



[Imagen](#) de fondo de dominio público (NASA)

1. La Tierra dentro del Universo

Investigación
Geología



Biología y Geología 1º Bachillerato

Imágenes de animación de dominio público (NASA). [Imagen observatorio](#) bajo licencia de Creative Commons, autor: [Chuso](#)

La Tierra es un planeta de los 8 que forman el Sistema Solar, al igual que el resto, mantiene una órbita estable y casi circular alrededor de una estrella: el Sol.

El estar inmersos en el universo nos da la impresión errónea de que las estrellas están distribuidas en él de una forma anárquica, sin orden, sin embargo, éstas se agrupan en unidades mayores, las galaxias, consideradas como la unidad básica del universo (el número de estrellas que alberga una galaxia es del orden de miles de millones).

El Sol, como toda estrella, está inmersa en una galaxia: La Vía Láctea. Esta tiene una forma aproximadamente lenticular, y su diámetro es de unos 100.00 años-luz.

1.1. Características del Sistema Solar



Investigación
Geología



Biología y Geología 1º Bachillerato

Imágenes de animación de dominio público (NASA). [Imagen observatorio](#) bajo licencia de Creative Commons, autor: [Chuso](#)

El Sistema Solar está formado por una estrella (el **Sol**) y miles de cuerpos que giran a su alrededor. Todos ellos demasiados pequeños para que en su interior ocurran reacciones termonucleares, por lo que no presentan luz propia.

Entre estos distinguimos 8 **planetas** (de más cerca a más lejos del Sol: Mercurio, Venus, Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno), varios **planetas enanos** (entre ellos Plutón), **satélites** (cuerpos que orbitan los planetas), **asteroides** (cuerpos que se hallan entre las órbitas de Marte y Júpiter) y **cometas** (pequeños cuerpos situados más allá de los planetas, con órbitas muy elípticas).

Cualquier teoría acerca del origen del Sistema Solar debe explicar las siguientes características (*recuérdalo a la hora de estudiar el próximo apartado*):

- Las órbitas de todos los planetas son casi circulares y están aproximadamente en el mismo plano, que es también el plano del ecuador del Sol.
- La composición de los planetas se correlaciona aproximadamente con su distancia al Sol, estando los cuerpos más densos y pequeños en el interior (planeta interiores o terrestres) y los menos densos y más grandes en el exterior (planetas gigantes).
- Todos los cuerpos planetarios presentan huellas de impactos meteoríticos.

1.2. Origen del Sistema Solar

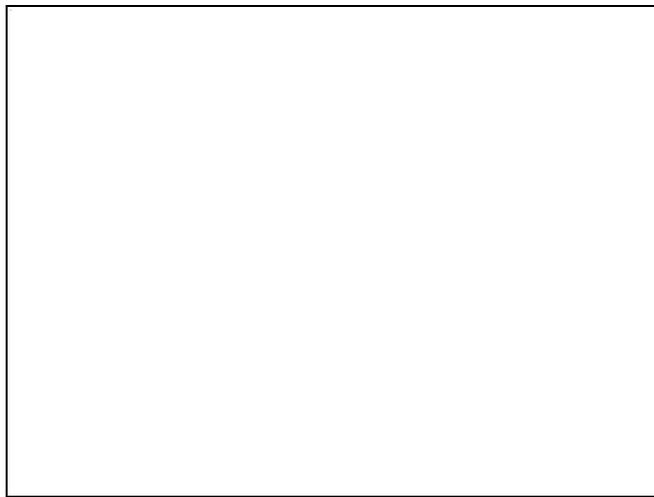


Investigación
Geología



Biología y Geología 1º Bachillerato

Imagen de fondo de animación de dominio público (NASA)



Según la teoría más aceptada el Sistema Solar se formó a partir de una **nebulosa** . Ésta, debido a su propia gravedad, empezó a comprimirse y disminuir su tamaño. Durante este proceso, los movimientos giratorios que pudieran existir inicialmente se incrementaron, como consecuencia, la nebulosa fue adquiriendo una forma lenticular al concentrarse las partículas en el plano de mayor fuerza centrífuga: el plano ecuatorial.

