

EXPERIMENTOS SIMPLES PARA ENTENDER UNA TIERRA COMPLICADA



3 ¡EUREKA! LOS CONTINENTES Y LOS OCÉANOS FLOTAN

Texto: Susana A. Alaniz Álvarez y Ángel F. Nieto Samaniego

Ilustración: Luis David Morán

Universidad Nacional Autónoma de México



Dr. José Narro Robles
Rector

Dr. Sergio M. Alcocer Martínez de Castro
Secretario General

Mtro. Juan José Pérez Castañeda
Secretario Administrativo

Dr. Carlos Arámburo de la Hoz
Coordinador de la Investigación Científica

Luca Ferrari Pedraglio
Director del Centro de Geociencias

Susana A. Alaniz Álvarez
Ángel F. Nieto Samaniego
Manuel Lozano Leyva
Coordinadores de la Serie

Elisa López
Diseño y formación



Primera edición, 2008

D.R. © Centro de Geociencias
Universidad Nacional Autónoma de México
Boulevard Juriquilla No. 3001, Juriquilla, Querétaro
76230, México.

ISBN (Obra General) 978-970-32-4388-4
ISBN 978-970-32-5410-1

Impreso en México

ÍNDICE

Introducción_3

1. Viaje al centro de la Tierra_5

2. Bajo el agua y sin mojarse_9

3. Cambiando de aire_12

4. Cuando el calor se va_14

5. En el mar la vida es más liviana_16

6. Ahogándose en un vaso con agua_19

7. ¿Qué pesa más?_22

Agradecimientos_26

Acerca de los autores_27



EUREKA

**¡LOS CONTINENTES Y LOS OCÉANOS
FLOTAN!**

INTRODUCCIÓN

La Tierra está llena de misterios y el hombre trata de resolverlos observando, investigando, explorando y experimentando. ¿Qué hay adentro de la Tierra? ¿por qué hay montañas? ¿por qué hay océanos? ¿por qué hacen erupciones los volcanes? ¿por qué tiembla? ¿por qué el clima no es uniforme? Hay misterios más fáciles de resolver que otros, basta preguntar u observar con mucho cuidado, pero hay otros que es más difícil desentrañarlos, en especial los que ocurren a nivel global porque lo hacen en una escala que rebasa la vida de cualquiera de nosotros. Lo que se sabe de cómo funciona la Tierra se ha obtenido de observaciones de aquí y de allá. Es tan grande y complicada la Tierra que cada fenómeno se puede considerar como si fuera un gran rompecabezas, sin embargo no hay que desanimarnos, experimentos sencillos nos permitirán entender fenómenos muy complicados.

Esta contribución está dedicada a Arquímedes (287 a. C.-212 a. C.), quién observó que su cuerpo pesaba menos cuando era sumergido en agua. Cuando tomaba un baño en la tina se dio cuenta de que la disminución de su peso era proporcional al volumen de agua desplazado por su cuerpo, en ese momento gritó: ¡eureka!, que en el idioma griego significa “¡lo encontré!”.

Aquí intentamos mostrarte cómo la flotabilidad, descubierta por Arquímedes hace varios siglos es uno de los principios físicos que influyen en fenómenos tan complicados como el clima, la formación de los volcanes y, sobre todo, en el movimiento de los continentes y océanos.



“VIAJE AL CENTRO DE LA TIERRA”



Tal vez hayas visto en la televisión que para simular una situación de “no gravedad”, los astronautas flotan en un avión en caída libre. Los astronautas que necesitan estar más tiempo en esa situación, quizás reparando un módulo espacial, la simulan estando dentro de una alberca. Prueba este experimento, que te ayudará a entender eso:

MATERIALES

1 Vaso alto

Agua, aceite, miel

piedra, madera, hielo, plata

(o cualquier metal), corcho,

plástico.



PROCEDIMIENTO

1) Introduce en el vaso lentamente la miel, el agua y el aceite, en ese orden y cuidando que no se mezclen.

2) Mete con cuidado los materiales sólidos (piedra, madera, etc.) que has juntado.

3) Prueba con otros materiales e intenta adivinar si flotarán y en cuál líquido lo harán.

4) A un vaso que contenga únicamente agua mete los materiales sólidos.



OBSERVA

Algunos materiales se hunden mientras que otros flotan en ciertos líquidos. Si nada más utilizas agua podrás observar también que unos materiales se hunden más rápido que otros.

LO QUE PUEDE FALLAR

Si los líquidos se mezclan no podrás observar cuál es más denso, ya que se formará un líquido diferente.

EXPLÍCALO

Un objeto se hundirá o flotará en un vaso con agua dependiendo de su densidad, es decir de cuanta materia tenga en un espacio determinado, o dicho de otra manera de cuánta masa tiene por unidad de volumen. Una bola de madera de 10 cm de diámetro pesa menos que la bola de agua de 10 cm de diámetro que desaloja cuando aquella se sumerge, pero una bola de plomo de 10 cm pesa más: la madera flota y el plomo se hunde. El peso es la fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo y depende de su masa, mientras que la densidad depende tanto de su masa como de su tamaño. Considera un envase de un litro: si lo llenas de agua pesará 1 kg, si lo llenas de piedras pesará cerca del doble, si lo llenas de oro pesará cerca de 20 veces más, pero si tiene solamente aire pesará 1000 veces menos que el agua (Tabla 1). La densidad se mide en g/cm^3 , kg/m^3 , kg/l ; la densidad promedio de la Tierra es de 5.5 g/cm^3

Volviendo al caso de los astronautas, los técnicos preparan la situación para que el módulo espacial y los astronautas con el equipo tengan una densidad igual que la del agua, de esa manera el efecto de la gravedad será anulado por el soporte del agua.

