

# TEMA: ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA TIERRA

1. Métodos directos para el estudio del interior de la Tierra.
  - 1.1. Exploración geológica (mapas geológicos)
  - 1.2. Las minas
  - 1.3. Los sondeos geológicos
2. Métodos indirectos: la prospección geofísica.
  - 2.1. Método sísmico
  - 2.2. Método gravimétrico
  - 2.3. Método magnético
  - 2.4. Métodos eléctricos
  - 2.5. Método geotérmico
  - 2.6. Estudio de los meteoritos
3. Modelos de la estructura interna de la Tierra.
  - 3.1. Modelo geoquímico de la estructura de la Tierra.
  - 3.2. Modelo geodinámico de la estructura de la Tierra.

- GEODESIA: parte de la geología que estudia el origen de la Tierra, su estructura en capas y los materiales de que está formada.
- Antigüedad: el interior es igual a la superficie.
- Siglo XVIII: para el conde de BUFFON el interior es homogéneo y de materia vítrea.
- Siglo XIX: debate entre "solidistas" para los que el interior es sólido y frío y los "fluidistas" que consideraban que el interior es caliente y líquido.

## 1. MÉTODOS DIRECTOS PARA EL ESTUDIO DEL INTERIOR DE LA TIERRA.

La estructura y composición de la Tierra la podemos estudiar mediante métodos de estudio que pueden ser directos e indirectos.

Los métodos directos se basan en la recogida directa de materiales para su posterior estudio. Pueden ser mediante:

- recogida de muestras en la exploración geológica,
- las minas
- los sondeos

Con ellos sólo podemos explorar la parte más superficial de la Tierra

### 1.1. EXPLORACIÓN GEOLÓGICA

Se toman muestras en la superficie y en los afloramiento (taludes, volcanes) de rocas y minerales y se analizan en el laboratorio. De ello obtenemos información del:

Tipo de material,      disposición,      estructura,      edad...

Luego se elaboran mapas geológicos donde se plasma esta información.

## 1.2. LAS MINAS

- Son excavaciones en el subsuelo.
- Tipos: subterráneas (pozos y galerías) o a cielo abierto.
- Hasta 3 km de profundidad.

## 1.3. LOS SONDEOS GEOLÓGICOS

- Un sondeo es una perforación del suelo.
- Mediante la apertura de orificios muy pequeños (60 cm).
- Utilizando unas barrenas o sondas (de percusión o rotativa de corona).
- Obteniéndose una columna de materiales denominada testigo de hasta 12'5 km.

## 2. MÉTODOS INDIRECTOS PARA EL ESTUDIO DE LA TIERRA: LA PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Los métodos directos no nos permiten conocer el interior de la Tierra, para ella debemos utilizar métodos indirectos como:

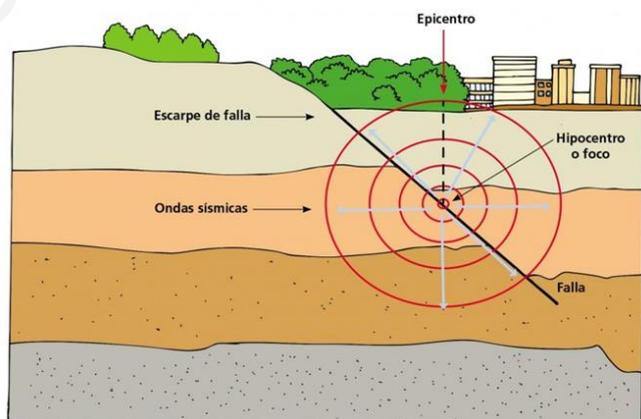
- el método sísmico,
- métodos gravimétricos, magnéticos, eléctricos y geotérmicos,
- el estudio de asteroides y meteoritos,

### 2.1. MÉTODO SÍSMICO

Se basan en el estudio de las ondas liberadas en los terremotos o en explosiones controladas.

