



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

TEMA 1

BIOLOGÍA
Y
GEOLOGÍA
4ºE.S.O.

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
 - "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.

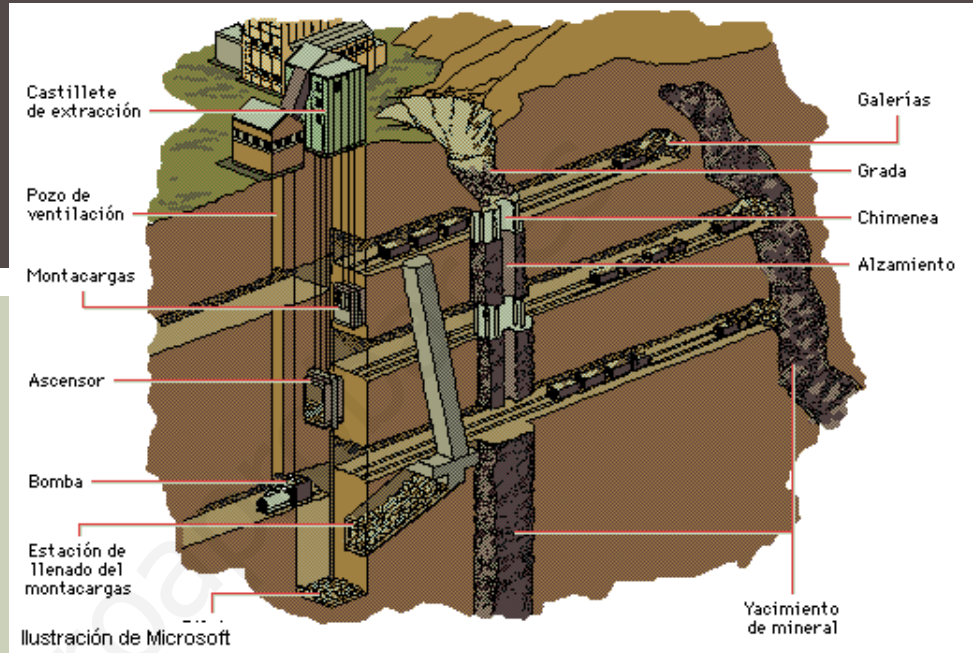


1.2. LAS MINAS

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



Investiga qué es el “Big Hole” y dónde se encuentra

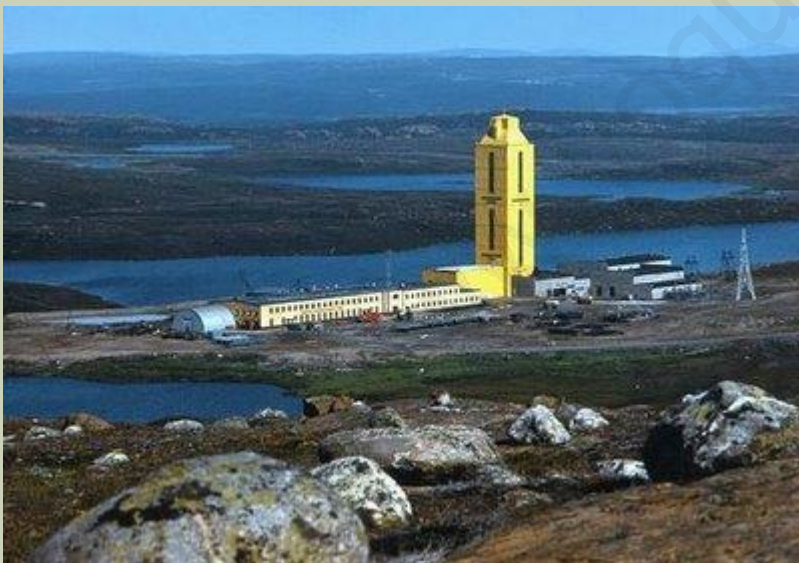


1.3. LOS SONDEOS GEOLÓGICOS

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).
- Se obtiene una columna de materiales denominada testigo de hasta 12'5 km.

Península de Kola (1970-89-corteza)



Proyecto Mohole (1957-moho)⇒
Perforadora JOIDES (2012-manto)



2. MÉTODOS INDIRECTOS PARA EL ESTUDIO DE LA TIERRA

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,

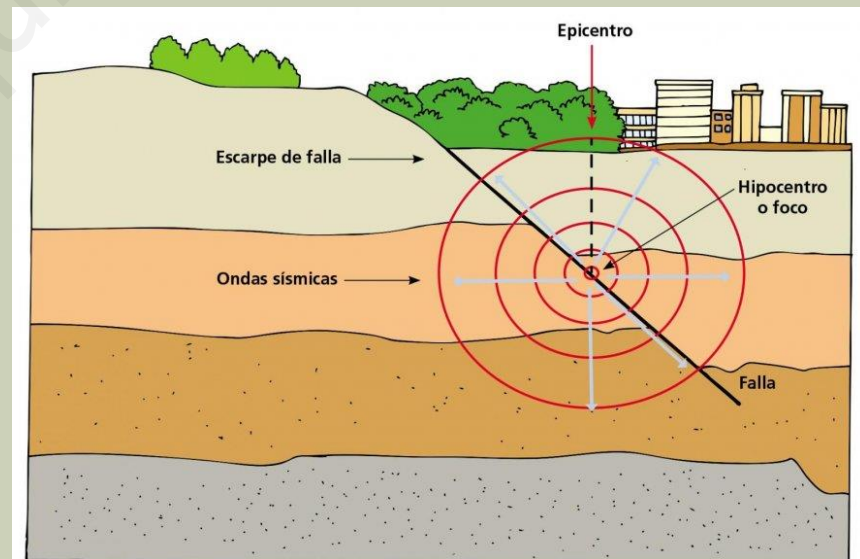


2.1. MÉTODO SÍSMICO

➤ LOS SEISMOS:

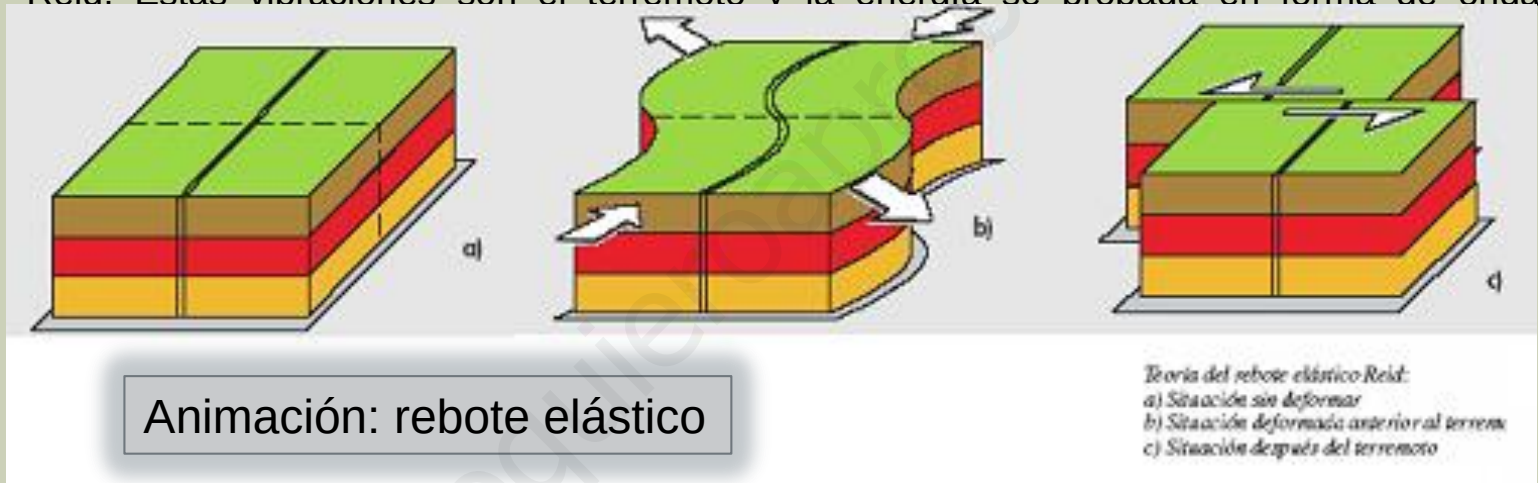
Los seismos o terremotos son la vibración de la Tierra por una rápida liberación de energía.

