

1. Sismicidad de la Tierra y modelo dinámico

2. Principio de Arquímedes e isostasia

3. Modelo dinámico

4. Mapa de los fondos oceánicos

5. Tipos de erupciones

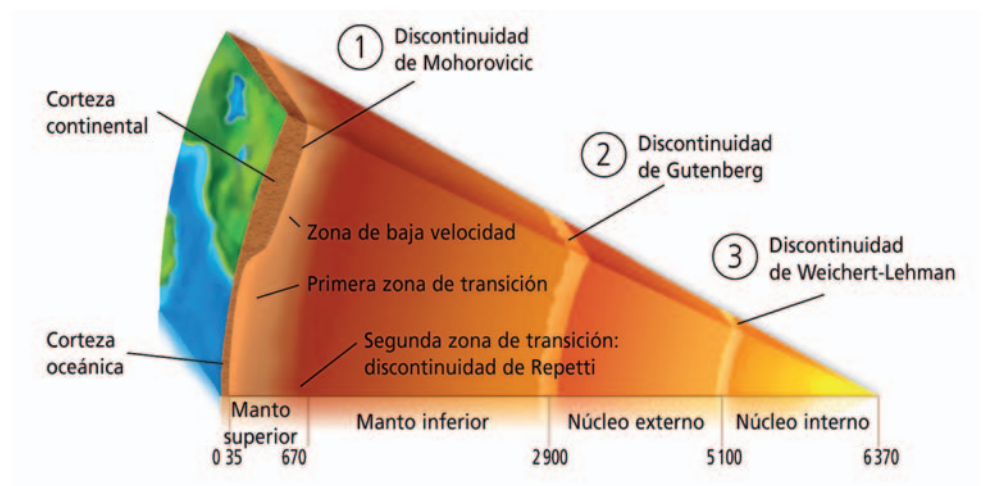
1. Sismicidad de la Tierra y modelo dinámico

El estudio de propagación de las ondas sísmicas permite deducir la estructura del interior de la Tierra y pone de manifiesto la existencia de tres grandes discontinuidades:

1. La **discontinuidad de Mohorovicic** aparece a una profundidad media de unos 35 kilómetros (puede encontrarse a 70 km de profundidad bajo los continentes o a tan solo 10 km bajo los océanos). Se pone de manifiesto cuando las ondas P y S aumentan bruscamente su velocidad (desde 6 hasta 8 km/s, y desde 3,8 hasta 4,7 km/s, respectivamente). Constituye la superficie de separación entre los materiales rocosos menos densos de la corteza y más densos del manto.

2. La **discontinuidad de Gutenberg** se manifiesta a los 2900 km de profundidad, cuando las ondas P disminuyen bruscamente su velocidad, desde 13 hasta 8 km/s, y las ondas S dejan de propagarse (su velocidad alcanza el valor 0). De aquí se deduce que las ondas sísmicas pasan de un medio rígido (el manto) a otro líquido (el núcleo externo)

3. La **discontinuidad de Weitcher-Lehman** aparece a los 5100 km de profundidad, cuando las ondas P aumentan su velocidad desde 9 a 10 km/s. Aunque las ondas S dejaron de propagarse a través del núcleo externo líquido, sin embargo, es posible deducir por mediciones indirectas que ahora se propagan de nuevo y alcanzan la velocidad de 3,8 km/s, llegando a 4 km/s en el centro de la Tierra. Esto significa que existe un núcleo interno, con la misma composición química que el externo, pero en estado sólido.