APLÍCALO A TU VIDA

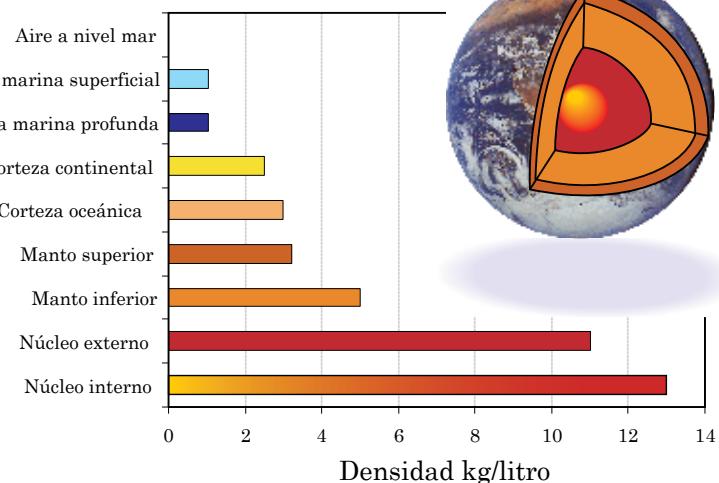
Las capas separadas por densidades las puedes observar fácilmente tanto en líquidos como en gases, por ejemplo en un caldo de pollo, habrá verduras que floten mientras que el pollo se hunde y el vapor asciende. Conocer la densidad de los gases es importante para saber, en el caso de una fuga, si se acumulará en el piso o en el techo. Por ejemplo, el gas natural es más ligero que el aire y ascenderá, mientras que el gas Licuado de Petróleo (LP) es más pesado que el aire y se asentará cerca del suelo.

Puedes hacer tu propia columna de densidades y compararla con la Tabla 1.

Tabla 1. Densidad de materiales comunes

| Sustancia | Densidad media [g/cm ³ o kg/litro] | Sustancia | Densidad media [g/cm ³ o kg/litro] |
|------------------|---|---------------|---|
| Platino | 21.4 | Sangre | 1.6 |
| Oro | 19.3 | Miel | 1.42 |
| Mercurio | 13.6 | PVC | 1.3 |
| Plomo | 11.3 | Agua de mar | 1.03 |
| Plata | 10.5 | Agua | 1 |
| Acero | 7.85 | Caucho | 0.95 |
| Hierro | 7.8 | Cuerpo humano | 0.95 |
| Tierra (planeta) | 5.5 | Aceite | 0.92 |
| Diamante | 3.5 | Hielo | 0.92 |
| Basalto | 3 | Madera | 0.9 |
| Aluminio | 2.7 | Alcohol | 0.78 |
| Granito | 2.7 | Piedra pómmez | 0.7 |
| Hormigón armado | 2.5 | Gasolina | 0.68 |
| Vidrio | 2.5 | Poliuretano | 0.04 |
| Carbono | 2.26 | Aire | 0.0013 |
| Grafito | 2.2 | | |

Capas Terrestres



ENCUÉNTRALO EN LA NATURALEZA

La Tierra está compuesta por capas de distinta densidad, la más ligera es por supuesto la atmósfera, le sigue la hidrósfera (mares y océanos) y la más densa es la Tierra sólida. Cada una de estas capas también está estratificada por densidad. En la Tierra sólida el material más denso está en el núcleo, le sigue el manto y la parte menos densa está en la corteza. Observa que hay dos tipos de corteza: la continental y la oceánica.

La cáscara de la Tierra está rota en varias placas rígidas que están en constante movimiento flotando sobre una capa plástica derretida por el calor interno de la Tierra. El choque entre placas ocasiona en sus bordes terremotos y actividad volcánica. Cuando chocan una placa con corteza continental contra una oceánica, la oceánica por ser más densa se hunde bajo la más ligera. Un ejemplo de esto lo tenemos en la costa del Océano Pacífico en el sur de México, la placa de Cocos, que es oceánica, se está hundiendo bajo la placa de Norteamérica que es continental, el roce de estas dos placas ha estado generando muchos de los sismos que se sienten en el centro y sur de México y también la actividad volcánica en el centro de México. Un ejemplo de placas separándose ocurre en el Golfo de Cortés donde la península de Baja California se separa de México continental. La península de Baja California se mueve hacia el Norte-Noroeste a una velocidad de 3 cm por año, es decir en unos cuantos millones de años Baja California estará enfrente de la costa pacífica de Canadá.





“BAJO EL AGUA Y SIN MOJARSE”

El aire siempre trata de escapar hacia arriba mientras que el agua fluye hacia abajo.



MATERIALES

Cubeta o un vaso grande con agua

1 vaso pequeño

1 pedazo de papel

PROCEDIMIENTO

1. Mete el pedazo de papel en el vaso pequeño arrugándolo y apretándolo en el fondo.
2. Sumerge el vaso (con el papel) boca abajo dentro de la cubeta hasta que quede completamente sumergido en el agua.
3. Saca el vaso del agua.



OBSERVA

El papel sale completamente seco.



LO QUE PUEDE FALLAR

Si el vaso no entra de manera vertical al agua, el aire podrá salir del vaso y el agua mojará el papel. El vaso se puede voltear fácilmente si no se sujetta firmemente.

EXPLÍCALO

El aire que está dentro del vaso se sumerge en el agua junto con el papel, el aire intenta salir por arriba pero la base del vaso pequeño se lo impide. El aire se comprime contra el fondo del vaso e impide que el agua suba y moje el papel.

La presión adentro de un líquido actúa con la misma intensidad en todas direcciones, el aire asciende porque al ser mucho más ligero que el agua toma el camino hacia donde el tamaño de la columna de agua es menor, es decir hacia arriba.

En el experimento 1 habrás notado que los materiales ascienden y se hunden a distintas velocidades. Hemos escuchado que la velocidad de caída de un cuerpo en el vacío es independiente de su peso, forma y densidad. Tal vez lo hayas visto cuando en la Luna, que no tiene atmósfera, el astronauta dejó caer un martillo y una pluma y cayeron al mismo tiempo. Sin embargo, en un fluido como el aire o el agua, la velocidad de caída depende del contraste de densidades entre el cuerpo y el fluido, de la forma del objeto y de la viscosidad del fluido. Prueba dejando caer aquí en la Tierra un papel arrugado y un papel estirado al mismo tiempo.