- 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.



➤ ORIGEN Y PROPAGACIÓN SDE UN TERREMOTO:

- Se originan como consecuencia de fuerzas que actúan sobre las rocas.
- Estas fuerzas pueden ser tan potentes que deformen las rocas,
- 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



La rotura comienza en un punto, el foco o hipocentro, y se extiende por todo un plano de falla. 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, .

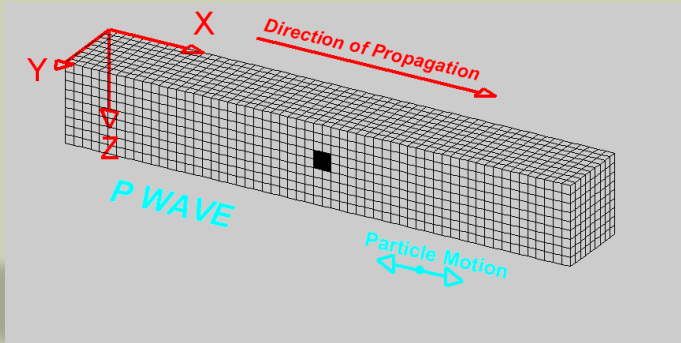
➤ LAS ONDAS SÍSMICAS:

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

Se transmiten en todas direcciones.

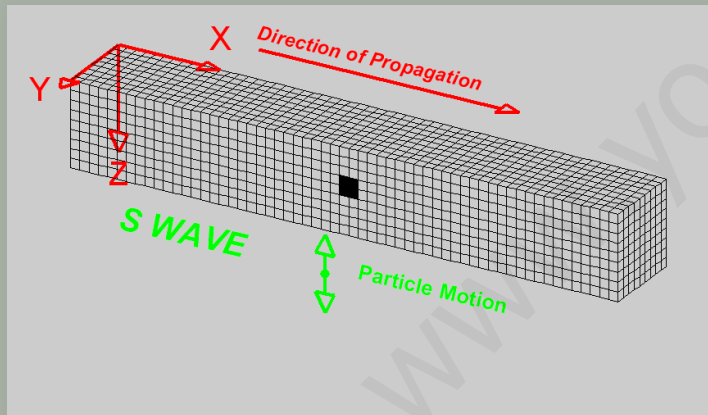
Al pasar de un medio a otro con diferente rigidez: se reflejan, se refractan, cambian de velocidad o se difractan. Esto nos permite estudiar la estructura interior de la Tierra.

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:**

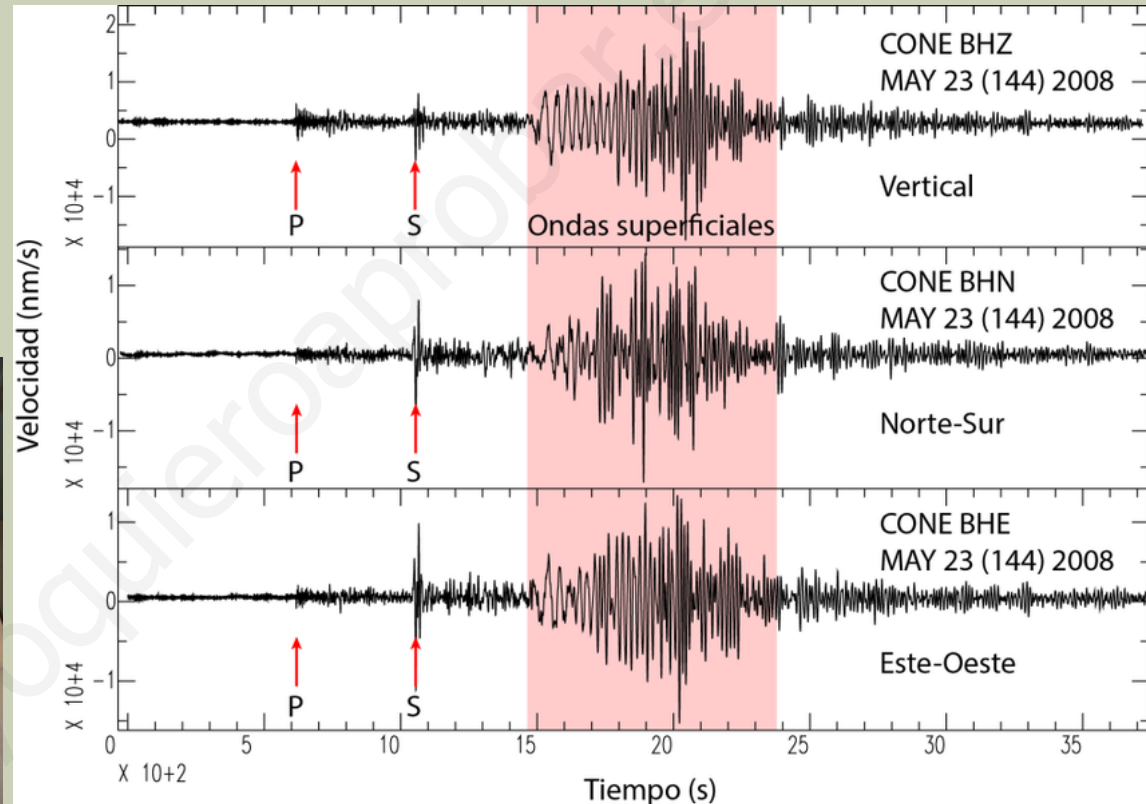
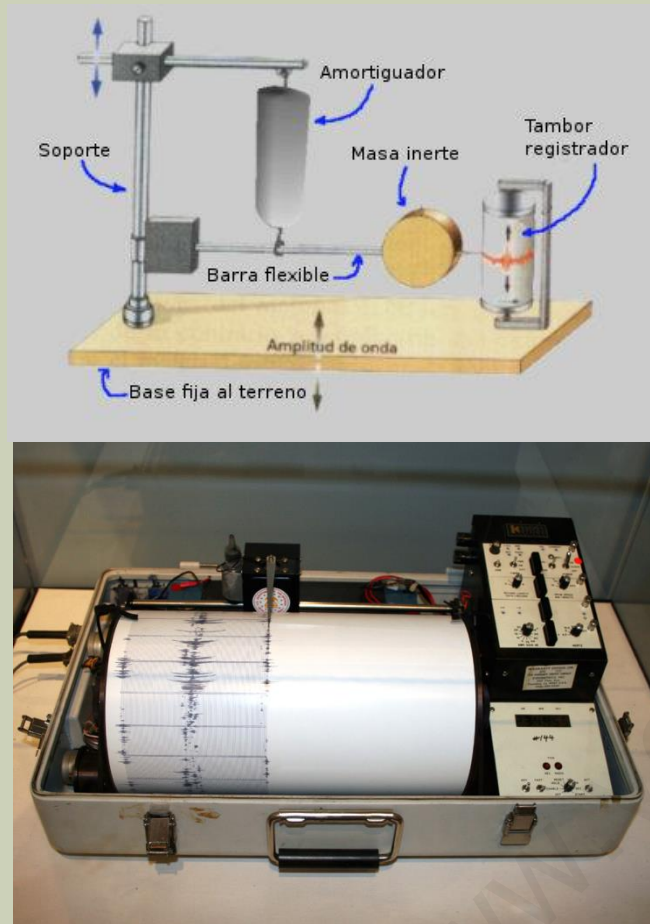
- Son las segundas en detectarse.
- La vibración se produce de forma perpendicular a la dirección de propagación.
- Su velocidad es menor que la de las ondas P.
- No se transmiten en líquidos.