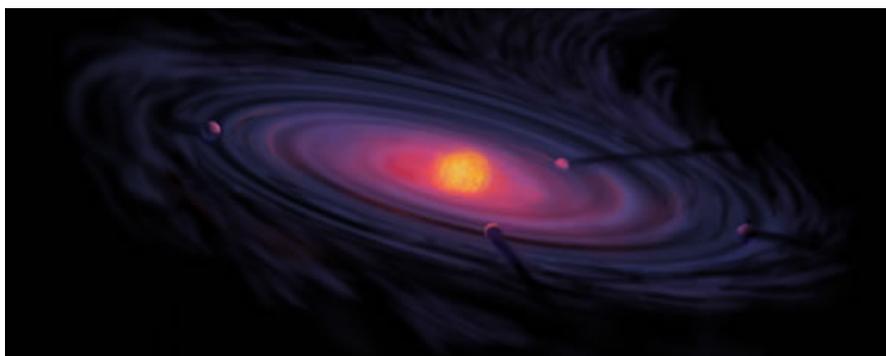
- El Sol y los planetas surgirán de esta nebulosa, razón por la cual todos giran en órbitas coplanarias y en el mismo sentido (mismo plano y sentido que la nebulosa "madre", o también llamada **nebulosa crisálida**).

Al aumentar la densidad, la temperatura también aumentó hasta que, en la zona central, se iniciaron las reacciones termonucleares propias de las estrellas ($H = He + En$).

¿Cómo se pasó de una nube en rotación rápida a unos pocos planetas individualizados?:

Después de la fase de contracción la nebulosa sufre un enfriamiento. Esto origina la condensación de los materiales. En las zonas internas la condensación afecta sólo a los componentes más densos (como el hierro y los silicatos), los gases se escapan debido a que el calor impide su condensación. No obstante, en las zonas más alejadas el material condensado incluye también a estos componentes volátiles.

- Esto explica por qué los planetas interiores son más densos y los exteriores más gaseosos y grandes (existía más disponibilidad de materia condensada).



Los planetas, por supuesto, no se condensaron de una vez, sino a partir de bloques de diversos tamaños (denominados **planetesimales**). Estos cuerpos chocaron entre sí acoplándose unos a otros (**acreción** colisional) hasta que la mayoría adquirió órbitas estables, coplanarias y casi circulares.

- Esto explica por que en los planetas existen huellas de impactos.

El proceso de choque duró millones de años y se desprendió tanta energía que los planetas se encontraban en estado de fusión.

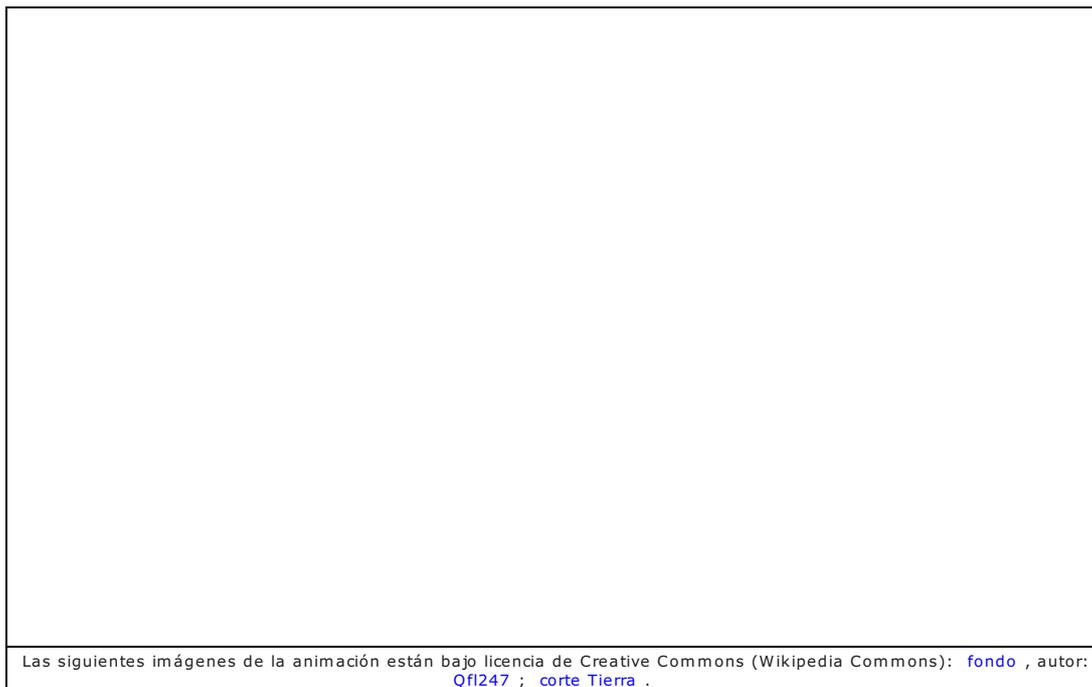
En los planetas interiores o rocosos, los materiales más densos fueron desplazándose hacia el interior. Esta es la razón de que los materiales de los planetas como la Tierra (Mercurio, Venus y Marte) se distribuyan en capas de diferente densidad.

