

## LA TIERRA EN EL UNIVERSO (II)

### 3.3.1. Funciones de la atmósfera.

La atmósfera realiza dos funciones para el mantenimiento del equilibrio del planeta:

- a) Regulación térmica permitiendo que la temperatura media de la Tierra se mantenga constante.
- b) Función protectora. En las capas altas de la atmósfera, los gases absorben las radiaciones más energéticas (rayos X, rayos  $\gamma$ ). En la estratosfera se localiza la capa de ozono, encargada de absorber las radiaciones ultravioletas.

### 3.4. La hidrosfera.

En la Tierra, el agua es la única sustancia que existe a temperaturas ordinarias en los tres estados de la materia, o sea, sólido, líquido y gas. Se encuentra en estado sólido en los glaciares y los casquetes polares. Existe en estado líquido en las nubes de lluvia y en forma de rocío en la vegetación. Además, cubre las tres cuartas partes de la superficie terrestre en forma de pantanos, lagos, ríos, mares y océanos. Como gas, o vapor de agua, existe en forma de niebla, vapor y nubes.

Por influencia de la gravedad, el agua se acumula en los intersticios de las rocas debajo de la superficie terrestre formando depósitos de agua subterránea que abastecen a pozos y manantiales, y mantienen el flujo de algunos arroyos durante los periodos de sequía.

#### 3.4.1. Funciones de la hidrosfera.

- a) Regulador térmico. Contribuye en el mantenimiento de la temperatura media de nuestro planeta.
- b) Interacciones con la geosfera, siendo el principal agente modelador de la superficie del planeta, ya que es la responsable de tres procesos geológicos fundamentales: erosión, transporte y sedimentación.

### 3.5. La geosfera.

Es la parte sólida de nuestro planeta. Tiene un radio de unos 6.370 km. En su interior se originan una gran actividad causantes de fenómenos sísmicos y volcánicos.

# LA TIERRA EN EL UNIVERSO (II)

## 3.5.1. Métodos de estudio del interior de la Tierra.

Para el estudio del interior terrestre se emplean dos tipos de métodos: directos e indirectos.

A) **Métodos directos** son aquellos que se basan en la observación directa.

**Sondeos geológicos.** Los materiales extraídos con las perforaciones del subsuelo aportan información sobre su composición y estado. El sondeo más profundo que se ha realizado fue en Kola (Báltico) alcanzando aproximadamente los 12 km de profundidad.

**Volcanes.** Arrojan lava desde el interior permitiendo el estudio directo de materiales que están a una profundidad de 100 km.

**Erosión de cordilleras.** Aportan datos sobre materiales que han quedado al descubierto debido al proceso erosivo.

**Meteoritos.** Los meteoritos nos pueden aportar información sobre la composición del interior de la Tierra. Algunos de estos meteoritos se han datado en torno a 4.500 millones de años, la misma que la de nuestro planeta, lo que nos lleva a pensar que su composición debe ser similar a las de las capas internas del planeta.

B) **Métodos indirectos** basados en cálculos matemáticos y deducciones, obtenidos al estudiar las propiedades físicas y químicas de la Tierra.

**Densidad terrestre.** Mediante cálculos matemáticos se ha obtenido el valor de la densidad media de la Tierra es de  $5,52 \text{ g/cm}^3$ . Dado que la densidad de las rocas superficiales es menor ( $2,7 \text{ g/cm}^3$ ), en el interior de la Tierra debe haber materiales mucho más densos.

Estos datos hicieron pensar a Wiechert que la Tierra debería tener un núcleo formado por materiales más densos. Entre los elementos candidatos estaba el hierro que es el más abundante en el sistema solar.

**Método gravimétrico.** Este método consiste en medir la intensidad del campo gravitatorio y detectar las anomalías que se producen. Una anomalía gravimétrica se produce cuando el valor teórico no coincide con el medido por el gravímetro.

La existencia del campo magnético terrestre apoya la idea de que nuestro planeta tiene un núcleo metálico en permanente agitación.

## LA TIERRA EN EL UNIVERSO (II)

Este método se utiliza para la búsqueda de yacimientos minerales cuya densidad sea diferente a la de las rocas que están a su alrededor.

En los océanos la gravedad es mayor debido a que la corteza oceánica es más delgada y el manto está más próximo. En las cordilleras la gravedad es menor debido a la existencia de raíces interiores menos densas.