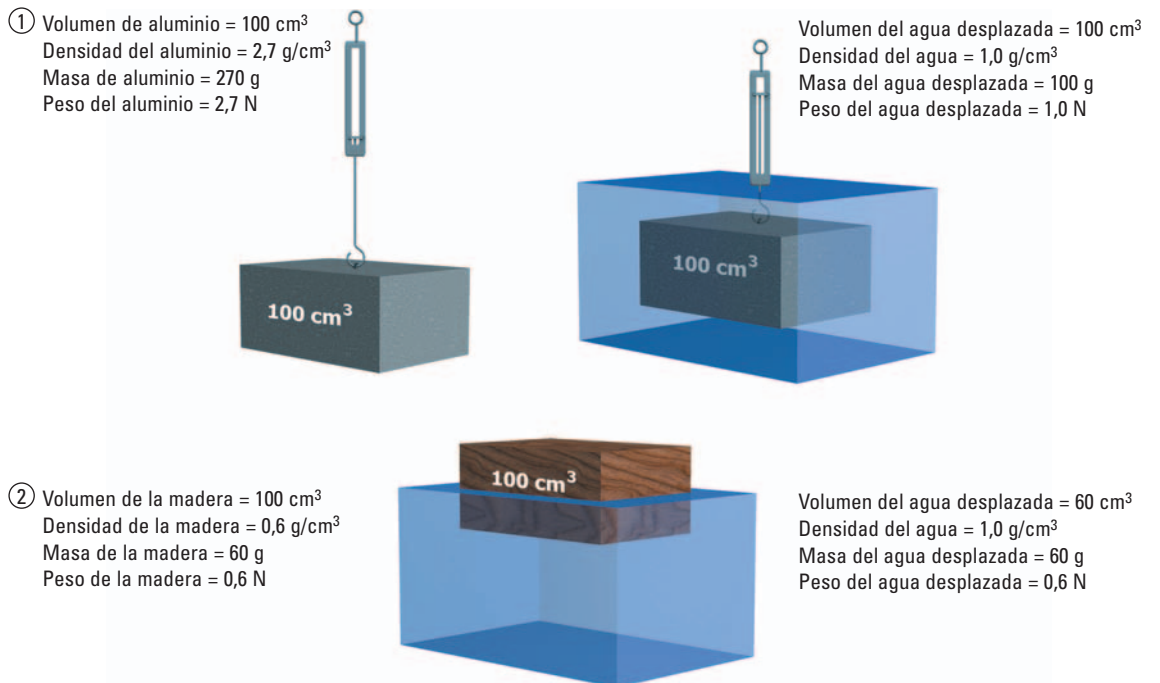


2. Principio de Arquímedes e isostasia

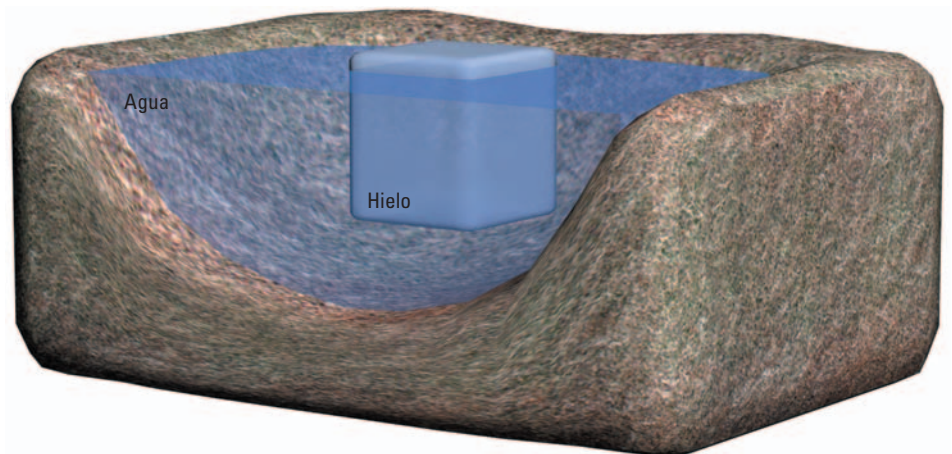
El principio de Arquímedes establece que cuando un cuerpo se sumerge en un líquido experimenta un empuje hacia arriba igual al peso del líquido desalojado.

Este principio explica por qué los cuerpos flotan y se hunden y por qué parecen ser más ligeros en este medio.

Un objeto flota si su densidad media es menor que la densidad del agua. Si este se sumerge, el peso del agua que desplaza (y, por tanto, el empuje) es mayor que su propio peso, y el objeto es impulsado hacia arriba y hacia fuera del agua hasta que el peso del agua desplazada por la parte sumergida sea exactamente igual al peso del objeto flotante.

