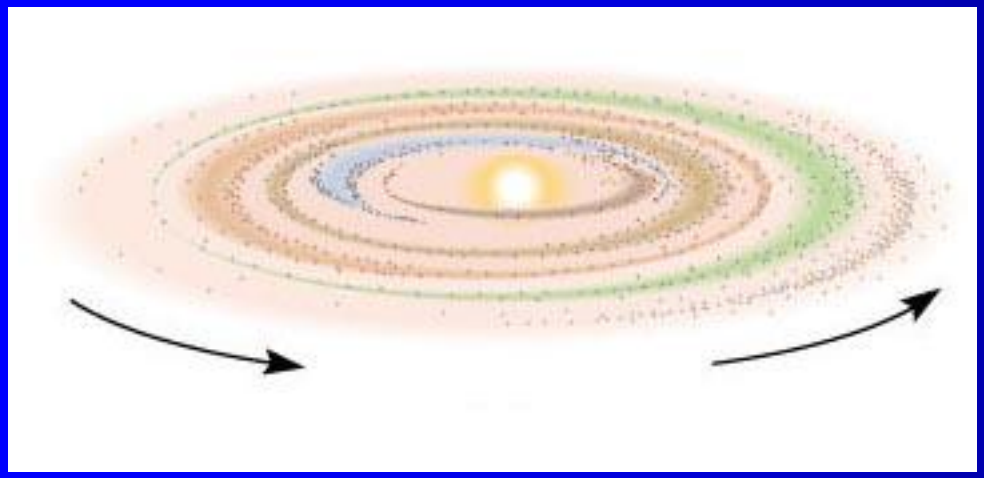
LA TIERRA

origen, estructura, métodos de estudio

Origen del Sistema Solar

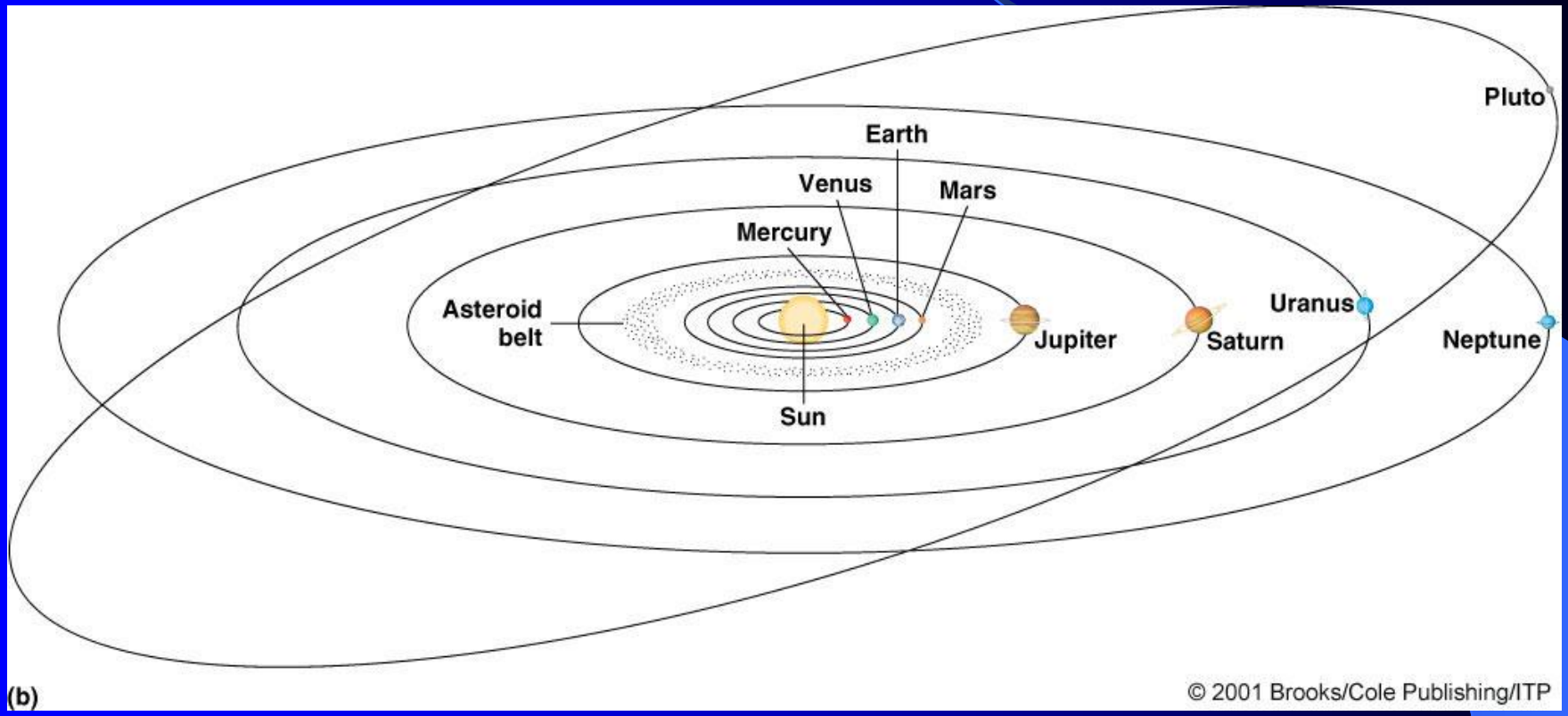
Teoria de la Nebulosa Solar

- Nube de gases y polvo



- Formación de un disco
- Condensación y colapso debido a la gravedad
- Formación de la nebulosa solar
  - Con un Sol embrionario
  - Rodeado por una nube rotatoria

