

# EXPERIMENTOS SIMPLES PARA ENTENDER UNA TIERRA COMPLICADA



## 1 La presión atmosférica y la caída de los cuerpos

Texto: Susana A. Alaniz-Alvarez, Angel F. Nieto-Samaniego

Ilustración: Luis D. Morán

Diseño: Elisa López

# Universidad Nacional Autónoma de México



**Juan Ramón de la Fuente**  
Rector

**Enrique del Val Blanco**  
Secretario General

**Daniel Barrera Pérez**  
Secretario Administrativo

**René Drucker Colín**  
Coordinación de la Investigación Científica

**Luca Ferrari Pedraglio**  
Director del Centro de Geociencias



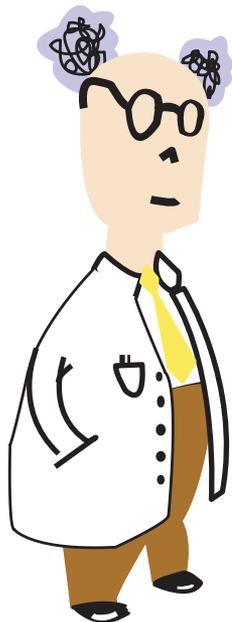
Primera edición, 2007

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

ISBN (Obra General) 978-970-32-4388-4  
ISBN 978-970-32-4389-1

Impreso y hecho en México

# Índice



Introducción.....	1
1. ¿La botella está vacía?.....	1
Ley de Charles y Gay-Lussac	
2. El vaso que no tira el agua.....	3
Presión atmosférica	
3. La vela que hace subir el agua.....	5
Presión contra volumen	
4. Cómo atravesar un globo ...sin que se reviente....	7
Ley de Boyle	
5. Cómo hundir un gotero vacío .....	9
Principios de Pascal y Arquímedes	
6. ¿Cuál cae primero?.....	11
La Ley de Gravedad	
7. Mándalos a volar.....	13
Resistencia del aire	
8. ¡¡¡Bajan!!! .....	15
Experimenta como Galileo Galilei	
Anexo.....	16
Agradecimientos.....	17
Acerca de los autores.....	19



# Introducción

El lugar que el Homo sapiens ocupa en la historia de la Tierra podría considerarse muy, pero muy pequeño, ya que únicamente ha estado presente en los últimos 200,000 años de más de 4,500 millones de años que tiene la Tierra. Además sólo alcanza una altura de menos de 2 m sobre la capa superficial de un planeta de más de 6,380 km de radio de capa sólida-líquida y bajo una capa de casi 120 km de atmósfera. No obstante, los humanos nos hemos empeñado en conocer nuestro planeta a fondo, calculando o estimando el valor de sus atributos físicos: masa, volumen, densidad, temperaturas, presiones, etc., los cuales están muy fuera de los límites que pueden percibir sus sentidos. Uno se pregunta ¿por qué esta criatura insignificante conoce tanto de la naturaleza de su planeta y a qué se debe su insistencia en desentrañar las leyes que lo gobiernan? Una respuesta entre otras puede ser: por la curiosidad de ciertos personajes que se atrevieron a visualizar más allá de sus horizontes, uno de ellos sin duda fue Galileo Galilei.

## **Galileo Galilei (1564-1642)**

Gran parte del avance de la física se debe a Galileo Galilei, considerado el padre de la ciencia experimental. Este profesor de Matemáticas nacido en Pisa, Italia, fue el primer hijo de un músico virtuoso del laúd. El principal interés de Galileo no se limitó a preguntarse cómo funciona el

movimiento en la Tierra, sino también el del sistema solar. Su fama se debe a la frase “y sin embargo se mueve” que supuestamente dijo ante un jurado de la Inquisición. Independientemente de que la haya dicho o no, lo que sí se sabe es que descubrió el meollo del movimiento de un péndulo en plena misa observando las oscilaciones de una lámpara en la catedral de Pisa y midiendo el tiempo con sus pulsaciones. En el s. XVII no existía un sistema de medición como el que ahora tenemos pero se las arregló para cronometrar sus experimentos: primero con sus pulsaciones, después con el péndulo; también midió el tiempo con la cantidad volumen de agua que caía en una probeta graduada y aprovechó una melodía tocada por él en el laúd para marcar en la partitura hasta donde había llegado.