La viscosidad es una medida de la resistencia de un fluido para moverse. Un fluido denso no necesariamente es más viscoso, por ejemplo el aceite es menos denso pero más viscoso que el agua.

El lugar que ocupe un material sólido, líquido o gaseoso dentro de un fluido depende de un balance de fuerzas. Imagina una pelota que la empujas al fondo de una alberca. Sabes que la pelota tiene peso porque es atraído a la Tierra, “cae” cuando está fuera del agua; sin embargo, en la alberca podrás sentir que hay una fuerza que la empuja hacia arriba, es la **flotabilidad** y depende de la diferencia de densidades. Ahora imagina que la sumerges

en aceite de coche, en ese caso también sube, pero la velocidad de ascenso no será tan rápida como en el agua, debido a que la viscosidad del aceite es mayor y ejerce una fuerza de resistencia al movimiento.

APLÍCALO A TU VIDA

Observa que la velocidad a la que se mueven las burbujas de aire en una botella con shampoo y en una con agua es muy diferente, el líquido más viscoso no permite el movimiento rápido de las burbujas. O bien, fíjate que cuesta más trabajo sacar los materiales más viscosos de sus botellas: por ejemplo es mucho más difícil sacar salsa de tomate (catsup) que vinagre.

ENCUÉNTRALO EN LA NATURALEZA

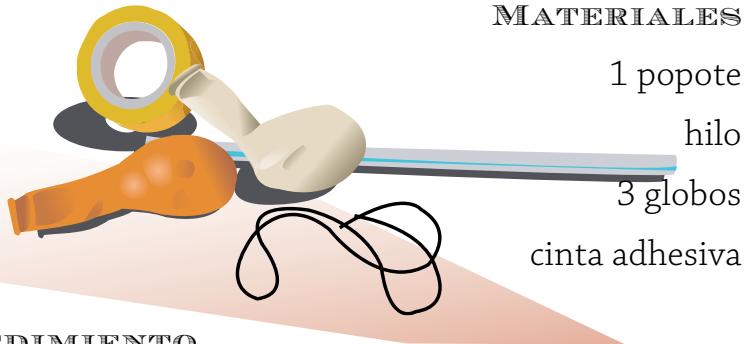
No es difícil imaginar que dentro de la Tierra hay principalmente roca, sin embargo con el estudio de la velocidad y trayectoria de las ondas generadas con los sismos se han identificado zonas donde la roca está fundida. En la parte superior del manto, entre los 100 y 200 km de profundidad, la roca está cerca de su punto de fusión; cuando está fundida y dentro de la Tierra la llamamos magma, y cuando está fundida y sale a la superficie la llamamos lava. Hemos observado lava saliendo de un volcán, pero también salen gases. La mayoría de los gases que están dentro de la Tierra se encuentran en las cámaras magmáticas y se liberan por 1) la descompresión de un magma (imagina cómo se desgasifica un refresco cuando se destapa), 2) la interacción del magma con un acuífero (imagina roca caliente en contacto con agua), o 3) por reacción entre dos magmas de distinta composición. Las erupciones explosivas, es decir con muchos gases, son mucho más peligrosas que las erupciones de lava, en México han ocurrido erupciones explosivas en el volcán Chichón, el Nevado de Toluca, el volcán de Fuego en Colima, el Pico de Orizaba y en el Popocatépetl.

3.

“CAMBIANDO DE AIRE”

Seguramente has escuchado que muchos atletas se entrena en las montañas, ¿sabes por qué?

MATERIALES



PROCEDIMIENTO

- 1) Construye una balanza amarrando un hilo en medio del popote.
- 2) En los extremos del popote cuelga los globos con la cinta adhesiva de tal manera que esté equilibrada tu balanza.
- 3) Cambia uno de los globos desinflados por uno inflado.

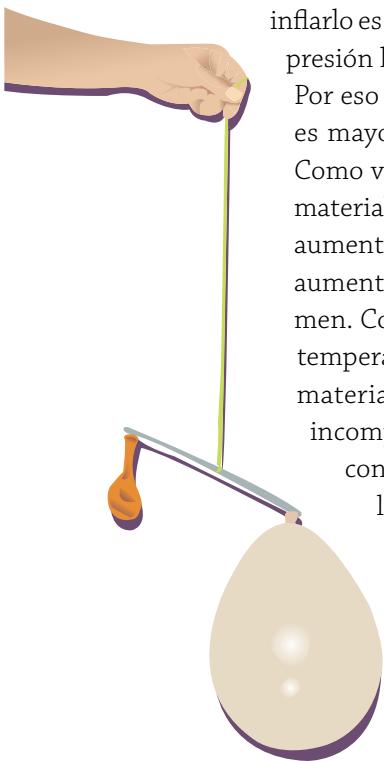


OBSERVA

La balanza se inclina hacia donde está el globo inflado indicando que éste pesa más que el desinflado.

EXPLÍCALO

Aunque los dos globos contienen aire y están sumergidos en el aire, para inflar el globo hay que vencer la resistencia del hule a estirarse. Lo que haces al



inflarlo es ir aumentando la cantidad de aire para que su presión logre vencer la resistencia del hule del globo. Por eso la densidad del aire dentro del globo inflado es mayor que la densidad del aire que está afuera. Como ves, aunque la densidad es una propiedad del material ésta puede variar. Para los gases, la densidad aumenta con la presión, ya que al comprimirse el gas, aumenta la cantidad de materia por unidad de volumen. Con la temperatura pasa lo contrario: a mayor temperatura las moléculas se separan y hay menos materia por unidad de volumen. Los líquidos son incompresibles, únicamente cambian su densidad con el cambio de la temperatura, mientras que los sólidos con el aumento de presión pueden eliminar los huecos o incluso cambiar su estructura molecular y convertirse en otro cuerpo sólido con otras propiedades, por ejemplo el caso del diamante y el grafito, ambos compuestos de carbono.