#### A) LOS SEISMOS:

- Los seismos o terremotos son la vibración de la Tierra por una rápida liberación de energía.
- SE PRODUCEN: generalmente por rotura de las rocas originando fallas o desplazamientos de las rocas sobre un plano de falla preexistente.
- ELEMENTOS:
  - Hipocentro o foco.
  - Epicentro: punto de la superficie sobre el hipocentro
  - Ondas sísmicas: se originan en el hipocentro y se transmiten hacia todas las direcciones.
- MECANISMO: Se originan como consecuencia de fuerzas que actúan sobre las rocas. Estas fuerzas pueden ser tan potentes que deformen las rocas, pero si persisten pueden producir la rotura de las mismas en bloques que se desplazan entre sí. La rotura libera la energía acumulada y origina un movimiento de vibración que termina cuando las rocas deformadas vuelvan a su posición de partida, el "rebote elástico" según Reid. Estas vibraciones son el terremoto y la energía se propaga en forma de ondas sísmicas



La rotura comienza en un punto y se extiende por todo un plano de falla. Es el foco o hipocentro. De él parten las ondas sísmicas en todas las direcciones.

Antes del terremoto principal se suelen producir pequeñas sacudidas, seismos precursores. Los ajustes que siguen al terremoto principal generan a menudo seismos más cortos denominados seismos réplicas. En ambos casos sus hipocentros también están situados en el mismo plano de falla, .

- DETECCIÓN: las ondas sísmicas se detectan con sismógrafos en observatorios sismológicos y se registran en unos gráficos denominados sismogramas.
- La IMPORTANCIA de un temblor de Tierra depende de:
  - MAGNITUD: es la cantidad de energía liberada y se mide con la "Escala de Richter" (es logarítmica, cada grado es 30 veces menor que el siguiente).
  - INTENSIDAD: nos indica los efectos superficiales, es decir la devastación y dañosn producidos. La más utilizada es la "Escala modificada de Mercalli"

## B) LAS ONDAS SÍSMICAS:

La energía liberada en un seismo se transmite en forma de ondas sísmicas.

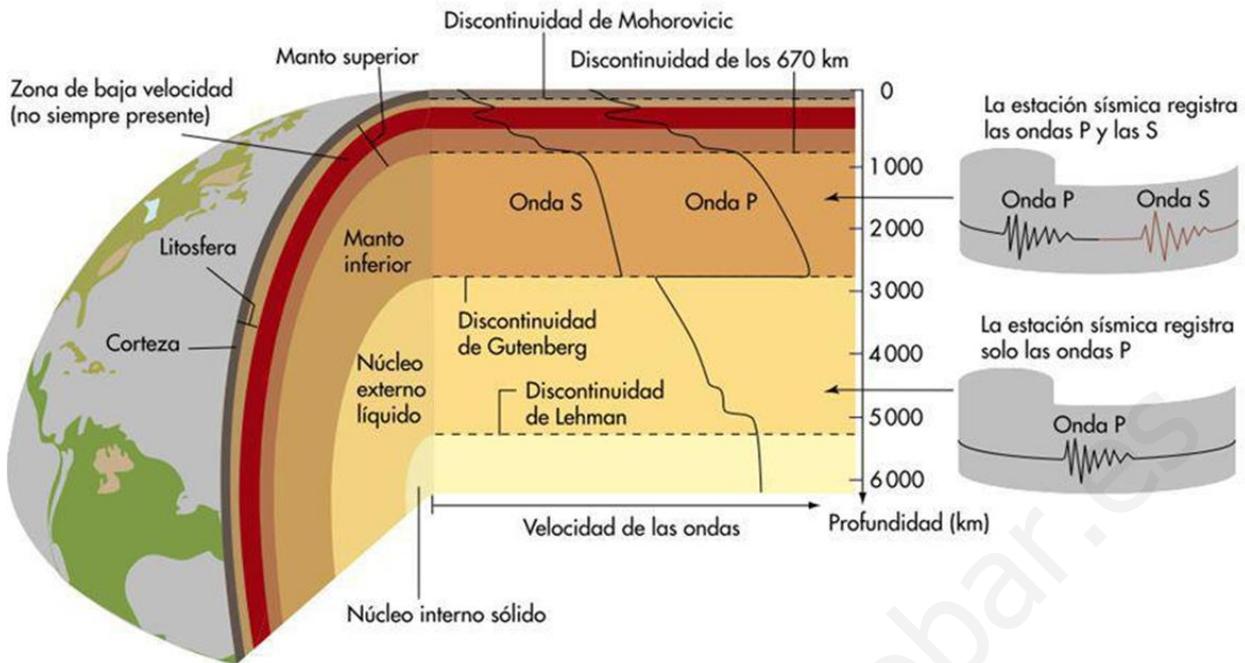
Se transmiten en todas direcciones.