Configuración del Sistema Solar

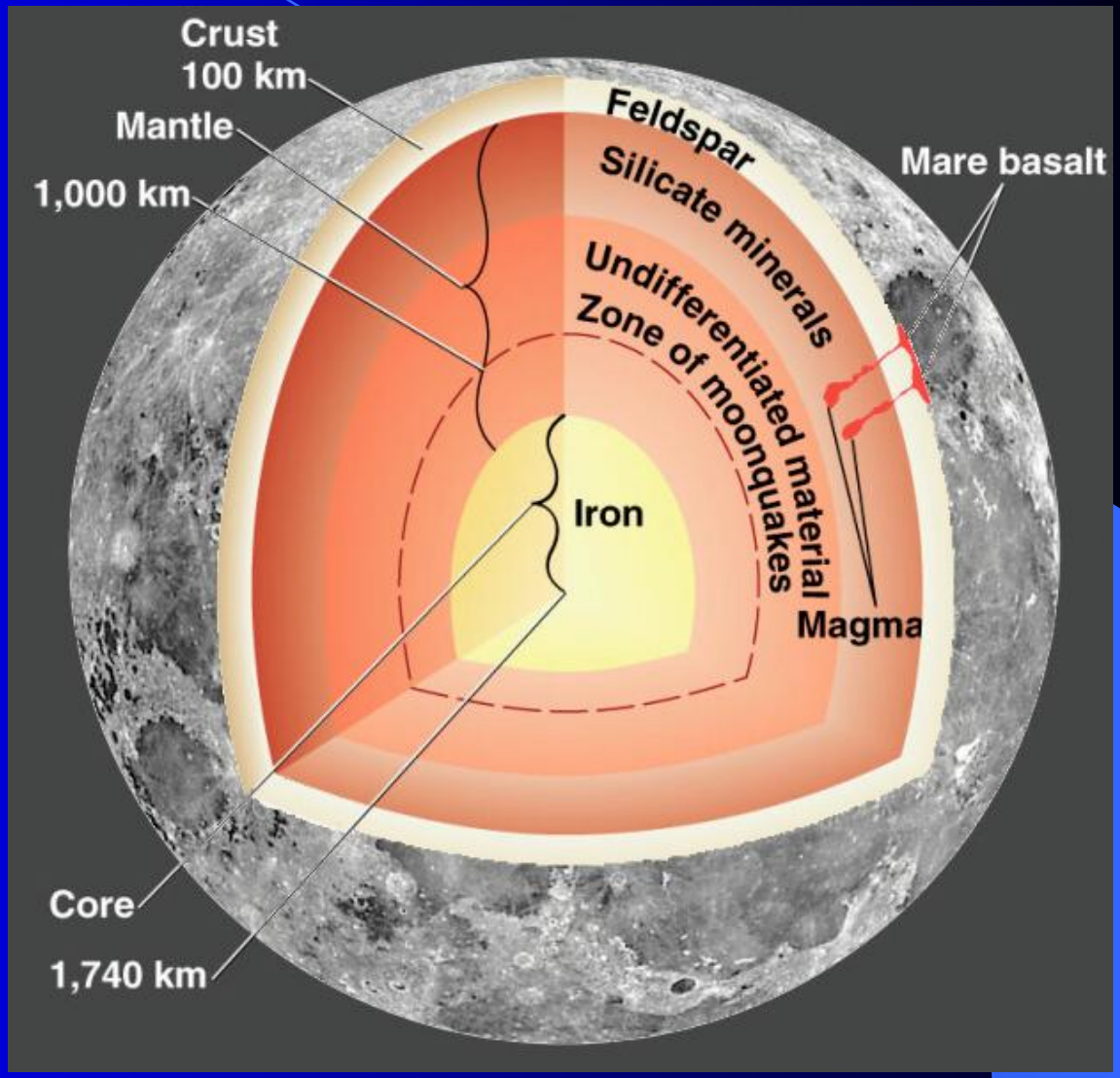


Formación del sistema Tierra - Luna

- **Impactos terrestres de planetesimales del tamaño de Marte o mayores**
  - **Hace 4.6 a 4.4 Ga**
  - **Eyección de grandes cantidades de material incandescente**
  - **Origen de la Luna**

Formación del sistema Tierra - Luna

- La mayor parte del material lunar
  - Proviene del manto de los planetesimales colisionantes
- El material al bajar la temperatura
  - Fue cristalizando y segregó
  - las diferentes capas lunares

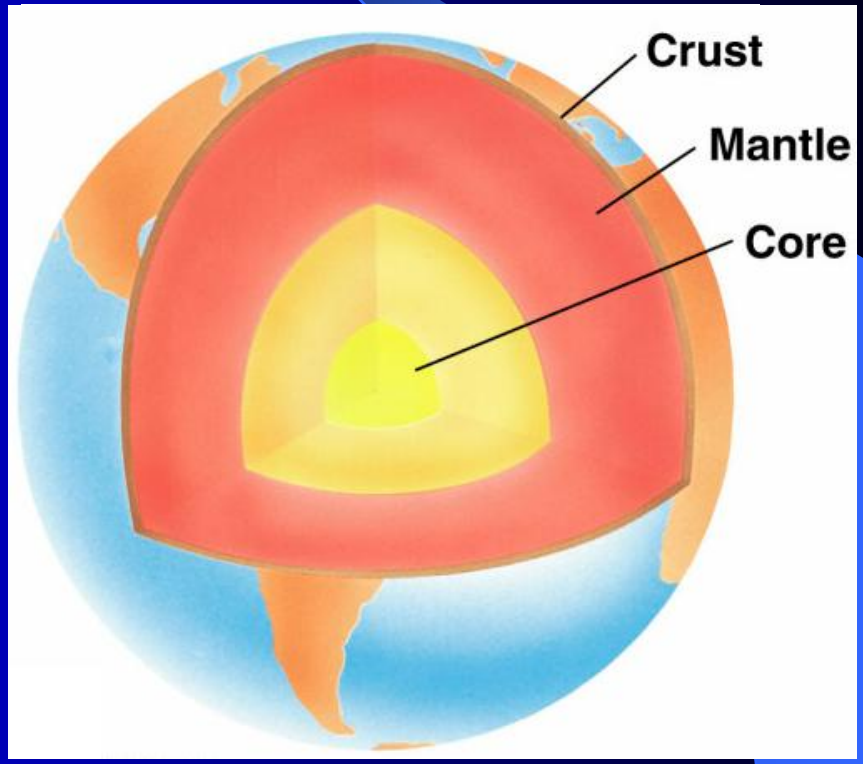


Origen de La Tierra

- Inicio hace alrededor de 4.6 millones de años
  - Probablemente en sus inicios con composición/densidad uniforme
- Mayoritariamente:
  - Compuestos silicatados
  - Óxidos de hierro y magnesio
- Incremento de temperatura. **Fuentes de calor:**
  - Impactos de meteoritos
  - Compresión gravitacional
  - Decaimiento radioactivo
- Calentamiento suficiente para fundir hierro y niquel

Diferenciación de la Tierra

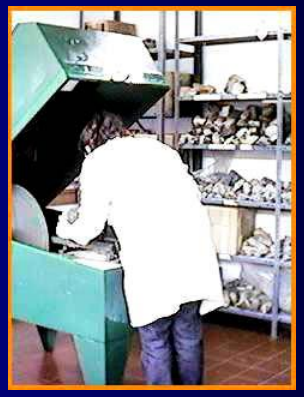
- Diferenciación = segregación de capas con diferente composición y densidad
  - **En sus inicios la Tierra fue probablemente uniforme**
  - **Hierro y Niquel fundidos se “hunden” para formar el núcleo**
- Los silicatos más “livianos” fluyen hacia el exterior para formar el manto y corteza



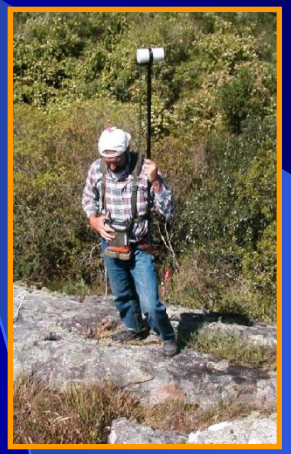
ESTRUCTURA DE LA TIERRA

Cómo se estudia?

- ***A través de métodos directos como la observación en el campo y en el laboratorio***

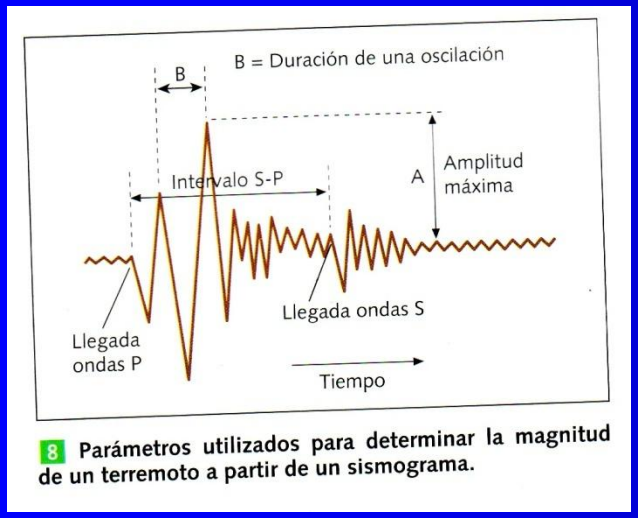


- ***Métodos indirectos, a través de equipos o sensores***



Sismología

- **sismos o terremotos** = liberación de energía elástica a través de ondas
- sismogramas = registros de las ondas en los sismógrafos



8 Parámetros utilizados para determinar la magnitud de un terremoto a partir de un sismograma.

- **Intensidad = efectos**

- **Magnitud = medida física de la Energía liberada**

TABLA 1: Magnitud, intensidad y efectos destructores de los terremotos (la equivalencia entre magnitud e intensidad es aproximada).

