

El interior de la Tierra. Estructura, composición y métodos de estudio

Autor: Obeo Núñez, Jesús (Licenciado en Ciencias Químicas, especialidad Bioquímica, Profesor de Biología y Geología en Educación Secundaria).

Público: Profesores y alumnos de 1º Bachillerato de Biología y Geología. **Materia:** Biología y Geología. **Idioma:** Español.

Título: El interior de la Tierra. Estructura, composición y métodos de estudio.

Resumen

La enseñanza de la Geología está incluida en el Sistema Educativo español por la Ley Orgánica 8/2013, LOMCE, donde se establece su currículo, así como ampliado en cada comunidad autónoma. En este artículo se pretende enseñar, de forma resumida uno de los contenidos de esta disciplina, dentro de la asignatura Biología y Geología, que trata de averiguar la estructura y composición de nuestro planeta, teniendo en cuenta las limitaciones técnicas de no poder obtener muestras profundas.

Palabras clave: Orógeno, densidad, campo magnético, ondas sísmicas, relieve, sondeo, microscopio petrográfico, lava, cationes, meteorito, gravedad terrestre, guyot, sedimentos.

Title: The interior of the Earth. Structure, composition and methods of study.

Abstract

The teaching of geology is included in the Spanish educational system by the Organic Law 8/2013, LOMCE, where its curriculum is established, as well as expanded in each autonomous community. In this article is intended to teach, summarized one of the contents of this discipline, within the subject biology and geology, which tries to find out the structure and composition of our planet, taking into account the technical limitations of not being able to get deep samples.

Keywords: Mountain, density, magnetic field, seismic waves, relief, probing, petrographic microscope, lava, cations, meteorite, terrestrial gravity, Guyot, sediments.

Recibido 2017-11-17; Aceptado 2017-11-23; Publicado 2017-12-25; Código PD: 090077

INTRODUCCIÓN

Con la tecnología actual, el hombre ha conseguido hacerse una idea muy bien definida de como es la superficie del planeta que habita, sin embargo, no es posible saber con igual exactitud cómo es el interior terrestre, ya que es imposible perforar a grandes profundidades y extraer materiales para poder analizarlos, ya que la máxima profundidad a la que ha llegado la humanidad excavando ha sido unos 12 Km, una cifra muy escasa si la comparamos con el radio terrestre de unos 6370 Km.

MÉTODOS DE ESTUDIO

Para poder saber cómo es el interior terrestre, podemos dividir los métodos de estudio en:

- a) **Directos:** donde se analizan los materiales del interior terrestre que llegan a la superficie por:
 - Lavas que expulsan los volcanes (Manto superior).
 - Minería subterránea (sobre unos 3 Km de profundidad para la búsqueda de diamantes en Sudáfrica).
 - Sondeos de investigación (el más profundo de 12 Km en la península de Kola).
 - Rocas profundas que por la erosión son visibles.

Cuando se tienen las muestras, éstas se analizan mediante:

- Estudios de visu: para ver la textura y composición mineralógica.

