

**BIOLOGÍA Y  
GEOLOGÍA 1º DE  
BACHILLERATO**

# La Tierra: composición, estructura y origen



IES Sierra de San Quílez  
(Binéfar-Huesca)

# TEMA 1. ESTRUCTURA, COMPOSICIÓN Y ORIGEN DE LA TIERRA.

## 1.1- Métodos de estudio del interior de la Tierra.

La Tierra es el planeta en el que vivimos, aunque paradójicamente sabemos menos de ella que del Sol. Los métodos directos (sondeos con extracción de muestras) han permitido hasta la fecha la exploración de los primeros quince kilómetros, lo que comparado con sus 6370 Km de radio, supone que apenas hemos aprendido a rascar en su cáscara.

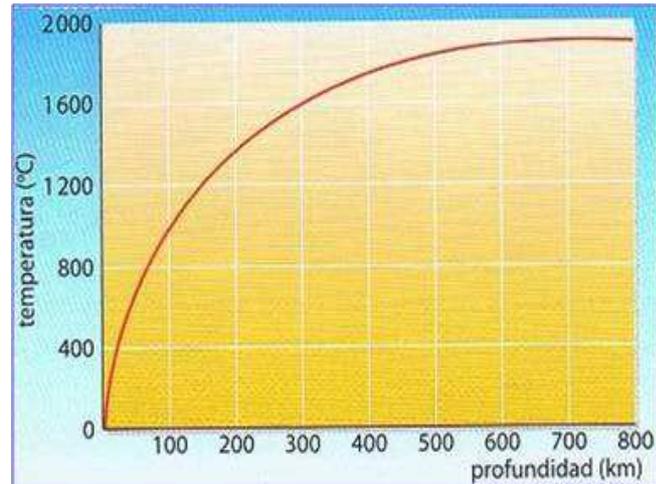


Existen varias formas de estudiar el interior de la Tierra sin necesidad de recurrir a perforaciones, son los métodos indirectos. Estos son los principales métodos de estudio del planeta.

### La temperatura interna

La temperatura del interior de la Tierra sólo se ha podido medir directamente en minas y pozos. La máxima profundidad alcanzada por el hombre es un pozo en Rusia que llegó a 12 km, y midió una temperatura de 245 °C. A partir de ahí todo son suposiciones, y se piensa que durante los primeros 100 km la temperatura aumenta 1 °C cada 33 m, valor que se denomina **gradiente geotérmico**, y que a partir de 100 km la temperatura sigue aumentando pero más lentamente, de modo que en el centro de la Tierra se supone que es superior a 6.000 °C.

Las causas de esta elevada temperatura son dos: el calor derivado de los procesos iniciales que originaron la Tierra -y que aún perdura-, y el calor generado actualmente por la desintegración de átomos radiactivos ( $K^{40}$ ,  $U^{238}$  y  $^{235}$ ,  $Th^{232}$ ) en el núcleo terrestre.



### Los volcanes

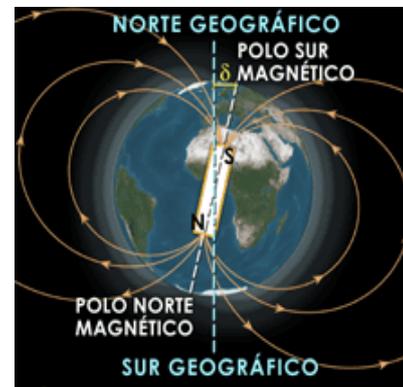
Un volcán es una fisura de la superficie terrestre por donde salen materiales del interior (líquidos, gaseosos y sólidos). El estudio del interior de la Tierra mediante este método está limitado a los primeros 200 km, que es la máxima profundidad de la que proceden los materiales expulsados.

### El campo magnético

La Tierra está dentro de un campo magnético formado por líneas de fuerza (invisibles) que la atraviesan, las cuales salen del polo norte magnético y entran por el polo sur magnético.