APLÍCALO A TU VIDA

Tal vez habrás oído que a la gente le da “mal de montaña”. Esto sucede porque el cuerpo está acostumbrado a capturar una cierta cantidad de oxígeno en cada inhalación. Cuando sube a una montaña, donde el aire tiene menos cantidad de oxígeno, el cuerpo reacciona de distintas maneras a esta falta de oxígeno: malestar general, dolor de cabeza, problemas al respirar, etc. Los atletas que entran en las montañas acondicionan su cuerpo para trabajar con poco oxígeno, entonces tendrán oxígeno de sobra cuando compiten en zonas bajas con mayor densidad de aire y su rendimiento aumentará.

ENCUÉNTRALO EN LA NATURALEZA

La densidad del aire de la atmósfera depende de la temperatura y de la presión. La temperatura a nivel del suelo es más alta, ya que los rayos del sol atraviesan el aire transparente y lo que calientan es el suelo y éste el aire; así, la temperatura va decreciendo desde el nivel del mar hacia arriba. La temperatura es de aproximadamente -50°C a la altura en la que vuelan los aviones. La presión atmosférica en una zona es debida al peso de la columna de aire que soporta. A mayor altura, por ejemplo en las montañas, dicha columna es menor, por lo que el peso es menor y la presión atmosférica también.

“CUANDO EL CALOR SE VA”



¿Te has fijado?

Las llamas siempre se dirigen hacia arriba.

MATERIALES

1 vela

1 cerillo

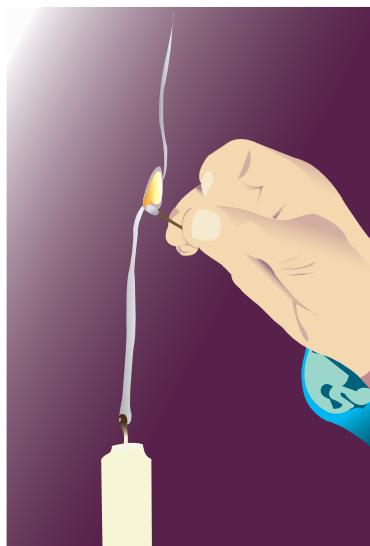
1 adulto que vigile



PROCEDIMIENTO

1) Enciende la vela y deja el cerillo prendido arriba de ella.

2) Apaga la vela sin apagar el cerillo y deja el cerillo prendido arriba de la vela.



OBSERVA

La vela se vuelve a prender aunque el cerillo no esté en contacto con ella.

LO QUE PUEDE FALLAR

Que el vapor de la cera no alcance la llama del cerillo.

EXPLÍCALO

Para que una vela se encienda es necesario que el calor del cerillo derrita la cera, que la cera derretida suba por el pistilo y se evapore, en ese momento al entrar en contacto con el oxígeno del aire se enciende el fuego. Cuando un gas se calienta, como el de la cera evaporada, sus moléculas se mueven más rápido y necesitan más espacio entre ellas por lo que la misma cantidad de materia ocupa más volumen y por lo tanto se hace menos densa que el aire a temperatura ambiente y asciende. En el experimento, la columna de cera evaporada llega hasta el cerillo y entonces se enciende nuevamente la vela.

APLÍCALO A TU VIDA

Sabiendo que el aire caliente tiende a subir puedes mejorar el microclima de tu casa: cuando hace mucho frío áísla el cuarto que tenga el techo más alto o el que tenga salida de aire por arriba.

ENCUÉNTRALO EN LA NATURALEZA

El calor puede transmitirse por conducción (como cuando tocas una plancha), por convección (como en el agua que se calienta en una estufa) y por radiación (como en un día soleado). La convección se hace a través de un fluido en movimiento, puedes visualizar este fenómeno poniendo a hervir agua en una olla (se ve mejor si el fondo es de color claro) con semillas de pimienta negra. La convección es de dos tipos: natural e inducida o forzada. La natural es cuando calientas el agua, la forzada es cuando mueves el café con una cuchara. Para que haya transmisión de calor por convección es necesario que haya una variación de temperatura (lo que hace que cambie la densidad del fluido) y que se venza la resistencia del fluido al movimiento. Por un lado existe la caída del fluido más frío (que es más denso y por lo tanto es más atraído por la gravedad) y por otro lado el más caliente se vuelve más ligero y asciende. Cuando asciende se expande por estar a menos presión, se enfriá y continúa el ciclo. La convección, junto con la rotación de la Tierra, rigen en gran parte el movimiento del aire en la atmósfera generando las corrientes atmosféricas que controlan el clima.



“EN EL MAR LA VIDA ES
MÁS LIVIANA”



¿Te has fijado? El peso y la
densidad son cosas
diferentes.

MATERIALES

2 vasos con agua

2 huevos

Sal

PROCEDIMIENTO

1) A uno de los vasos añádele
sal hasta que no pueda
disolverse más.

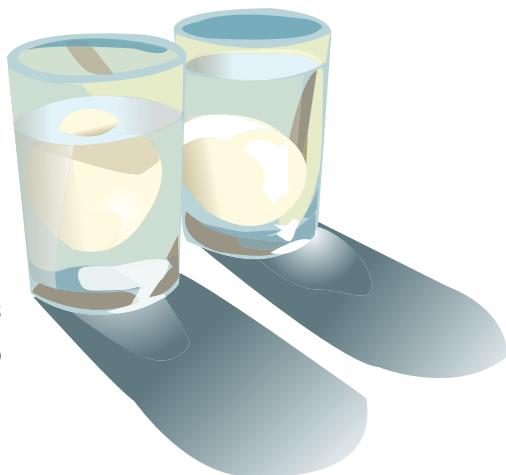
2) Introduce un huevo a cada vaso.