**Gradiente geotérmico.** Es la variación de temperatura que se produce a medida que se profundiza perpendicularmente desde la superficie hacia el interior terrestre. Hasta los 50 km, la temperatura va aumentando unos 3°C cada 100 m. Si el incremento de temperatura se mantuviese, a los 1000 km se alcanzaría una temperatura de 30.000°C y todas las rocas del manto estarían fundidas. Sin embargo, el comportamiento de las ondas sísmicas muestran que su estado es sólido. Por tanto, el gradiente geotérmico se reduce con la profundidad.

El aumento de temperatura es debido al calor residual de los primeros estadios de la formación del planeta, así como, a la presencia de isótopos radioactivos

**Magnetismo terrestre.** El campo magnético terrestre (generado por el núcleo en rotación) presenta desplazamientos de varios km al año, además de cambios de polaridad (N-S) cada cientos de miles de años (estudios de paleomagnetismo).

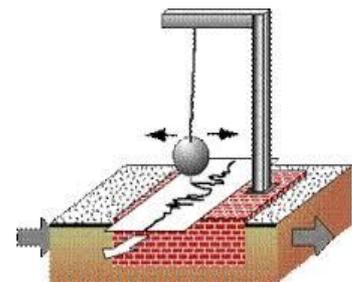
La presencia de este campo magnético se impresiona en las rocas con elementos metálicos que pueden magnetizarse (por ejemplo las rocas magnetitas) y que se orientan según sea la polaridad del campo magnético terrestre. Encontramos anomalías magnéticas debidas a la composición de las rocas, que crean campos magnéticos locales.

**Método sísmico.** Es el método que más información nos aporta sobre el interior terrestre. Se basa en el estudio de los terremotos y el modo en el que se propagan las ondas sísmicas que originan.

Los terremotos (seísmos o sismos) son vibraciones del terreno generadas por la liberación brusca de energía acumuladas en las rocas que están sometidas a esfuerzos.

El lugar del interior terrestre donde se origina el terremoto es el foco sísmico o hipocentro. El lugar de la superficie terrestre situado en la vertical del foco es el epicentro.

La vibración provocada en el hipocentro se propaga en forma de ondas sísmicas que son registradas por



## LA TIERRA EN EL UNIVERSO (II)

los sismógrafos, que dibujan unas gráficas llamadas sismogramas.

Existen tres tipos de ondas sísmicas:

- a. **Ondas P o primarias.** Se originan en el hipocentro y se propagan a gran velocidad por ello son las primeras en llegar a la superficie terrestre. Se propagan por todos los medios (sólidos y fluidos). Su velocidad de propagación va a depender, principalmente de la rigidez de los materiales que atraviesen. Cuanto mayor sea la rigidez del material mayor será la velocidad.

Son ondas longitudinales, es decir, las partículas del terreno vibran en la dirección de propagación de la onda.

- b. **Ondas S o secundarias.** Se originan en el hipocentro, son más lentas que las ondas P por lo que llegan después que ellas a la superficie terrestre. Sólo se propagan por medios fluidos.

Son ondas transversales, es decir, hacen vibrar a las partículas del terreno en una dirección perpendicular a la de propagación de la onda.

- c. **Ondas L o superficiales.** Se originan a partir del epicentro y se propagan por la superficie terrestre siendo las causantes de las catástrofes sísmicas. No tienen interés para el estudio interno del planeta.

### 3.5.2. Información que aportan los terremotos.

La velocidad de propagación de las ondas sísmicas por el interior terrestre sufren variaciones graduales y, a veces, cambios bruscos.

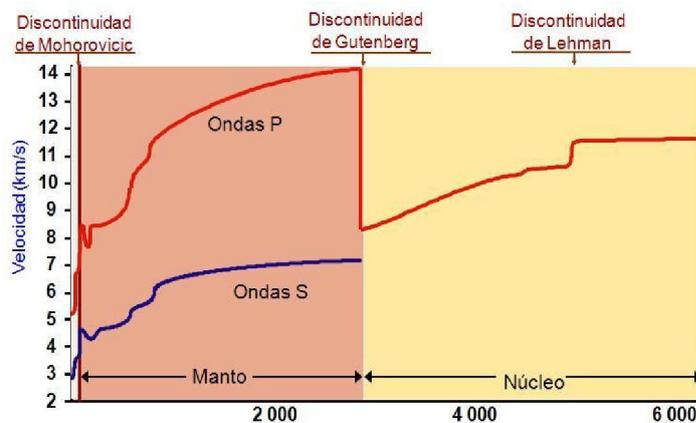
Estos cambios bruscos se denominan discontinuidades y se producen cuando cambia la composición o el estado físico de los materiales terrestres. Por tanto, las discontinuidades sísmicas se emplean para diferenciar las capas en las que se divide el interior del planeta.