Los polos magnéticos no coinciden con los polos geográficos, que son los puntos donde el eje de rotación atraviesa la superficie terrestre. Es más, los polos magnéticos se invierten cada miles de años, y actualmente están invertidos respecto a los polos geográficos.

Se piensa que el campo magnético terrestre aparece, al menos en parte, debido a que el centro de la Tierra es metálico, y el hierro es el único metal lo suficientemente abundante en el universo como para formar una masa tan grande como el núcleo terrestre. Sin embargo, el hierro es demasiado denso para producir un campo magnético como el actual, por lo que debe haber otros elementos menos densos, como el níquel. Todo este material debe estar en continuo movimiento mediante corrientes, que son las que generarían ese campo magnético.



### Los meteoritos

Un meteorito es un fragmento rocoso de origen extraterrestre. La mayoría de los que entran en la atmósfera

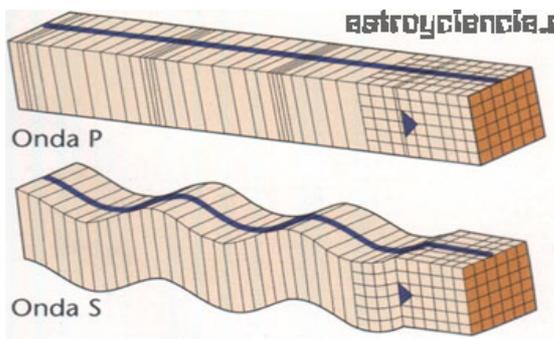
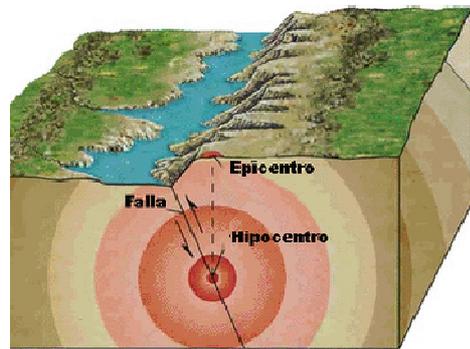
terrestre son pequeños y se desintegran al contacto con ella, pero los mayores pueden impactar contra la superficie terrestre originando cráteres. Cada año impactan contra la Tierra unos 150 meteoritos mayores de 0,5 kg. A veces pueden verse de noche cuando, al rozar la atmósfera, se calientan y encienden antes de desaparecer (estrellas fugaces).

Los meteoritos son restos de asteroides que, a su vez, son los escombros, las sobras de la construcción de los planetas rocosos, por lo que su estudio puede informarnos sobre nuestro planeta. Algunos están formados por silicatos de baja densidad, al igual que la parte externa (corteza) y media (manto) de nuestro planeta, mientras que otros tienen una elevada densidad a base de hierro y níquel, tal como se piensa que es el núcleo terrestre.

### Las ondas sísmicas

Un **terremoto**, **seísmo** o sismo es un movimiento vibratorio de la superficie terrestre provocado por la repentina liberación de mucha energía.

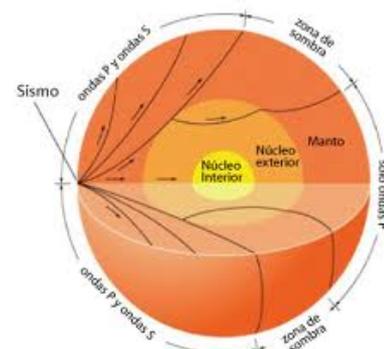
El punto subterráneo donde se origina un terremoto es el **hipocentro**, y a partir de él se generan unas ondas sísmicas que se extienden en todas direcciones a gran velocidad (4-14 km/s). Estas ondas provocan la vibración de los materiales que atraviesan, y cuando llegan a la superficie se transmiten por ella provocando el terremoto que sentimos los humanos.