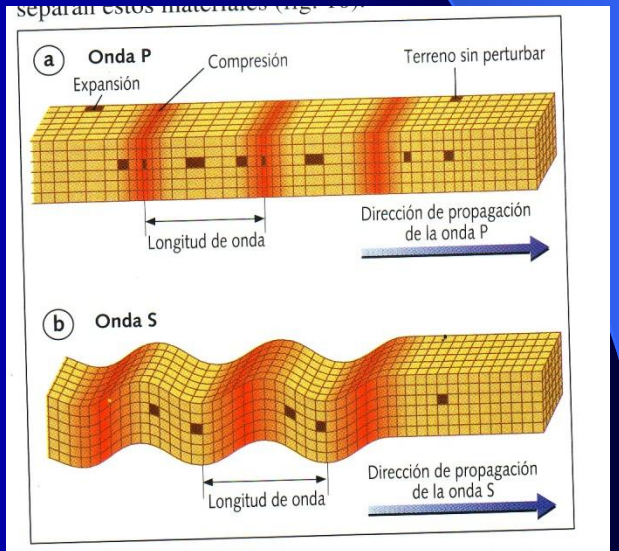
Magnitud (escala de Richter)	Número de terremotos por año	Intensidad (escala de MSK)*	Descripción del grado de destrucción en zonas pobladas
< 3,4	800.000	I	No se siente. Sólo lo detectan los sismógrafos.
3,5 - 4,2	30.000	II y III	Puede sentirse en el interior de los edificios. Los objetos colgados se balancean. Produce vibraciones como las del paso de un camión pequeño.
4,3 - 4,8	4.800	IV	Se siente en el interior de los edificios, e incluso en el exterior. Los coches se mueven ligeramente. Ventanas, platos y puertas vibran.
4,9 - 5,4	1.400	V	Se siente en exteriores. Se rompen algunas ventanas y platos. Las puertas baten, se mueven contraventanas y cuadros. Los relojes de péndulo cambian de ritmo. Algunos objetos pequeños pueden moverse.
5,5 - 6,1	500	VI y VII	Lo siente todo el mundo. Algunos edificios pueden sufrir importantes daños. Los platos, ventanas y cristalerías se rompen. Los cuadros se caen; los libros saltan de los estantes; los muebles se mueven o se caen. Los árboles y los arbustos se balancean ostensiblemente.
6,2 - 6,9	100	VIII y IX	Pánico general. Destrucción de edificios de construcción de baja y media calidad; daños generalizados en los cimientos y en los armazones de los edificios. Graves daños en embalses y rotura de tuberías subterráneas. Grietas patentes en el suelo.
7,0 - 7,3	15	X	Se destruye la mayoría de edificios de calidad media, incluso algunos edificios de construcción buena y algunos puentes de madera. Daños muy graves en embalses. Grandes desprendimientos. Se desborda el agua de los ríos, canales, lagos, etc. Los rieles se deforman.
7,4 - 7,9	4	XI	La mayoría de edificios se destruyen. Los rieles se deforman mucho. Las tuberías subterráneas se estropean totalmente.
> 8,0	1 cada 5-10 años	XII	Destrucción casi total. Se desplazan grandes masas de rocas. Algunos objetos son arrojados al aire.

* Escala de Medvedev, Sponheuer y Karnik, parecida a la de Mercalli.

Ondas sísmicas

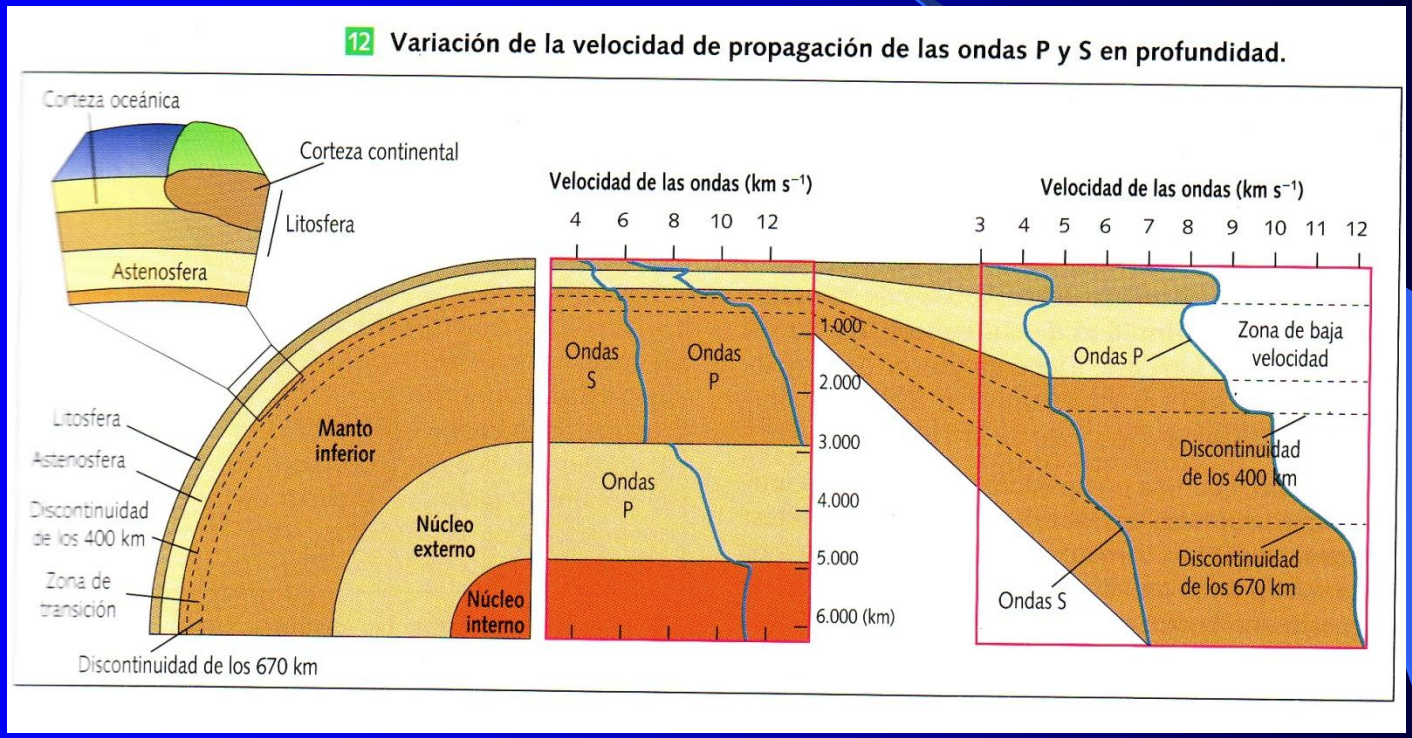
- Ondas elásticas
- ondas P = primarias de mayor velocidad
  dilatan y comprimen el medio físico
  (cambio de volumen)
- ondas S = secundarias y más lentas
  movimiento transversal a la propagación de ondas
  generan cambios de forma
  solo se propagan en medios sólidos