Al pasar de un medio a otro con diferente rigidez: se reflejan, se refractan, cambian de velocidad o se difractan. Esto nos permite estudiar la estructura interior de la Tierra. Hay tres tipos de ondas.

- PRIMARIAS u ONDAS P:
  - Son las primeras en detectarse.
  - La vibración se produce en la misma dirección de propagación.
  - Son ondas de compresión y descompresión.
- SECUNDARIAS U ONDAS S:
  - Son las segundas en detectarse.
  - La vibración se produce de forma perpendicular a la dirección de propagación.
  - Su velocidad es menor que la de las ondas P.
  - No se transmiten en líquidos.
- SUPERFICIALES:
  - Generadas cuando las anteriores llegan a la superficie. Se forman a partir del epicentro
  - Sólo se transmiten por la superficie terrestre. No tienen interés para el estudio del interior de la Tierra.
  - Son las causantes de los desastres sísmicos.

## C) GRÁFICOS DE LAS ONDAS SÍSMICAS:

- DATOS A TENER EN CUENTA:
  - La velocidad aumenta al aumentar la densidad/rigidez ⇒ DISCONTINUIDADES
  - Las ondas S no se desplazan por medios líquidos.
- GRÁFICAS velocidad / profundidad, Los cambios bruscos producen saltos en la gráfica que se denominan discontinuidades. Las discontinuidades nos indican cambios en la composición de la Tierra.
- DATOS:
  - . 30-70 km Discontinuidad de Mohorovicic ⇒ Corteza-Manto.
  - . 670-1.000 km separación manto superior e inferior
  - . 2.900 km Discontinuidad de Gutenberg ⇒ Manto-Núcleo externo.
  - . 5.000 km Según Jeffrys...Discontinuidad de Wiechert-Lehman ⇒ Núcleo externo-interno



#### D) MÉTODO SÍSMICO POR EXPLOSIONES CONTROLADAS:

- UTILIDAD: Búsqueda de minerales, petróleo...
- MÉTODO:
  - Se provocan pequeñas explosiones controladas a poca profundidad.
  - Las ondas se reflejan y refractan al atravesar los diferentes materiales del subsuelo.
  - Se detectan en geófonos situados en zonas próximas.
  - Los tiempos de llegada de las diferentes ondas nos dan idea de la estructura y densidad de los materiales que atraviesan.

### 2.2. MÉTODO GRAVIMÉTRICO

- VARIACIÓN DE g: Como la Tierra no es una esfera, ni su composición es homogénea, el valor de g varía según:
  - a) La latitud:  $>$  latitud  $<$  radio  $>$  g
  - b) Altitud:  $>$  altitud  $>$  radio  $<$  g
  - c) Por la diferente densidad de los materiales del subsuelo.
- MEDICIÓN DE g: se utilizan los gravímetros.
- ANOMALÍAS GRAVIMÉTRICAS: Normalmente la diferencia entre el valor medido y el valor teórico es muy pequeña. Pero si es apreciable se dice que en ese punto existe una anomalía gravimétrica:
  - Si el valor medido  $>$  valor teórico..... anomalía positiva. Se da en los océanos debido a que la corteza (poca densidad) es más delgada.
  - Si el valor medido  $<$  valor teórico..... anomalía negativa. Se produce en las cadenas montañosas porque la corteza es más gruesa.
- IMPORTANCIA: las anomalías positivas nos indican que hay en el subsuelo materiales más densos (metales), las negativas nos indicarían zonas con materiales menos densos (domos salinos o zonas más calientes del manto).