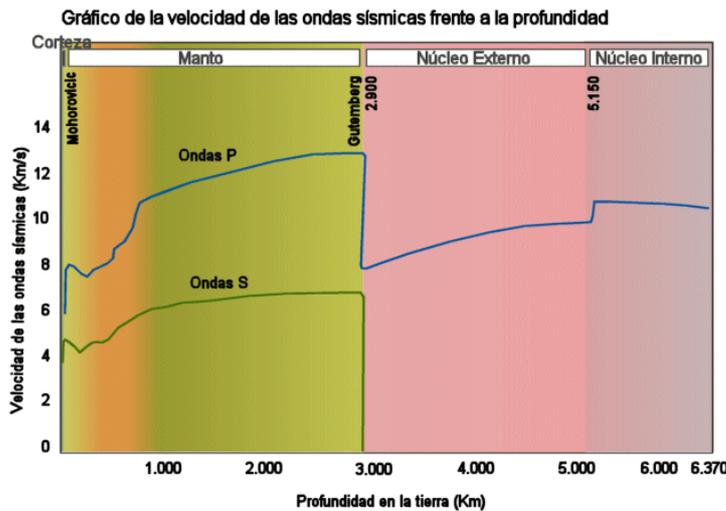
Hay varios tipos de ondas sísmicas:

- Las **ondas Primarias** o **P** son las que se propagan en la misma dirección en la que vibra el material, y pueden transmitirse a través de materiales sólidos y líquidos.
- Las **ondas Secundarias** o **S** son las que se propagan en dirección perpendicular a la de la vibración del material, y sólo se transmiten a través de materiales sólidos.

Las ondas P y S no solo avanzan hacia la superficie, sino que se extienden por el interior de la Tierra en todas direcciones. Su velocidad y dirección puede cambiar según la densidad y rigidez del material que atraviesan, de modo que cuanto más denso o rígido es el material, mayor es la velocidad. También pueden cambiar de dirección por reflexión o refracción al pasar de un material a otro. Tras recorrer miles de



kilómetros por el interior de la Tierra, las ondas pueden aparecer en la superficie



terrestre a miles de kilómetros de distancia. Midiendo el tiempo que tardan en aparecer puede averiguarse la velocidad a la que han viajado, y deducir la densidad y rigidez de los materiales que han atravesado. Este es el principal método para estudiar la estructura interna de la Tierra.

## 2. ESTRUCTURA INTERNA DE LA TIERRA

### 2.1- El modelo Geoquímico

La parte sólida de la Tierra (**geosfera**) no tiene una composición uniforme sino que consta de capas concéntricas, menos densas las superiores y más densas las inferiores. Estas capas son tres: **corteza**, **manto** y **núcleo**. A ellas hay que sumar dos capas exteriores no sólidas, una líquida (**hidrosfera**) y otra gaseosa (**atmósfera**).

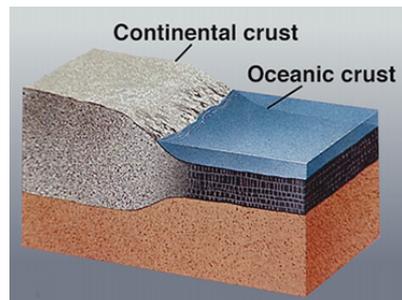


#### Corteza

Es la capa más externa y la mejor conocida pues es la que pisamos. Es sólida y está constituida sobre todo por silicatos de baja densidad (2,7-3 g/cm<sup>3</sup>, con Al, Ca, Na y K sobre todo). Tiene una anchura media de unos 35 km, aunque bajo los continentes alcanza hasta 70 km y bajo los océanos puede tener sólo 6 km. Su límite inferior se llama discontinuidad de Mohorovicic.

La corteza se divide en dos partes:

- **Corteza continental:** es la que forma los continentes (más una mínima parte bajo el océano). Su grosor varía entre 25 y 70 km, y es más ancha cuanto más alto es el relieve en superficie, por lo que el mayor grosor se alcanza bajo altas cordilleras. Está formada por rocas magmáticas, metamórficas y sedimentarias, aunque las más abundantes son las magmáticas, y sobre todo granito. Su densidad media es de 2,7 g/cm<sup>3</sup>, menor que en



las otras capas inferiores de la Tierra. La edad de sus rocas es muy variable, y comprende desde las más antiguas de la Tierra, con 3.800 ma, hasta rocas sedimentarias recién formadas.