▪ **SUPERFICIALES:**

- Generadas cuando las anteriores llegan a la superficie. Se forman y propagan 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.

➤ DETECCIÓN DE UN SEÍSMO:

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 daños producidos. La más utilizada es la "Escala modificada de Mercalli"

➤ GRÁFICOS DE LAS ONDAS SÍSMICAS:

▪ DATOS A TENER EN CUENTA:

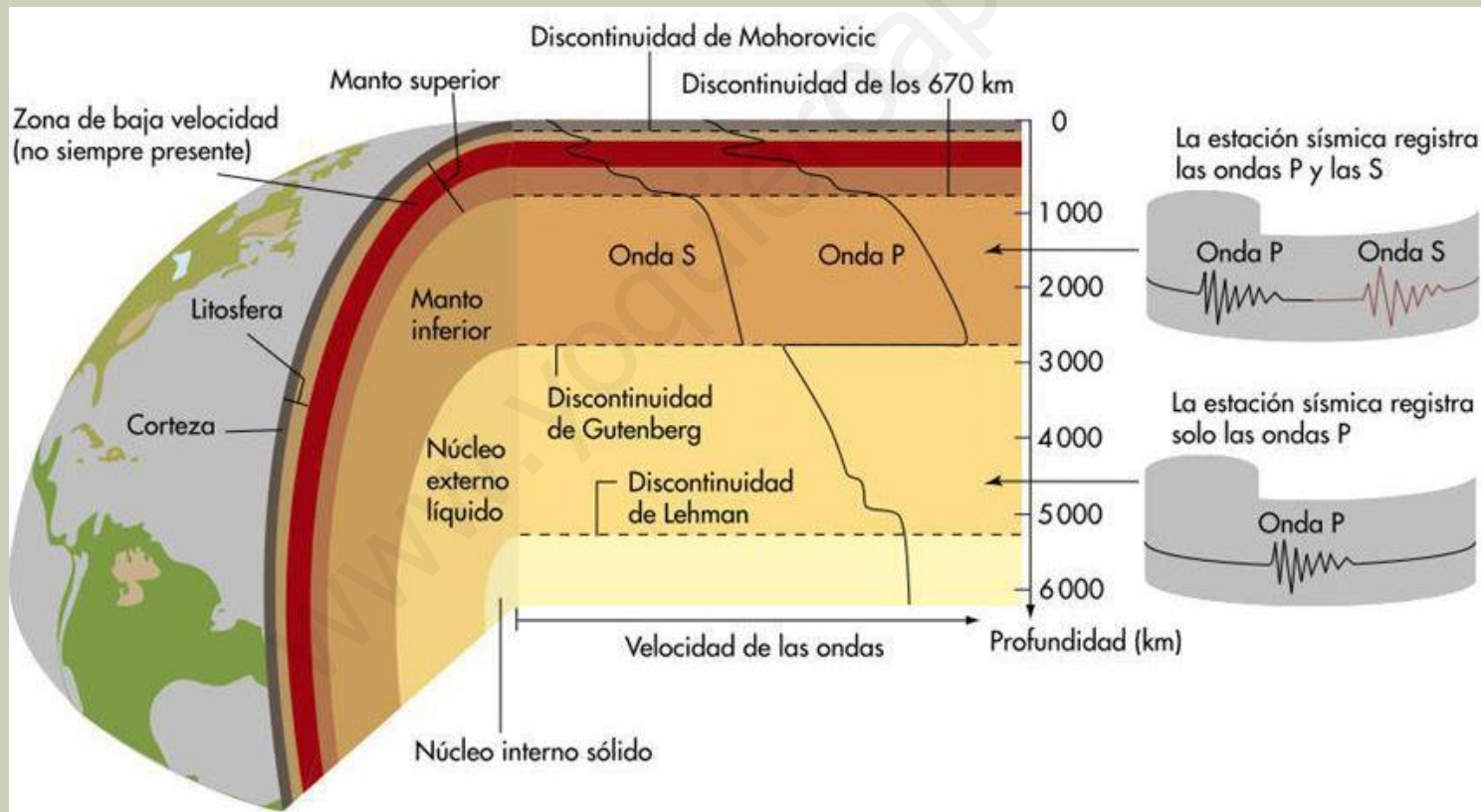
- La velocidad aumenta al aumentar la densidad/rigidez
- Las ondas S no se desplazan por medios líquidos.

▪ GRÁFICAS:

- Se representa la 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



➤ 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.

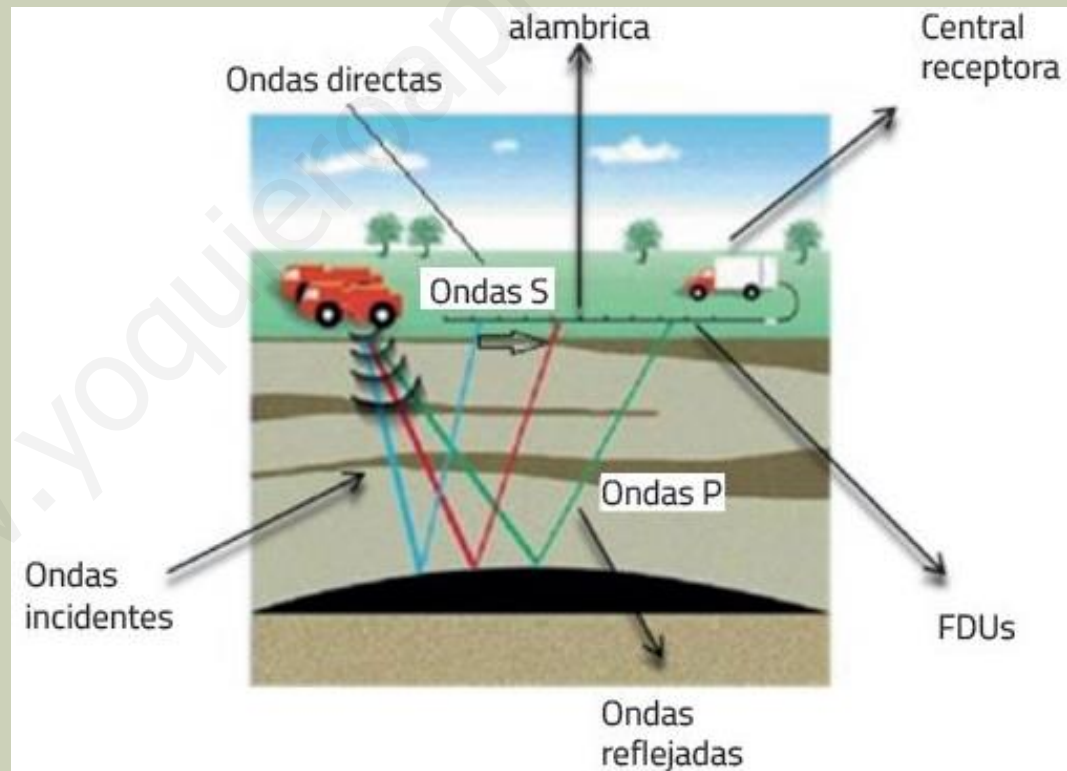
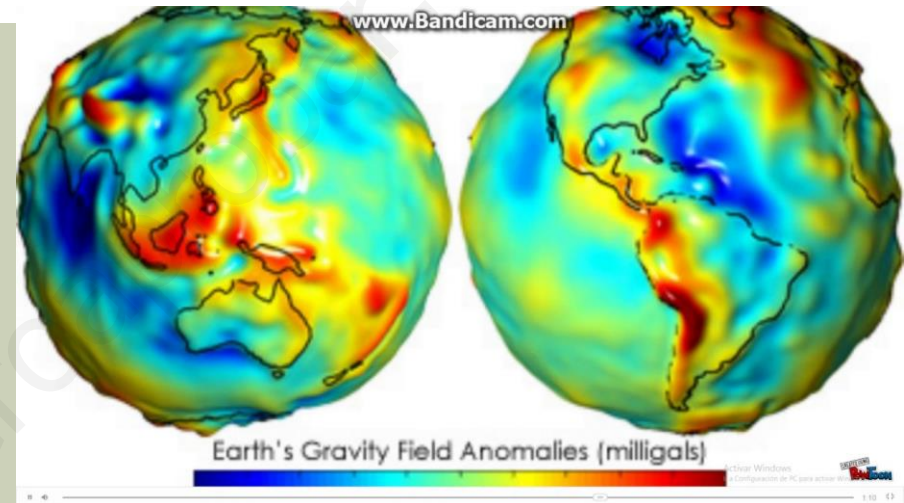