- ambas se reflejan o refractan
  en función del material

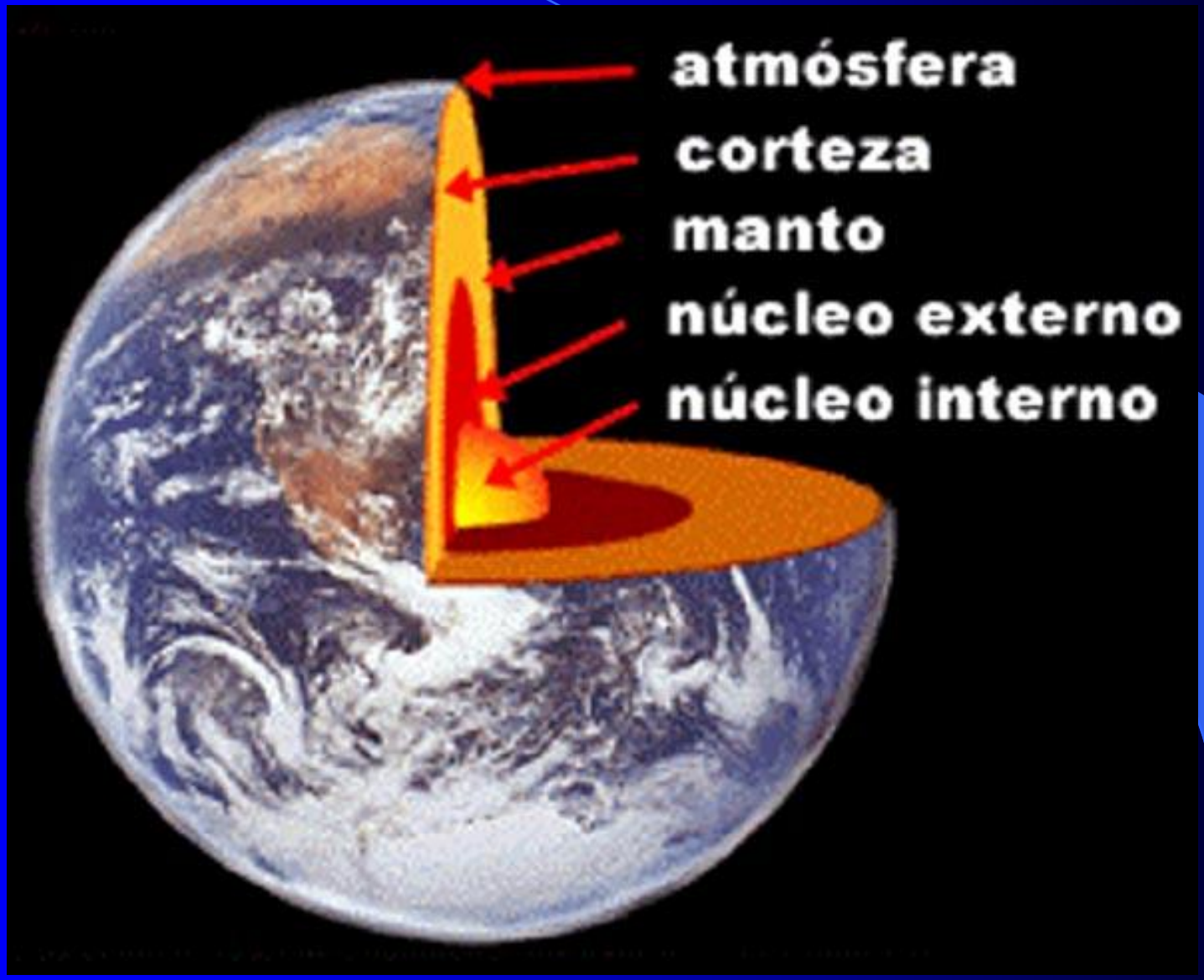


9 Propagación de las ondas P y S. a) Las ondas P son ondas que comprimen y dilatan el medio que atraviesan. **b)** Por el contrario, las ondas S provocan un movimiento transversal a la dirección de propagación de las ondas.

Variación de la velocidad de propagación en función de la profundidad



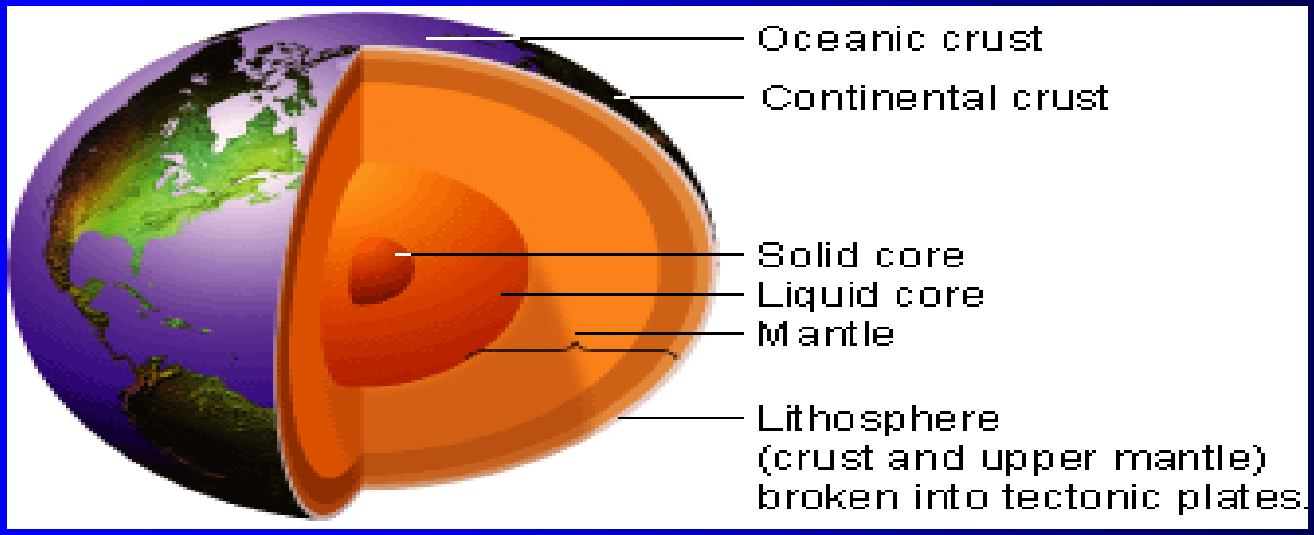
ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

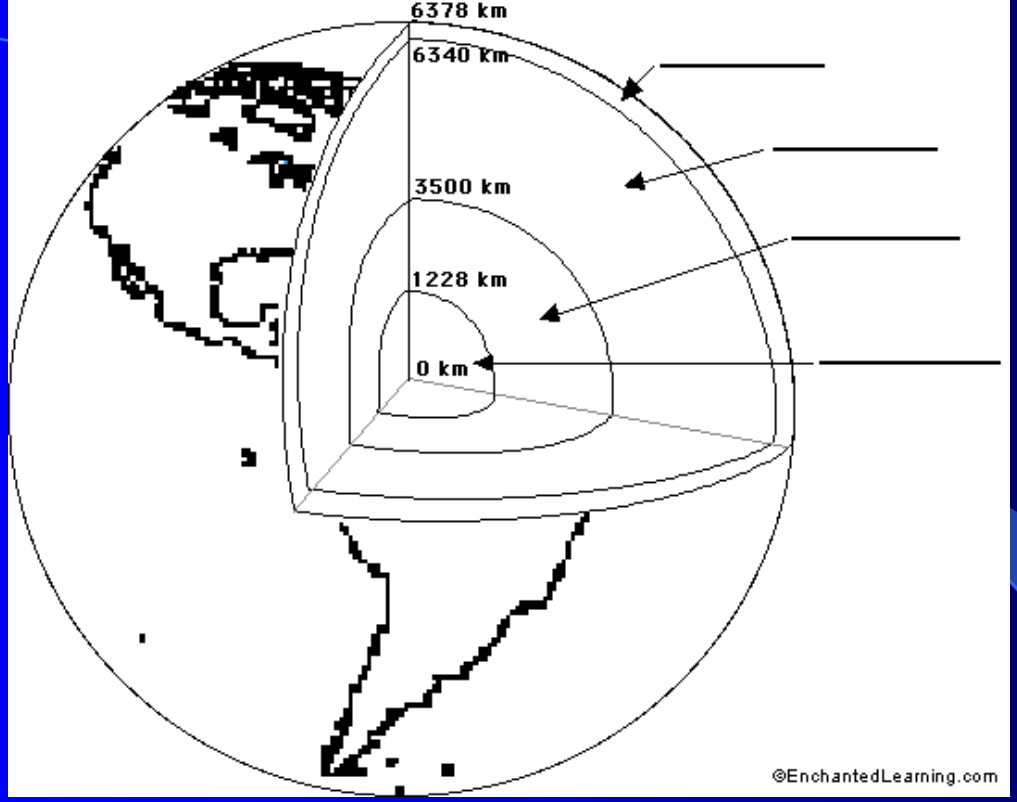


Las capas de la Tierra

- La Tierra está compuesta por varias capas diferentes en función de varias características. Las capas más profundas están compuestas por matriales pesados; están a altas temperaturas y presiones y son más densas que las capas externas.

- Las fuerzas naturales interactúan y afectan la corteza terrestre de diversas maneras, creando paisajes y morfologías características en la superficie del planeta.