- Estudio químico: analiza la composición química de la muestra por Vía húmeda (se disuelven las sustancias en ácido o agua, en la llamada “marcha analítica”) o por Vía seca (se da calor a la llama a la muestra de mineral, y donde ciertos cationes dan coloraciones especiales cuando se calientan).
 - Estudio al microscopio petrográfico: se observa con más detalle la textura y composición química, y mediante luz polarizada los minerales desvían el plano de luz en un determinado ángulo característico del mineral.
 - Estudio con rayos X: composición y estructura mineralógica.
 - Ensayos de laboratorio: para determinar tenacidad, densidad, etc.
- b) **Indirectos:** se basan en determinar las propiedades físicas terrestres o la variación de dichas propiedades (campo magnético, densidad, velocidad y dirección de las ondas sísmicas, etc.). Podemos señalar los siguientes:
- Estudio del campo magnético: nuestro planeta posee un campo magnético muy grande, que debe originarse si en el interior terrestre hay una gran cantidad de Fe fundido que se comporte como una dinamo autoinducida, que gire y gracias a las corrientes de convección y a la rotación se genere dicho campo magnético. Además, estos datos nos van a ayudar para estudiar los cambios de polaridad a lo largo de la historia y confirmar la expansión del fondo oceánico.
 - Estudios gravimétricos: donde se comparan los valores teóricos (ley de gravitación universal de Newton) con los valores reales medidos con un gravímetro en un punto de la superficie, y si hay grandes diferencias, éstas se deben a las variaciones de densidad de los materiales (anomalías negativas en orógenos por menor densidad; anomalías positivas en la corteza oceánica por ser más densa).
 - Estudio del flujo geotérmico: se analiza el calor irradiado por el interior terrestre en la superficie, observando “zonas calientes” que apuntan a un ascenso de materiales procedentes del manto profundo (plumas térmicas), como en las dorsales oceánicas y en los puntos calientes.
 - Estudio de la densidad: ya Eratóstenes hizo un cálculo muy aproximado del volumen de la Tierra (cálculo de sombras) y gracias a las leyes del movimiento y de la gravitación terrestre sabemos la masa de nuestro planeta, obteniendo un valor medio de la densidad terrestre de $5,5 \text{ g/cm}^3$. Pero las rocas de la corteza tienen una densidad de $2,9 \text{ g/cm}^3$, por lo que nos lleva a pensar en que en el interior de la Tierra tendrá que haber algún material muy denso para compensar ese valor tan bajo de las rocas de la corteza y que nos de ese valor de $5,5 \text{ g/cm}^3$ (todo apunta al Fe).
 - Estudio de meteoritos: se estudian los meteoritos que impactan contra nuestra superficie, porque al venir la mayor parte, del cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter, tendrán composición parecida a la de nuestro planeta (también sólido). Así tenemos los Aerolitos (formados por silicatos, como nuestra corteza), los Siderolitos (formados por metales y silicatos metálicos, como nuestro manto) y los Sideritos (formados por más del 90 % de Fe y Ni, como nuestro núcleo).
 - Estudio de ondas sísmicas: donde se estudian las ondas sísmicas que se generan en el hipocentro de un terremoto, siendo el método que más información nos genera para saber la estructura interna. De las ondas sísmicas, solo nos proporcionan información de la estructura interna las ondas S (solo se propagan en medios sólidos) y las ondas P (se propagan en medios sólidos y líquidos), si la composición fuese homogénea, las ondas sísmicas irían a una velocidad constante y rectilínea, pero lo que se ve es que se refractan, por lo que ha debido cambiar la rigidez del material. A las zonas del interior terrestre donde se observan variaciones en la velocidad y dirección de las ondas se les llama Discontinuidades. La existencia de discontinuidades indica que la Tierra es heterogénea, donde se aprecian tres grandes capas: Corteza, Manto y Núcleo.

ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA TIERRA

Según los datos obtenidos, existen dos modelos que explican cómo es el interior terrestre:

- a) Modelo Geoquímico: explica el interior de la Tierra atendiendo a su composición química. Se fundamenta en las discontinuidades:

- Mohorovicic: con un valor medio de profundidad de 50 Km. Se aprecia un aumento en la velocidad de las ondas S y P. Será la “frontera” entre la corteza y el manto.
- Gutenberg: a los 2900 Km de profundidad. La velocidad de las ondas P disminuye y las ondas S desaparecen. Marcará el límite entre el manto y un núcleo (en principio líquido, al desaparecer las ondas S).
- Wietcher-Lehman: a los 5100 Km de profundidad. Las ondas P aumentan su velocidad (encuentran un medio sólido), por lo que marca una diferencia entre núcleo externo líquido y un núcleo interno sólido.

Como conclusión se divide el interior terrestre en:

- CORTEZA: con silicatos ricos en Al y Ca. Densidad media de $2,9 \text{ g/cm}^3$.
 - MANTO: formado por silicatos ricos en Fe y Mg. Con densidades del manto superior de $3,3 \text{ g/cm}^3$ y manto inferior de $5,5 \text{ g/cm}^3$.
 - NÚCLEO: con composición de Fe y Ni. Con un núcleo externo de densidad $9,9 \text{ g/cm}^3$ y un núcleo interno de densidad $13,6 \text{ g/cm}^3$.
- b) Modelo Estructural: explica el interior de la Tierra atendiendo a las condiciones internas y el comportamiento de los materiales. Esto explica las manifestaciones externas del interior terrestre, como los volcanes, terremotos o la formación de cordilleras. Por lo que según este modelo tenemos las siguientes capas:
- LITOSFERA: una capa rígida que comprende la corteza y parte del manto superior (de 20 a 120 Km). Esta capa está fragmentada en las llamadas placas litosféricas.
 - ASTENOSFERA: de espesor variable y naturaleza plástica con corrientes de convección.
 - MESOSFERA: es el resto del manto, con mayor rigidez que la astenosfera.
 - ENDOSFERA: corresponde a los dos núcleos del modelo geoquímico.