Se las ingenió para escudriñar el cielo y diseñó un telescopio de 8 aumentos, con él descubrió: los cráteres de la luna, las manchas solares, el anillo de Saturno y las lunas de Júpiter, además se dio cuenta de que Copérnico tenía razón y que la Tierra gira alrededor del sol, pero a diferencia de aquel, Galileo lo publicó. Esto último le ocasionó muchos problemas con la Iglesia Católica y con esto un gran pesar dentro de su grandiosa y exitosa vida.

La genialidad de Galileo consistió, entre otras cosas, en medir el espacio y el tiempo, con esto consiguió

# ¿LA BOTELLA ESTÁ VACÍA?

¿Te has fijado que...el aire está aunque no lo veamos, y que lo respiras por la nariz y por la boca?

## Materiales:

- 1 botella de plástico
- 1 globo
- 2 recipientes



## Procedimiento:

Tapa el cuello de la botella con el globo.  
Llena uno de los recipientes con agua caliente y el otro con agua fría.  
Pon la botella dentro del recipiente con agua caliente y después pásalo al que contiene agua fría.

**¡Observa!!**

## ¿Qué pasó?



En uno de los dos casos se infla el globo, en el otro se desinfla.



Variaciones:

- \*Mete la botella tapada con el globo al congelador.
- \*Hazlo con una botella de refresco.

🤔 El experimento puede fallar si hay fuga de aire entre el globo y la botella, y también si la diferencia de temperatura no es suficiente para cambiar notablemente el volumen del aire dentro de la botella.

## explicalo:

El aire es un gas, y como todos ellos se expande con el aumento de la temperatura y ocupa más espacio.

Por el contrario con el frío se comprime y ocupa menos espacio. Nota que es la misma cantidad de aire.

## Aplicalo a tu vida:

Los globos aerostáticos vuelan porque el aire caliente se expande hasta que pesa menos que el aire que lo rodea.

Los buzos respiran bajo el agua gracias al aire comprimido que está en un tanque, es decir mucho aire en poco espacio.



## ¿Quieres saber más?

Los gases pueden cambiar su volumen por un cambio de la temperatura o de la presión. A más temperatura y menos presión ocupan mayor volumen.

## Obsérvalo en la naturaleza

### La atmósfera

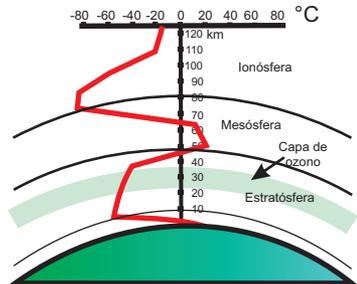
La atmósfera es la envoltura gaseosa que rodea el planeta y está compuesta principalmente por una mezcla de gases que denominamos aire.

La temperatura del aire disminuye con la altura a una razón de  $6.5^{\circ}\text{C}$  por cada  $1000\text{ m}$ ; si consideramos que la temperatura promedio a nivel del mar es de  $20^{\circ}\text{C}$  alcanzaremos la temperatura de congelación del agua cerca de los  $3000\text{ metros}$  sobre el nivel del mar.

La atmósfera está compuesta por aproximadamente  $78\%$  de nitrógeno,  $21\%$  de oxígeno y  $1\%$  de otros gases. A estos constituyentes hay que añadir el vapor de agua que puede variar entre el  $0\%$  y el  $5\%$  del total. A medida que aumenta el contenido de vapor de agua, el de los demás gases disminuye proporcionalmente.

### Ley de Charles y Gay-Lussac:

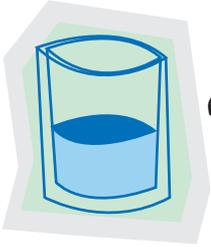
*“El volumen de un gas es directamente proporcional a su temperatura si la presión se mantiene constante”*



*Ley de dilatación de los gases de Gay-Lussac: "La dilatación de los gases es función de la temperatura e independiente de la*

## EL VASO QUE NO TIRA EL AGUA

¿Te has fijado ...que tu vaso con leche se vacía cuando lo volteas?  
¿Qué estamos en el fondo de un mar de aire?



