránsito de las ondas P (compresivas) y S (de corte) a través de la Tierra varían con las propiedades de los materiales**
 - **Las variaciones en los tiempos de tránsito se corresponden con cambios en los materiales atravesados**

Ondas P y S a Través de un Sólido



Caracterización del Interior de la Tierra



Caracterización del Interior de la Tierra

- **Naturaleza de las ondas sísmicas**
 - Su velocidad depende de la densidad y la elasticidad del material implicado
 - Dentro de una capa dada, en general, **la velocidad aumenta con la profundidad.**
 - Ello es debido a que la presión tiende a formar un material cada vez más denso y elástico
 - **Las ondas compresivas (ondas P) son capaces de propagarse a través de líquidos y sólidos**

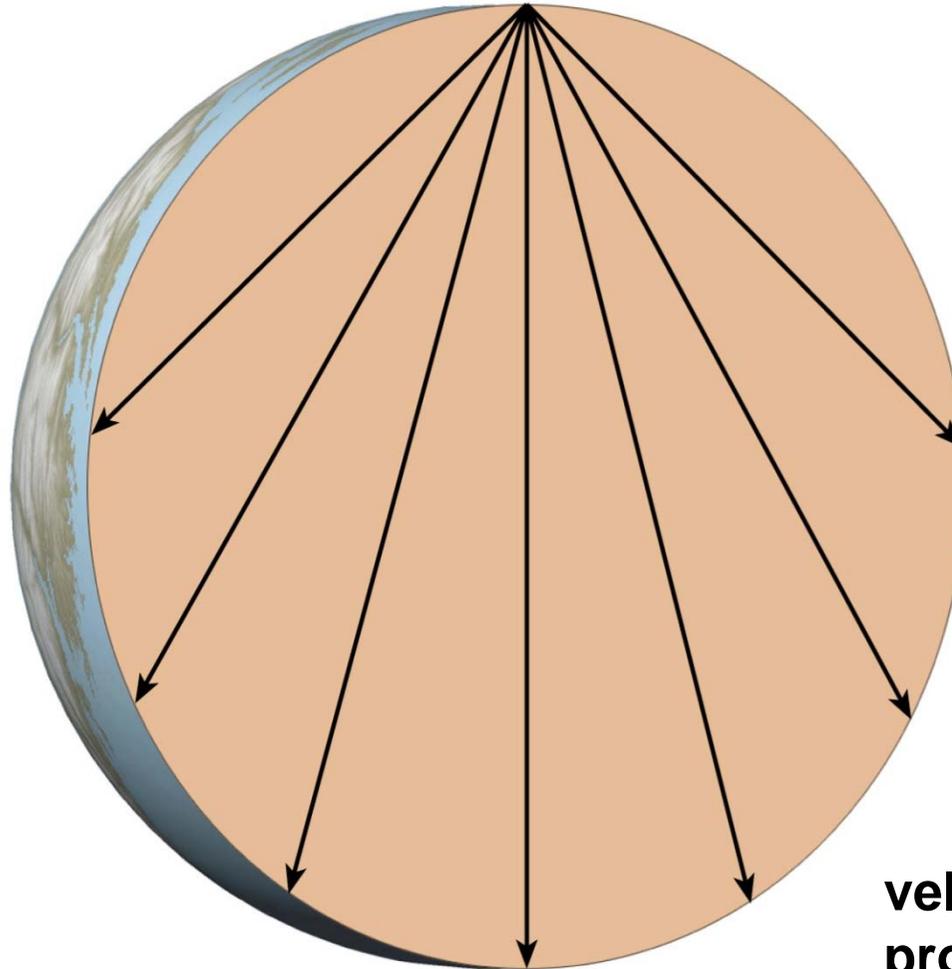
Caracterización del Interior de la Tierra

- **Naturaleza de las ondas sísmicas**
 - Las ondas de corte o cizalla (ondas S) no se pueden propagar a través los líquidos
 - En cualquier material, las ondas P viajan más rápido que las ondas S
 - Cuando las ondas sísmicas pasan la frontera entre materiales con diferentes propiedades, estas son refractadas

Ondas Sísmicas y Estructura Interna

- **Los cambios bruscos en la velocidad de propagación de las ondas sísmicas observados a profundidades concretas, ha permitido establecer que la Tierra está compuesta por múltiples capas concéntricas**
- **Cada capa se caracteriza por su composición**
 - **Debido al fraccionamiento gravitatorio ocurrido en la Tierra durante la etapa de fusión generalizada, el interior de la Tierra no es homogéneo**