OBSERVA

El huevo flota en el
agua salada, mientras
que se hunde en el vaso
con agua simple.

EXPLÍCALO

La densidad del huevo es un poco mayor que la del agua
pura, cuando al agua se le añade sal su densidad aumenta
y se vuelve mayor que la del huevo.



LO QUE PUEDE FALLAR

La sal que se añadió al agua no fue suficiente como para hacer que la densidad del agua sea mayor que la del huevo.

APLÍCALO A TU VIDA

La densidad del cuerpo humano es un poco menor que la del agua (no es extraño ya que el cuerpo contiene 75% de agua) es por eso que podemos flotar en una alberca, tú puedes modificar la densidad de tu cuerpo metiendo o sacando el aire de tus pulmones. Debido a que el agua marina es más densa puedes flotar más fácilmente en el mar que en una alberca.

ENCUÉNTRALO EN LA NATURALEZA

La densidad del agua de los océanos depende de su temperatura y de la cantidad de sólidos (sales) disueltos en ella. La densidad del agua de mar es entre 1.025 a 1.028 kg/litro (que es igual a gr/cm^3) y contiene cerca de 3.5% de sales. En altas latitudes, cerca de los polos, la densidad es mayor que cerca del ecuador.

El agua tiene un comportamiento muy distinto en comparación con otros materiales: cuando baja la temperatura, aumenta considerablemente su volumen. Por esto, si metemos un cubo de hielo en una prensa y aumentamos la presión manteniendo la temperatura constante (de congelamiento), el cubo empieza fundirse, aunque la temperatura del cuarto en donde se lleva a cabo el experimento esté por debajo de 0 °C. Así, sabemos que la densidad del agua cambia con la temperatura, la densidad máxima es a los 4 °C, en los que alcanza su valor característico de 1kg/litro a presión atmosférica. Esta característica ha permitido la vida en los lagos de los países fríos: la temperatura del agua del lago disminuye a lo largo del invierno. Cuando llega a 4 °C, al alcanzar su máxima densidad, se hunde. Asciende el agua más caliente y menos densa del fondo. En contacto con el aire se enfriá hasta 4° y vuelve a hundirse. Sólo hasta que toda el agua del lago esté a 4 °C, el agua de la superficie puede disminuir más su temperatura. Cuando llega a 0 °C se congela. Por debajo, el agua sigue líquida y llena de vida. Antes de que toda el agua alcance 0 °C y se congele por completo el lago, acabando con la vida, llega la primavera y con ella comienza el deshielo. La vida acuática del lago se ha preservado gracias a que la densidad del agua es máxima a 4 °C y no a cero.

Los océanos tienen una gran capacidad de transmitir el calor y por eso tienen un efecto en el clima tan importante como la atmósfera. Gracias a la corriente de California, que baja de Alaska hacia el Ecuador, el clima en Ensenada es mucho más templado que el de Mexicali, no obstante estar ambos casi a la misma latitud y con una altitud cercana al nivel del mar. Pero enfoquémonos en algo característico del mar: su salinidad.

Se dice que las aguas de los ríos son “dulces” mientras que la de los mares son “saladas”. ¿De dónde viene esa diferencia? Cuando el agua de mar se evapora o se congela, lo hace sin las sales. El agua evaporada se precipita como lluvia en el mar y sobre los continentes, parte de esta agua corre por los ríos y parte se infiltra y forma los acuíferos. El agua que corre por los ríos lleva agua dulce y disuelve y acarrea sales (compuestos químicos que se disuelven fácilmente en el agua) de las rocas y suelos en su largo recorrido. La cantidad de sales que lleva el río en su recorrido es muy pequeña, por eso ha requerido millones de años concentrar las sales en el mar hasta hacer su agua salada. El cloruro de sodio (composición química de la sal de mesa) es el principal componente entre los sólidos disueltos en el agua de mar. Entre las sustancias que se disuelven por el paso de los ríos

y llegan al mar está el calcio, éste en contacto con el bióxido de carbono, forma un compuesto que se precipita en el fondo marino, al acumularse se consolida y forma una roca llamada caliza.

La Sierra Madre Oriental está constituida principalmente por rocas sedimentarias marinas formadas al precipitarse los sólidos acarreados por los ríos. Al observar estas rocas no es difícil imaginarse que esa zona debió estar sumergida bajo el mar durante muchos años (se sabe que cerca de 100 millones de años), y que hace mucho tiempo (algo más de 60 millones de años) salió a la superficie gracias al empuje de las placas tectónicas.



“AHOGÁNDOSE EN UN VASO CON AGUA”

6.

¿Te has fijado?

Los barcos flotan aunque sean de hierro.

MATERIALES

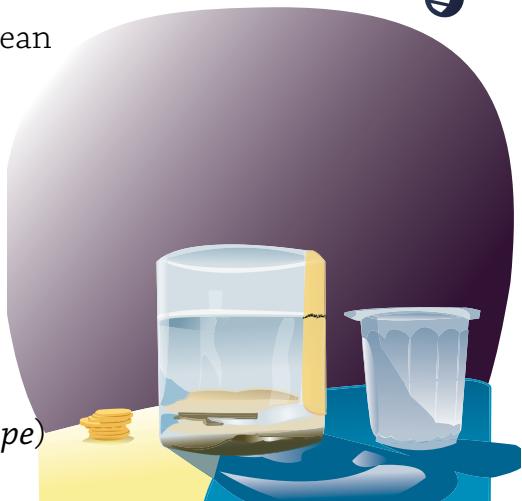
1 vaso con agua

monedas

1 marcador

1 vasito de gelatina vacío

Cinta adhesiva (*masking tape*)



PROCEDIMIENTO

1) Pega un trozo de *masking tape* de manera vertical en el vaso y marca el nivel del agua.