### Materiales:

- 1 vaso con agua
- 1 pedazo de papel



### Procedimiento:

Tapa el vaso con agua con un pedazo de papel más grande que su boca, procura que se moje el papel que está en contacto con el vaso.

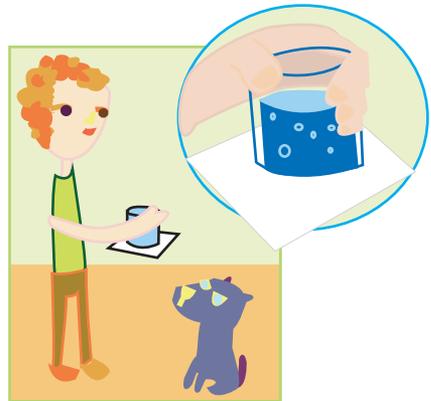
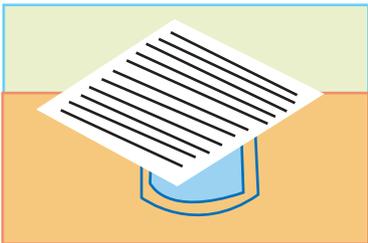
Pon una mano sobre el papel y voltéalo boca abajo, retira la mano que sostiene el papel pero sigue sosteniendo el vaso.

**¡¡Observa!!**

De preferencia hazlo en el patio por si no funciona el experimento.

### ¿Qué pasó?

Que el agua no se cae aunque el vaso esté boca abajo, aunque esté lleno, aunque esté medio vacío.



### Variaciones:

Introduce un popote en un vaso con agua y tapa con tu dedo la parte superior. Saca el popote del agua y verás que el agua no se cae hasta que separas el dedo de la parte superior del popote.



Puede fallar si entra aire al vaso.

## explicalo:

El aire que está cerca de la superficie de la Tierra tiene encima una capa de varios kilómetros de altura a la que conocemos como atmósfera. Mientras más cerca del nivel del mar vivas, más alta es esa capa. Esa capa de aire empuja hacia todas direcciones, también hacia arriba, venciendo al peso del agua, es por esto que el aire atrapado en el vaso no puede caer.



## Aplicalo a tu vida:

Quando el bebé toma del biberón, éste debe de tener una entrada de aire para que pueda salir la leche cuando succiona el bebé.

A las latas que contienen líquidos se les debe de hacer dos orificios para que la entrada de aire por uno permita la salida del líquido por el otro.

## ¿Quieres saber más?

### Presión atmosférica

La atmósfera está compuesta por varias capas. El aire, al igual que todos los materiales, tiene un peso, poco pero pesa. El peso de la columna de aire que está sobre nosotros ejerce una presión en todas direcciones. La capa de la atmósfera más cercana a la superficie de la Tierra se llama tropósfera, alcanza 9 km en los polos y los 18 km en el ecuador. Se ha calculado que el peso del aire es de 1 gr por cada litro (1 litro es igual a 1 decímetro cúbico), lo puedes comparar con el peso del agua que es de 1 kilo por cada litro, con el de una roca promedio que pesa 2.3 kilos y con el del cuerpo humano cuyo peso promedio es de 0.95 kilos por ese mismo volumen (muy cercano al del agua). El peso de la columna de aire producirá una presión mucho mayor a nivel del mar que arriba de las montañas.

Altura (m)		Presión (atmósferas)	Presión (milibares)
0	Nivel del mar	1	1013
1000			898.6
2000	Cd. de México	.78	794.8
3000	La Paz, Bolivia	.70	700.9
4000		.61	616.2
5000	Cima del Popocatepetl	.53	540
10000	Altura del vuelo de los aviones trasatlánticos	.26	264.1
15000		.12	120.3

# LA VELA QUE HACE SUBIR EL AGUA

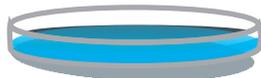
¿Te has fijado? El agua en un recipiente (en un vaso inclinado, en un lago) siempre está horizontal.

La combustión se da en presencia de aire, más específicamente de oxígeno.



## Materiales:

- 1 vela
- 3 monedas
- 1 vaso transparente
- 1 plato hondo con agua



## Procedimiento:

Pega la vela con su misma cera en el centro del plato.