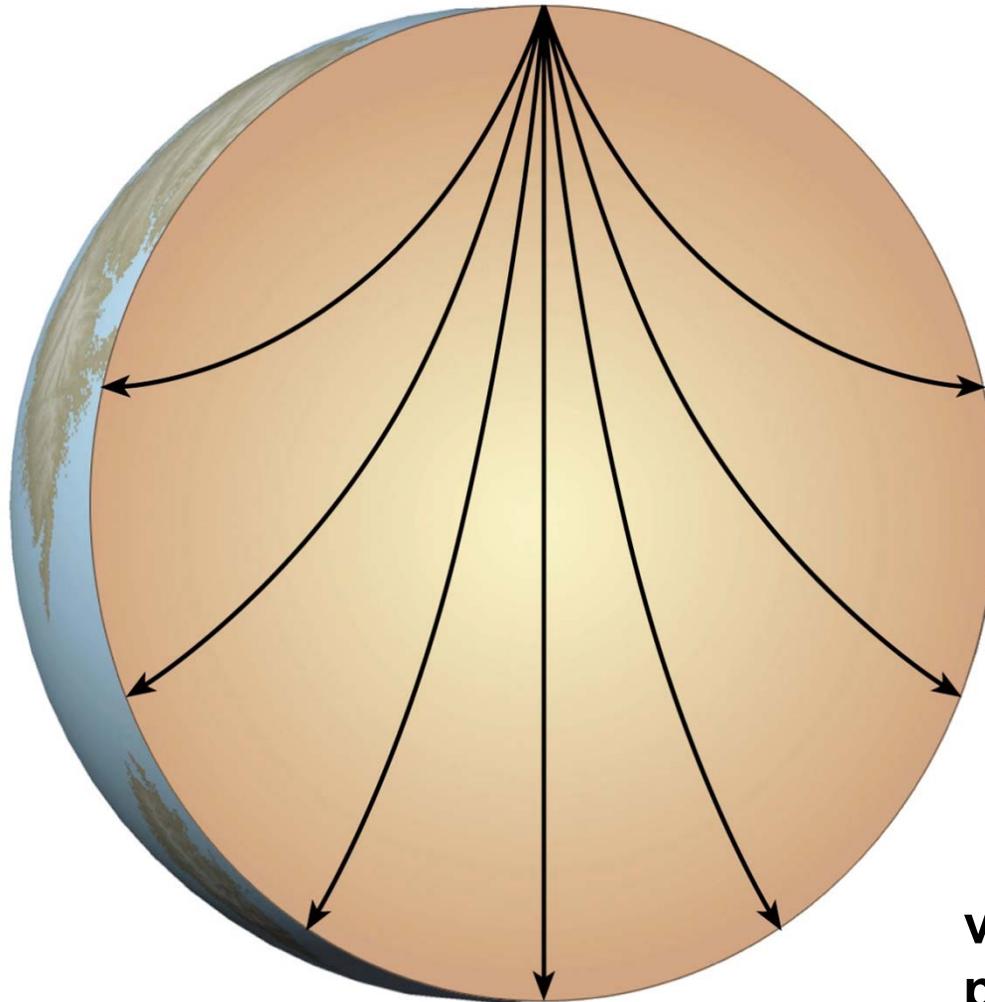
Ondas Sísmicas en una Esfera Isótropa



Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

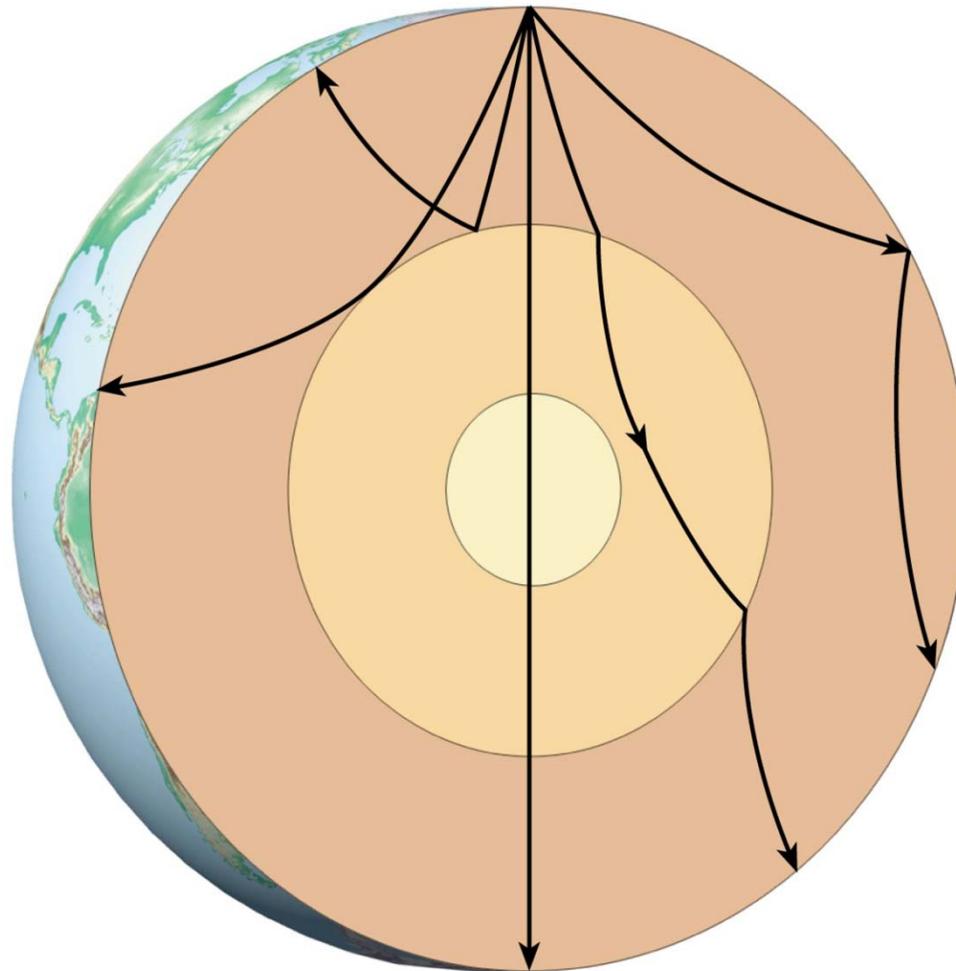
**velocidad de
propagación constante**

Ondas Sísmicas en una Esfera Anisótropa



velocidad de
propagación variable

Ondas Sísmicas en una Esfera Estratificada



Ondas Sísmicas y Estructura Interna

- Definición de capas: **COMPOSICIÓN**
 - Se distinguen tres capas principales
 - **Corteza** – envuelta externa, relativamente delgada, cuyo espesor va desde los 3 km (en las dorsales oceánicas) hasta los 70 km (bajo algunas cordilleras)
 - **Manto** – capa rocosa, enriquecida en sílice, que se extiende hasta una profundidad de unos 2900 km
 - **Núcleo** – esfera rica en Fe y con un diámetro de 3486 km

Corteza

- **Es la capa más delgada de la Tierra**
 - **Espesor variable (>70 km bajo algunas cordilleras y 3-15 km en la corteza oceánica)**
- **Se divide en dos unidades**
 - **Corteza continental**
 - **Densidad media de unos 2.7 g/cm³**
 - **Composición análoga a la de la granodiorita**
 - **Corteza oceánica**
 - **Densidad de unos 3.0 g/cm³**
 - **Se compone principalmente de una roca ígnea denominada basalto**

Manto

- **Constituye el 82% del volumen de la Tierra**
- **Es una capa sólida y rocosa**
- **Su zona superior tiene la composición de la roca ultramáfica denominada peridotita**
- **Se divide en dos unidades**
 - **Mesosfera** (manto inferior)
 - **Astenosfera** (manto superior)

Núcleo

- Su tamaño es mayor que el del planeta Marte
- Es la capa central y densa de la Tierra
- Su densidad media es de unos 11 g/cm³
- En el centro de la Tierra se aproxima a unas 14 veces la densidad del agua
- Principalmente Fe, con un 5 al 10 % de Ni y cantidades menores de otros elementos ligeros
- Se divide en dos unidades
 - **Núcleo externo** – capa líquida superior con un espesor de unos 2270 km
 - **Núcleo interno** - esfera interna sólida cuyo radio aproximado es de 1216 km

Núcleo

- **Origen**
 - **La teoría más aceptada es que el núcleo se formó al principio de la historia de la Tierra**
 - **A medida que la Tierra empezó a enfriarse el Fe del núcleo empezó a cristalizar y se formó su parte interna**

Ondas Sísmicas y Estructura Interna

- Definición de capas: **PROPIEDADES FÍSICAS**
 - Al aumentar la profundidad (z), el interior de la Tierra se caracteriza por el aumento gradual de T , P y ρ
 - En función de T y z , cualquier material terrestre puede comportarse como un sólido frágil, deformarse plásticamente o fundirse
 - La estructura interna de la Tierra puede enunciarse de acuerdo con el cambio en las correspondientes propiedades físicas (y su comportamiento mecánico)

Ondas Sísmicas y Estructura Interna

- Definición de capas: **PROPIEDADES FÍSICAS**
 - **Litosfera** (esfera de roca)
 - Capa más externa de la Tierra
 - Se corresponde con la corteza y la parte más externa del manto
 - Relativamente fría y rígida
 - Tiene un espesor promedio de unos 100 km pero puede ser >250 km en las zonas continentales más antiguas (cratones)

Ondas Sísmicas y Estructura Interna

- Definición de capas: **PROPIEDADES FÍSICAS**
 - **Astenosfera** (esfera débil)
 - Por debajo de la litosfera. Encajada en el manto superior y hasta una profundidad media de unos 660 km
 - La fusión parcial de esta capa la separa mecánicamente de la litosfera. Ello permite que ésta se mueva con una cierta independencia

Ondas Sísmicas y Estructura Interna

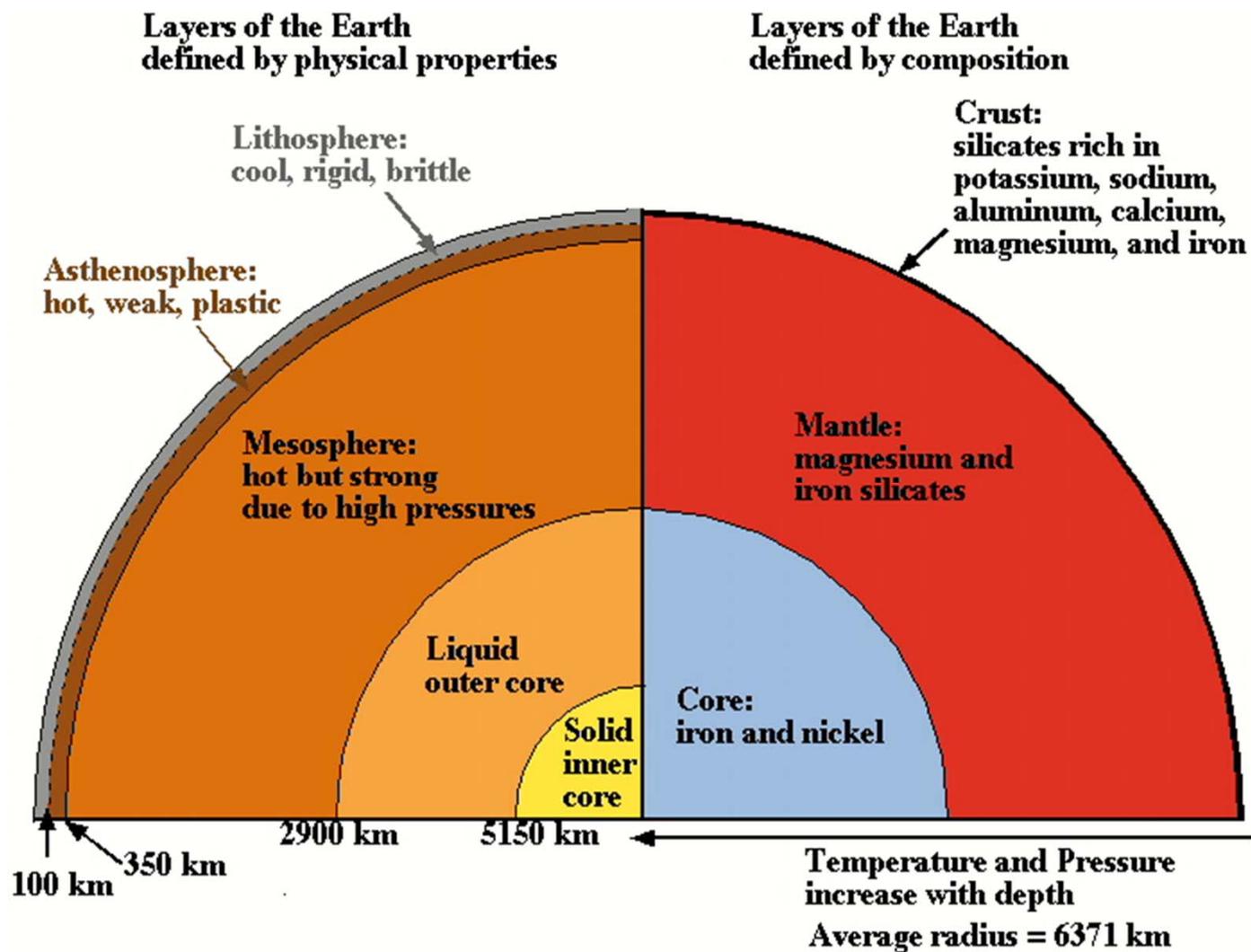
- Definición de capas: **PROPIEDADES FÍSICAS**
 - **Mesosfera o Manto inferior**
 - Capa rígida localizada en el manto entre los 660 km y los 2900 km de profundidad
 - En ella las rocas están muy calientes y son susceptibles de fluir muy despacio