Los planetas exteriores o gaseosos (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno) siguieron el mismo proceso. Como consecuencia de su tamaño, fueron capaces de atraer y mantener los gases de hidrógeno y helio arrastrados por el viento solar en el proceso de formación del Sol. Hoy día, se piensa que bajo la atmósfera de los planetas gaseosos hay un núcleo de material rocoso.

Para saber más

Si estás interesado en conocer más acerca de las diferentes teorías de cómo se originó el Sistema Solar y la Tierra puedes acceder a la información sobre este tema en la página de [Astromía](#).

2. Métodos de estudio del interior terrestre



Las siguientes imágenes de la animación están bajo licencia de Creative Commons (Wikipedia Commons): [fondo](#), autor: [Qf1247](#); [corte Tierra](#).

Podemos llegar a conocer los materiales que existen en el interior de nuestro planeta a través de métodos de **observación directa** y métodos indirectos, que permiten deducir la composición y propiedades de los materiales profundos a partir de otros datos.

Los **métodos indirectos** que mayor información proporcionan son los **geofísicos**. La geofísica es la ciencia que aplica métodos y técnicas procedentes de la física a la investigación geológica.

Otro ejemplo de método indirecto se basan en estudiar materiales formados en el Sistema Solar y que han llegado hasta nosotros, es el caso de los meteoritos. Si la formación de la Tierra ha sido común con la del resto de cuerpos del Sistema Solar es razonable pensar que los materiales de los que están hechos sean parecidos.

Estudio de meteoritos

Son pequeños cuerpos planetarios que cruzan la órbita de la Tierra y debido a su atracción gravitatoria pueden llegar a caer en su superficie. Tienen edades de unos 4.500 M.a. (= que la de la Tierra) y también derivan de la materia a partir de la que se formó el Sistema Solar.

En función de su composición, hay varios tipos:

- **Metálicos o Sideritos:** constituido por una aleación de Fe y Ni. $d = 7,5 \text{ g/cm}^3$. Abundancia: 5%
- **Mixtos o Siderolitos:** aleación Fe-Ni y silicatos en la misma proporción. $d = 5,0 \text{ g/cm}^3$. Abundancia: 2%
- **Rocosos o Aerolitos:** son los más abundantes y ligeros, $d = 3,5 \text{ g/cm}^3$. Abundancia: 93%.



Imágenes bajo licencia de Creative Commons (Wikipedia Commons):
[Meteorito metálico](#), autor: Dr. Svend Buhl; [Siderolito](#) y [Aerolito](#) (NASA)

De su estudio se deduce que todos los planetas, como la Tierra, tienen una estructura en capas, siendo conocidas en los meteoritos las capas más profundas que son las que más resisten la desintegración.

Por similitud, los aerolitos corresponderían a la composición de la corteza y el manto, los sideritos al núcleo y los siderolitos al límite del núcleo y el manto. De todo esto no hay nada totalmente confirmado.

Para saber más

Ésta es la web de la Red de investigación sobre bólidos y meteoritos, en ella encontrarás más datos sobre los tipos de meteoritos encontrados y qué clase de información nos proporcionan.

[METEORITOS: LAS PIEDRAS ROSETTA DE LA CIENCIA.](#)