- **Corteza oceánica:** es la situada bajo los océanos. Está formada principalmente por rocas magmáticas volcánicas, sobre todo basalto, con un espesor reducido de 6-12 km. Su densidad es de 3 g/cm<sup>3</sup>, mayor que la de la corteza continental. Estas rocas son relativamente jóvenes, las más viejas tienen 180 ma y hay otras que se están formando en la actualidad. Sobre esta capa volcánica existe otra de rocas sedimentarias recientes, más gruesa cerca de los continentes y más fina, incluso inexistente, en el centro de los océanos.

### Manto

Entre 12 y 70 km de profundidad, las ondas sísmicas aumentan bruscamente de velocidad debido a que pasan de las rocas menos densas de la corteza (2,7-3 g/cm<sup>3</sup>) a otras más densas (3,5-7 g/cm<sup>3</sup>, con silicatos de Fe y Mg) que constituyen una capa nueva, el **manto**. Esta capa es bastante desconocida pues todavía es inaccesible, y se divide en dos partes:

- **Manto superior** o **externo:** formado sobre todo por peridotita, una roca magmática con mucho olivino y piroxeno, y llega hasta unos 670 km de profundidad.

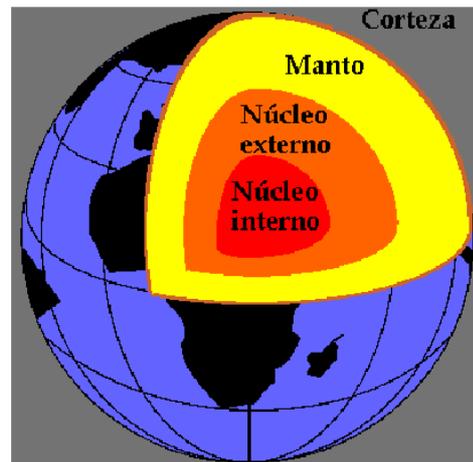
- **Manto inferior** o **interno:** también está formado por peridotita pero el olivino es sustituido por otro mineral más denso, la espinela, por lo que esta capa es más densa que la anterior.

### Núcleo

Al llegar a 2.900 km de profundidad, las ondas S desaparecen y las P reducen mucho su velocidad, por lo que a esta profundidad empieza otra capa, el **núcleo** o endosfera, que es una esfera en lo más profundo del planeta.

Es una esfera metálica cuyo principal componente es el hierro, aunque posiblemente contiene también un 8 o un 10% de otros elementos (tal vez níquel, azufre, oxígeno o silicio). En cuanto a su estructura, los datos sismológicos parecen sugerir que existen dos capas de idéntica composición pero diferentes en cuanto a su estado físico:

- **Núcleo superior** o **externo:** el descenso de las ondas sísmicas al inicio de esta capa hace sospechar que el material es fluido, y la presencia del campo magnético



terrestre sugiere que este material está en continuo movimiento mediante corrientes. El núcleo superior va desde 2.900 km hasta 5.100 km (discontinuidad de Lehmann).

- **Núcleo inferior** o **interno**: se supone que es una esfera sólida muy densa y caliente.

## 2.2- El modelo dinámico.

Tiene en cuenta que la presión y la temperatura afectan al comportamiento mecánico, a la densidad y al estado fisicoquímico de los materiales del interior de la Tierra. Por eso establece unas capas que no coinciden con las capas composicionales.

- **Litosfera**: capa más externa y rígida. Se corresponde con corteza y algo del manto superior, variando su grosor según la localización. Se distinguen la Litosfera oceánica, entre 50 y 100 km de espesor, y la Continental, que alcanza entre 100 y 200km.