Ondas Sísmicas y Estructura Interna

- Definición de capas: **PROPIEDADES FÍSICAS**
 - **Núcleo externo**
 - Compuesto, mayoritariamente, por una aleación de Fe-Ni
 - Se trata de una capa líquida
 - Tiene un espesor de unos 2270 km
 - El flujo convectivo dentro de esta capa genera el campo magnético de la Tierra

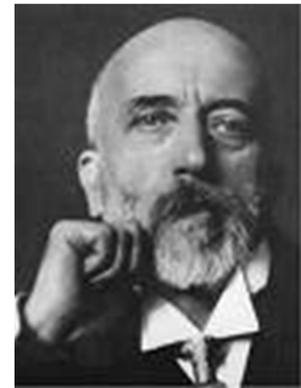
Ondas Sísmicas y Estructura Interna

- Definición de capas: **PROPIEDADES FÍSICAS**
 - **Núcleo interno**
 - Esfera con un diámetro de unos 3486 km
 - Presenta una mayor rigidez que el núcleo externo
 - Se comporta como un sólido



Discontinuidades Terrestres

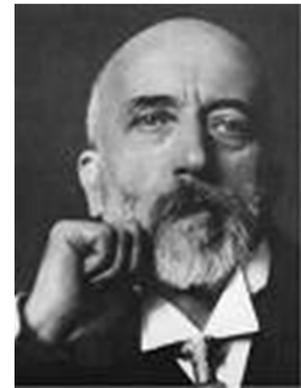
- **El Moho** (discontinuidad de Mohorovicic)
 - Descubierta en 1909 por Andriaja Mohorovicic
 - Separa los materiales crustales de los del manto
 - Se identifica por un cambio en la velocidad de propagación de las ondas P



Nota: en este contexto crustal hacer referencia a “rígido” no a “corteza”

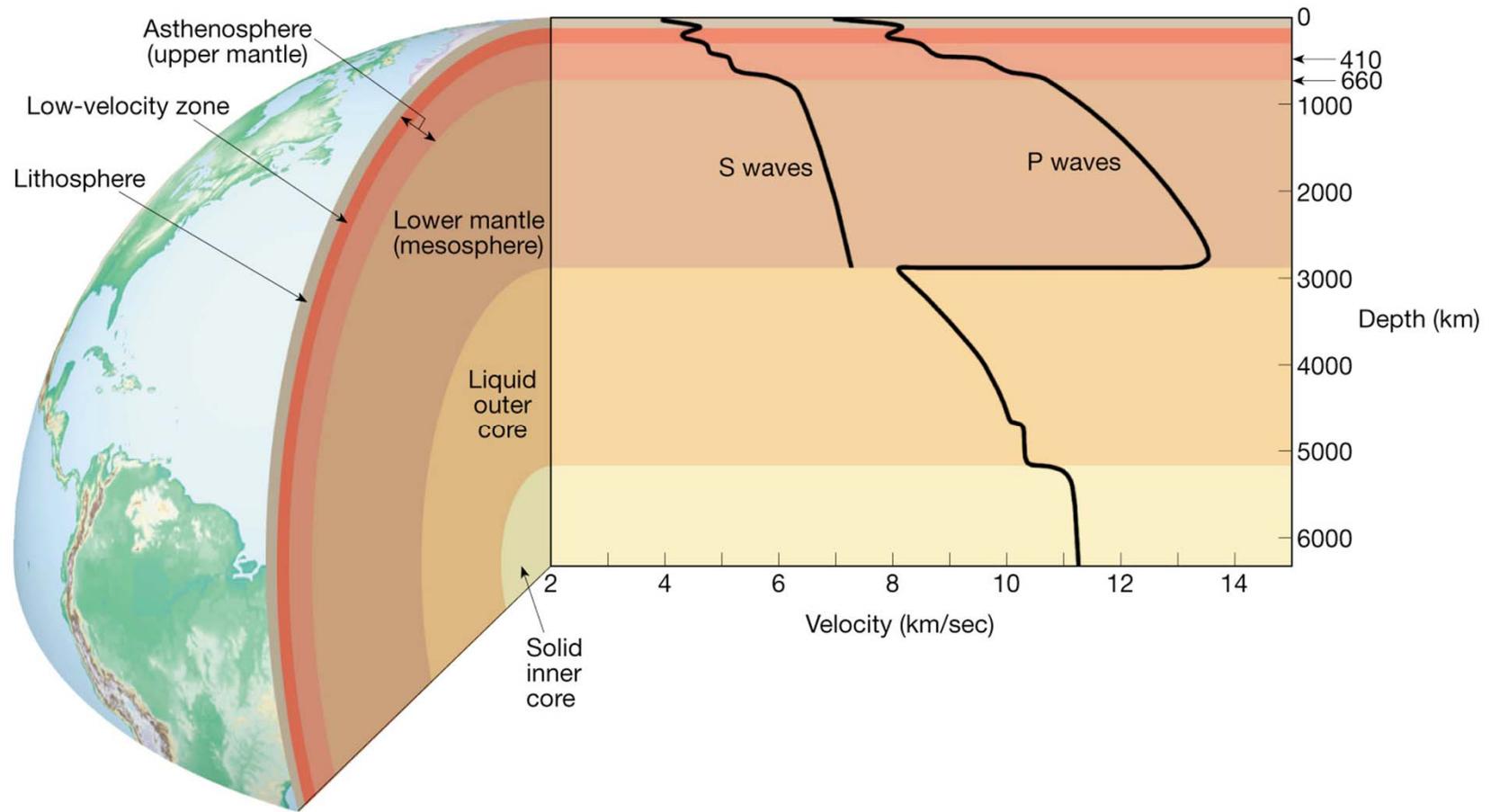
Discontinuidades Terrestres

- **El Moho** (discontinuidad de Mohorovicic)
 - Descubierta en 1909 por Andriaja Mohorovicic
 - Separa los materiales crustales de los del manto
 - Se identifica por un cambio en la velocidad de propagación de las ondas P



Nota: en este contexto crustal hacer referencia a “rígido” no a “corteza”