2.1. Métodos directos



Investigación

Geología

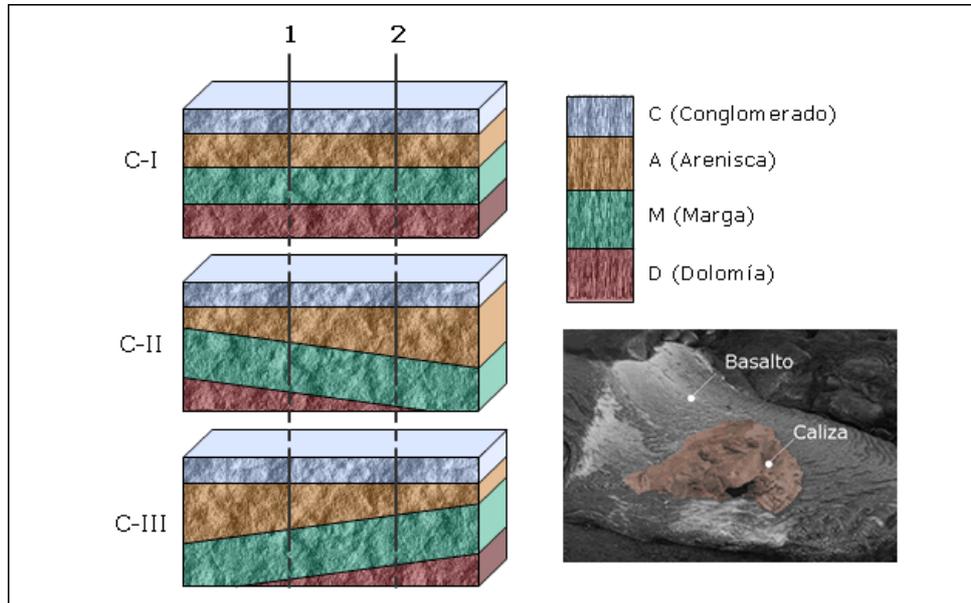


Biología y Geología 1º Bachillerato

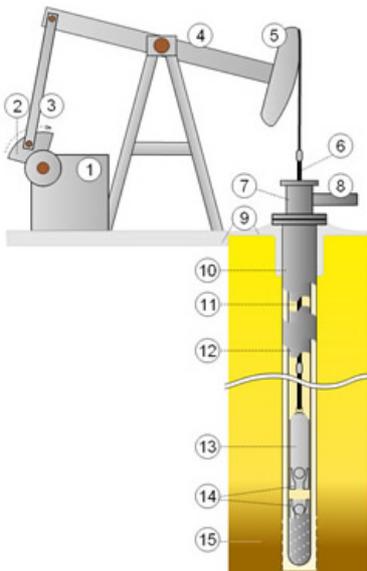
Reflexiona

1- Observa sobre la animación los sondeos 1 y 2 (imagen 3/5) y averigua qué corte geológico (C-I, C-II o C-III) corresponde a la zona de estudio.

2- Después de la erupción del volcán se ha obtenido la fotografía indicada abajo (basalto y caliza). El basalto es una roca volcánica, sin embargo, la caliza es sedimentaria ¿podrías explicar cómo es posible que aparezcan ambas juntas?. ¿Qué información de interior terrestre crees que puede aportar esta imagen?



Mostrar retroalimentación



Prospección y sondeos

Las minas son excavaciones que se realizan para la extracción de minerales y rocas. Las más profundas se encuentran en Sudáfrica y alcanzan casi 3'6 Km.

Los sondeos son perforaciones taladradas en el subsuelo que se utilizan con muy diversos fines (extracción de petróleo, prospección minera, investigación...). El más profundo se encuentra en Siberia (Rusia) y llega hasta unos 12 Km.

Estos métodos aportan datos directos muy importantes para varios campos de investigación, pero son poco significativos para el estudio del interior de la Tierra, pues si comparamos las profundidades que alcanzan con el radio medio de la Tierra (6.370 Km) se comprende que apenas suponen un rasguño sobre su superficie.

Esquema de [perforación petrolífera](#) (Imagen bajo licencia Creative Commons)

Curiosidad

TAU TONA, La ciudad de oro, es un documental de National Geographic sobre la mina más profunda del mundo, en Sudáfrica, este fragmento es la introducción:



Estudio de los materiales arrojados por los volcanes

Los materiales que expulsan los volcanes pueden haberse formado a una cierta profundidad del subsuelo, del orden de decenas de kilómetros. El análisis petrológico de estas rocas nos puede dar una idea de la composición química de las regiones más profundas en donde se han formado estos magmas. Pero existen dos limitaciones importantes que hacen que estos datos sean poco significativos:

-Procesos de diferenciación magmática: que hacen que la composición de la lava arrojada no sea representativa de la del magma original.

-Inclusiones y contaminación de magmas: pueden aportar datos más importantes para el estudio del interior, pues son fragmentos de rocas profundas que han sido arrancadas e incorporadas por el magma que circula en su ascensión. También pueden alterar la composición del magma original por reacción química con los componentes del propio magma.

Actualmente los métodos de estudio directos son insuficientes para el estudio del interior del planeta. ¿A qué se deben estas limitaciones?

Mostrar retroalimentación

2.2. Métodos indirectos



Investigación

Geología



Biología y Geología 1º Bachillerato

Imagen de animación bajo licencia de Creative Commons: [Paisaje](#) , autor:Clayoquot ; [Tierra](#) (NASA)

Utiliza el simulador que aparece en el paso 3/4 de la animación anterior y responde a las siguientes preguntas: a partir de los datos de densidad calculados ¿Qué conclusión se puede obtener sobre la densidad del interior terrestre?. Según estas conclusiones ¿Crees que la Tierra es homogénea en su interior?