Al plato ponle agua, más o menos tres centímetros de alto, y acomoda las monedas sobre las que apoyarás el vaso.



Prende la vela y pon el vaso boca abajo, sobre las monedas, cubriéndola, cuidando que pueda pasar el agua adentro del vaso.

**¡Observa!!**

## ¿Qué pasó?

La vela se apaga a los pocos segundos de haberla tapado con el vaso.

El nivel del agua sube adentro del vaso.



## explicalo:

La vela se apaga en cuanto se termina el oxígeno. Durante la combustión se consume el oxígeno y se desprende carbono de la vela formando dióxido de carbono. Una vez que se enfría, el aire con dióxido de carbono estará a una presión menor, por lo que el agua fluye hacia esa zona.



## Aplicalo a tu vida:

Si aíslas algo que se está quemando puedes evitar que siga quemándose, por ejemplo se recomienda cubrirlo con una cobija de lana. Tal vez hayas observado que algunos curanderos ponen una vela en la espalda del enfermo y colocan un vaso sobre ella, la piel es succionada en cuanto se apaga la vela. Esto es un fenómeno físico muy llamativo.

## Obsérvalo en la naturaleza

### Vientos, corrientes marinas

Hay muchos factores que influyen en el movimiento de los fluidos (como el aire y el agua), entre estos factores están los cambios en la temperatura y la presión. Los fluidos calientes tienden a subir y a desplazar a los fluidos fríos los cuales tienden a bajar. El aire se desplaza de las áreas de mayor a menor presión formándose de esta manera los vientos y las corrientes marinas.



# CÓMO ATRAVESAR UN GLOBO... SIN QUE SE REVIENTE

## Materiales:

1 alfiler o palillo con punta

2 globos



## Procedimiento:

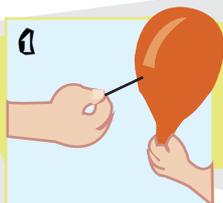
Infla los globos. Pica con el alfiler uno de los globos en la parte media.

Ahora pica el otro globo en cualquiera de las dos puntas.

**¡¡Observa!!**

## ¿Qué pasó?

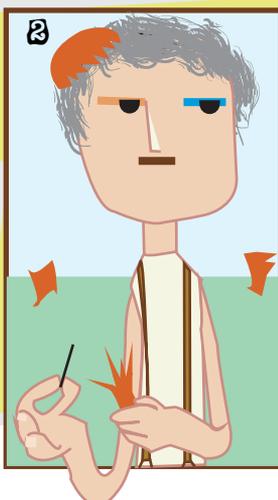
1



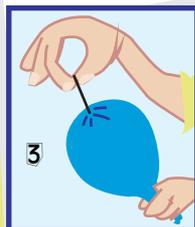
**1, 2:** Cuando picas el globo por la mitad se revienta.

**3, 4:** Cuando lo picas por los extremos aparentemente no pasa nada. Si te acercas verás que el aire está escapando suavemente por el agujero que hiciste con el alfiler.

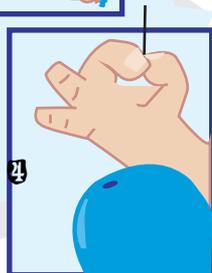
2



3



4



Si el globo está muy inflado se romperá aunque lo perfores en los extremos, si está poco inflado puede que no estalle aunque lo perfores por la mitad.

## explicalo:

El aire que introduces con tu boca al globo hace que sus paredes se estiren, en unos lugares más que en otros. El aire que está dentro del globo está empujando en todas direcciones, mientras más aire tiene el globo estará sujeto a mayor presión. Cuando perforas el globo a la mitad el material está estiradísimo, cerca de su límite de ruptura, mientras que en los extremos el material todavía es muy fuerte para romperse.



## Aplicalo a tu vida:

Cuando un material se estira y vuelve a su estado original sin cambiar de forma se le conoce como deformación elástica, como ocurre con una liga. Las pelotas rebotan porque cuando pegan en el suelo se deforman, cuando están recuperando su forma hay un empuje en el sentido contrario.

Cuando ocurre un sismo, la superficie de la Tierra se deforma elásticamente. El movimiento que sientes es debido a un cambio de forma momentáneo debido al viaje de ondas sísmicas.