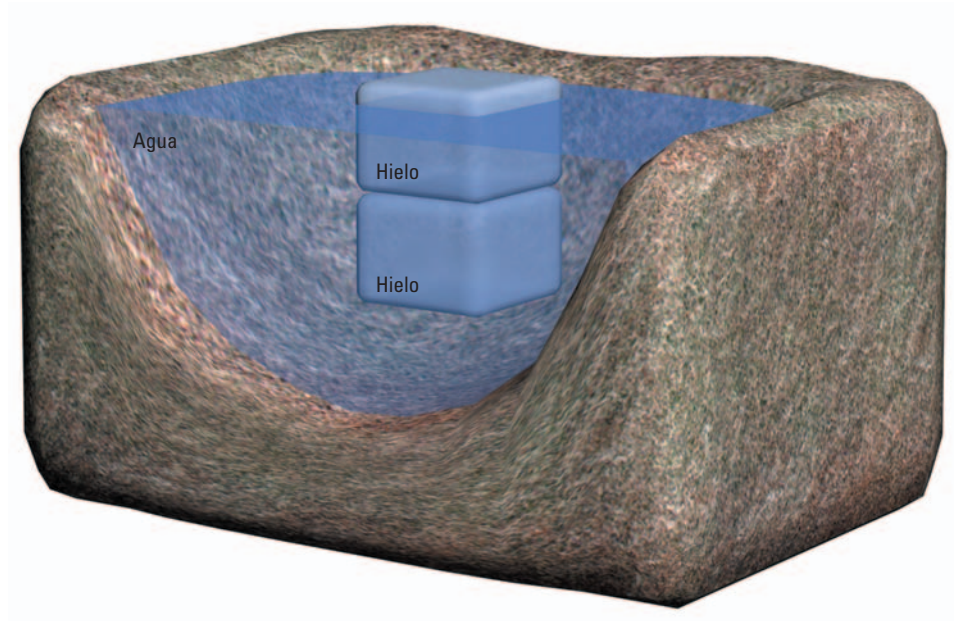


Así, un bloque de hielo cuya densidad sea $9/10$ de la del agua, flotará con $9/10$ de su volumen sumergido dentro del agua, ya que en este punto el peso del fluido desplazado es igual al peso del bloque, y con $1/10$ de su volumen sobre el nivel del agua. Este es el **estado de equilibrio isostático**.



Textos de refuerzo

Si sobre el primer bloque de hielo colocamos otro, se rompe el equilibrio. Para alcanzarlo de nuevo la masa de hielo, formada ahora por dos bloques, se hunde en el agua hasta que solo un 1/10 de la masa total quede sin sumergir.



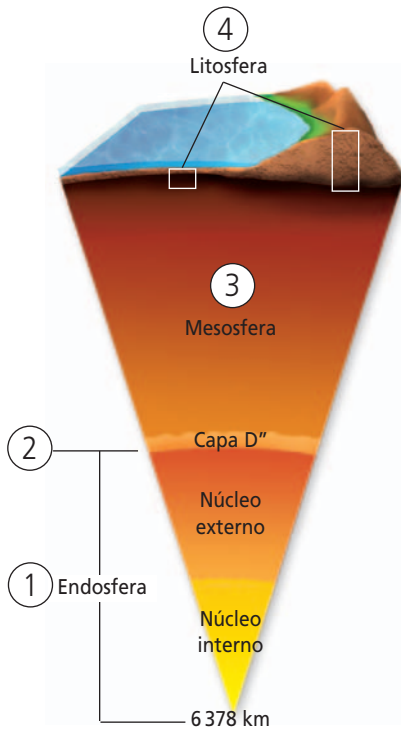
Las placas litosféricas se desplazan del mismo modo sobre la astenosfera, persiguiendo siempre el equilibrio isostático.

3. Modelo dinámico

Conforme aumenta la profundidad, se alcanzan valores de presión y temperatura tan grandes que ni los sólidos se comportan como el granito ni los líquidos como el agua. En estas condiciones, aunque los materiales rocosos se mantienen en estado sólido, adquieren ciertas características de los **fluidos**. En concreto, son capaces de evacuar el calor interno hasta el exterior mediante corrientes de convección, que propagan el calor desde las zonas internas más calientes hasta las capas externas más frías: cada ciclo de ascenso y descenso constituye una celda de convección.

Pero esto no significa que las zonas profundas se encuentren en estado de fusión, ya que, excepto el núcleo externo, el resto permanece en estado sólido debido a que las elevadas presiones impiden la fusión de las rocas.

El **modelo dinámico** representa la estructura de la Tierra dividida en sucesivas capas, de las cuales la más caliente es la **endosfera**, donde las celdas de convección del núcleo externo acumulan el calor en la **capa D''**; de aquí se propaga, a través de las celdas de convección que se establecen en la **mesosfera**, hasta la **litosfera** que es la más externa.



1. Endosfera

La **endosfera** es la zona más interna de la Tierra, constituida por el núcleo.