Discontinuidades y su interpretación.

- a. **Discontinuidad de Mohorovicic.** Se localiza a una profundidad de unos 30-40 km en los continentes y entre 5 y 10 km en los océanos. Esta discontinuidad sirve para diferenciar la corteza del manto.
- b. **Discontinuidad de Repetti.** Entre los 100 y 800 km de profundidad se originan variaciones en la velocidad de propagación de las ondas P y S. El mayor cambio se produce a los 670 km y se utiliza para diferenciar el manto superior del manto inferior.

## LA TIERRA EN EL UNIVERSO (II)

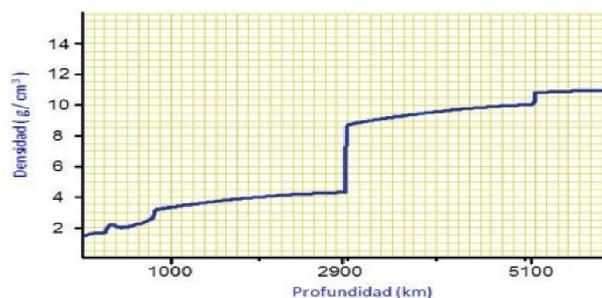
- c. **Discontinuidad de Gutenberg.** Se localiza a 2900 km de profundidad donde las ondas P sufren un cambio muy brusco en su velocidad de propagación y las ondas S desaparecen. Esto hace pensar que a partir de los 2900 km hay una capa de material fundido. Separa el manto y el núcleo.
- d. **Discontinuidad de Lehmann.** A una profundidad de 5150 km se produce un incremento en la velocidad de propagación de las ondas P. Este salto se interpreta como un cambio en el estado físico de los materiales que hay en el núcleo, que pasan de líquido a sólido. Esta discontinuidad permite diferenciar entre núcleo externo (líquido) y núcleo interno (sólido).



Actividad. De los métodos empleados para estudiar la Tierra, ¿cuál es el que nos aporta mayor información sobre el interior terrestre?

Actividad. ¿Qué datos de la gráfica de la velocidad de propagación de las ondas sísmicas permiten afirmar que no existe en todo el manto una capa continua de material fundido?

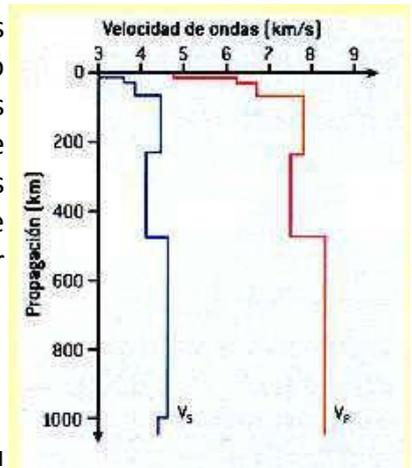
Actividad. La gráfica nos muestra la relación entre la densidad de los materiales terrestres y la profundidad. ¿A qué profundidad se produce el mayor cambio en el tipo de materiales? ¿Qué conclusión podemos obtener sobre el interior terrestre?



## LA TIERRA EN EL UNIVERSO (II)

Actividad. Las misiones Apolo realizaron algunas investigaciones sísmicas en la Luna. A partir de los datos recogidos se construyó una gráfica con las velocidades de propagación de las ondas sísmicas hasta los 1000 km de profundidad (el radio lunar es de 1738 km). Por debajo de los 1000 km los datos eran menos precisos pero se observaba una disminución de la velocidad de propagación de las ondas S. Otros datos indirectos permiten inferir que posee un núcleo de unos 300 km de radio. Indica:

- ¿Cuántas discontinuidades se observan?
- ¿A qué profundidad se localizan cada una de ellas?
- Dibuja la estructura en capa que podría establecerse.
- ¿Cuál es el estado físico del interior de la Luna? Razona tu respuesta.