## Obsérvalo en la naturaleza



### La densidad del aire

En la atmósfera, la presión, temperatura y densidad son inversamente proporcionales a la altura. A mayor altura, menor presión, menor temperatura y menor densidad.

En la corteza terrestre, la presión, temperatura y densidad son directamente proporcionales a la profundidad. A mayor profundidad, la temperatura, presión y densidad serán mayores.

Con este experimento se puede ver que con la misma cantidad de aire los globos pueden inflarse más o menos dependiendo de la resistencia del material. El aire tendrá una densidad (masa/volumen) mayor dentro de un globo muy resistente. Adentro del globo la presión del aire será igual en todas las direcciones y estará a temperatura constante.

*Ley de Boyle: "A temperatura constante, los volúmenes ocupados por un gas son inversamente proporcionales a las presiones a las que está sometido".*

# CÓMO HUNDIR UN GOTERO VACÍO

¿Te has preguntado alguna vez por qué los barcos de acero flotan en el agua? y ¿te has fijado que tú flotas o te hundes en el agua dependiendo del aire que hay en tus pulmones?

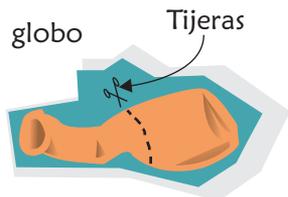
## Materiales:

1 frasco transparente

1 gotero (o la cubierta plástica de una pluma o 1 popote transparente con plastilina)

1 globo

Tijeras



## Procedimiento:

Llena el frasco con agua, introduce el gotero y tapa el frasco con el globo de tal manera que quede muy estirado formando una tapa elástica (puedes cortar la punta del globo para que sea del ancho de la boca del frasco).

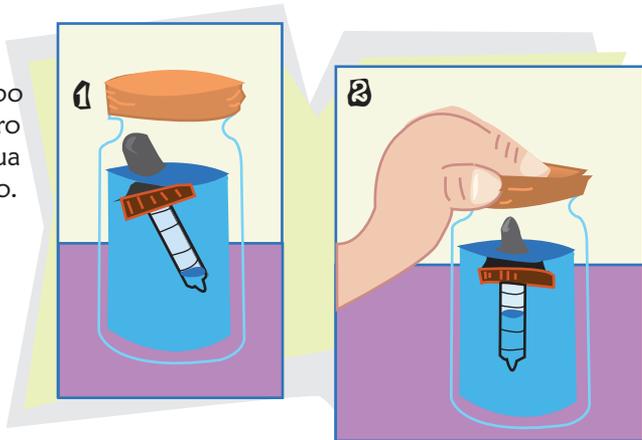
Presiona el globo hacia abajo y observa como se llena el gotero de agua. Si quieres que se hunda más el gotero ponle agua hasta la mitad antes de ponerlo en el frasco.

En vez del gotero puedes usar la cubierta de la pluma o el popote cubriéndole una punta con plastilina.

## ¿Qué paso?

Cuando empujas el globo hacia abajo el aire dentro del frasco empuja el agua hacia adentro del gotero.

Si el gotero tiene agua pesará más que cuando tiene aire por lo que estará más inclinado. Cuando entra agua el gotero podrá hundirse.



**¡Observa!**



Si el gotero es de plástico no se hundirá ya que la suma del peso del plástico+agua sigue siendo menor que el agua que ocupa ese mismo volumen.

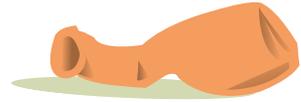
## explicalo:

Este experimento utiliza dos Principios, el de **Pascal**: “*Los líquidos transmiten presiones con la misma intensidad en todas las direcciones*” y el de **Arquímedes**: “*Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical y hacia arriba igual al peso de fluido desalojado*”.

Cuando empujas la tapa hacia abajo, el aire que está dentro del frasco empuja el agua hacia dentro del gotero. Cuando sueltas el globo el aire se expande y el agua sale del gotero.

El gotero flota ya que contiene aire, que pesa casi mil veces menos que el agua. Mientras más aire tenga el gotero será más ligero. Las cosas ligeras flotan más que las pesadas.