2) Mete varias monedas en el vasito de gelatina y ponlas sobre el agua simulando una pequeña barca, procura que no sean demasiadas monedas para que flote, marca el nuevo nivel del agua.

3) Arroja las monedas al agua y deja el vasito sobre el agua, mide nuevamente el nivel.

VARIANTE

En un vaso con agua añade un hielo y mide el nivel del agua.

Espera a que se derrita y vuelve a medir el nivel del agua.

OBSERVA

El vasito se va hundiendo a medida que le vas añadiendo las monedas.

El nivel del agua es más bajo cuando las monedas están en el fondo que cuando estaban adentro del vasito.

El nivel del agua con el hielo flotando y con el hielo derretido es el mismo.



EXPLÍCALO

El vasito, con las monedas y el aire que las rodea, es más ligero que el agua y flota. Las monedas solas son mucho más densas que el agua y se hunden, el volumen del agua que desplazan es exactamente el mismo que el volumen de las monedas. En el caso de la barca (vasito) con las monedas puedes observar que el volumen desalojado es mayor, esto se debe a que el peso del agua desplazada es igual al peso de las monedas añadidas. La densidad total de tu barca es menor que la densidad de las monedas solas, ya que la barca además de las monedas contiene aire. Por eso, con el mismo peso ocupa un mayor volumen.

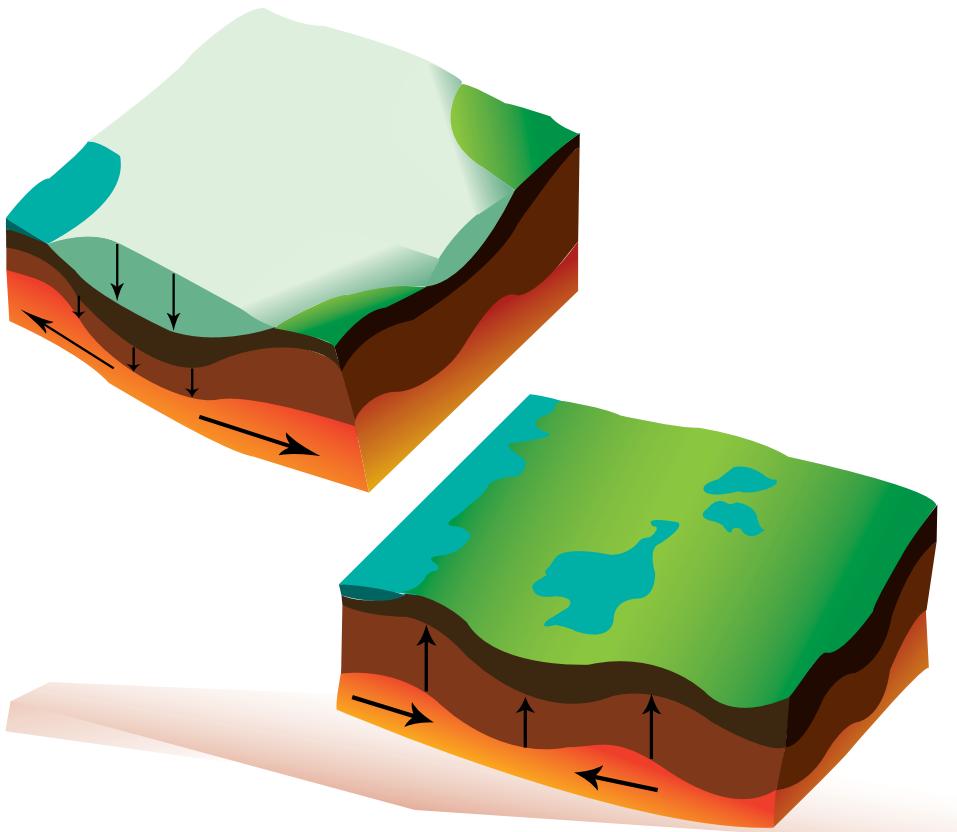
APLÍCALO A TU VIDA

Los barcos, aunque estén hechos de hierro, flotan porque en realidad su densidad total es más baja que la del agua, considera que la densidad de un barco se obtiene al dividir la cantidad de masa (o el peso) que contiene el barco (incluyendo el casco, los muebles, los trastos, las personas, y sobre todo el aire incluido) entre el volumen.

ENCUÉNTRALO EN LA NATURALEZA

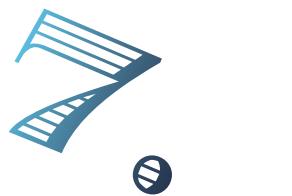
Hemos escuchado los problemas que traería el calentamiento global al fundir los casquetes polares. Analicemos esto. En el polo norte el hielo está sobre agua, sobre el Océano Ártico, si se derritiera todo el hielo que

está sobre el mar, el nivel del mar no variaría, lo comprobaste tú mismo en el experimento. En el polo sur el hielo está sobre un continente conocido como la Antártida, si el hielo se derritiera no sólo aumentaría el aporte de agua a los océanos y aumentaría el nivel del mar, sino también hará que la Antártida al liberarse del peso del hielo ascienda: ¿pero por qué ascendería? En la Península Escandinava se ha visto que la línea de costa se ha levantado al menos 30 cm en los últimos 150 años. La explicación que se le ha dado es que durante la última glaciación, las tierras cercanas a los polos fueron cubiertas por una capa de hielo de varios kilómetros de espesor y ahora que estamos en una etapa interglacial se ha derretido, esto ha hecho que la península haya perdido la capa de hielo y su peso disminuyó. Para que se haya levantado por la disminución de su peso quiere decir que está asentada sobre una capa fluida más densa que la península. Gracias al estudio de la velocidad de las ondas que se generan durante los sismos sabemos que no sólo esta península está sobre una capa fluida, sino también los continentes y los océanos. Esta capa es conocida como astenosfera. Esta capa es más densa que la corteza terrestre, pero mucho menos viscosa.



“¿QUÉ PESA MÁS?”