En el núcleo interno se dan temperaturas de unos 4 500 °C, pero se mantiene sólido porque la presión alcanza valores cercanos a los tres millones de atmósferas. Este lugar, el más profundo de la Tierra, se enfría lentamente y crece conforme cristaliza la aleación ferro-niquélica que contiene el núcleo externo. A partir de este gigantesco cristal de hierro y níquel situado en el corazón de la Tierra, el calor se propaga al núcleo externo líquido y genera corrientes de convección, que evacuan el calor hacia el exterior y lo acumulan en la zona o capa D''.

Los movimientos de los fluidos del núcleo externo son, además, la causa de otro importante fenómeno geológico: el **campo magnético terrestre**.

La Tierra se comporta como un gigantesco imán que tiene dos polos, Norte y Sur y, como todo imán, genera un campo magnético formado por las líneas de fuerza que irradian de cada uno de los polos.

El campo magnético terrestre, denominado magnetosfera, rodea a la Tierra y se extiende hasta el espacio exterior; constituye un invisible escudo protector de líneas curvadas de fuerza magnética que desvía el incesante bombardeo de las partículas energéticas procedentes del Sol.

2. Zona o capa D'' (D doble prima)

La zona o capa D'' se pone de manifiesto por una pequeña disminución de la velocidad de las ondas sísmicas en el límite de separación entre el núcleo externo y el manto inferior; se trata de una de las zonas más dinámicas del planeta, ya que acumula el calor procedente del núcleo externo.

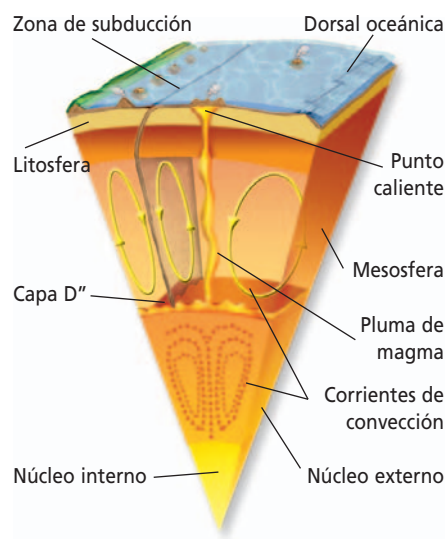
Gran parte del calor acumulado en la capa D'' escapa poco a poco de esta zona y genera corrientes de convección en la mesosfera. Pero una parte del calor acumulado durante millones de años en la capa D'', escapa de forma errática y episódica, como a borbotones. Cada burbuja origina un chorro o pluma de magma profundo y muy cálido que asciende a través del manto, perfora la litosfera y origina un punto caliente con intensa actividad volcánica.

■ 3. Mesosfera

La **mesosfera** comprende la región del manto inferior y superior, situada por encima de la capa D'', hasta la litosfera.

Sus materiales propagan el calor procedente de las corrientes de convección y de las plumas de magma, de forma que las rocas del manto inferior se irán haciendo cada vez menos densas por efecto de la temperatura y ascenderán muy despacio (unos pocos centímetros por año). Aunque el manto es sólido, la disminución de la presión en el manto superior aumenta la plasticidad de las rocas y da lugar a la formación de los magmas, que serán responsables de importantes fenómenos relacionados con la tectónica de placas.

Entre los 100 y los 300 km de profundidad existe una zona donde las ondas sísmicas disminuyen ligeramente su velocidad, denominada **astenosfera**; pero investigaciones recientes han cuestionado su existencia como una capa uniforme.