## Aplicalo a tu vida:



El freno hidráulico de los autos, el gato hidráulico y la prensa hidráulica son excelentes e importantísimas aplicaciones del Principio de Pascal.

Los barcos flotan porque el espacio que ocupan dentro del agua contiene mucho aire, aunque sean de acero u otros materiales pesados, siguiendo el Principio de Arquímedes.

Los frascos de catsup, cremas y champú tienen un envase de plástico delgado y flexible para que al apretarlo empuje el líquido hacia fuera.

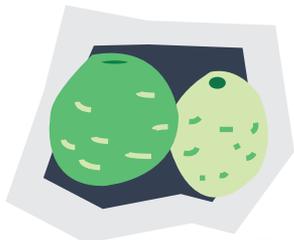
## Obsérvalo en la naturaleza



El aire caliente tiende a subir. A medida que aumenta la temperatura del aire sus moléculas se separan y hay más espacio entre ellas. Cuando una masa de aire se eleva sustituye a otra masa, la cual bajará si está más fría para ocupar el lugar que dejó la primera. Cuando el aire sube se encuentra con una capa que tiene menos presión y por lo tanto el aire se expandirá. Cuando se separan las moléculas gastan energía que hace que el gas se enfríe. Es por esto que arriba en las montañas es más frío aunque suba el aire caliente.

# ¿CUÁL CAE PRIMERO?

¿Te has fijado que parece que hubiera una fuerza de atracción oculta adentro la Tierra que hace que todo tienda a pegarse al suelo? Por más alto que saltes siempre vuelves a la Tierra. Esa fuerza es conocida como gravedad.



## Materiales:

Dos canicas, limones, o pelotas del tamaño de un limón.  
Los dos deben de tener la misma forma y el mismo peso.

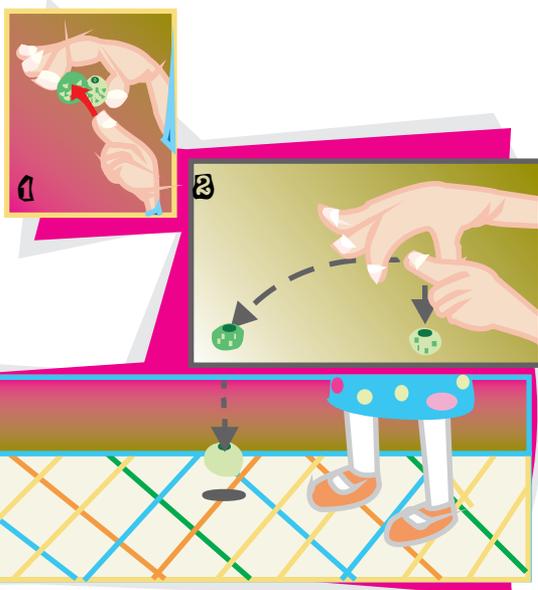
## Procedimiento:

Sujeta los dos objetos esféricos con una mano entre el dedo índice y el pulgar, cuidando que tu palma esté hacia abajo. Con la otra mano dale un golpe fuerte a uno de ellos, tiene que ser horizontal, de tal manera que salga disparado hacia el frente.

**¡Observa!!**

## ¿Qué paso?

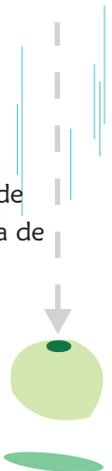
En el momento que separas las dos esferas una de ellas cae al suelo verticalmente y la otra sale hacia el frente. Las dos caerán al mismo tiempo a pesar de que una de ellas recorre una distancia mayor.



☹ Este experimento fallará si una de las esferas no sale de manera horizontal.

## explicalo:

Hay dos fuerzas que controlan el tiempo de caída de los cuerpos: la gravedad y la resistencia del aire. Si tus dos objetos son iguales y la resistencia del aire es despreciable, entonces sólo la fuerza de gravedad influye en el tiempo que tarda en llegar al suelo, aunque una de ellas viaje un rato horizontalmente.