LA CORTEZA

Donde se puede realizar un estudio de los dos tipos de corteza que nos encontramos:

- a) Estructura horizontal de la Corteza Continental: podemos observar las siguientes formaciones geológicas:
- Escudo o Cratones: tienen un espesor fino, siendo muy estables y con formaciones geológicas muy antiguas.
 - Cordilleras: mayor espesor de corteza, con materiales más jóvenes, y son zonas más inestables.
 - Plataformas interiores: son depresiones entre cratones y cordilleras. Se depositan sedimentos.
 - Márgenes continentales: formados por la plataforma continental y el talud continental.
- b) Estructura horizontal de la Corteza Oceánica: Con las siguientes formaciones:
- Llanuras abisales: son extensiones planas en los fondos oceánicos con algunos volcanes y guyots.
 - Dorsales oceánicas: son cordilleras submarinas volcánicas de gran longitud. Aparecen en los bordes de placa divergentes.
 - Fosas oceánicas: son grandes hendiduras que separan la corteza continental de la oceánica.
- c) Estructura vertical de la Corteza Continental: se observan tres niveles, a mayor nivel, mayor metamorfismo:
- Nivel superior: rocas sedimentarias y volcánicas.
 - Nivel medio: rocas graníticas y rocas metamórficas.
 - Nivel inferior: rocas plutónicas y metamórficas.
- d) Estructura vertical de la Corteza Oceánica: aparecen tres niveles:
- Nivel 1: capa de sedimentos de espesor variable, mayor cerca de los continentes y nulo en las dorsales.

- Nivel 2: basaltos almohadillados y diques de basalto.
- Nivel 3: formado por rocas básicas como gabros y piroxenos.

EL MANTO

Se encuentra entre la corteza y la discontinuidad de Gutenberg, siendo un 83 % del volumen total de la Tierra. Los elementos más abundantes del manto son: Si, O, Fe y Mg.

La roca que forma el manto es la PERIDOTITA (olivino y piroxenos). Se han encontrado meteoritos con esa misma composición.

La diferencia de densidad existentes entre el manto superior ($3,3 \text{ g/cm}^3$) y el manto inferior ($5,5 \text{ g/cm}^3$) se debe a la presión, no a otros materiales más densos, por lo que el manto inferior es como el manto superior, pero comprimido.

EL NÚCLEO

Sus límites se encuentran entre los 2900 km de profundidad y el centro del planeta. Ocupa un volumen del 16 %.

Debido a que tiene una gran densidad (entre 10 y 13 g/cm^3), el que cree un campo magnético en nuestro planeta y que debe ser constituido por un elemento muy abundante, hace pensar que sea un núcleo de Fe con un 6 % de Ni, es decir como la composición química de los sideritos. Pero se sospecha que forme parte otro elemento que actúe como fundente y que al mismo tiempo disminuya su densidad (si solo hubiese Fe y Ni, la densidad del núcleo sería mayor a la calculada); así que todo apunta a que haya un 10 % de S, ya que este elemento coincide con los requerimientos.

Nos encontramos con dos núcleos, el externo líquido (ondas S desaparecen) y el interno sólido, a pesar de tener mayor temperatura que el externo, ya que así parece confirmarse por el aumento de velocidad de las ondas P, esto es posible por las enormes presiones que debe soportar el núcleo interno.

CONCLUSIÓN Y EXPERIENCIAS CON LOS ALUMNOS

En este artículo hemos visto como a pesar de tener limitaciones tecnológicas para poder observar directamente el interior terrestre, se puede tener una visión bastante cercana a cómo va a ser el interior de la Tierra si estudiamos parámetros físicos de nuestro planeta.

Una experiencia interesante sería que los alumnos pudieran construir una maqueta con porexpán a escala, con los diferentes espesores de las capas internas de la geosfera, situando las discontinuidades más importantes, y coloreando dichas capas de tonalidades diferentes. Esto ayuda al alumno a entender, retener y visualizar cómo se piensa que es el interior del planeta.

Bibliografía

Las referencias legales del artículo son:

- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre (LOMCE).
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por la que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato.
- Decreto 40/2015, de 15/6/2015, por el que se establece el currículo de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Castilla -La Mancha.

El material bibliográfico ha sido:

- BOLT Bruce A. (1981). Terremotos. Editorial Reverté.
- PEDRINACI Emilio, GIL Concha y PASCUAL J. A. (2015). Biología y Geología 1º Bachillerato. Editorial SM.
- ANGUITA F. y MORENO F. (1991). Procesos geológicos internos. Editorial: Rueda.
- ALCALDE Ana, FERNÁNDEZ Benjamín y otros (2003). Biología y Geología 4º ESO. Editorial SM.