Figura 1. Prospección sísmica por reflexión.

2.2. MÉTODO GRAVIMÉTRICO

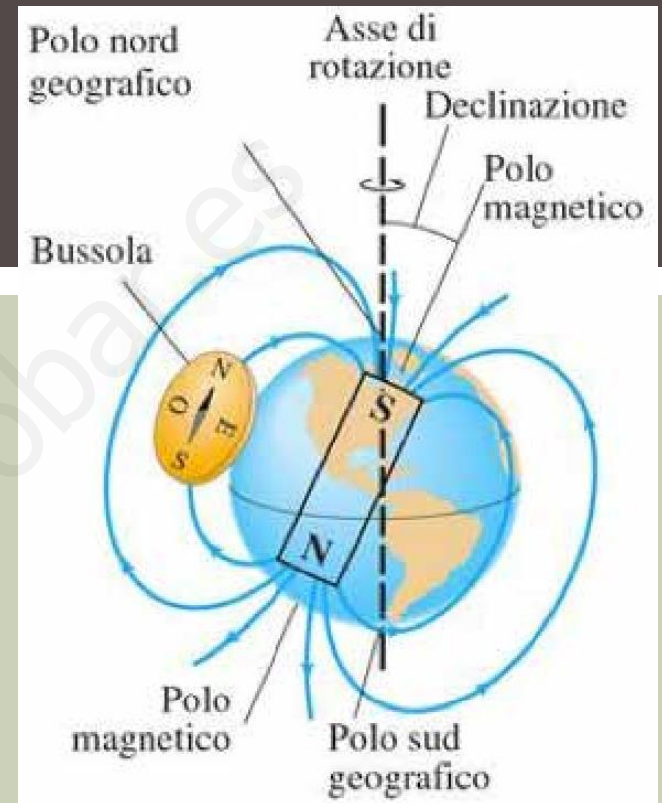
- VARIACIÓN DE g : Como la Tierra no es una esfera, ni su composición es homogénea, el valor de g varía según:
 - a. La latitud: $> \text{latitud} < \text{radio} > g$
 - b. Altitud: $> \text{altitud} > \text{radio} < g$
 - c. Por la diferente densidad de los materiales del subsuelo.
- MEDICIÓN DE g : 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.
 - Si el valor medido $<$ valor teórico..... anomalía negativa.
- UTILIDAD: 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).



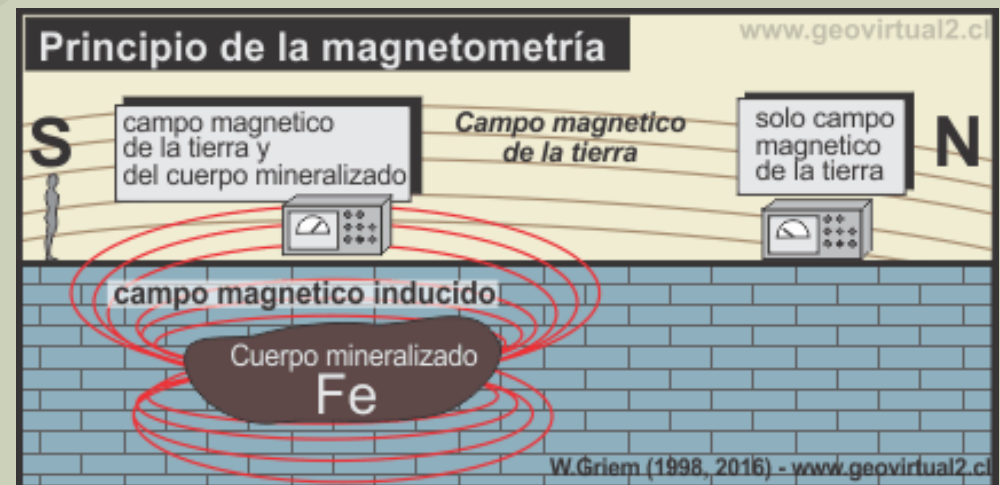
2.3. MÉTODO MAGNÉTICO

- SE BASA: en las variaciones del campo magnético terrestre.
- CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE: la rotación del núcleo terrestre hace que se comporte como una dinamo y genera un campo magnético.

Los polos magnéticos: No coinciden con los geográficos. El ángulo formado se denomina **declinación magnética**, δ (unos 11°). Ha variado a lo largo de la historia terrestre

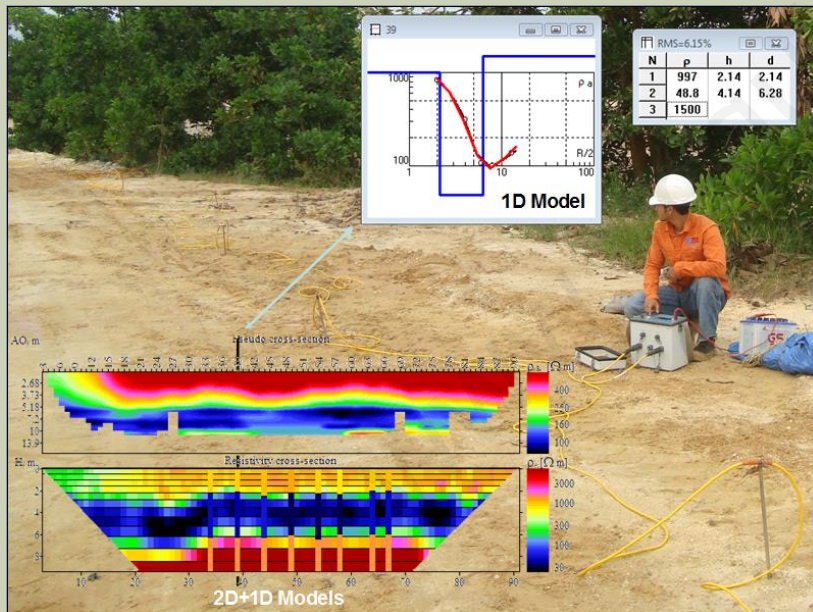


- INSTRUMENTO DE MEDIDA: el aparato utilizado es el magnetómetro
- ANOMALÍAS MAGNÉTICAS: Las rocas que contienen hierro pueden imantarse y forman un campo magnético débil pero que altera la intensidad y orientación del campo actual en esa zona, se ha formado una anomalía magnética.