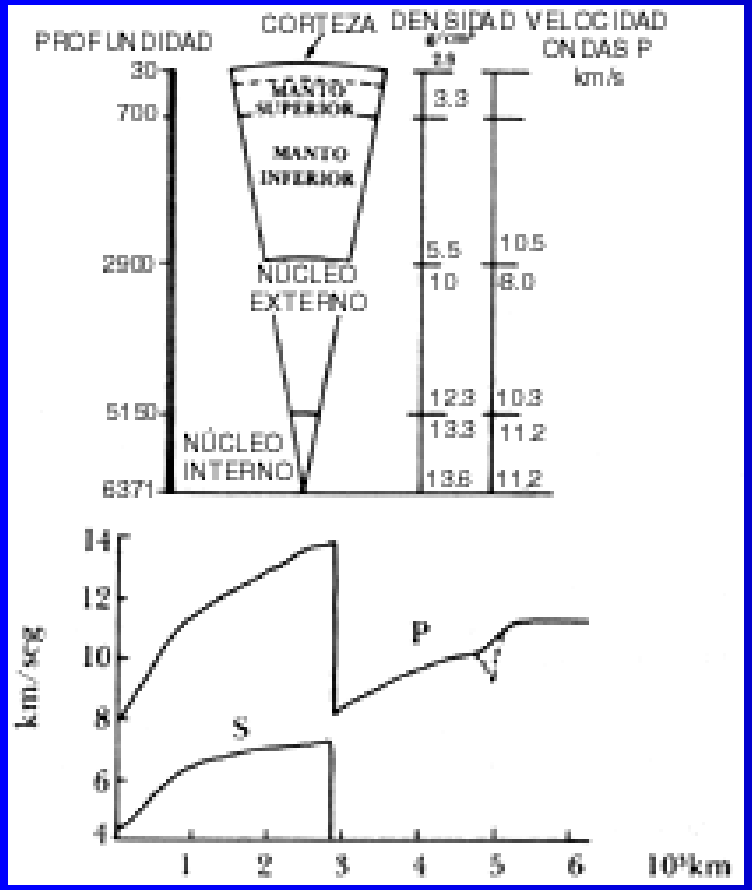
corteza – Capa externa, rígida, rocosa de la Tierra, compuesta por rocas ígneas (fundamentalmente basalto y granito). Es de menor espesor debajo de los océanos.

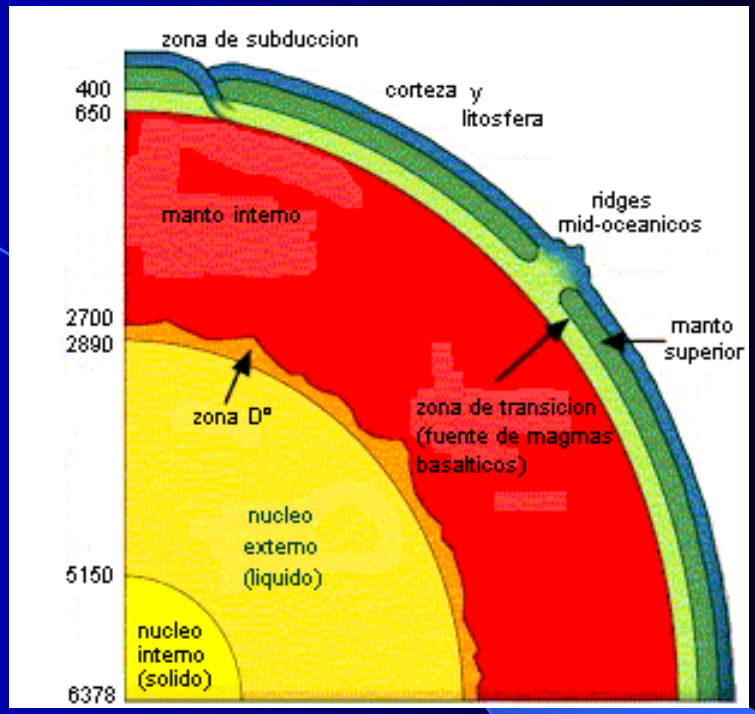
manto – capa rocosa localizada debajo de la corteza – está compuesta por silicio, oxigeno, magnesio, hierro, aluminio, y calcio. Las corrientes de convección (calor) envían calor desde la zona interna hacia la zona externa del mismo.

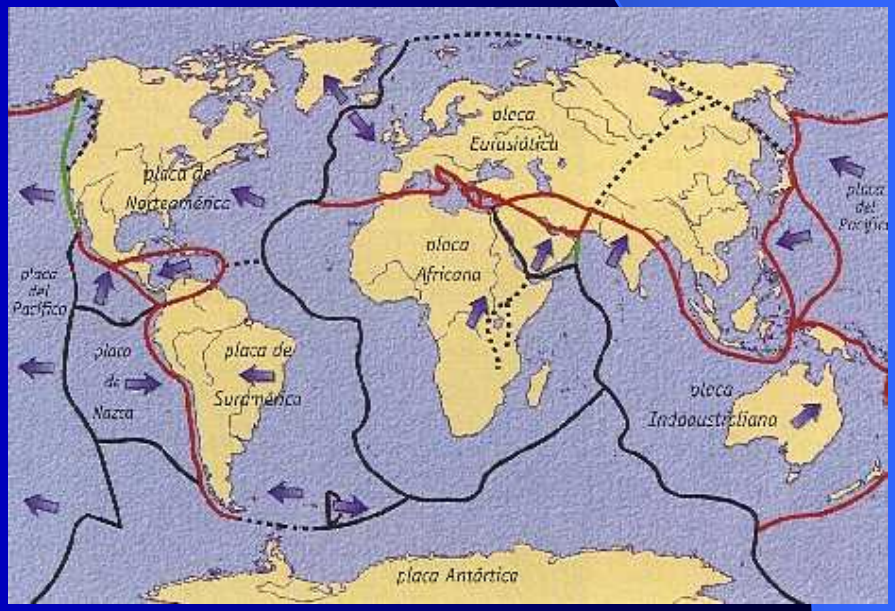
núcleo externo – capa formada por hierro-niquel (líquida) que rodea al núcleo interno.

núcleo interno – centro sólido (hierro – niquel) a alta temperatura y presión.