Mostrar retroalimentación

Estudio de la densidad

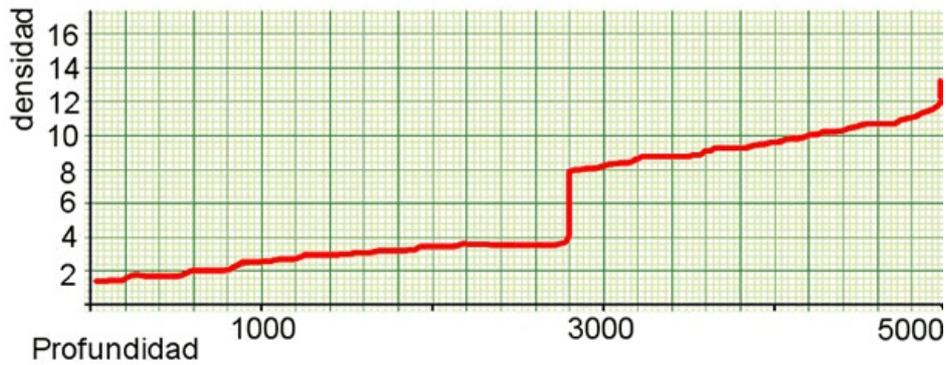
Tal como has visto para calcular la densidad de un cuerpo se necesita la masa y el volumen. El volumen de la Tierra se puede conocer a partir de su radio ($radio = 6350 \text{ km}$; $volumen = \frac{4}{3}\pi r^3$) y la masa se calcula matemáticamente a partir del valor de la gravedad ($K = \text{constante de gravedad de Newton}$, $R = \text{radio terrestre}$, $g = \text{gravedad} - 9,8 \text{ m/s}^2$ -)

$$g = K \frac{M_T}{R^2} \quad \longrightarrow \quad M_T = g \frac{R^2}{K}$$

Aplicando estos cálculos, el valor de densidad de la Tierra ($d = M / V$) es de $5,5 \text{ gr/cm}^3$ (densidad media). Este valor resulta más alto que el de las rocas superficiales a las que tenemos acceso de modo directo.

Hay que admitir, por tanto, que en el interior de la Tierra debe de haber materiales y rocas de mayor densidad para subir la media.

La densidad de nuestro planeta aumenta de una forma progresiva desde la superficie hasta aproximadamente los 3000 Km de profundidad: la variación que se produce va desde aproximadamente 3 hasta unos 6 gr/cm^3 . A 3000 km de profundidad se produce un aumento brusco de la densidad, pasando desde 6 a cerca de 10 gr/cm^3 . Al seguir profundizando el aumento de densidad vuelve a ser progresivo alcanzando un valor de 12 gr/cm^3 en el centro de la Tierra.



Fuente Javier López bajo licencia Creative Commons

Conocer los valores de la densidad en profundidad es de sumo interés para poder especular acerca de las clases de materiales del interior y de su estado físico y químico

Importante

Los **métodos geofísicos** intentan conocer las características del interior terrestre basándose en la medida de ciertas magnitudes físicas. Los métodos más utilizados son: gravimétrico, geotérmico, magnético, eléctrico y sísmico. Este último es, con diferencia, el que mejor permite conocer el interior terrestre (*dada su importancia lo trataremos en un tema aparte*).

Para saber más

El **método eléctrico** se basan en la medición de la resistividad de las rocas o en su inversa, la conductividad. A partir de los datos obtenidos se pueden sacar conclusiones sobre el tipo de roca y grado de humedad del subsuelo.

Se utilizan tanto para investigar el interior de la Tierra (sólo válido para pequeñas profundidades) como por su aplicación para la prospección de recursos minerales.

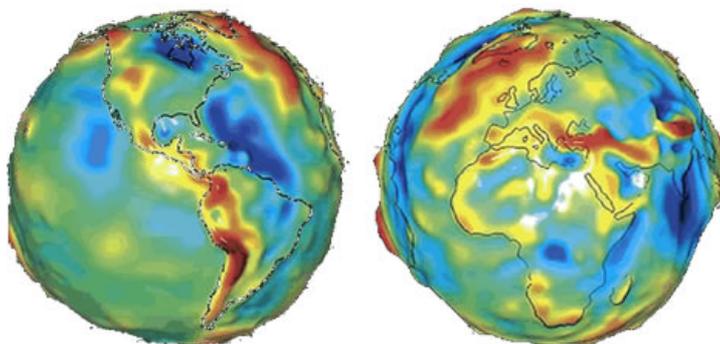
2.2.1. Método gravimétrico



La fuerza de la gravedad representa la fuerza con que la Tierra atrae a cualquier masa situada en su campo gravitatorio, zona del espacio que rodea a la Tierra, donde se manifiesta la atracción newtoniana, debida a la masa del planeta.

El valor medio de la gravedad (g) en la superficie de la Tierra es de $9,8 \text{ m/s}^2$. Mediante instrumentos específicos (gravímetros) podemos medir dicho valor en cada punto.