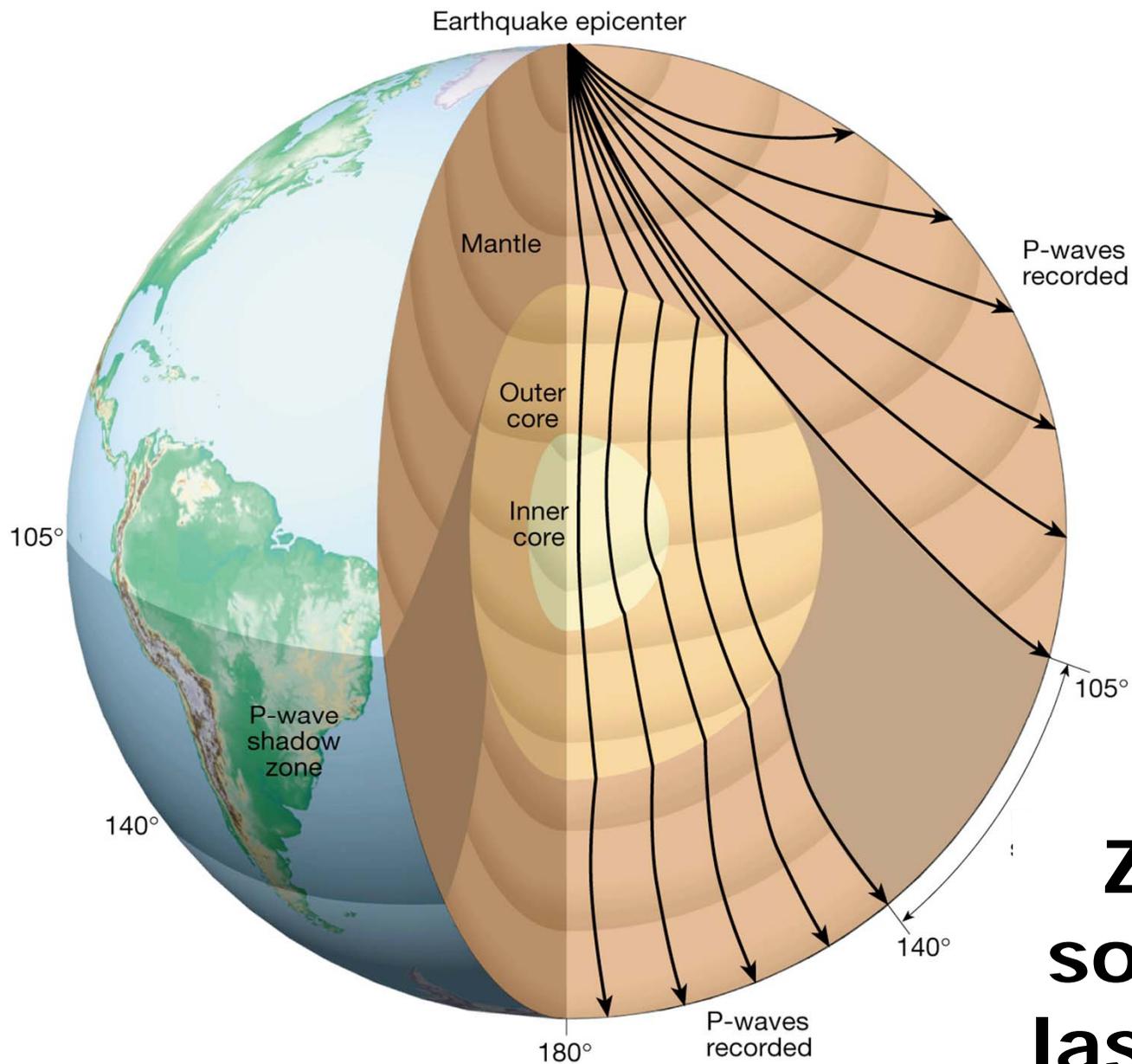
Discontinuidades Terrestres



Discontinuidades Terrestres

- El límite **núcleo-manto**
 - Descubierta en 1914 por Beno Gutenberg
 - Se identificó a través de la observación de que las ondas P desaparecían a 105° desde el epicentro de un terremoto y reaparecían a unos 140° del mismo
 - El cinturón de 35° de ancho se denomina **zona de sombra de las ondas P**





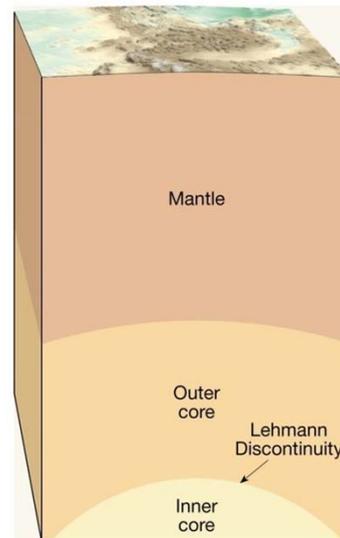
Zona de sombra de las ondas P

Dicontinuidades Terrestres

- El límite **núcleo-manto**
 - Se caracteriza por la refracción de las ondas P
 - El hecho de que las ondas S no atraviesen el núcleo proporciona la evidencia de la existencia de una capa líquida bajo el manto rocoso

Discontinuidades Terrestres

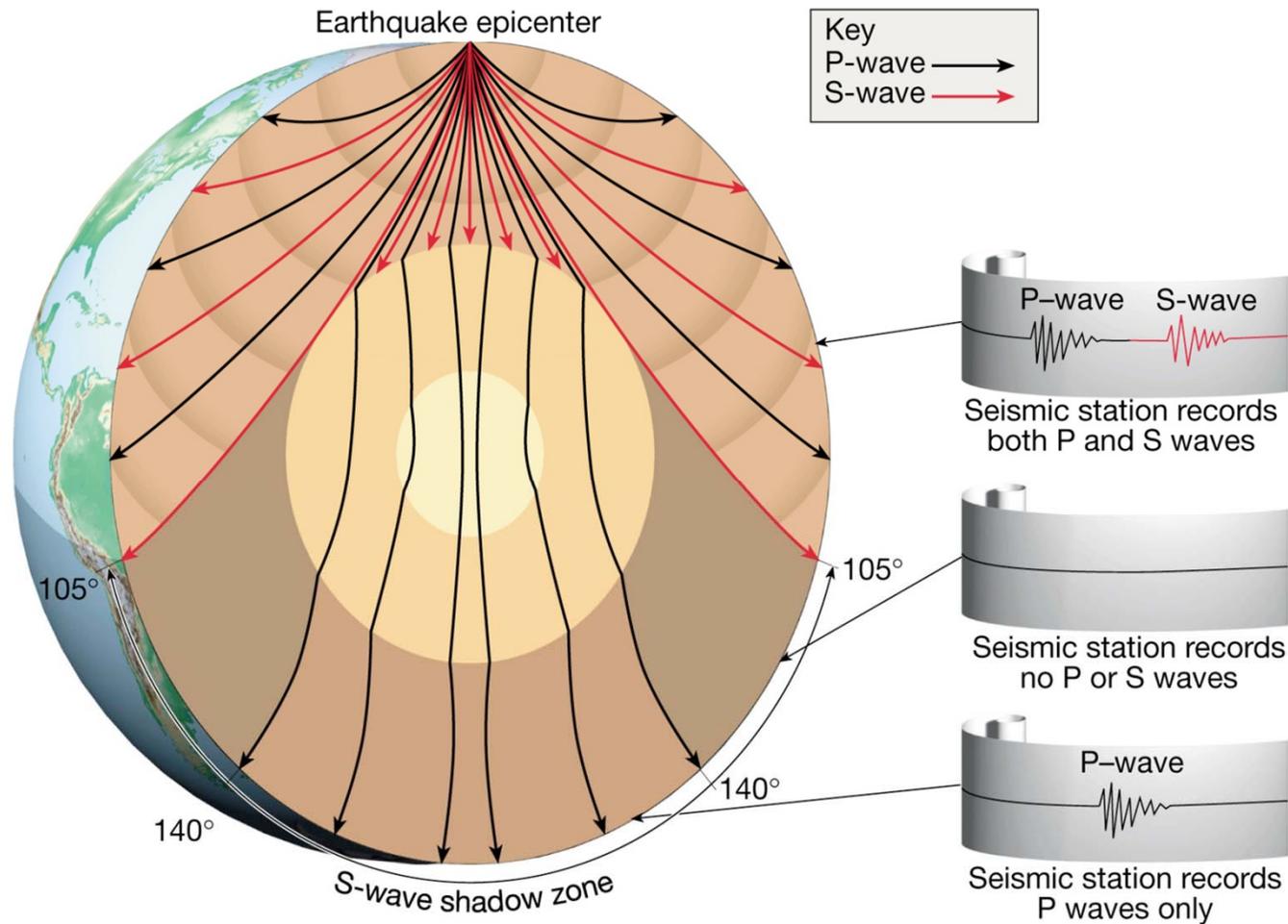
- Descubrimiento del **núcleo interno**
 - Predicho por Inge Lehmann in 1936
 - Las ondas P que atraviesan el núcleo muestran un aumento en su velocidad de propagación, lo cual sugiere la existencia de una esfera interna sólida