ESTRUCTURA INTERNA

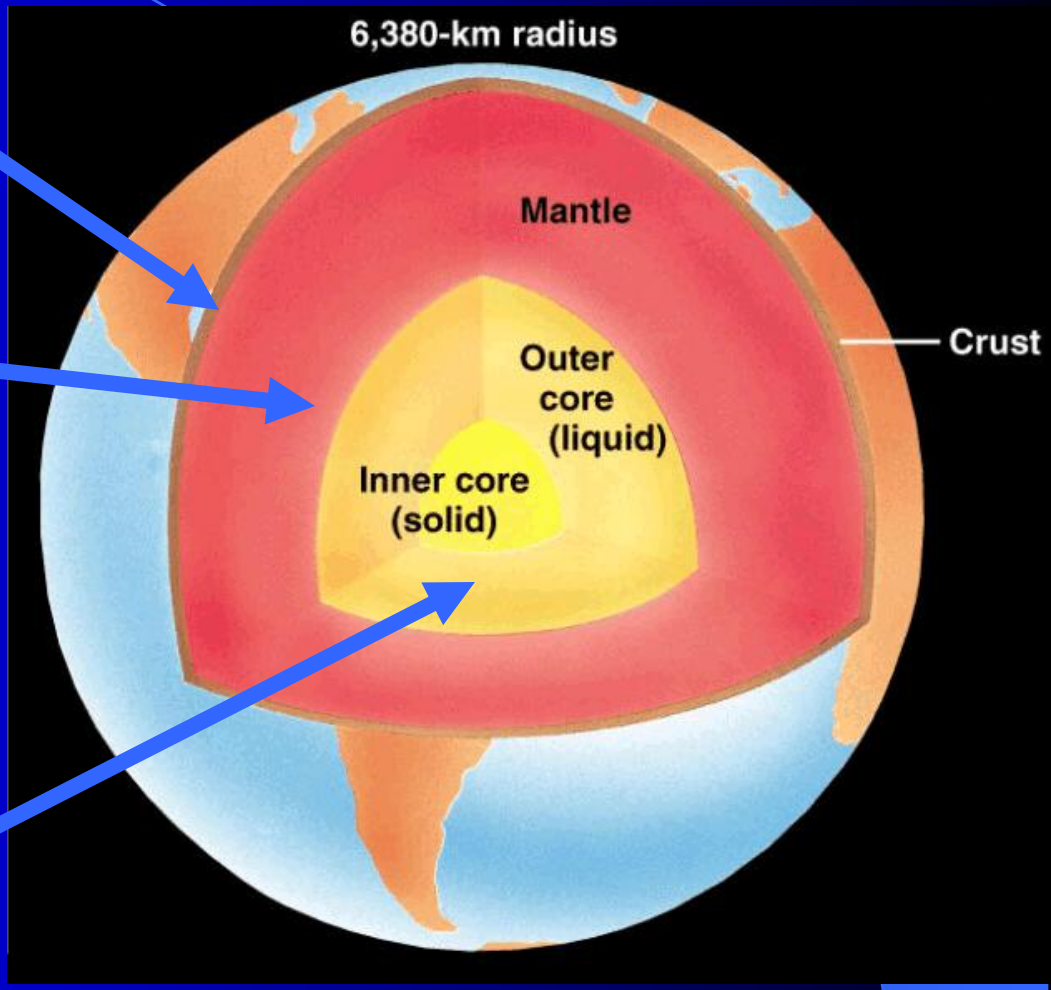






Capas internas de la Tierra

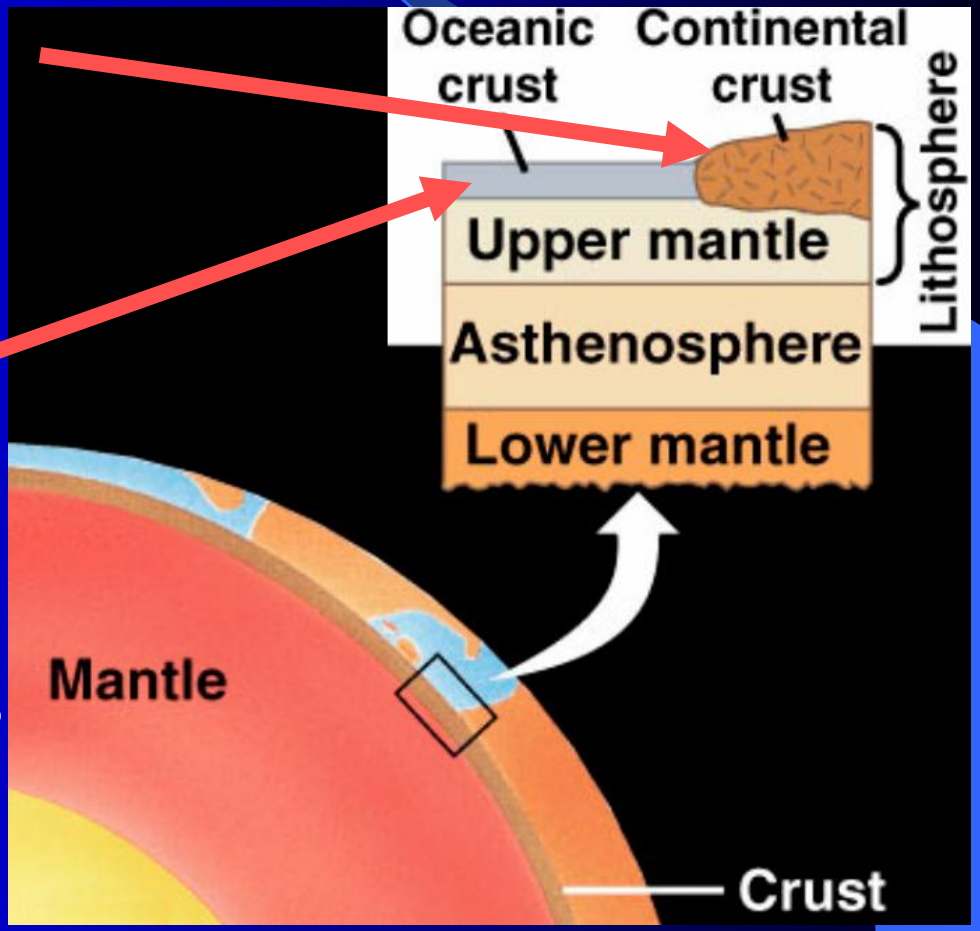
- Corteza - 5-90 km
  - continental y oceánica
- Manto
  - compuesto fundamentalmente por *peridotita*
  - Roca ígnea oscura, densa
  - rica en hierro y magnesio
- Núcleo
  - Hierro y niquel



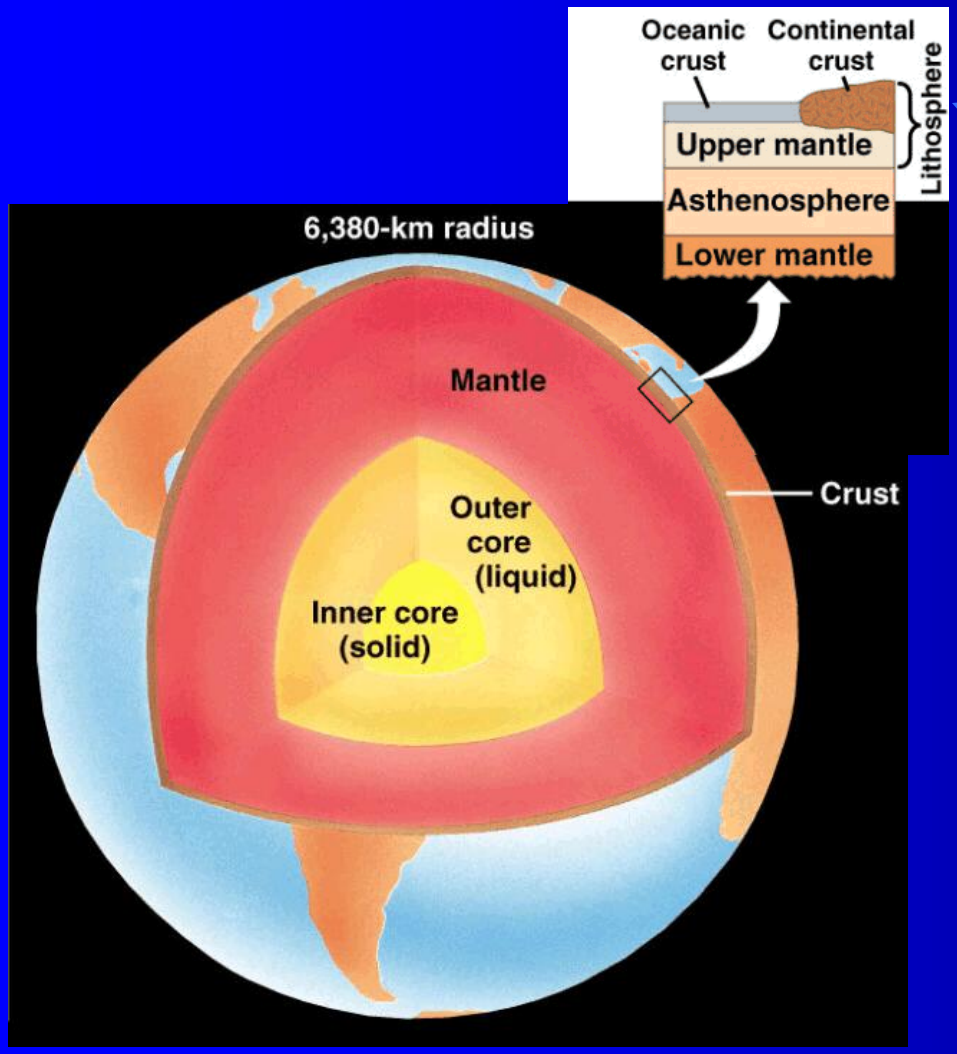
La Corteza Terrestre

- Capa exterior
- C. continental
  20-90 km de espesor
- Densidad 2.7 g/cm^3
- Contiene Si, Al

- C. oceánica
- 5-10 km espesor
- Densidad 2.9 – 3 g/cm^3
- Contiene Si, Mg

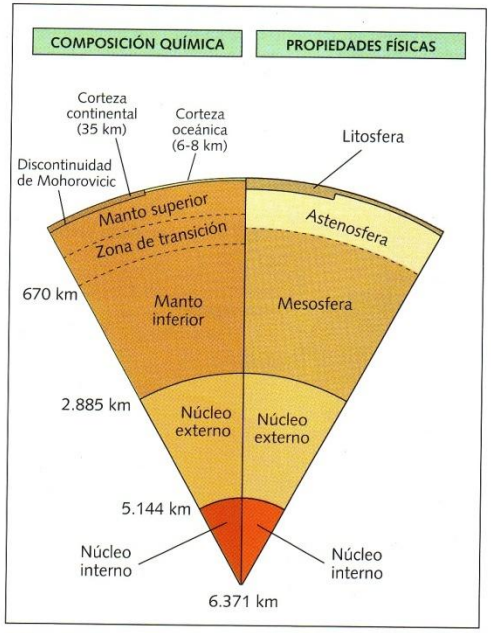


ESTRUCTURA INTERNA
División física/mecánica



- **Litósfera**
  - **Corteza y Manto superior sólido**
    - **Fragmentada en placas que se mueven sobre la Astenósfera**
- **Astenósfera**
  - Porción inferior del manto superior
  - Comportamiento plástico (flujo lento)

Estructura interna basada en la composición química y en el comportamiento mecánico de las rocas



13 Comparación entre las distintas capas definidas a partir de la composición química (izquierda) y el comportamiento mecánico (derecha) de las rocas.