- **Manto sublitosférico**: capa situada inmediatamente por debajo de la litosfera. En ella, las velocidades presentan fluctuaciones. Formado por peridotita y estado sólido. Lo más característico son las **corrientes de convección**, (debido a que responde de forma plástica y deformable en tiempos largos) del orden de 1 a 12 cm por año. Antes se pensaba que la convección estaba limitada a una zona que se bautizó como “**astenosfera**” pero hoy se sabe que la astenosfera no existe, puesto que la zona de baja velocidad no es universal y se da por supuesto que las corrientes de convección afectan a capas más profundas, hasta el manto inferior. En su base, se encuentra la famosa capa D”, capa discontinua e irregular, cuyo espesor varía entre 0 y 300 km, con materiales más densos. En algunas zonas de esta región, las ondas P disminuyen bruscamente su velocidad. Una posible interpretación considera que las rocas de esta capa se encuentran parcialmente fundidas en algunos lugares, coincidiendo con puntos de intenso flujo de calor procedente del núcleo. Estas masas de roca supercaliente y parcialmente fundida podrían ser capaces de ascender a través del manto hasta la litosfera, generando corrientes de material que se consideran el motor de la dinámica del interior terrestre.

- **El núcleo externo**. hasta 5150km de profundidad, es líquido y bastante fluido. De hecho, permite que en su seno se produzcan corrientes de materiales debidas a diferencias de temperatura y de densidad.

- La dinámica de estas dos capas parece ser el origen del campo magnético terrestre y de parte del flujo de calor en el manto.

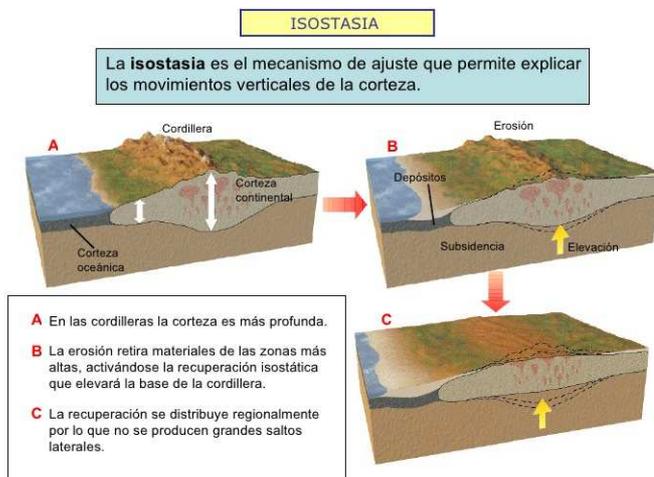
- **Núcleo interno**: según va perdiendo calor el núcleo, hacia el manto, el hierro va cristalizando y emigrando hacia el núcleo más profundo en forma sólida. Así, éste va aumentando algunos mm por año. Comienza a unos 5100 km de profundidad y es muy denso.

## 2.3- La isostasia

La isostasia es la condición de equilibrio gravitacional a la que tiende la litosfera, de manera que se presentan diferencias de altitud, como las que distinguen océanos de continentes, que compensan las diferencias de densidad en las distintas áreas. Se resuelve en movimientos verticales (epirogénicos) y está fundamentada en el principio de Arquímedes.



El equilibrio isostático puede romperse por ejemplo por un movimiento tectónico o la fusión de un casquete glaciar. La isostasia es fundamental para el relieve de la Tierra. Los continentes son menos densos que el manto, y también que la corteza oceánica. Cuando la corteza continental se pliega acumula gran cantidad de materiales en una región concreta. Terminado el ascenso, comienza la erosión. Los materiales se depositan, a la larga, fuera de la cadena montañosa, con lo que ésta pierde peso y volumen.



Esta condición de equilibrio puede llegar a romperse por distintos factores:

- Movimiento tectónico.
- Deshielo.
- Al producirse erosión que traslade materiales de un bloque a otro.