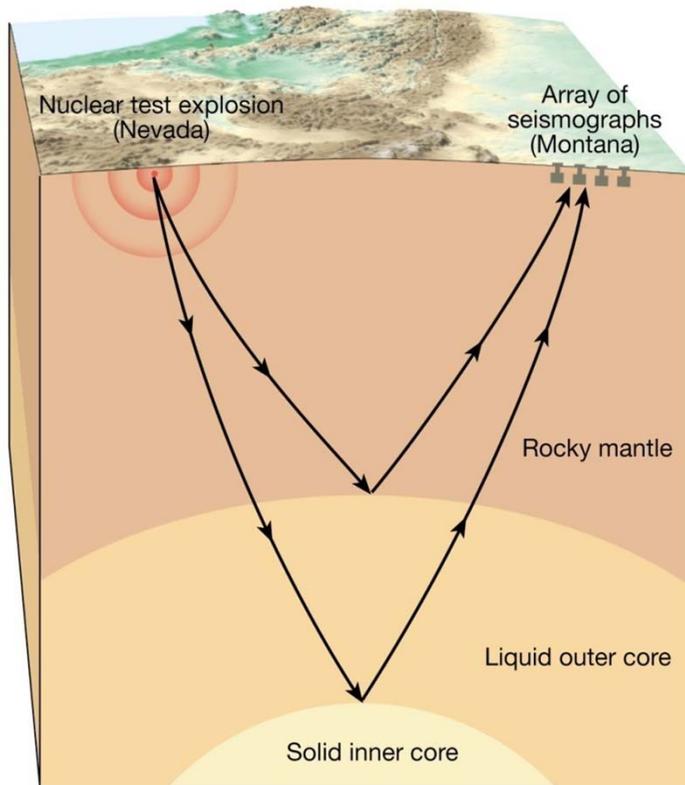
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



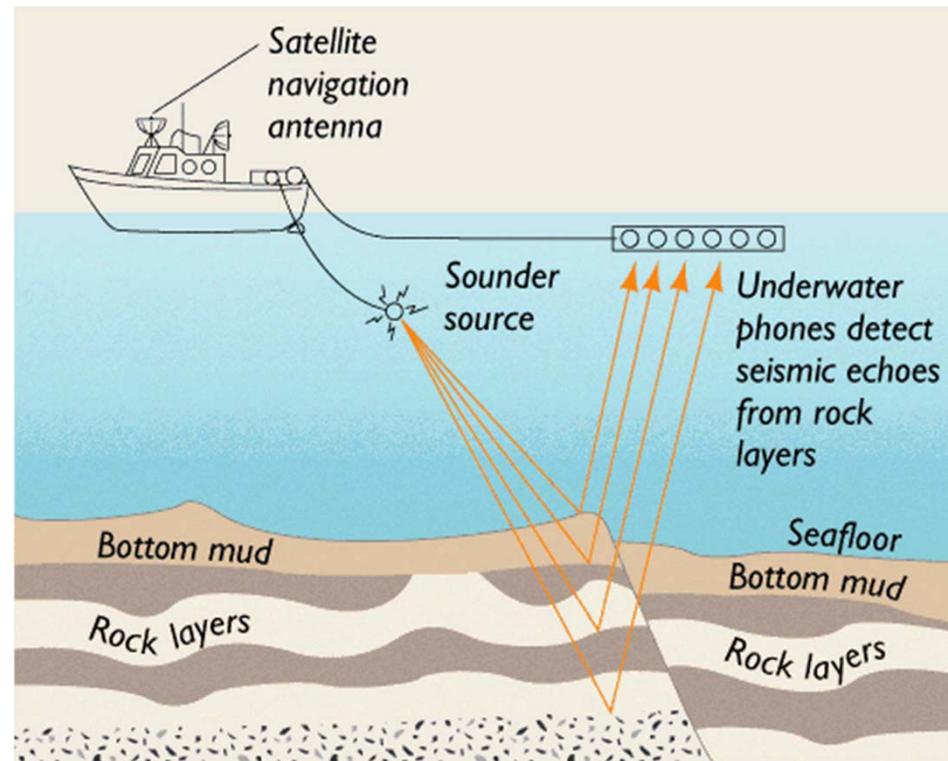
Dicontinuidades Terrestres



Ondas Sísmicas Inducidas



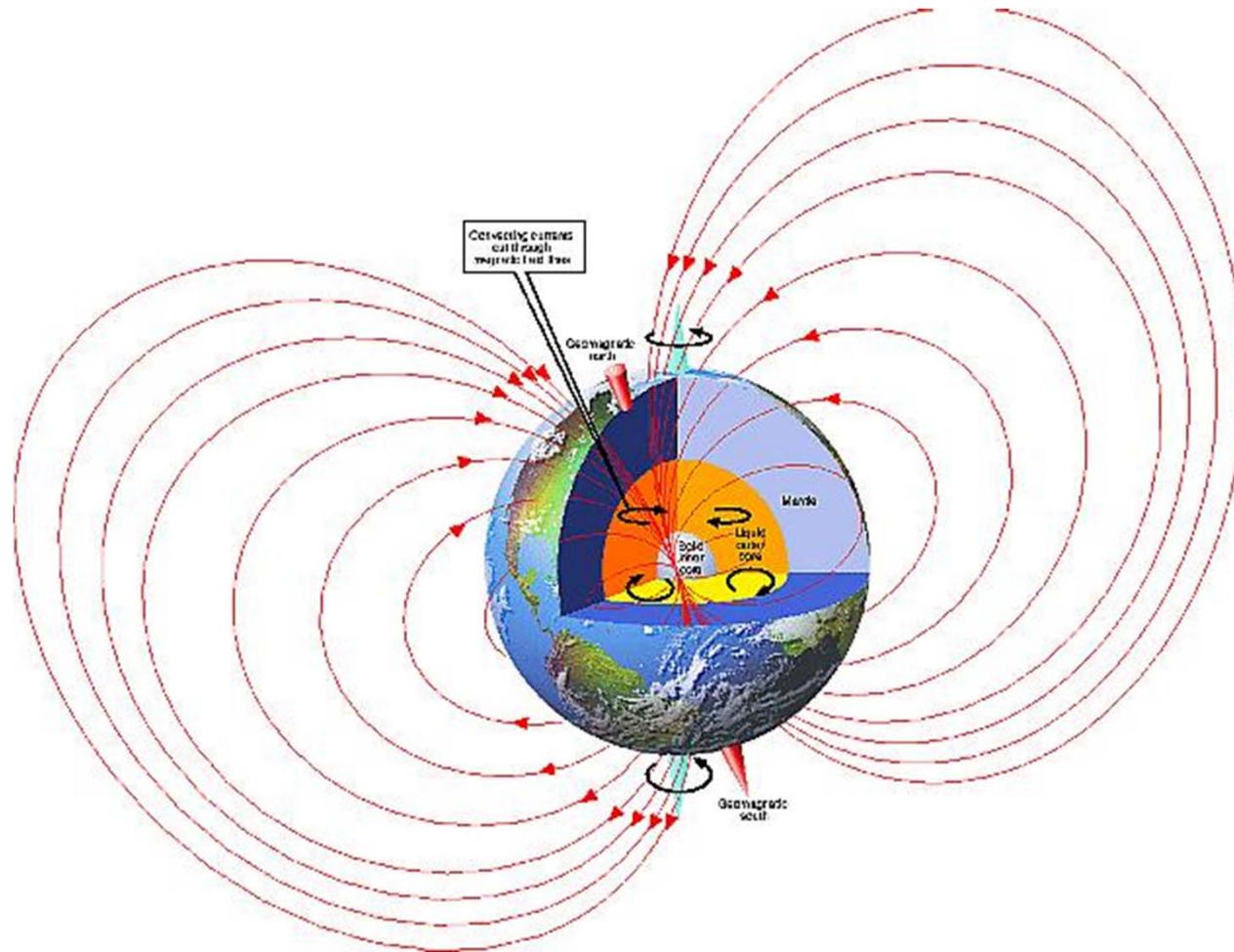
Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.