### 2.3. MÉTODO MAGNÉTICO

- SE BASA: en las variaciones del campo magnético terrestre.
- CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE: la rotación del núcleo terrestre (O-E  $\approx$  1 año, cada 400 años hace una vuelta de más) hace que se comporte como una dinamo y genera un campo magnético esférico del doble del diámetro terrestre.
  - Polos magnéticos: No coinciden con los geográficos. El ángulo formado se denomina declinación magnética,  $\delta$  (unos  $11^\circ$ ). Ha variado a lo largo de la historia terrestre.
  - Variaciones del campo magnético por: Radiaciones solares, tormentas magnéticas del sol y por variaciones locales debidas a las diferencias geológicas de la Tierra.
- INSTRUMENTO DE MEDIDA: el aparato utilizado es el magnetómetro
- ANOMALÍAS MAGNÉTICAS: Las rocas que contienen hierro pueden imantarse y forman un campo magnético débil pero que altera la intensidad y orientación del campo actual en esa zona, se ha formado una anomalía magnética.

### 2.4. MÉTODO ELÉCTRICO

- SE BASA: en el estudio de los cambios en la conductividad eléctrica de los diferentes materiales. Como es muy baja se habla de resistividad eléctrica.

### 2.5. MÉTODO GEOTÉRMICO

- SE BASA: en el estudio de la energía geotérmica terrestre
- VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA:
  - Desde la superficie terrestre hacia el interior: cada 33 m aumenta  $1^\circ$  C.
  - Esta variación se denomina gradiente geotérmico.
  - Esta variación se hace menor según nos acercamos al núcleo.

### 2.6. ESTUDIO DE LOS LOS METEORITOS

- La edad de los meteoritos es de 4.500 Ma = a la Tierra.
- Su composición puede ser comparable a la de las capas internas de la Tierra.
- Son de distintos tipos, pero en general, en su composición encontramos:
  - silicatos de hierro, calcio y magnesio  $\approx$  a los basaltos corteza oceánica terrestre. (9 % del total)
  - silicatos de magnesio  $\approx$  al manto terrestre (86 % del total)
  - compuestos orgánicos y agua
  - aleaciones de Fe y Ni  $\approx$  al núcleo terrestre (4% del total)

### 3. MODELOS DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

#### 3.1. MODELO GEOQUÍMICO DE LA ESTRUCTURA DE LA TIERRA

Se basa en la composición química y mineralógica de la Tierra.

La Tierra se divide en tres capas concéntricas:

Corteza, manto, núcleo

#### A) CORTEZA

➤ GROSOR: 8-70 km..... Discontinuidad de Mohorovicic.

➤ DENSIDAD MEDIA: 2'8 g/cm<sup>3</sup> ..... Materiales en estado sólido.

➤ TIPOS:

- **CONTINENTAL**: discontinua, más gruesa y menos densa

Superficialmente reconocemos los siguientes elementos::

- Cratones o escudos: (grosor 30 km)

. Áreas muy estables, con escasa actividad sísmica.

. Rocas ígneas y metamórficas muy antiguas > 250 Ma (Paleozoico- las más antiguas conocidas son de 3800 Ma).

. Aparecen recubiertas por sedimentos modernos y horizontales.

. Poco relieve por la prolongada erosión.

. Ejemplos: El Báltico, Siberia, el Congo, Canadá, Galicia y las mesetas.

- Orógenos: (grosor de 70 km)

. Áreas con relieve, son más modernas, son las cordilleras.

- Las más antiguas > 250 Ma ⇒ Paleozoico (Urales, Apalaches y Galicia)

- Las más modernas > 65 Ma ⇒ Terciario (Alpes, Andes, Himalaya, Pirineos, Sist. Penibético).

. Son más inestables.

. Formadas por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias plegadas.

- Plataforma continental: (espesor 7-15 km)

. Sumergida en el océano (a menos de 100 m) recubierta de sedimentos.

- **OCEÁNICA**: muy fina (8-10 km) fondo oceánico desde el talud continental.