Estructura basada en la composición química	Profundidad media (km)	Velocidad ondas P (km s^{-1})	Densidad media (kg m^{-3})	Presión (10^4 MPa)	Estructura basada en el comportamiento mecánico de las rocas
CORTEZA oceánica	7		2.850		LITOSFERA
CORTEZA continental	35		2.750		
Discontinuidad de Mohorovicic				0,09	
		8,0 - 8,1	3.330		Litosfera oceánica = 65 km
	65-120 Zona de baja velocidad	7,8			Litosfera continental = 120 km
MANTO SUPERIOR	250-350	8,1			ASTENOSFERA
	400	8,9	3.540	1,40	
		9,13	3.720	2,70	
	670	10,27	3.990	3,82	MESOSFERA
		10,75	4.380		
MANTO INFERIOR		13,71	5.570		
Discontinuidad de Gutenberg	2.885			13,68	
		8,06	9.900		NÚCLEO EXTERNO
NÚCLEO EXTERNO	5.144	10,36	12.200	33,00	
NÚCLEO INTERNO		11,3	12.800		NÚCLEO INTERNO
	6.371		13.100	36,00	

TABLA 2: Estructura interna de la Tierra. Las profundidades de las distintas discontinuidades, en particular las más superficiales, deben considerarse como profundidades medias, ya que existen importantes variaciones laterales del grosor de la corteza y la litosfera.

(1 bar = 10^5 Pa = 0,1 MPa).

Temperatura y calor interno de la Tierra

Calor = forma de energía (geotérmica y solar)
- **regula los procesos endógenos y exógenos del planeta**

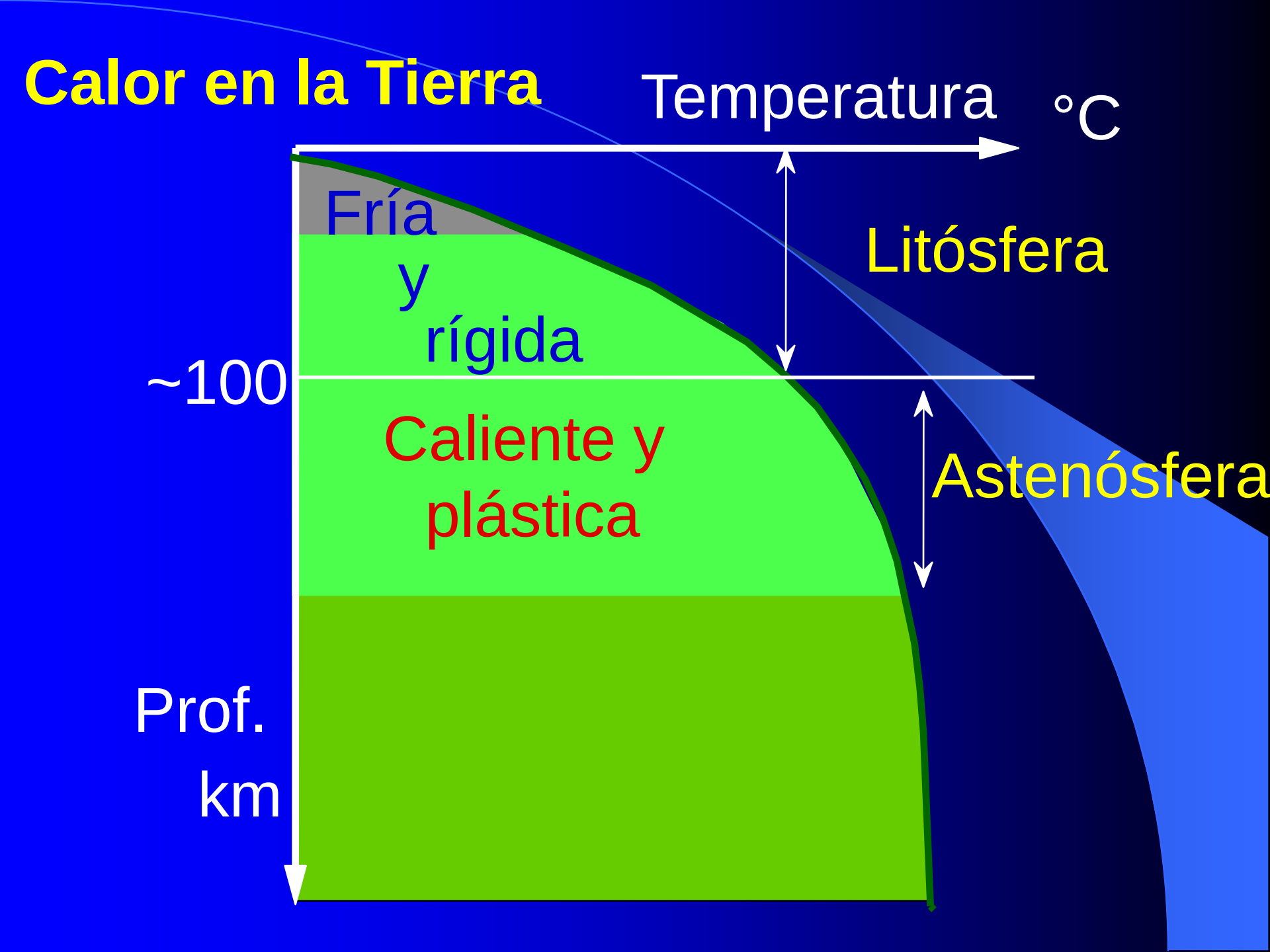
Fuentes del Calor
- **calor producido durante la formación de la Tierra**
- **calor liberado por desintegración de isótopos radiactivos**

Transporte del Calor

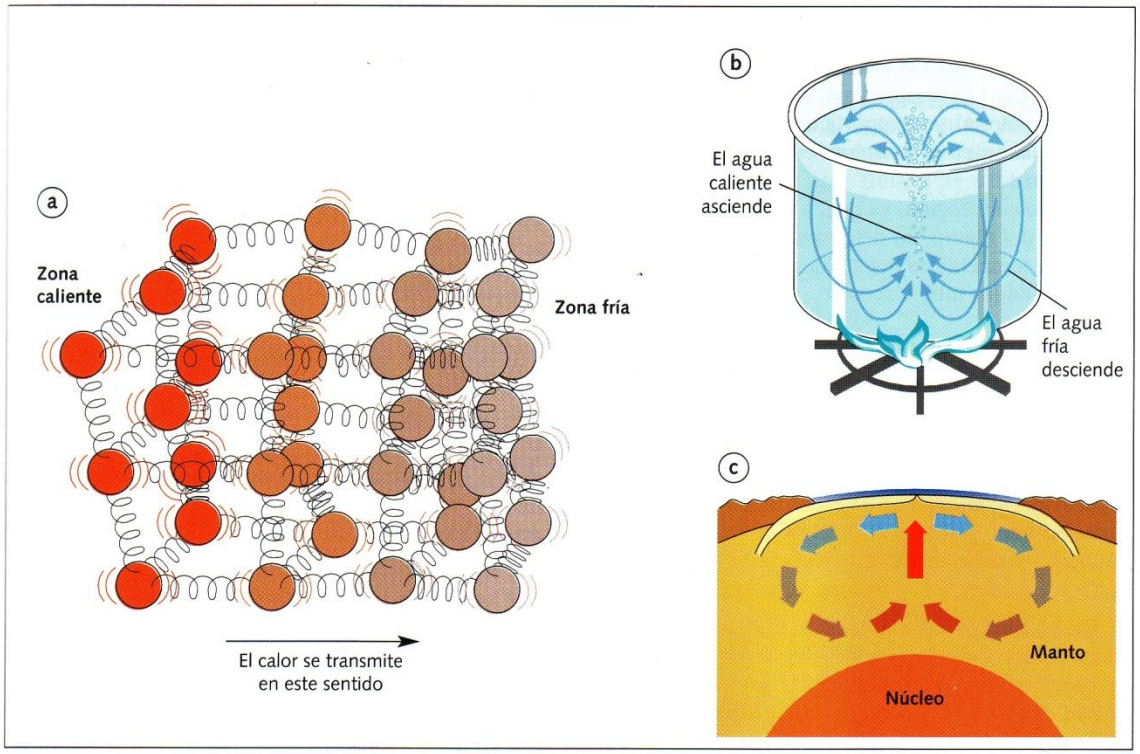
- **por conducción (litósfera y nucleo interno)**
- **por convección (manto astenosférico y núcleo externo)**