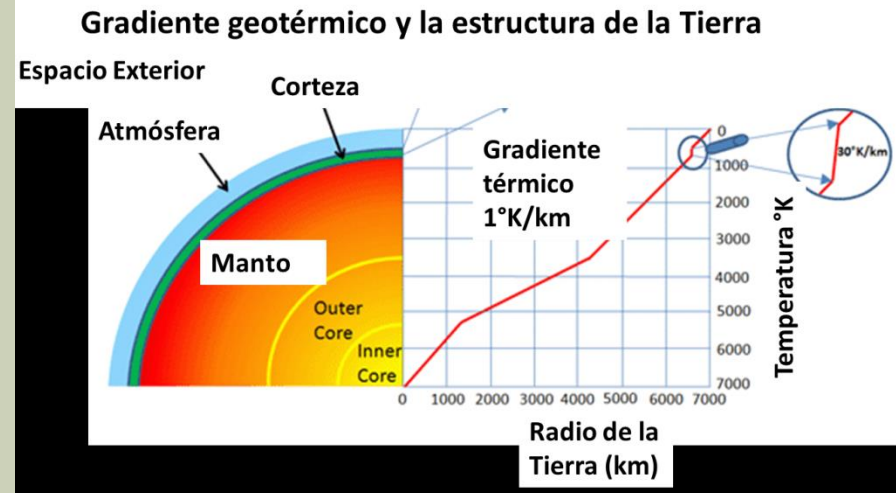
2.4. MÉTODO ELÉCTRICO

- 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.



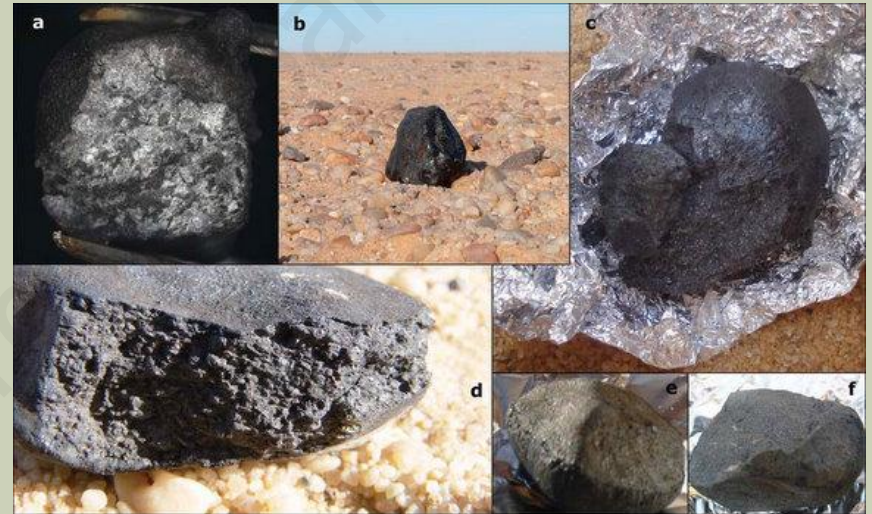
2.5. MÉTODO GEOTÉRMICO

- 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° C.
 - Esta variación se denomina gradiente geotérmico.
 - Esta variación se hace menor según nos acercamos al núcleo.



2.6. ESTUDIO DE 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: rocosos, metálicos y mixtos.



- 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)

Tipos de Meteoritos

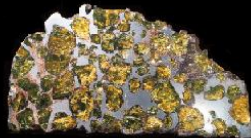


Meteorito de Allende

Rocosos



Metálicos



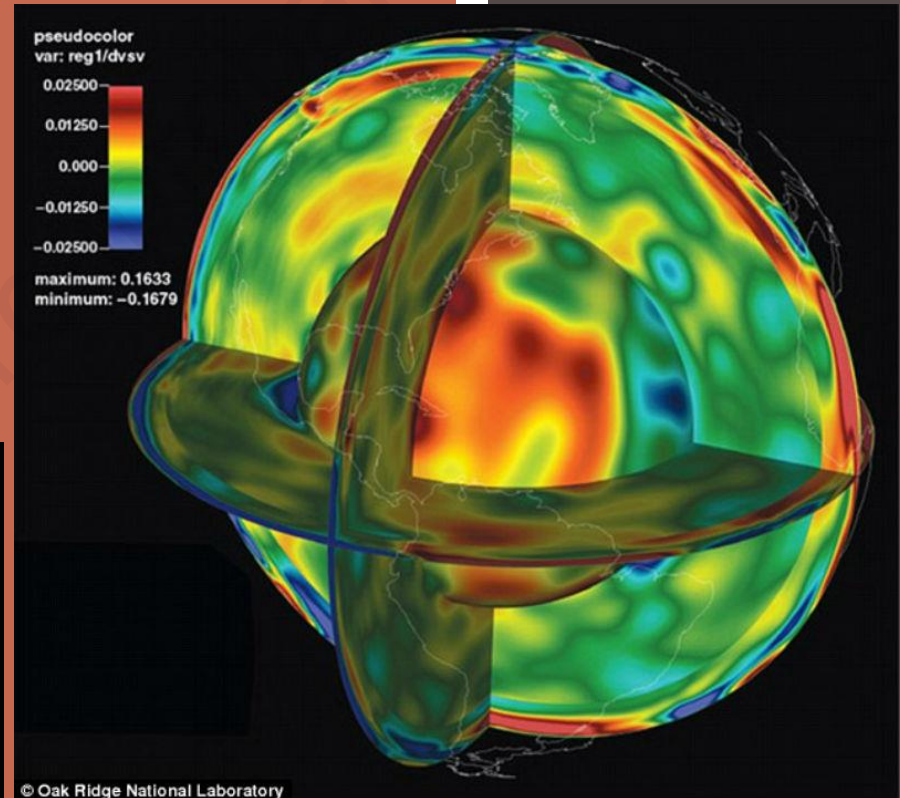
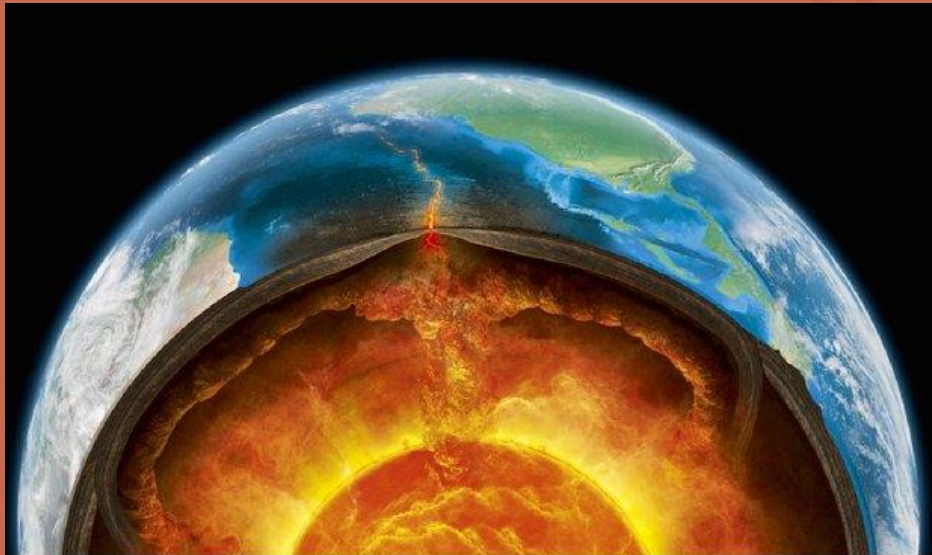
Pallasita