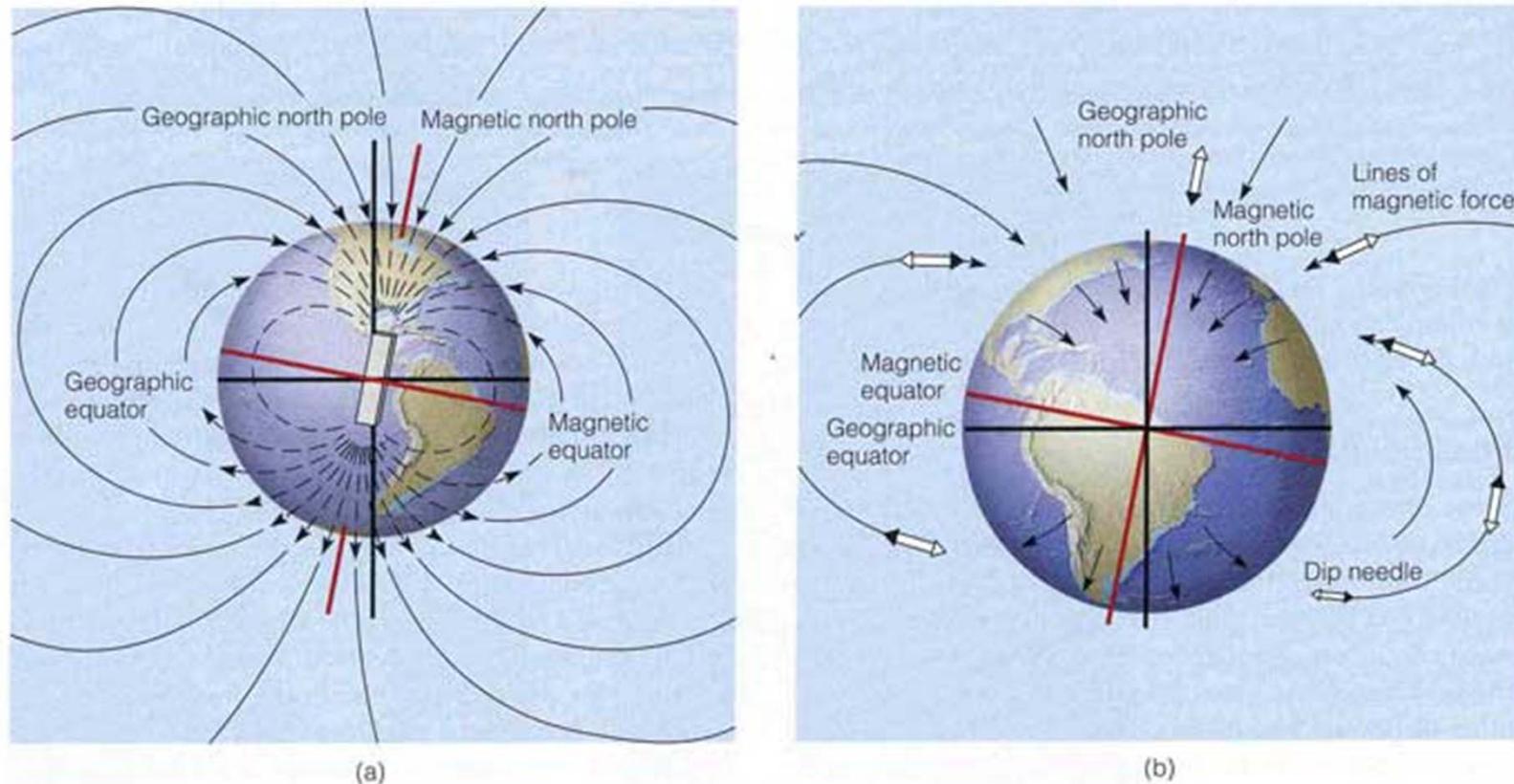
Núcleo

- **Campo magnético de la Tierra**
 - **El núcleo está constituido por un material conductor y, además es fluido (dinamo)**
 - **El núcleo interno rota más rápido que la superficie terrestre y su eje de rotación difiere en unos 10^0 de los polos terrestres**