Este valor puede sufrir cambios de unos puntos a otros (aunque se trata de desviaciones muy pequeñas). Las causas de dichas variaciones se deben a la densidad de los materiales del subsuelo: si las rocas del interior son muy densas (por ejemplo, minerales metálicos) el valor de g será mayor del esperado. Por el contrario, para materiales poco densos, los valores de g obtenidos serán menores. Por ejemplo, la presencia de bolsas de petróleo asociadas a domos salinos (materiales de baja densidad) originan valores de g bajos.



2.2.2. Método geotérmico

Investigación
Geología



Biología y Geología 1º Bachillerato

Fuente de animación sonda térmica: [Isla de las Ciencias](#) (IFSTIC) autor: Manuel Merlo Fernández

A pesar de que la temperatura en la superficie terrestre se debe principalmente a la radiación solar, existe una componente de procedencia interna, originada por el calor que desprende la Tierra, que se define como flujo térmico.

Se denomina **gradiente geotérmico** el aumento de temperatura que se produce cada 100 metros. Su valor medio en la corteza terrestre es de 3º C.

Este valor puede variar de unas zonas a otras (anomalías térmicas). Por ejemplo, la presencia de masas fundidas (magma) cerca de la superficie hace que el valor del gradiente sea mayor del esperado (anomalía positiva).

El origen del calor interno es desconocido. La teoría más aceptada opina que se debe al calor remanente que aún posee la Tierra desde sus orígenes y a la desintegración de elementos radioactivos.

Este valor no aumenta proporcionalmente con la profundidad, ya que un sencillo cálculo, teniendo en cuenta el radio terrestre, nos daría que el núcleo de la Tierra estaría a más de 200.000ºC de temperatura, lo cual equivaldría a un estado gaseoso explosivo. Se estima que la temperatura en el centro de la Tierra es de unos 6000 ºC.

En la imagen inferior se muestra gráficamente los valores de temperatura aceptados para cada profundidad. En línea discontinua se muestra el valor teórico de temperatura si el gradiente geotérmico fuese constante con la profundidad.

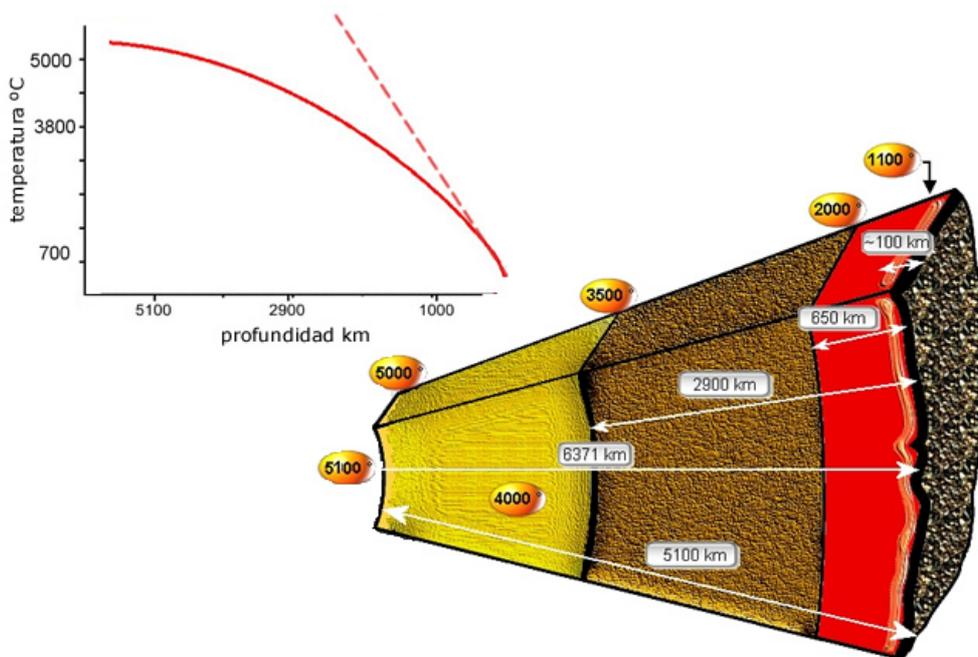


Imagen corte de Tierra bajo licencia de Creative Commons

2.2.3. Método geomagnético



Investigación

Geología



Biología y Geología 1º Bachillerato

Imagen Sol-Tierra de dominio público (NASA)

La Tierra genera un campo magnético en su entorno, de carácter bipolar. Es decir, actúa como un gigantesco imán.

Se denomina **magnetosfera** a la región alrededor de la Tierra en la que el campo magnético desvía la mayor parte del viento solar formando un escudo protector contra las partículas cargadas de alta energía procedentes del Sol. La magnetosfera terrestre no es única en el Sistema Solar, todos los planetas con campo magnético muestran una similar, tales como Mercurio, Júpiter, Saturno, Urano, o Neptuno poseen una propia.