Metalorocosos

3.MODELOS DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

Teniendo en cuenta los datos obtenidos con los métodos anteriores se proponen dos modelos complementarios:

- Modelo geoquímico
- Modelo geodinámico



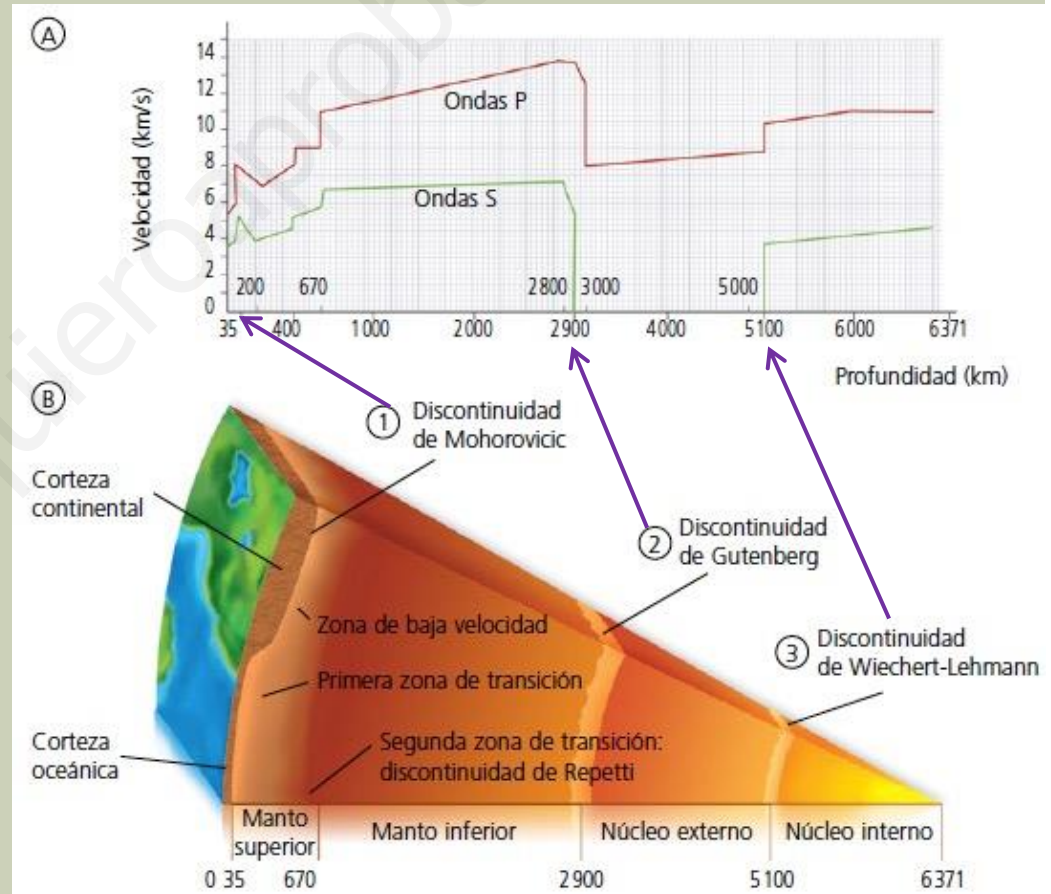
3.1. MODELO GEOQUÍMICO DE LA ESTRUCTURA DE LA TIERRA

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

Obtenida a partir de las discontinuidades observadas en las gráficas de estudios sísmicos.

La Tierra se divide en tres capas principales concéntricas separadas por discontinuidades:

- **Corteza** oceánica y continental,
 - *Discontinuidad de Moho*
- **Manto** que se divide en:
 - Manto superior
 - *Discontinuidad de Repetti*
 - Manto inferior,
 - *Discontinuidad de Gutenberg*
- **Núcleo** que se divide en:
 - Núcleo externo
 - *Discontinuidad de Wiechert-Lehmann*
 - Núcleo interno



CORTEZA

- Hasta 8 o 70 km (Discontinuidad de Mohorovicic)

CORTEZA CONTINENTAL:

- Más gruesa (30-70 km)
- Menos densa
- Muy antigua (>250 Ma)
- Formadas por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias plegadas.

CORTEZA OCEÁNICA:

- Muy fina (8-10 km)
- Más densa
- Muy joven (<250 Ma)
- Formada por rocas ígneas: lavas (*basalto*) y *gabro*

MANTO SUPERIOR:

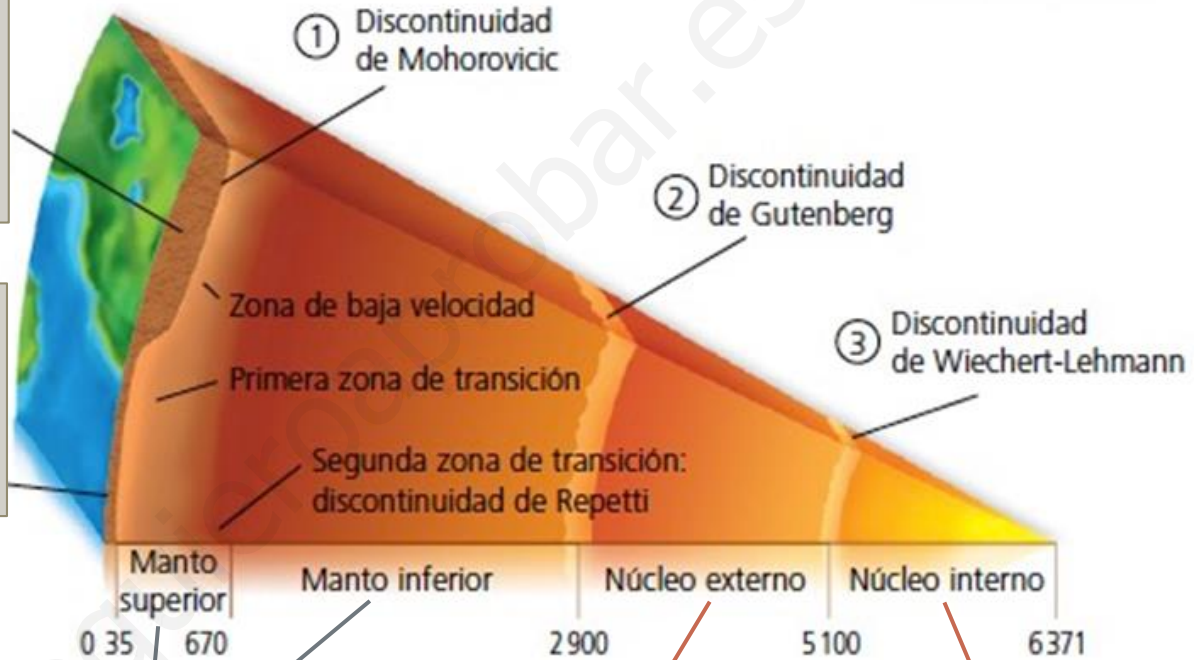
- De disc. Moho a 400 km
- Composición: *peridotitas* (olivino)

MANTO INFERIOR:

- 700 - 2900 km hasta disc. Gutenberg
- Composición de *peridotitas* (perovskita)

EL MANTO

- Aproximadamente el 70 % de la materia terreste.
- GROSOR: De los 30 km (Moho) hasta los 2900 km (Gutenberg).