Campo Magnético de la Tierra



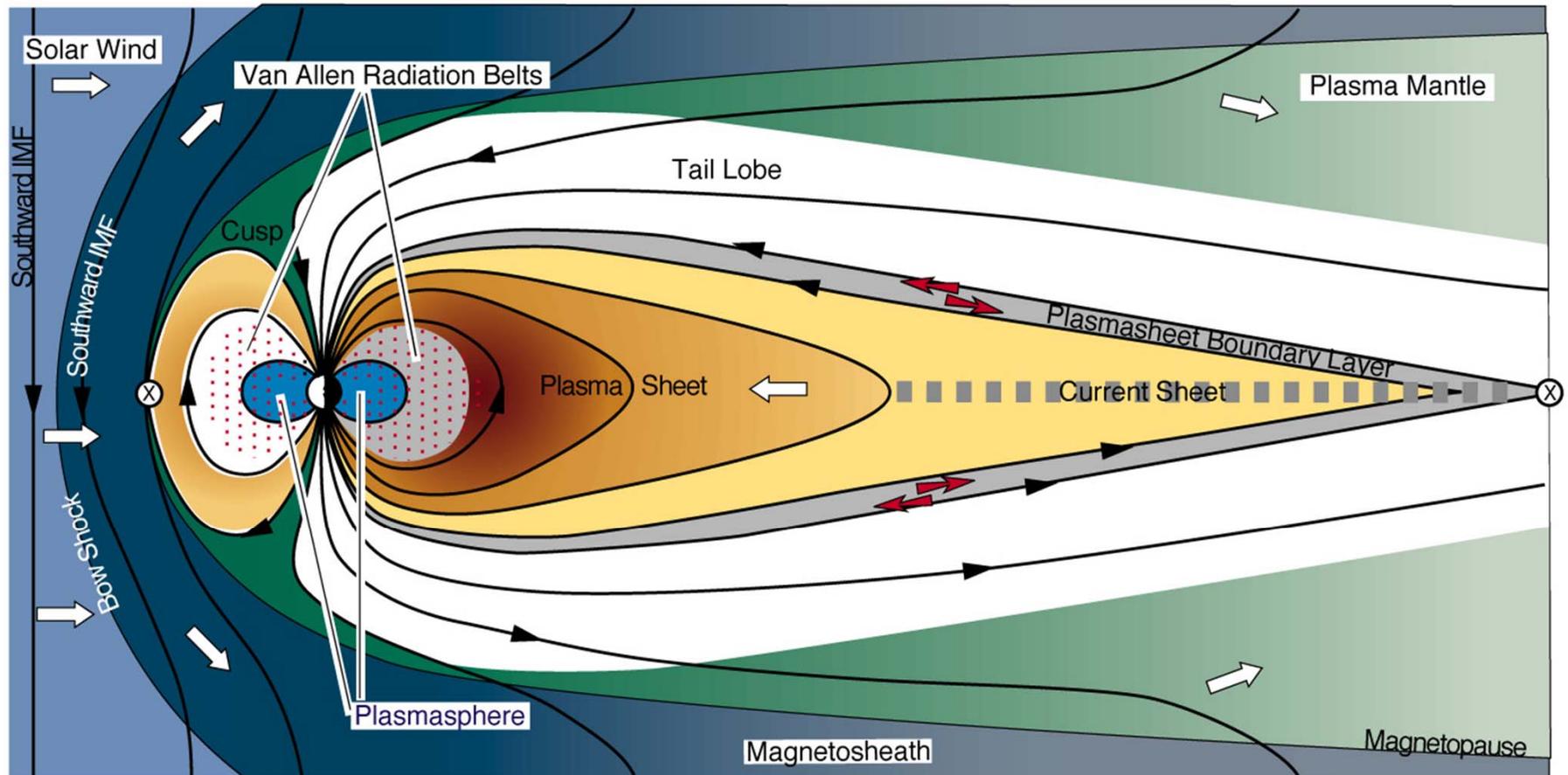
Campo Magnético de la Tierra



■ **Figure 2.9**

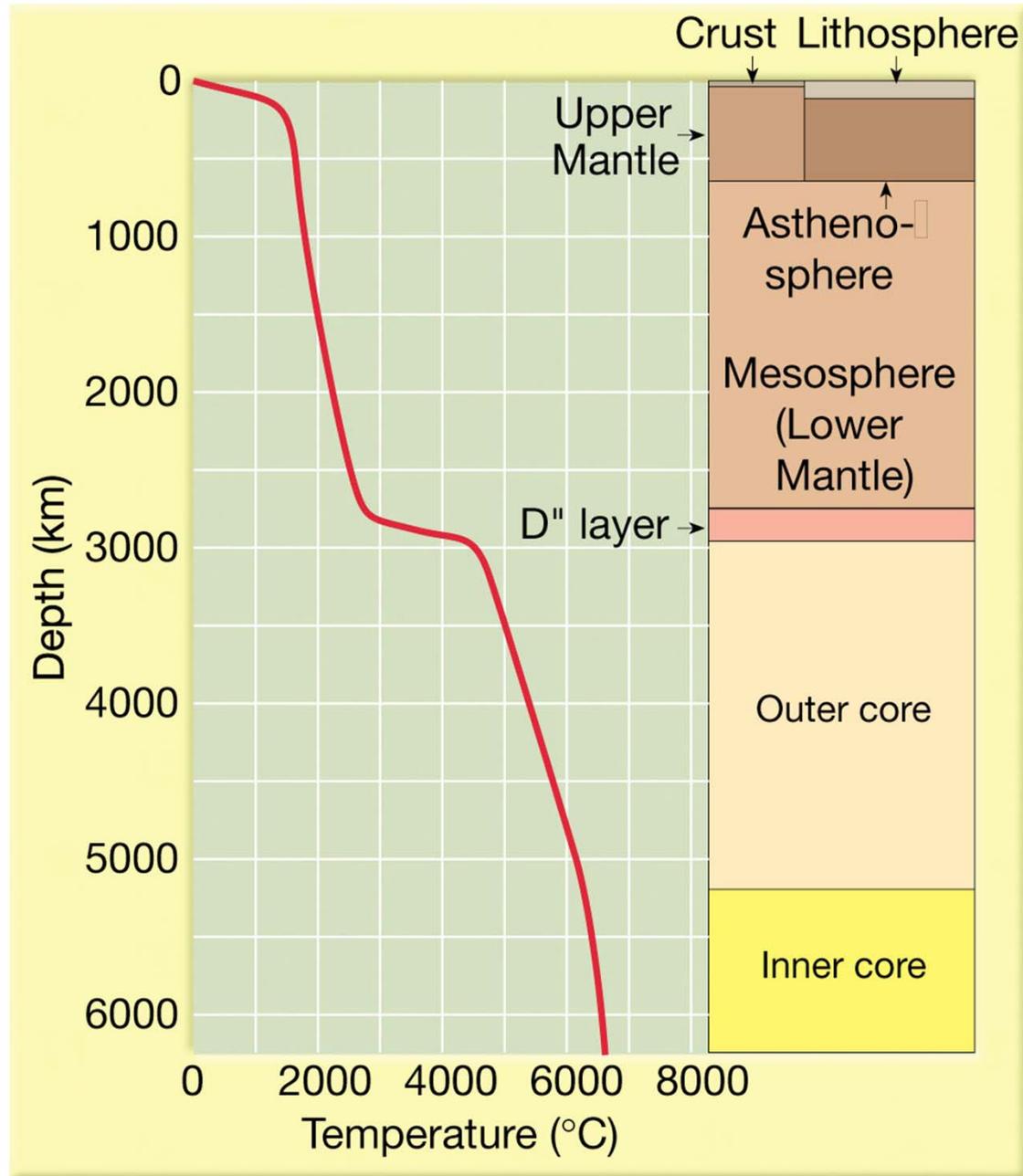
(a) Earth's magnetic field has lines of force just like those of a bar magnet. (b) The strength of the magnetic field changes uniformly from the magnetic equator to the magnetic poles. This change in strength causes a dip needle to parallel Earth's surface only at the magnetic equator, whereas its inclination with respect to the surface increases to 90 degrees at the magnetic poles.

Campo Magnético de la Tierra



Calor Interno de la Tierra

- **La temperatura de la Tierra aumenta progresivamente con la profundidad a un ritmo conocido como gradiente geotérmico**
 - **Varia notablemente de un lugar a otro**
 - **En promedio, va de 20°C a 30°C por km en la corteza. Este valor es mucho menor en el manto y el núcleo**



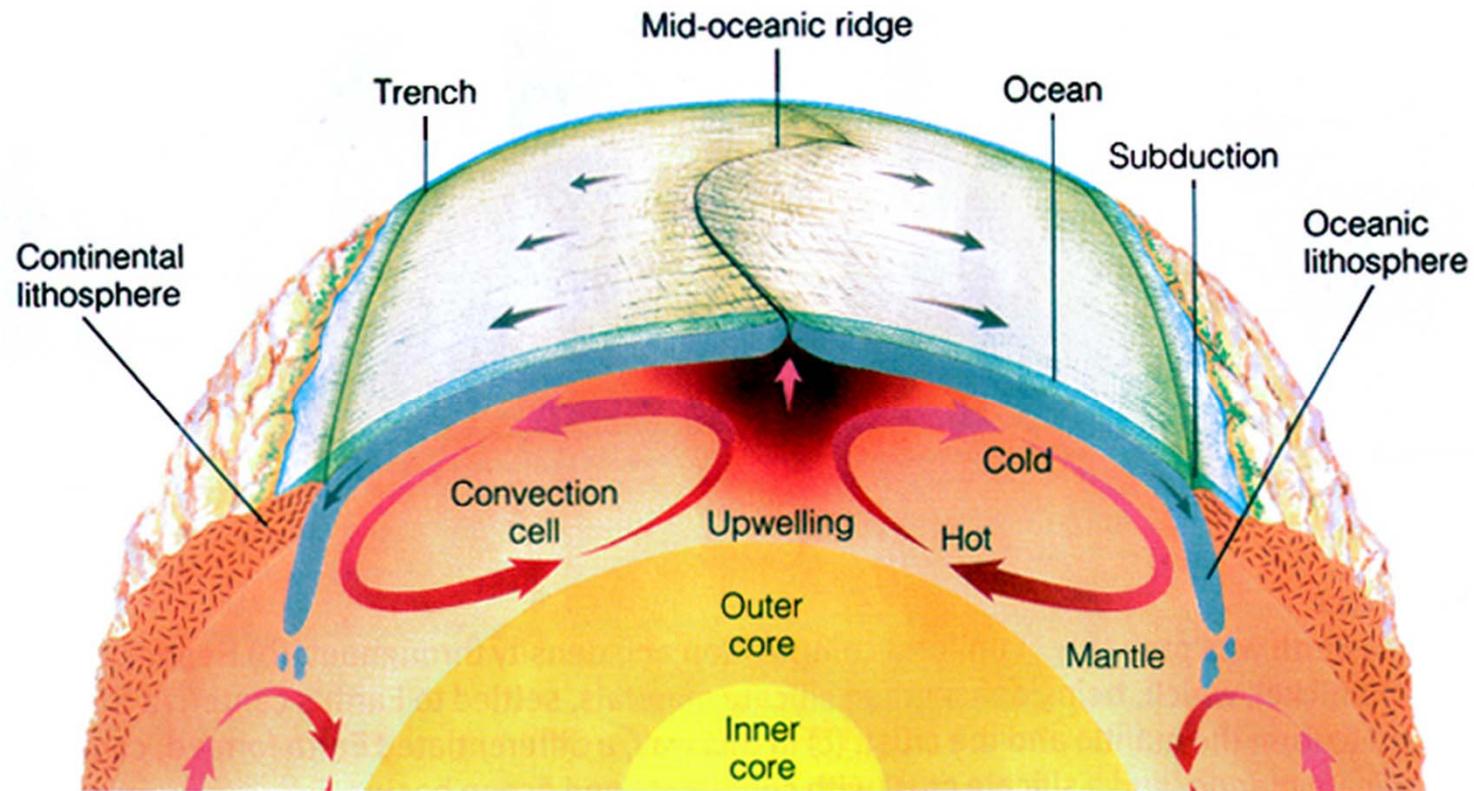
Calor Interno de la Tierra

- **Los procesos principales que contribuyen al calor interno de la Tierra son:**
 - **Calor emitido por la desintegración radiactiva de isótopos de uranio (U), torio (Th) y potasio (K)**
 - **Calor liberado por la cristalización de Fe en el núcleo interno**
 - **Calor de acreción**