La intensidad de este campo se puede medir en superficie mediante instrumentos específicos (**magnetómetros**). La unidad de medida que se utiliza en estos casos es el oersted. Su valor normal en la superficie de la tierra es de 0,4. Dicho valor puede variar (ver *mapa inferior de anomalías*) . Por ejemplo, la presencia de metales de hierro cerca de la superficie puede hacer aumentar el valor de la intensidad.

El campo magnético fósil presente en las rocas puede ser semejante al actual o de sentido contrario, lo que nos indica que a lo

largo de la historia de la Tierra ha habido inversiones.



Campo magnético terrestre y mapa de anomalías ([imagen](#) bajo licencia de Creative Commons -Wikipedia Commons- NASA)

La existencia de un **campo magnético** sólo puede ser explicada si existe un núcleo metálico fundido en movimiento, que funcionaría como una enorme dinamo (geodinamo). El campo magnético funciona gracias al movimiento de la masa fluida metálica provocada por la rotación terrestre y las corrientes convectivas generadas por el calor interno.

Curiosidad

El fenómeno conocido como **aurora boreal** (y austral, que también existe) se debe a la interacción de la magnetosfera y el viento solar. La primera es la región del espacio en la que actúa el campo magnético terrestre. Éste desvía las partículas cargadas (protones y electrones) del viento solar. En los polos magnéticos, las partículas pueden entrar y entonces chocan con los átomos y moléculas de la termosfera, y parte de la energía de la colisión se transforma en luz visible.



Imagen de [zhengxu](#) en Flickr bajo [licencia Creative Commons](#)

2.3. Investigación geofísica



Investigación

Geología



Biología y Geología 1º Bachillerato

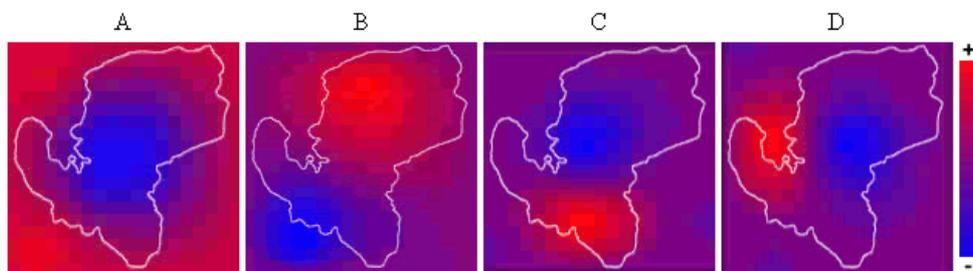


1- Utiliza la animación inferior (*Simulación: métodos de estudio*) para realizar medidas en distintos puntos de la isla. Sitúa la estación geológica en los puntos que se indican en la tabla inferior y señala el valor de gradiente térmico, gravedad e intensidad magnética obtenidos (indica en cada caso si existen anomalías positivas o negativas).

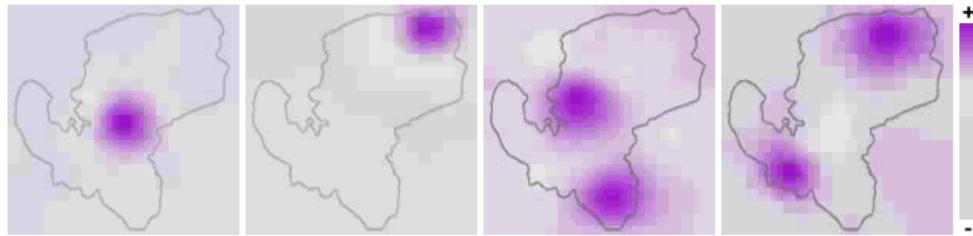
Punto	coordenadas		análisis geotérmico		gravimetría		magnetismo	
	x	y	gradiente	anomalía	gravedad	anomalía	intensidad	anomalía
1	18	19						
2	18	32						
3	30	4						
4	26	9						
5	6	22						

*Nota: Indicar valor numérico en columna de gradiente, gravedad, magnetismo y signo + o - en anomalías (si existiese)
Para realizar más cómodamente esta actividad sería conveniente copiar o imprimir esta tabla en papel e ir anotando los resultados que se obtengan haciendo uso del simulador*

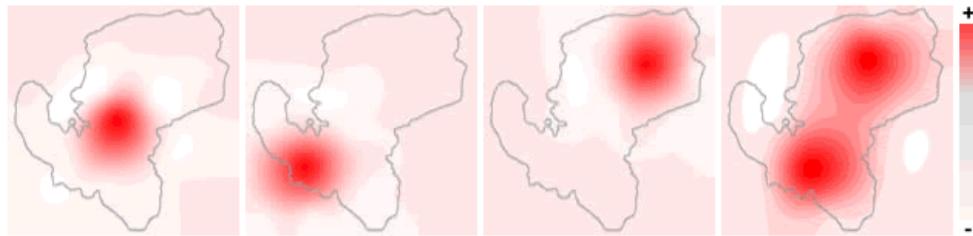
2- Utiliza la animación inferior (*Simulación: métodos de estudio*) y averigua qué mapas de los representados más abajo muestran correctamente la variación de gradiente geotérmico, gravedad e intensidad magnética en la isla (en los mapas no aparecen valores numéricos, para comparar los datos observa qué zonas presentan valores más o menos altos).