NÚCLEO EXTERNO

- De 2900-5150 km
- Compuesto de Fe y Ni
- Fluido y móvil.

NÚCLEO INTERNO

- De 5150 a 6730 km
- Compuesto por Fe
- Sólido y con rotación.

EL NÚCLEO

- DENSIDAD: Capa más densa = 11 g/cm³.
- TEMPERATURA: en el centro es de 6700°C.

➤ ESTRUCTURA DE LA CORTEZA CONTINENTAL

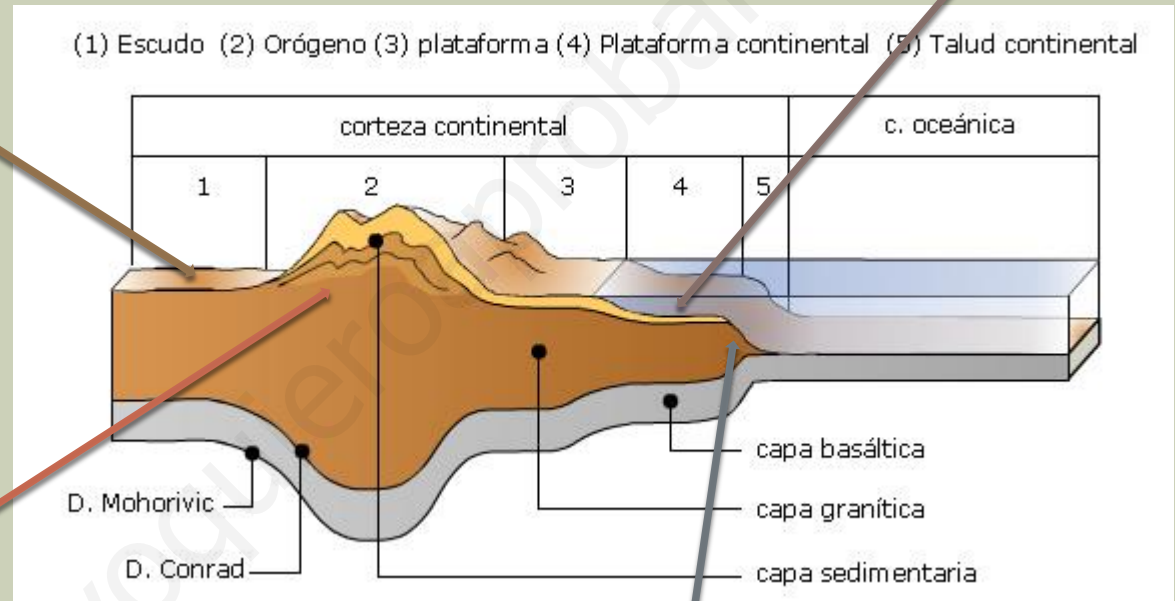
- Es discontinua, más gruesa, más joven y menos densa:
- Formada por:

1. CRATONES O ESCUDOS:

- Grosor 30 km
- Áreas muy estables, con escasa actividad sísmica.
- Rocas ígneas y metamórficas muy antiguas > 250 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.

4. PLATAFORMA CONTINENTAL:

- Espesor 7-15 km
- Sumergida en el océano (a menos de 100 m) recubierta de sedimentos



2. ORÓGENOS:

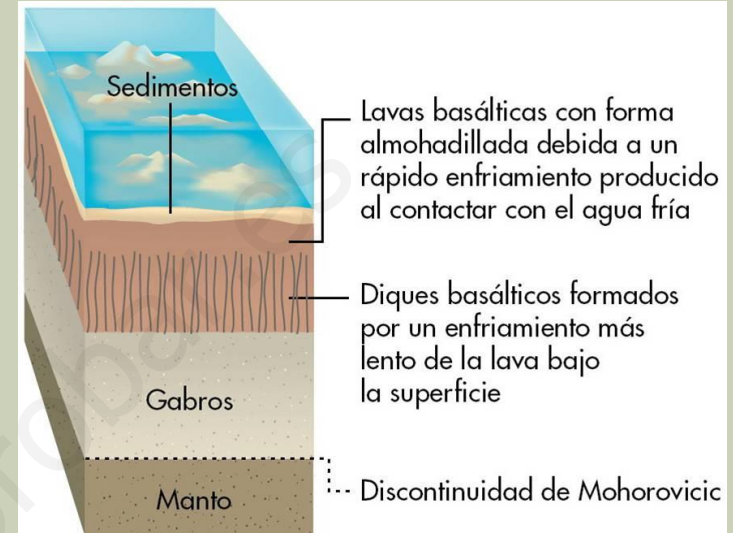
- Grosor de 70 km
- Áreas con relieve, son las cordilleras, zonas más modernas
 - Las más antiguas > 250 Ma ⇒ Paleozoico (Urales, Apalaches y Galicia)
 - Las más modernas > 65 Ma ⇒ Terciario (Alpes, Andes, Himalaya, Pirineos, Sist. Penibético).
- Son más inestables.
- Formadas por rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias plegadas.