■ 4. Litosfera

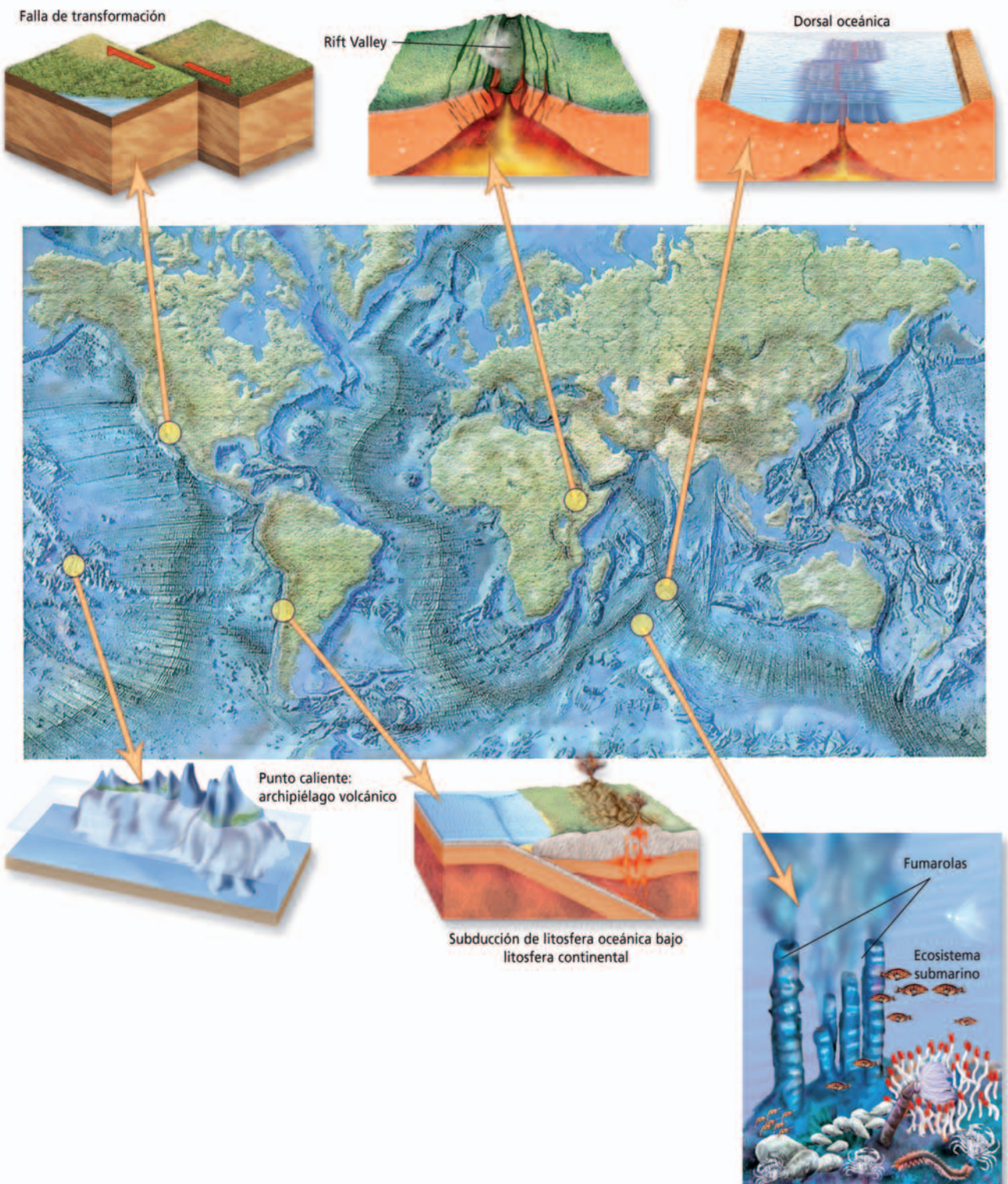
Aunque los materiales rocosos de la corteza y del manto superior tienen diferente composición química, constituyen, sin embargo, una unidad rígida y quebradiza, que manifiesta propiedades mecánicas similares, y recibe el nombre de litosfera.

La litosfera es la capa más externa compuesta por materiales rocosos de la corteza (oceánica o continental) y de una parte del manto superior; su espesor medio es de unos 100 km (es menor en la litosfera oceánica que en la litosfera continental).

Pero la litosfera no forma una capa continua sino que se encuentra fragmentada en trozos, llamados placas litosféricas, que encajan entre sí como en un gigantesco puzzle. Estas placas flotan sobre el manto superior, cuyas rocas, aunque se mantienen en estado sólido, adquieren ciertas características de los fluidos a causa de las altas presiones y temperaturas a las que están sometidas.

4. Mapa de los fondos oceánicos

Este sería el aspecto que tendría el fondo del océano si pudiéramos retirar toda el agua que los cubre. Muestra el instante actual resultado de la actividad de las **dorsales oceánicas, zonas de subducción y fallas de transformación.**



5. Tipos de erupciones

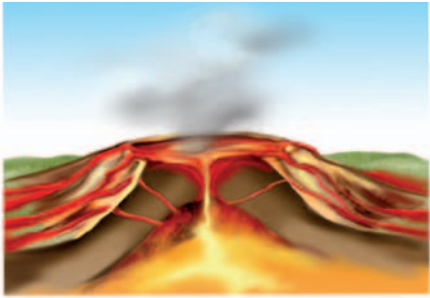
Según la naturaleza de la lava y del contenido en gases del magma, se han descrito distintos tipos de erupciones volcánicas, entre los que destacan: **hawaiano, estromboliano, vulcaniano, pliniano, peleano y freato-magmática**. Aunque un mismo volcán puede experimentar a lo largo de su historia todos estos tipos de erupciones, desde las efusivas hasta las más explosivas.