Mapas de distribución valor de gravedad (g)



Mapas de distribución valor intensidad magnetismo



Mapas de distribución valor gradiente geotérmico

Investigación

Geología



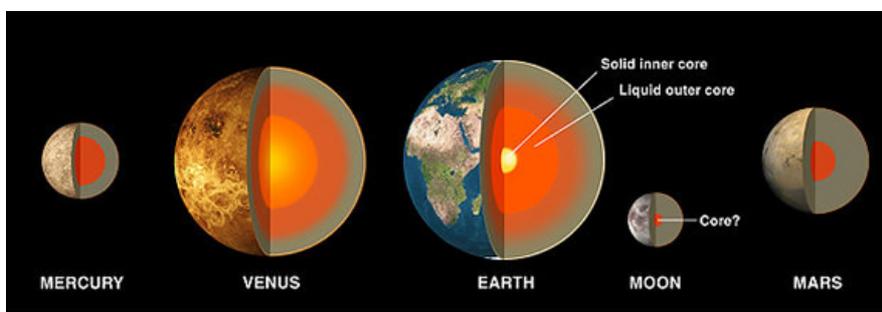
Biología y Geología 1º Bachillerato

Imágenes de fondo de dominio público (NASA)

La formación de la Tierra es paralela a la del Sistema Solar. Su origen, al igual que el resto de planetas, se debe a la condensación y acreción de planetesimales (ya estudiado en apartados anteriores).

Las distintas teorías que explican la formación y evolución de la Tierra en sus primeros pasos debe ser acorde con los datos que hemos ido investigando hasta el momento. Principalmente, debe explicar por qué la Tierra no es homogénea, y más concretamente, por que la temperatura y densidad aumenta con la profundidad.

Tal como hemos visto en el apartado 1.2, el proceso de choque de planetesimales duró millones de años y se desprendió tanta energía que los planetas se encontraban en estado de fusión. Al estar fundidos los materiales más densos fueron desplazándose hacia el interior. Esta es la razón de que los materiales de los planetas como la Tierra (Mercurio, Venus y Marte) se distribuyan en capas de diferente densidad.



Estructura en capas de planetas interiores. [Imagen](#) de dominio público (NASA)

Los planetas exteriores o gaseosos (Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno) siguieron el mismo proceso. Como consecuencia de su tamaño, fueron capaces de atraer y mantener los gases de hidrógeno y helio arrastrados por el viento solar en el proceso de formación del Sol. Hoy día, se piensa que bajo la atmósfera de los planetas gaseosos hay también un núcleo de material rocoso.

La Tierra se originó hace 4500 millones de años aproximadamente. Se cree que su tamaño era aproximadamente el mismo que tiene hoy en día. Su estado inicial era el de un cuerpo en estado de fusión a causa del calor producido por:

- La contracción gravitatoria provocada por la unión de los planetoides.
- Reacciones de desintegración de los elementos radiactivos presentes en la materia.
- La colisión de meteoritos y otros cuerpos.

En un momento dado y debido al paulatino enfriamiento, los materiales superficiales formaron la corteza. En su origen, era una capa parcialmente fundida en la que se formaron rocas silicatadas. La formación de la corteza impidió la pérdida del calor interno, parte del cual aún se mantiene hoy en día.

A la vez que se originaba la corteza, el núcleo se formaba por un proceso de concentración de hierro. La zona intermedia entre la corteza y el núcleo acumulaba rocas en estado de fusión y semifusión que irían separándose para formar la estructura actual del manto.

Hace 3000 millones de años la corteza tenía un espesor menor y mayor fragilidad que en la actualidad. Estaba formada por delgadas placas sólidas que se movían unas frente a otras arrastradas por materiales fluidos procedentes del interior. Los volcanes liberaban lavas que solidificaban y que aumentaron el grosor de las placas. En el proceso de enfriamiento se liberaron gases y agua que formaron la atmósfera y la hidrosfera respectivamente.

Curiosidad

Observa el siguiente video y descubre cómo se cree que se formó la Luna .