¿un kilo de oro o un kilo de plata?
y ¿bajo el agua?



MATERIALES

Un gancho

Hilo

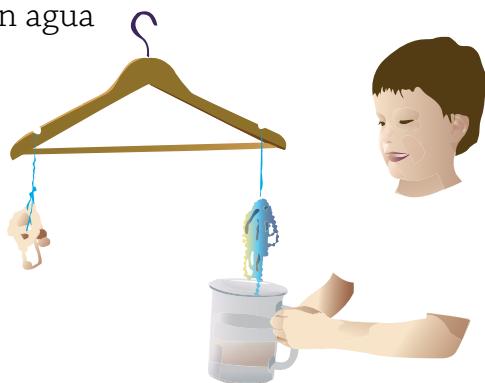
Dos collares de distinto material (plata, cuentas de vidrio, perlas, conchas, etc., los puedes elaborar tú) pero que pesen lo mismo, para lograr esto puedes aumentar o disminuir el número de cuentas.



Dos recipientes grandes con agua

PROCEDIMIENTO

1) Cuelga en cada extremo del gancho un collar, el gancho te servirá como una balanza de poca precisión. Tiene que estar nivelada.



2) Coloca los dos recipientes con agua bajo los collares de tal manera que queden suspendidos.

OBSERVA

La balanza se inclinará hacia el objeto más denso.



EXPLÍCALO

Los objetos bajo el agua disminuyen su peso en una cantidad igual al peso del agua desplazada. De esta manera si tenemos dos materiales con distinta densidad pero igual peso, el más denso tendrá menos volumen y desplazará menos cantidad de agua y la balanza indicará que bajo el agua pesa más. Si por ejemplo, ponemos en nuestra balanza casera un collar de 2 g de oro que ocupa muy poco espacio y del otro lado un collar hecho de cuentas huecas, es fácil imaginar que este último flotará y por lo tanto nuestra balanza se inclinará hacia el collar de oro.

APLÍCADO EN LA VIDA

Cuenta la historia que en Siracusa, Sicilia, en el año 250 A. C., Hierón, gobernador de Siracusa le pidió a su primo Arquímedes, el sabio del pueblo, que le dijera si su orfebre lo había estafado usando una parte de plata en vez de oro en la corona que le pidió hacer. El rey le había entregado unas monedas de oro y la corona pesaba eso mismo, pero el rey dudaba, ¿cómo probarlo? Arquímedes estaba pensando en el asunto, asumió que parte del oro podía estar sustituido con algo de plata. Un día cuando entró a la bañera se le ocurrió que su cuerpo pesaba menos bajo el agua y que el nivel del agua subía una cantidad igual a su volumen. Siendo el oro tan denso debería de ocupar poco volumen y el mismo peso de plata ocuparía casi el doble del volumen. No podía medir la diferencia de volumen pero sí el peso del agua desplazada, así que con una balanza parecida a tu gancho, puso de un lado la misma cantidad de oro que la corona debía de tener y del otro la corona. Si la balanza quedaba nivelada era de oro, si se inclinaba del lado de las monedas habían estafado al rey. Afortunadamente para el orfebre, la corona era de oro puro y la balanza estuvo equilibrada.

Desde entonces se ha reconocido el Principio de Arquímedes: “Cuando un cuerpo está parcialmente o totalmente sumergido en el fluido que le rodea, una fuerza de empuje actúa sobre el cuerpo. Dicha fuerza tiene dirección hacia arriba y su magnitud es igual al peso del fluido que ha sido desalojado por el cuerpo”.

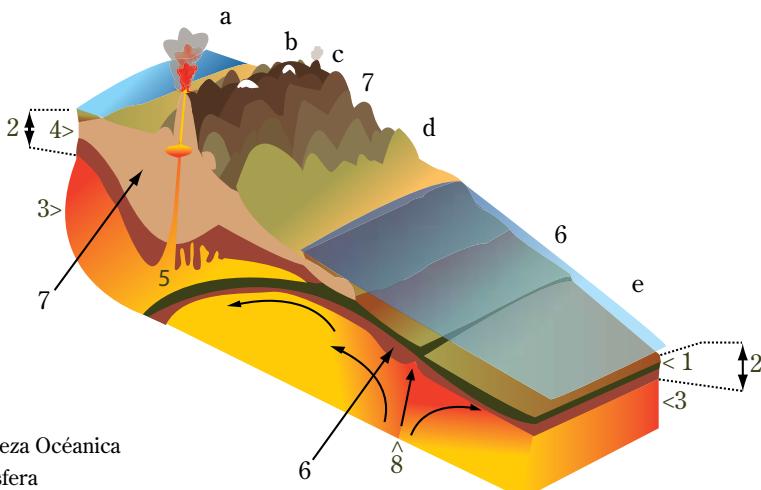
Con esto Arquímedes demostró que un kilo de oro y de plata no pesan lo mismo bajo el agua. Bajo el agua un kilo de oro pesa 948 g mientras que el kilo de plata pesa 904.7 g.

ENCUÉNTRALO EN LA NATURALEZA

CAPAS DE LA TIERRA

La Tierra sólida se ha dividido en capas de dos maneras. Por composición: corteza, manto, núcleo; y por comportamiento mecánico: litósfera (incluye corteza y parte del manto superior), astenósfera (manto superior), manto inferior, núcleo líquido, núcleo sólido. La segunda clasificación ha sido muy útil para explicar las observaciones de los movimientos de placas rígidas (litósfera) sobre una capa “fluida” (astenósfera).

La corteza oceánica está formada por material del manto que sale a la superficie mientras que la continental también está formada por rocas del manto pero que han sufrido varios procesos geológicos como el volcanismo, intrusión metamorfismo, erosión, consolidación de partículas, etc. Estos procesos han hecho que las rocas de la corteza continental sean más ligeras. así, la corteza continental es menos densa que la oceánica y su espesor (entre 35 y 45 km) es mucho más grande. El hecho de que la corteza oceánica esté hundida en promedio 3,800 metros bajo el nivel del mar, y que la corteza continental esté emergida en promedio 850 metros sobre el nivel del mar, se ha explicado por un fenómeno conocido como isostasia, basado en el principio de Arquímedes.