Distribución de la Temperatura con la profundidad
= gradiente geotérmico (aprox. 2º a 3ºC cada 100 metros)

Calor en la Tierra



Transporte del calor por conducción y convección



15 Transporte de calor en la Tierra por conducción y convección.

a) Diagrama que ilustra el transporte de calor por conducción. Incluso en la materia sólida, los átomos no permanecen en posiciones fijas y estables sino que vibran continuamente (excepto en el 0 absoluto de temperatura), de ahí que al aumentar la temperatura aumente la agitación de los átomos. Cuando el calor se transmite por conducción, los átomos con mayor energía provocan distorsiones en los átomos vecinos, transfiriendo parte de esta energía, de modo que el calor se transmite lentamente de un punto a otro.

b) Esquema que ilustra el transporte de calor por convección en un líquido cuando se calienta.

c) Convección en el manto terrestre.

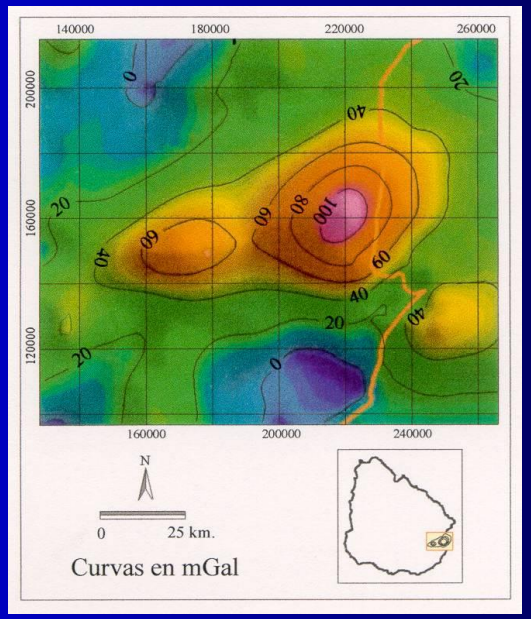
Gravedad y Magnetismo terrestre

Variaciones de la gravedad

- consecuencia de la rotación = generación de aceleración centrífuga
- forma de la Tierra = elipsoide de revolución

- es el factor dominante de los procesos terrestres (endógenos y exógenos)

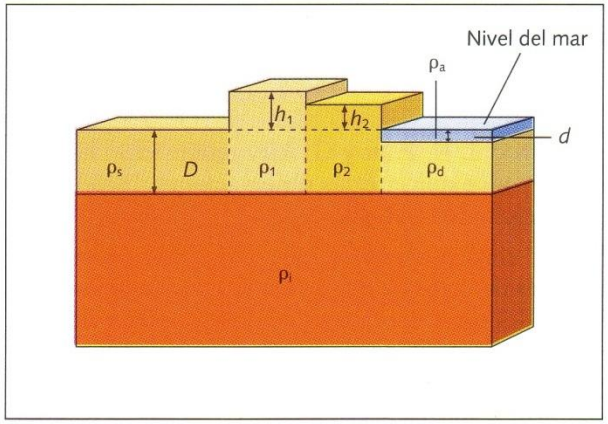
- **Anomalía gravimétrica** = diferencia entre el valor teórico y el valor observado de la gravedad



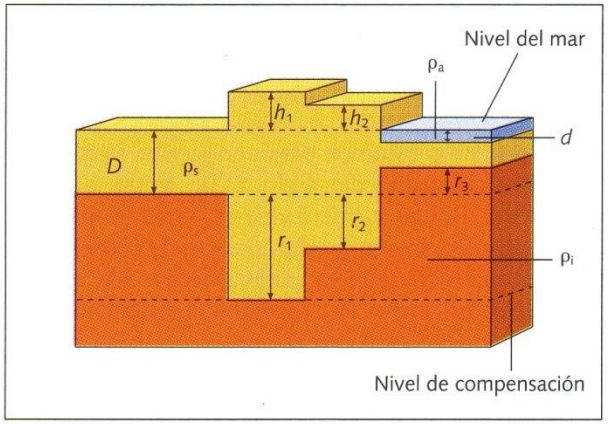
Isostasia y estructura de la Litósfera

- **Desde P. Bouguer en 1735 y G. Everest a partir de 1800 = Suponen una compensación del exceso de nivel de masa en superficie**

- **Airy & Pratt en 1855 = principio de Isostasia: " todos los defectos o Excesos de masa por encima o debajo del nivel del mar están Compensados en profundidad"**



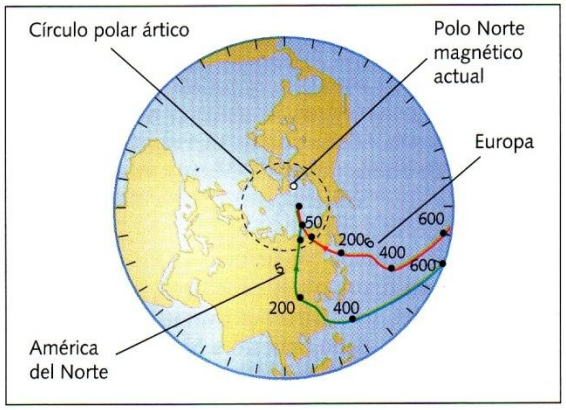
11 Esquema que ilustra la hipótesis de equilibrio isostático propuesta por Pratt. La compensación isostática se alcanza por cambios laterales de la densidad. Según esta hipótesis, el relieve de las montañas (exceso de masa) se compensa por la presencia de materiales menos densos en profundidad, mientras que las cuencas oceánicas (déficit de masa) se compensa por la presencia de materiales más densos en profundidad.



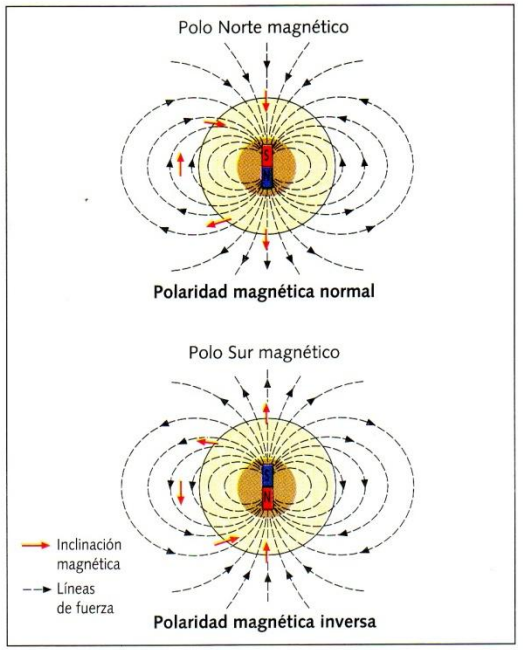
12 Esquema que ilustra la hipótesis de equilibrio isostático propuesta por Airy. Se asume que la densidad no varía lateralmente y que la compensación isostática se alcanza por variaciones del grosor de la capa superior. Por lo tanto, el exceso de masa de las montañas se compensará por un engrosamiento en profundidad de la capa superior y el déficit de masa de las cuencas oceánicas se compensará por un adelgazamiento de la capa superior.

Campo Magnético terrestre

- **origen** : rotación terrestre + núcleo = dínamo autoinducido
- **magnetización remanente** = magnetismo fósil
- **Deriva Polar**
- **Inversión del campo magnético**
- **expansión del suelo oceánico**



19 Curva de deriva polar aparente para Europa y América del Norte durante los últimos 500 millones de años. El hecho de que se observen distintas trayectorias para cada continente demuestra que son los continentes los que se han desplazado, de manera que al estudiar el paleomagnetismo de las rocas, se obtienen estas trayectorias ficticias de deriva polar.



20 Esquema que ilustra el cambio de polaridad del campo magnético de la Tierra.