5. TALUD CONTINENTAL:

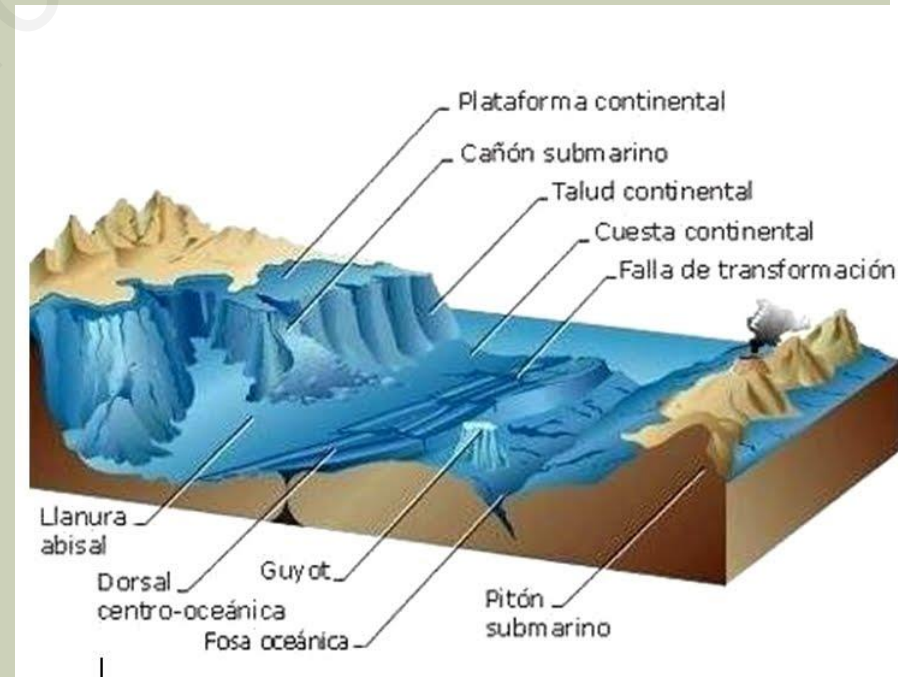
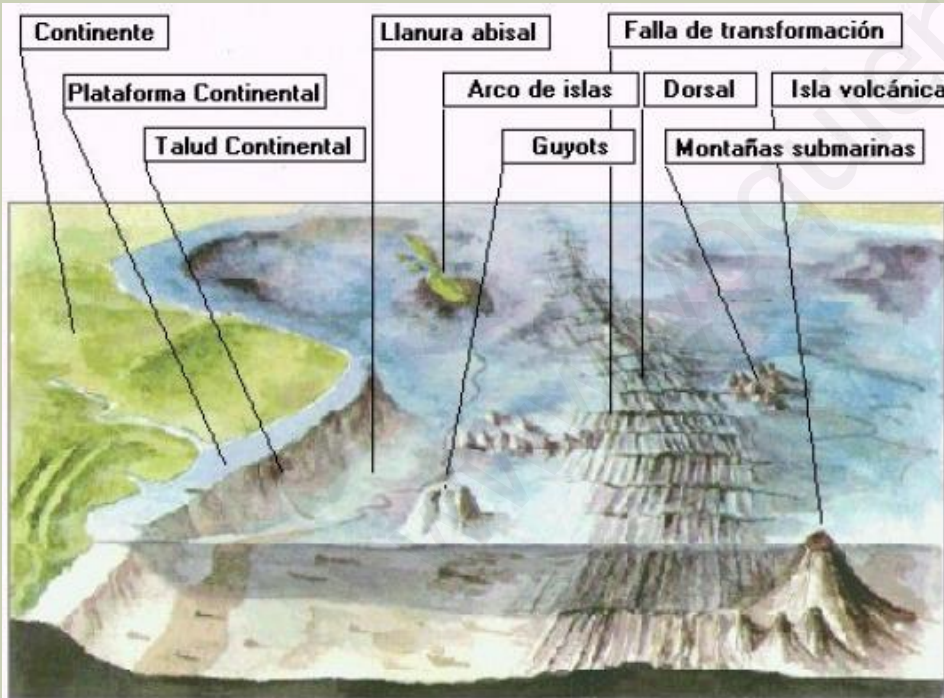
- Gran escarpe que conecta la corteza continental con la oceánica

➤ ESTRUCTURA DE LA CORTEZA OCEÁNICA

- Es muy fina (8-10 km) fondo oceánico desde el talud continental.
- Muy joven y delgada
- Verticalmente se distinguen tres capas:
 - ✓ Sedimentos de > espesor más lejos de las dorsales y más cerca de la costa.
 - ✓ Zócalo oceánico: 2000 m de espesor. Formado por una capa de lavas almohadilladas basálticas, 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*



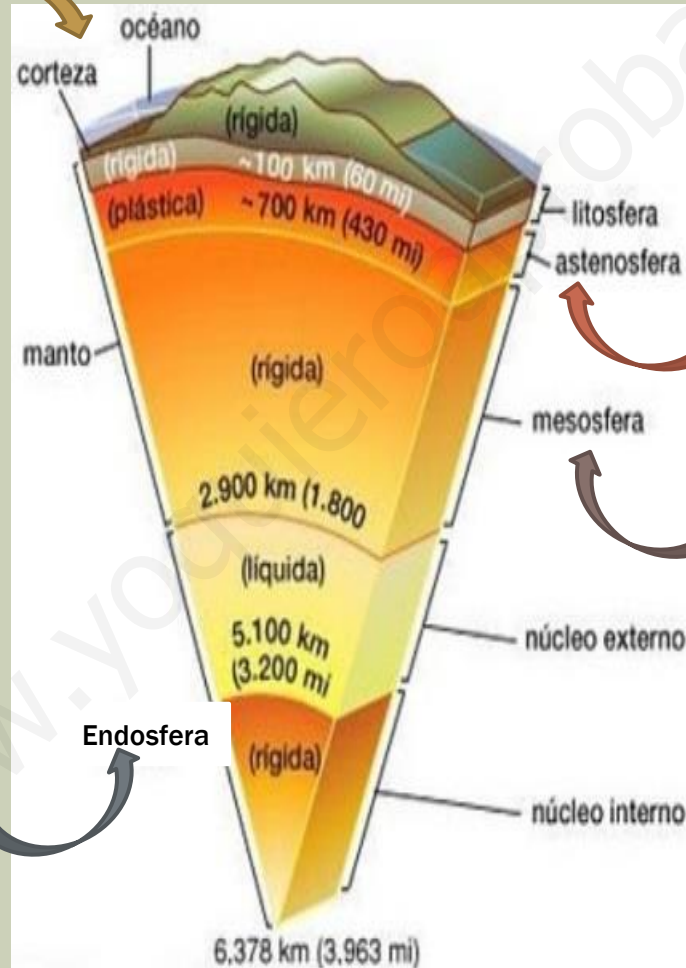
3.2. MODELO GEODINÁMICO DE LA ESTRUCTURA DE LA TIERRA

LITOSFERA

- Parte más superficial y rígida.
- Fracturada en placas
- **ESPESOR:** 50 a 100/300 km
- **CONSTITUIDA:** Corteza + parte superior rígida del manto.
- **TIPOS:**
 - Litosfera continental:
 - Litosfera oceánica

LA ENDOSFERA

- **DENSIDAD:** Capa más densa
- **TEMPERATURA:** en el centro es de 6700°C.
- **CAPAS:**
 - Núcleo externo ⇒ Fluido y móvil.
 - Núcleo interno ⇒ Sólido y con rotación.
- Origina el campo magnético terrestre.



ASTENOSFERA

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

MESOSFERA

- **PROFUNDIDAD:** 400-2900 km
- Rígida pero en ella se dan corrientes de convección.
- En la Capa D", los últimos 200 km.
- Disminuye la velocidad de las ondas y se supone parcialmente fundida porque se encuentra a alta T^a. Por ello el material asciende lentamente como plumas hasta la superficie (está relacionado con actividad volcánica cortical).

Modelo geoquímico

Modelo dinámico

CORTEZA

Se sitúa por encima de la discontinuidad de Mohorovicic. Es una capa sólida que está formada por rocas de composición silicatada. Recuerda que la corteza puede ser oceánica o continental.

MANTO

Se localiza entre las discontinuidades de Mohorovicic y de Gutenberg. Está constituido por rocas de naturaleza silicatada.

NÚCLEO

Ocupa el centro de la Tierra y está formado por metales, principalmente hierro y níquel. Se extiende bajo la discontinuidad de Gutenberg.

LITOSFERA

Tiene unos 100 km de espesor medio, aunque puede superar los 150 km bajo las zonas montañosas. Formada por rocas rígidas y frágiles; coincide con la corteza y con la parte rígida del manto superior.

ASTENOSFERA

En la actualidad, esta capa se entiende como la zona en la que las rocas del manto, debido a las altas presiones y temperaturas, se vuelven plásticas y son capaces de fluir. Justo bajo la litosfera, la astenosfera presenta una fusión parcial de sus rocas. En esta envuelta, las ondas sísmicas disminuyen su velocidad.

MESOSFERA

También llamada manto inferior, comienza a los 700 km de profundidad, donde se produce un cambio de fase en los minerales, que se vuelven más densos sin variar su composición química. Formada por rocas calientes y sólidas, pero con cierta plasticidad.

ENDOSFERA

Formada por una capa externa fundida, en la que se producen corrientes o flujos, y otra interna sólida y muy densa.