- **Tipo hawaiano.** Se caracteriza por erupciones efusivas, silenciosas y apacibles, debido a la baja viscosidad del magma y al bajo contenido en gases. Las coladas de lava se derraman por las laderas de un cono volcánico aplanado, en forma de escudo, que suele tener numerosos cráteres alineados a lo largo de fisuras.
- **Tipo estromboliano.** Son erupciones en las que alternan coladas de lava viscosa con explosiones esporádicas que arrojan al exterior materiales piroclásticos (cenizas, lapilli y bombas volcánicas que explotan en el aire).
- **Tipo vulcaniano.** Se caracteriza por erupciones de lava tan viscosa que no suele formar coladas. La presión de los gases atrapados provoca violentas explosiones que arrojan a gran altura inmensas nubes oscuras de piroclastos.
- **Tipo peleano.** La lava es tan viscosa que se expulsa prácticamente solidificada y forma un enorme pitón o aguja que obstruye el cráter e impide la salida de los gases. La presión acumulada provoca explosiones que dejan escapar nubes ardientes formadas por gases y materiales piroclásticos incandescentes que descienden por las laderas del volcán.
- **Tipo pliniano.** Son erupciones de lavas muy viscosas con alto contenido en gases que provocan violentas explosiones y arrojan nubes ardientes de piroclastos a gran altura. En ocasiones se vacía la cámara magmática, lo que da lugar al hundimiento del cono volcánico y a la formación de una caldera.
- **Tipo freato-magmática.** Estas erupciones se producen cuando el agua del mar se filtra por las grietas del fondo marino, se pone en contacto con el magma y origina cantidades ingentes de vapor de agua, lo que genera altísimas presiones que provocan explosiones de gran violencia.

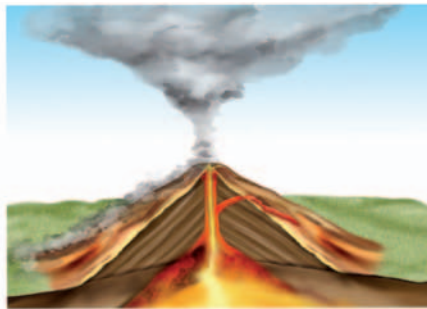
Un ejemplo es el volcán **Krakatoa**, en la isla de su mismo nombre, en Indonesia, que entró en erupción en 1883, destruyó dos tercios de la isla y generó un enorme maremoto. La erupción del volcán de la **Isla de Santorini**, hace 3 500 años, fue del mismo tipo: arrasó el Mediterráneo y según algunos científicos, pudo ser la causa de la destrucción de la civilización minoica.

La **peligrosidad** de un volcán se mide por su **índice de explosividad volcánica (IEV)**, que depende de la cantidad de material emitido y de la altura que alcanza la columna de gases y piroclastos. Tiene una escala de 8 grados: **0**, no explosiva (Mauna Loa, Hawái). **1**, suave (Estrómboli, Italia). **2**, explosiva (Galeras, Colombia). **3**, severa (Nevado del Ruiz, Colombia). **4**, cataclísmica (La Soufrière, isla de Montserrat). **5**, paroxística (Vesuvio, Italia). **6**, colosal (Pinatubo, Filipinas). **7**, súpercolosal (Tambora, Indonesia). **8**, megacolosal (Caldera de Toba).

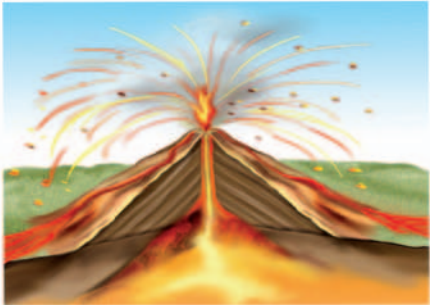
Textos de refuerzo



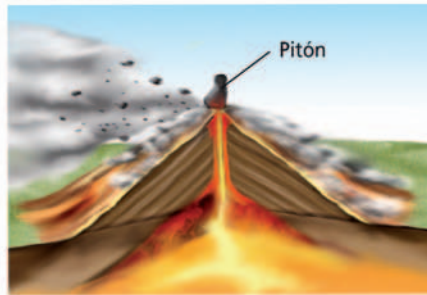
Tipo hawaiano.



Tipo vulcaniano.



Tipo estromboliano.



Tipo peleano.



Tipo pliniano.