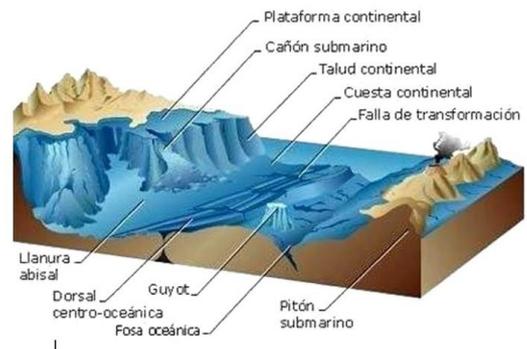
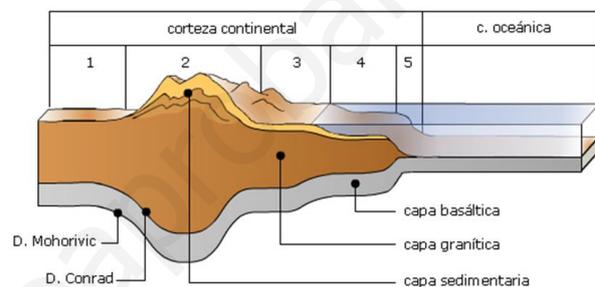
- Sedimentos 1300 m de espesor. > más lejos de las dorsales y más cerca de la costa.

- Zócalo oceánico: 2000 m de espesor. Formado por lavas almohadilladas y laminares, atravesada por diques verticales. Muy fracturada

- Capa oceánica 5000 m de profundidad, formada por gabro

- En su estructura horizontal reconocemos: *talud continental, la llanura abisal, las fosas oceánicas y las dorsales submarinas*

(1) Escudo (2) Orógeno (3) plataforma (4) Plataforma continental (5) Talud continental



## B) EL MANTO

- Aproximadamente el 70 % de la materia terrestre.
- GROSOR: De los 30 km (Moho) hasta los 2900 km (Gutenberg).
- ZONAS: Se distinguen:
  - Manto superior: Moho - 400 km ⇒ de peridotitas (olivino)
  - Zona de transición: 400 – 700 km
  - Manto inferior: 700 - 2900 km Gutenberg ⇒ de peridotitas (perovskita)

## C) EL NÚCLEO

- DENSIDAD: Capa más densa = 11 g/cm<sup>3</sup>.
- TEMPERATURA: en el centro es de 6700°C.
- CAPAS:
  - Núcleo externo (2900-5150 km) ⇒ Compuesto de Fe y Ni  
Fluido y móvil.
  - Núcleo interno (5150 - 6730 km) ⇒ Compuesto por Fe  
Sólido y con rotación.

## 3.2. MODELO GEODINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE LA TIERRA

### A) LITOSFERA

Parte más superficial. Rígida. Espesor variable y fracturada verticalmente

- ESPESOR: 50 a 100/300 km
- CONSTITUIDA: Corteza + parte superior del manto.
- TIPOS:
  - Litosfera continental:
  - Litosfera oceánica: carece de corteza continental.

### B) ASTENOSFERA

- PROFUNDIDAD: < 400 km pero no es una capa continua. Está muy discutida.
- Es un "Canal de baja velocidad"
  - De unos 150 km de espesor. Es una zona muy variable.
  - Se caracteriza porque las ondas sísmicas reducen mucho su velocidad ⇒ > plasticidad.

### C) MESOSFERA

- 400-2900 km
- Rígida pero en ella se dan corrientes de convección.
- Capa D
  - Últimos 200 km.
  - Disminuye la velocidad ⇒ parcialmente fundida.
  - Alta T<sup>a</sup>, el material asciende lentamente como plumas hasta la superficie (relacionado con actividad volcánica cortical).

### D) LA ENDOSFERA

- DENSIDAD: Capa más densa = 11 g/cm<sup>3</sup>.
- TEMPERATURA: en el centro es de 6700°C.
- CAPAS:
  - Núcleo externo (2900 - 5150 km) ⇒ Fluido y móvil.
  - Núcleo interno (5150 - 6730 km) ⇒ Sólido y con rotación.
- Origina el campo magnético terrestre.