### 3.5.3. Estructura del interior terrestre.

Los datos obtenidos por los diferentes métodos de estudio muestran un interior terrestre estructurado en capas aproximadamente concéntricas. Existen dos modelos del interior de la Tierra.

- *Modelo geoquímico o estático.* El criterio empleado es la composición química de los materiales que componen cada una de las capas.
- *Modelo dinámico.* Se utiliza como criterio el comportamiento mecánico que presenta cada zona del interior terrestre.

#### A. MODELO GEOQUÍMICO O ESTÁTICO.

Según este modelo, la Tierra está dividida en tres capas: corteza, manto y núcleo.

- **Corteza.** Es la capa más superficial. Se extiende hasta la discontinuidad de Mohorovicic. Los elementos químicos más abundantes son O, Si, Al, Fe y Ca. Se diferencian dos tipos de corteza: corteza continental y corteza oceánica.

## LA TIERRA EN EL UNIVERSO (II)



Fuente: <http://profesorjanosensei.blogspot.com.es/2014/03/>

- **Manto.** Se localiza entre la corteza hasta los 2900 km. Los elementos químicos más abundantes son el O, Si, Mg y Fe. Abunda la peridotita que es una roca similar a la que se encuentra en los meteoritos.

Se diferencian dos mantos: manto superior y manto inferior.

**Manto superior:** desde la corteza hasta los 670 km de profundidad. Es rígido y sólido. En él se encuentra una capa de unos 350 km de espesor, en estado semifluido con un comportamiento plástico.

**Manto inferior:** desde los 670 km a los 2900 km de profundidad. Los materiales son rígidos. La densidad de este manto es mayor que la del superior, por estar formado por minerales con redes cristalinas más densas.

- **Núcleo.** Se localiza desde los 2.900 km hasta los 6370 km donde se localiza en el centro de la Tierra. Compuesto mayoritariamente por Fe (90%) y Ni (elementos pesados) y en menor proporción Si, O y S. Las ondas P bajan bruscamente su velocidad para subir de nuevo, mientras que las ondas S desaparecen. Esto indica la existencia de dos capas diferenciadas:

**Núcleo externo.** Desde los 2900 km hasta los 5120 km de profundidad. Está formado por material fluido debido a las altas temperaturas.

**Núcleo interno.** Desde los 5120 km hasta los 6370 km. A pesar de que las temperaturas son muy elevadas, las altas presiones que reinan en el interior terrestre aumentan el punto de fusión de la mayoría de los materiales permitiendo que se encuentren en estado sólido.

## LA TIERRA EN EL UNIVERSO (II)

Actividad. Completa la tabla sobre los dos tipos de corteza.

Ítem	Corteza terrestre	Corteza oceánica
GROSOR		
EDAD		
DENSIDAD		
CAPAS/COMPOSICIÓN		
OTROS		

Actividad. ¿Cuáles son las diferencias de composición química más importantes entre la corteza y el manto?

Actividad. Si las temperaturas del núcleo interno son más elevadas que las del núcleo externo, ¿por qué los materiales en el centro de la tierra están en estado sólido?

### B. MODELO DINÁMICO.

El modelo dinámico se establece en función del comportamiento mecánico de los materiales. Según este modelo la Tierra queda dividida en las siguientes capas:

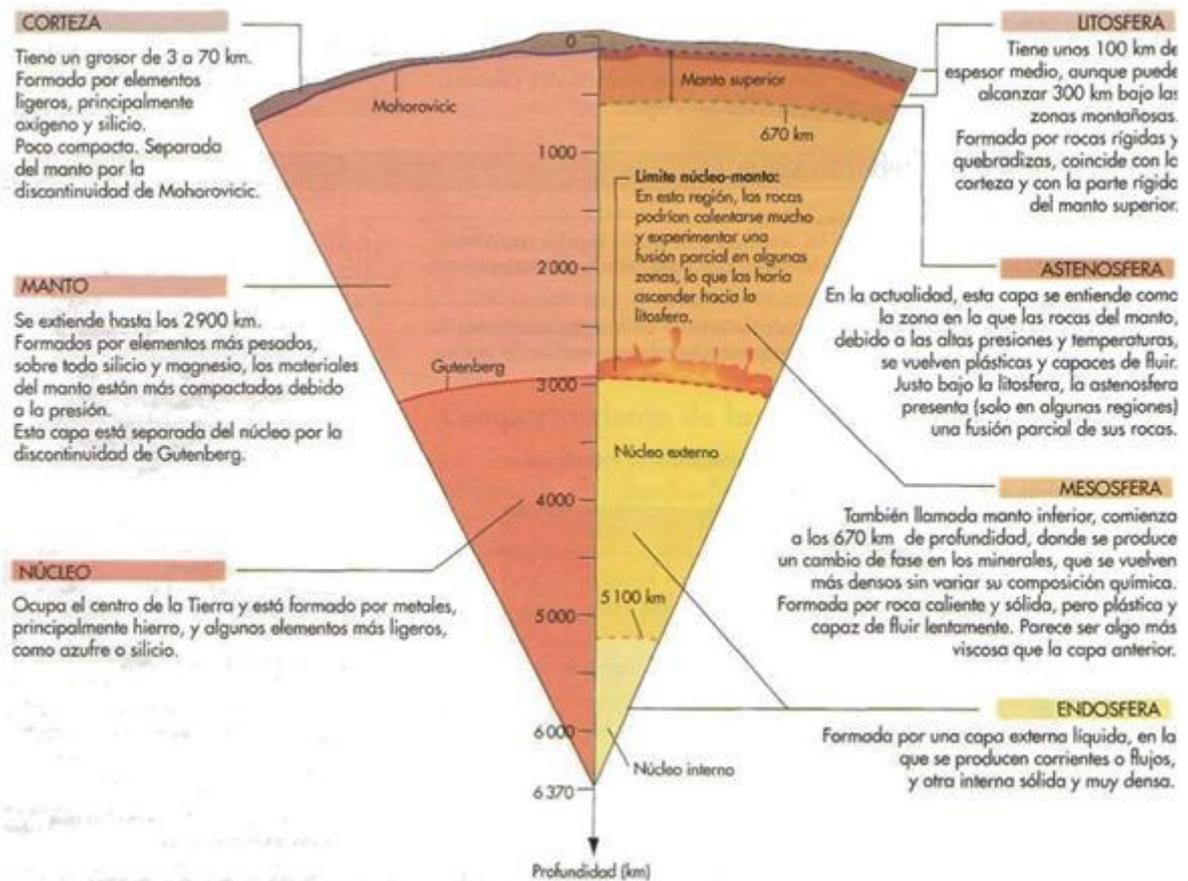
- **Litosfera.** Es la capa más externa formada por toda la corteza y una parte del manto superior. Los materiales se encuentran en estado sólido. Se diferencia la litosfera oceánica y la litosfera continental.
- **Manto superior sublitosférico.** Se sitúa debajo de la litosfera hasta los 670 km de profundidad. En ella, las ondas sísmicas sufren fluctuaciones en su velocidad de propagación. Las altas presiones y temperaturas a las que están sometidos los materiales en esta zona les confiere un comportamiento plástico y deformable.

Tradicionalmente, esta capa recibía el nombre de astenosfera, y a ella se limitaban las corrientes convectivas del manto. Sin embargo, actualmente se considera que dichas corrientes también afectan al manto inferior.

- **Mesosfera.** Ocupa desde los 670 km hasta los 2900 km de profundidad. En ella, se producen corrientes convectivas.
- **Endosfera.** Situada entre los 2900 km hasta los 6370 km de profundidad. La parte más externa fundida y la interna en estado sólido.

# LA TIERRA EN EL UNIVERSO (II)

Comparativa de los dos modelos del interior terrestre.



Actividad. ¿Qué similitudes y diferencias hay entre la corteza y la litosfera?

Actividad. Según el modelo dinámico actual, ¿en qué parte de la Tierra se producen las corrientes convectivas?

Actividad. Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones. Corrige las falsas.

- La Discontinuidad de Gutenberg separa manto superior y manto inferior.
- La Discontinuidad de Lehmann se encuentra a 2900 km de profundidad.
- Las ondas S desaparecen a partir de los 5170 km de profundidad.
- Según el modelo geoquímico la capa más superficial de la Tierra es la litosfera.
- La endosfera se encuentra formada por el núcleo externo y el interno.
- La Discontinuidad de Mohorovicic separa manto y corteza.
- En la mesosfera se generan corrientes de convección.
- Los materiales de la endosfera se encuentran en estado sólido.
- El manto inferior llega hasta los 670 km de profundidad.