1_Corteza Océanica

2_Litósfera

3_Astenósfera

4_Corteza Continental

5_Zona de generación de magma

6_Placa de Cocos

7_Placa Norteamericana

8_Zona de generación de corteza oceánica

a_Golfo de México

b_Sierra Madre Oriental

c_Faja Volcánica Transmexicana

d_Sierra Madre del Sur

e_Océano Pacífico

CALOR INTERNO DE LA TIERRA

Sabemos que cada sustancia tiene una temperatura a la cual cambia de estado, de sólido a líquido y de líquido a gas (aunque hay algunos materiales raros que se transforman directamente de sólido a gas como la naftalina), y que ese valor depende de la presión: a mayor presión necesita más temperatura para cambiar de estado. El ejemplo más conocido es que el agua hiere a mayor temperatura a nivel del mar que en la ciudad de México por ejemplo. Por eso las sopas en Puerto Vallarta (nivel del mar) son más calientes que en Toluca (2680 metros sobre el nivel del mar). En el interior de la Tierra pasa algo semejante.

La corteza terrestre está bastante más caliente de lo que la calienta el sol, esto lo sabemos por la temperatura que hay dentro de las minas profundas, por las fumarolas, por las aguas termales y por la roca fundida que sale de los volcanes. La temperatura adentro de la corteza se incrementa a razón de un promedio en la corteza de 30 °C cada kilómetro de profundidad, adentro de una mina la temperatura puede alcanzar los 50 °C. La presión también aumenta al ser directamente proporcional con la profundidad.

El calor exterior de la Tierra proviene por la radiación solar y el calor interior es debido a varias causas. En sus orígenes el calor de la Tierra se incrementó por la acreción del material que flotaba en el espacio, posteriormente por el impacto de grandes meteoritos y actualmente se genera calor por la descomposición de isótopos radiactivos. El enfriamiento de la Tierra al contacto con el frío sideral es inevitable. Dentro de la Tierra también hay transferencia de calor hacia su superficie, lo cual ocurre por conducción pero principalmente por convección.

EFFECTOS DEL CALOR INTERNO EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

En la astenosfera, la roca ya no se comporta como un sólido sino como un fluido de alta viscosidad y alta densidad, esto es debido a las presiones y temperaturas a las que se encuentra. La viscosidad de la astenosfera es muy alta (aunque mucho menos que la de la corteza) de tal manera que permite el movimiento, pero en períodos de tiempo de miles o millones de años. La isostasia es el estado de equilibrio gravitacional en el cual la litósfera está flotando sobre la astenosfera, de acuerdo con el principio de Arquímedes. Cuando se incrementa el peso en el continente por acumulación de sedimentos o hielo, la litósfera se hunde, y si disminuye el peso, por deshielo o erosión, la litósfera se eleva.

La litósfera está constituida por una serie de placas rígidas. La astenósfera, como la atmósfera y la hidrósfera, permite la transmisión del calor a través de un “fluído” generando corrientes de convección; debido a la alta viscosidad del material de la astenósfera, el movimiento es muy lento, de algunos centímetros por año. Este movimiento de convección en la astenosfera explica muchos fenómenos de la tectónica de placas. En México, el movimiento hacia el noreste de la placa de Cocos, localizada en la costa suroeste, la hace hundirse bajo la placa de Norteamérica en un proceso conocido como subducción. En el Golfo de California, una corriente ascendente y un debilitamiento de la litósfera permiten la salida del manto en forma de magma, generando corteza oceánica nueva y la expansión del fondo oceánico bajo el Mar de Cortés. Más al norte de la península de Baja California hay un movimiento lateral entre dos placas a lo largo de la falla de San Andrés.



Arquímedes

con su descubrimiento en la bañera ha ayudado a explicar numerosos fenómenos que ocurren en la Tierra como el clima (vientos y corrientes marinas), el ascenso de magmas (volcanismo), y la tectónica de placas (convección térmica en la astenosfera), entre otros fenómenos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos agradecer a las siguientes personas: los Dres. Manuel Lozano Leyva, Teresa Orozco, Marina Manea y Vlad Manea revisaron el aspecto técnico del manuscrito; Evangelina Rice y Adriana Myers verificaron que los experimentos pudieran reproducirse fácilmente. Jesús Silva nos apoyó en la parte de formación y edición técnica.

ACERCA DE LOS AUTORES

SUSANA A. ALANIZ ÁLVAREZ

Investigadora del Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Obtuvo el doctorado en Ciencias de la Tierra en 1996. Pertenece a la Academia Mexicana de Ciencias y es académico de número de la Academia de Ingeniería. Ha escrito más de 35 artículos científicos sobre la deformación de la corteza superior y su relación con el vulcanismo. Es nivel II del Sistema Nacional de Investigadores. Ofrece el curso de Geología Estructural en el Posgrado de Ciencias de la Tierra de la UNAM y es Editora en Jefe de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. En 2004 recibió el premio Juana Ramírez de Asbaje otorgado por la UNAM.

ÁNGEL F. NIETO SAMANIEGO

Doctor en Geofísica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Es profesor de posgrado y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Fue presidente de la Sociedad Geológica Mexicana, editor del volumen Conmemorativo del centenario de dicha sociedad y pertenece a comités nacionales de varias revistas nacionales y extranjeras. Ha publicado numerosos artículos sobre la teoría del fallamiento y sobre la deformación cenozoica de México. En la actualidad es investigador titular del Centro de Geociencias de la UNAM en Juriquilla, Querétaro.

Esta es una publicación del
Centro de Geociencias de la
Universidad Nacional Autónoma de México
para el
Año Internacional del Planeta Tierra



Patrocinadores