Tras esto se producen movimientos epirognicos, que son aquellos que se producen para devolver el equilibrio isostático a la corteza.

La Teoría isostática defiende que la masa visible de las montañas es compensada por un defecto de masa en profundidad.

**ANEXOS.****1- DOMINIOS DE LA CORTEZA**

Por ser la corteza una capa realmente heterogénea, se establecen varios dominios:

**Corteza Continental****Escudos**

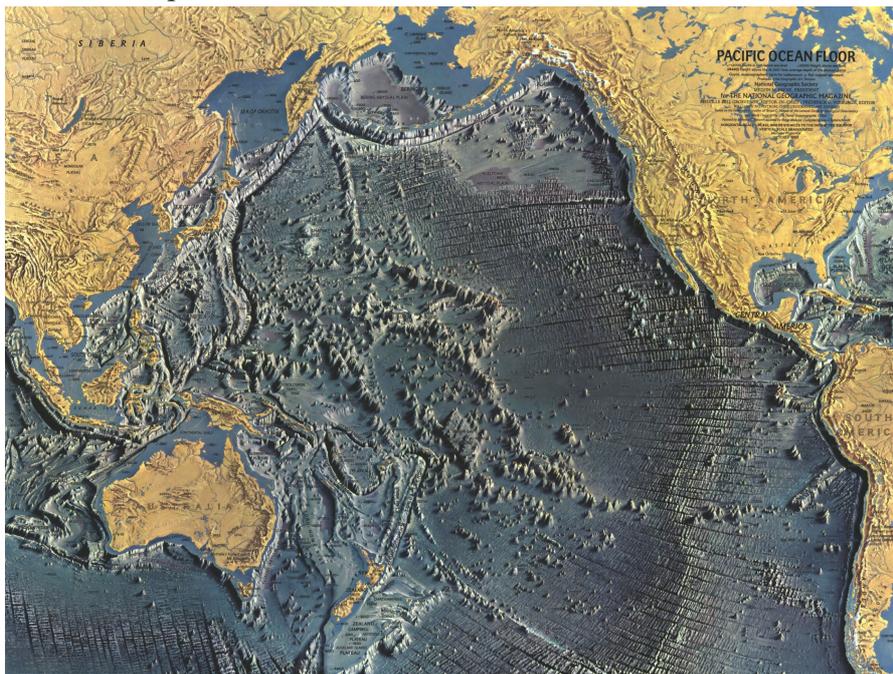
- Rocas antiguas de 500 a 3.500 millones de años
- Predominan rocas ígneas y metamórficas. (Granito, Gneis)
- Generalmente con pocos accidentes topográficos. A poca altitud sobre el nivel del mar
- Tranquilos sísmicamente. Vulcanismo escaso o inexistente

**Orógenos**

- Predominan sedimentos y rocas sedimentarias plegadas.
- Corteza gruesa.
- Coinciden con las grandes cordilleras
- Vulcanismo y sismicidad muy importante.

**Plataformas**

- Son zonas de transición hacia la corteza oceánica.
- Son zonas donde la corteza continental tiene menos espesor y, por tanto, suelen estar sumergidas.
- Funcionan como cuencas sedimentarias que recogen depósitos procedentes del continente.
- Son zonas tranquilas donde no existe actividad tectónica ni volcánica.



## Corteza Oceánica

### **Llanuras abisales**

-Zonas llanas y tranquilas de los océanos situadas a unos 4 o 6 Km de profundidad bajo el mar

-Están cubiertas por sedimentos horizontales.

-Sismicidad y vulcanismo escaso

### **Dorsales oceánicas**

-Son las zonas con vulcanismo más intenso de la Tierra.

-Magmas fisurales ultrabásicos

-Forman extensas cordilleras submarinas que se extienden en una dimensión principal a lo largo de decenas de miles de Km

-Terremotos abundantes aunque superficiales y poco intensos

### **Fosas**

-Zonas deprimidas de los océanos. De 6 a 13 Km de profundidad bajo el océano.