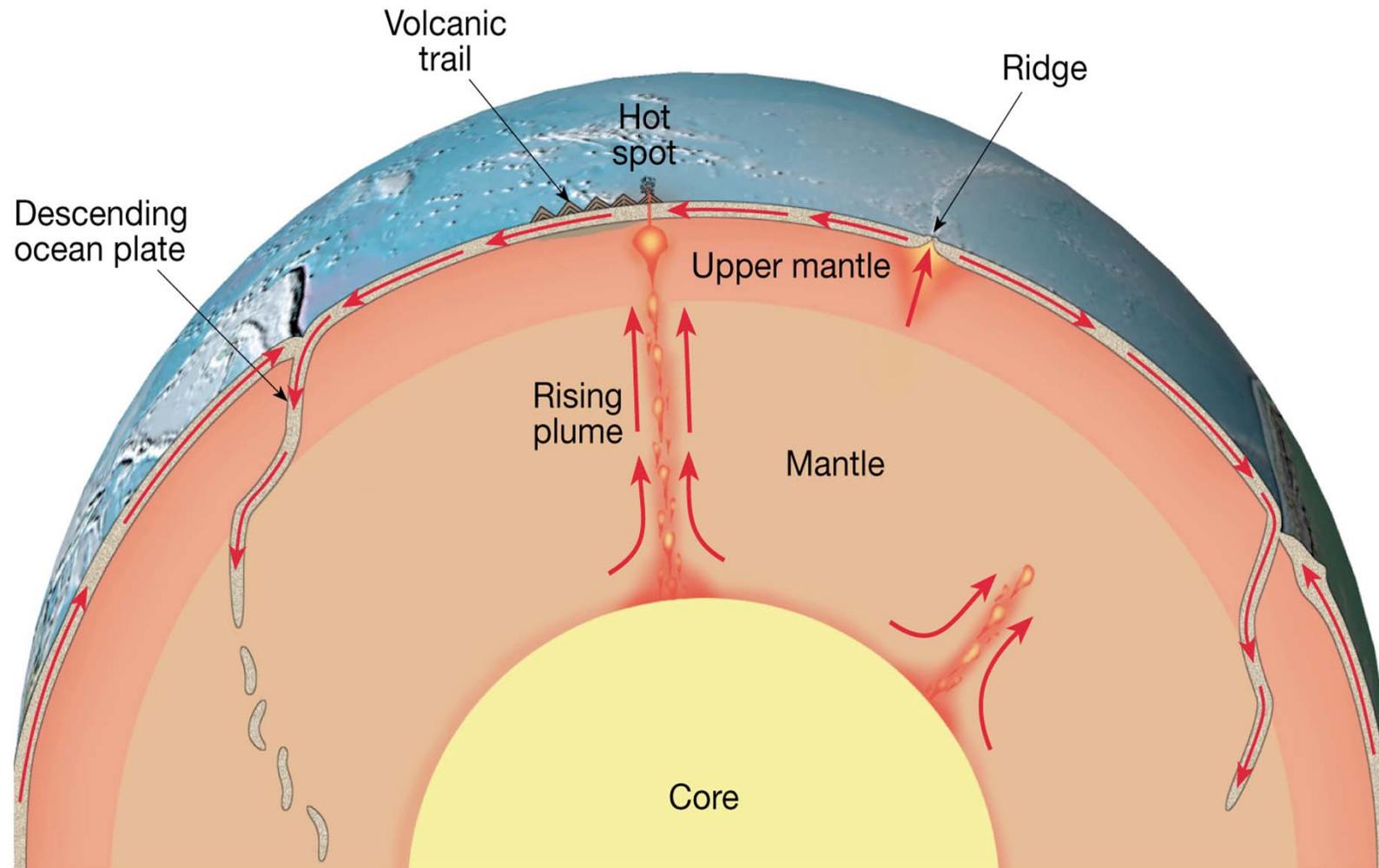
Calor Interno de la Tierra

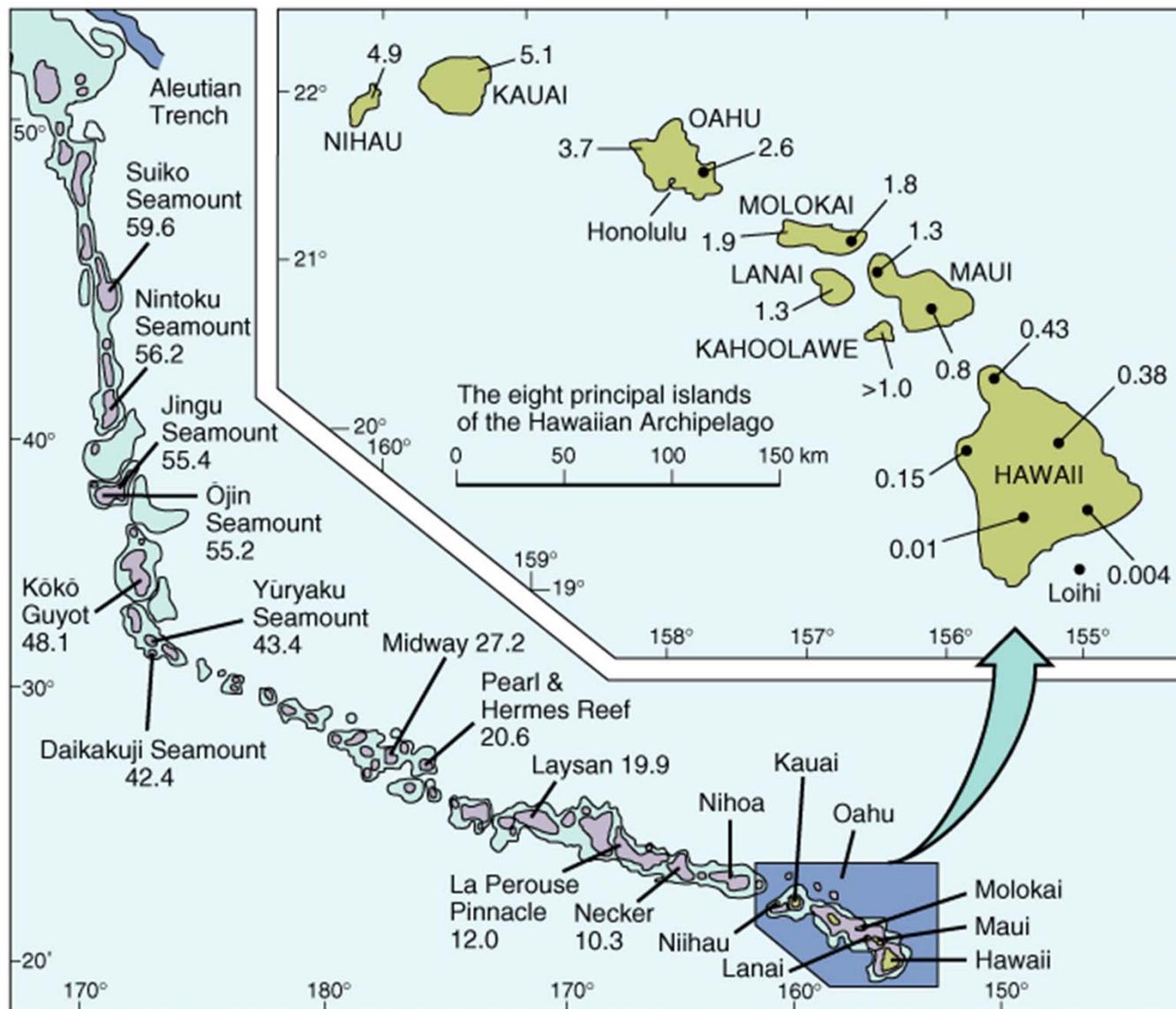
- **Flujo de calor en la corteza**
 - **Proceso llamado conducción**
 - **Los valores de flujo de calor en la corteza varían de un lugar a otro**
- **Convección del Manto**
 - **No existe una variación importante de temperatura con la profundidad en el manto**
 - **El manto debe poseer un método eficaz para transmitir el calor del núcleo hacia el exterior**

Modelo de Flujo Convectivo en el Manto



Modelo de Flujo Convectivo en el Manto





Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