-Miles de Km de longitud y unos cien de anchura.

-Generalmente en forma de arco

-A unos cientos de Km de una fosa hay un arco insular o un orógeno marginal.

-Pueden acumular sedimentos y quedar plegados en prismas de acreción

-Sismicidad superficial a un lado de la fosa que va siendo progresivamente más profunda

### **Arcos insulares**

-Hileras de islas volcánicas en forma de arco.

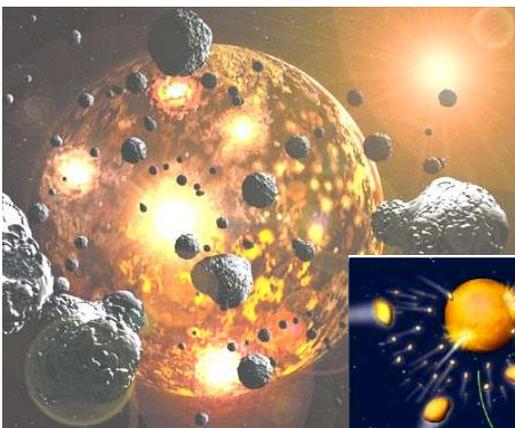
-Al lado externo del arco se encuentra una fosa

-Vulcanismo intenso de tipo básico

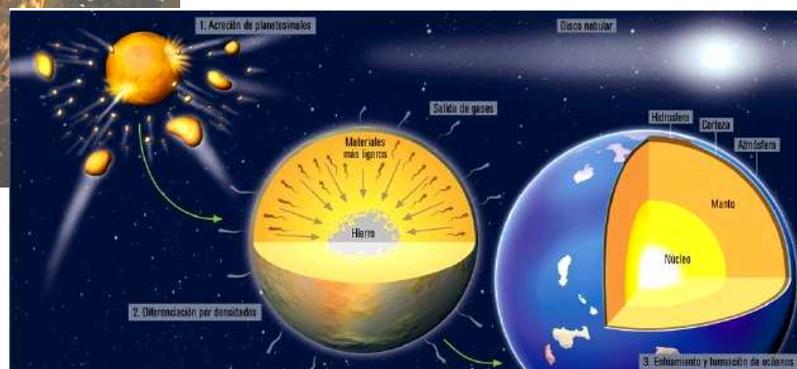
-Sismicidad importante

## **2- EL ORIGEN DE LA TIERRA.**

Cualquier hipótesis sobre el origen de la Tierra, tiene que abarcar la explicación de las capas concéntricas de ésta y su organización por densidades.



El origen de la Tierra tuvo lugar hace unos 5000 millones de años. En un principio no había planetas, sino cometas y asteroides. Por la colisión de estos, se fueron formando protoplanetas cada vez más grandes. Cuanto



más grandes eran estos cuerpos en crecimiento, más asteroides de los alrededores atraían. Debido a los choques, la energía cinética se transformaba en energía térmica, aumentando así su temperatura. Cuando el calor acumulado en el protoplaneta fue lo suficientemente grande, comenzó a fundirse debido a las altas temperaturas. Al fundirse esta masa, tomó forma esférica, y bolsas de hierro repartidas por todo el planeta, se fueron hacia el interior debido a la gravedad, formando el núcleo. El resto de materiales también se organizó por densidades. Se produjo la desgasificación que formó la atmósfera y los materiales de densidad media formaron el manto (silicatos y óxidos metálicos) y la corteza (silicatos). A éste proceso se le conoce como diferenciación geoquímica. Pero esta diferenciación no fue perfecta, ya que tenemos hierro en la corteza y oxígeno y otros gases en el manto (expulsados por los volcanes)

Desde el momento de su creación hasta la actualidad, el enfriamiento de la Tierra ha ido progresando desde el exterior hacia el interior. La única parte que queda todavía fundida es el núcleo externo. Al calor residual que conserva la Tierra hay que sumar el generado por la desintegración radiactiva (U,Th, K)