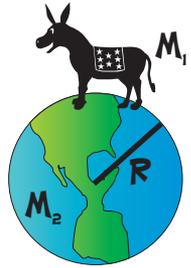
## Aplicalo a tu vida:

La gravedad es una fuerza muy importante de la vida cotidiana, estamos pegados al suelo gracias a ella. La línea vertical es aquella perpendicular a la superficie de la Tierra en ese pequeño lugar en el que estás parado. Por eso no importa que estés en el hemisferio norte o sur, en los polos o en el Ecuador, el cielo siempre estará arriba de ti cuando estás parado.

## ¿Quieres saber más?

### La ley de gravedad:

*La gravedad es la fuerza de atracción que experimentan los objetos. La fuerza de atracción entre dos objetos de masa  $M_1$  y  $M_2$  es directamente proporcional al producto de las masas de cada uno, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia ( $R$ ) que los separa.*



La fuerza de gravedad, a la cual nosotros le llamamos "peso", está presente en nuestra experiencia cotidiana ya que es la que nos mantiene unidos a la Tierra. Nota que la masa del planeta es muchísimo más grande que la de cualquier objeto a nuestro alrededor y que la distancia al centro de la Tierra de cualquier objeto humano es esencialmente constante. Así, la gravedad es máxima en la superficie. Disminuye, naturalmente, al alejarse del planeta por aumentar la distancia entre las masas implicadas. Sin embargo, también disminuye al adentrarse en el interior de la Tierra, ya que cada vez una porción mayor de planeta queda por "encima", y cada vez es menos la masa que queda por "debajo".

En el centro de la Tierra, hay una enorme presión por el peso de todo el planeta, pero la gravedad es nula, como en el espacio exterior.

# MÁNDALOS A VOLAR

Los objetos pesados a veces caen primero que los ligeros. ¿por qué a veces?

## Materiales:

1 libro

1 hoja de papel



## Procedimiento:

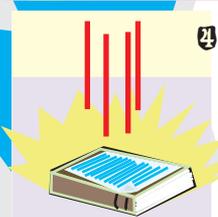
Sujeta los dos objetos planos, el libro y la hoja, y déjalos caer al mismo tiempo.

¡¡Observa!!

En el segundo intento pon la hoja encima del libro.

¡¡Observa!!

## ¿Qué pasó?



1, 2: Observarás que el libro cae mucho más rápido que la hoja,

3, 4: pero cuando la hoja está encima del libro caen al mismo tiempo.

😊 Nada puede fallar en un experimento tan sencillo.

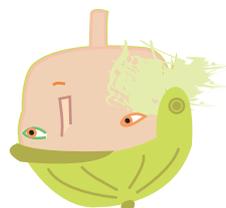
## explicalo:

En el paso 2 el libro es más pesado y vence la resistencia del aire mientras que la hoja será sostenida por ésta. En el paso 4 el libro le abre el camino a la hoja y por lo tanto caen juntos.

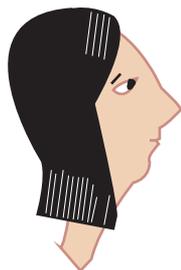
## Aplicalo a tu vida:

Habrás observado que vuelan los pájaros y los aviones y que se suspenden en el aire el polvo, los paracaidistas y las nubes. Pueden volar y suspenderse gracias al soporte que ofrece el aire. Aunque la dinámica del vuelo de los aviones puede ser muy complicada, tú puedes simular el empuje del aire sobre un avión sacando la mano del coche cuando está en movimiento (¡con mucho cuidado!). Podrás notar que si tu mano toma la forma de las alas de un avión y la inclinas hacia arriba, el viento (aire en movimiento) empujará tu mano hacia arriba.

## ¿Quieres saber más?



### La ley de gravedad contra la resistencia del aire:



Hay dos factores que afectan la caída de los cuerpos. Uno de ellos, el más importante, es la gravedad. El otro es la resistencia del aire, la cual depende de:

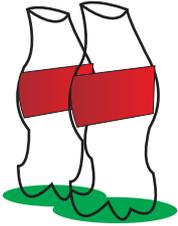
\*La velocidad (cuánto más rápido se mueve un objeto en el aire, mayor será la resistencia).

\*La forma del objeto (mientras mayor sea la superficie, más impedirá el paso del aire que desplaza aumentando la resistencia).

\*El contraste de densidades entre del aire y el objeto (si éste es muy ligero se suspenderá en el aire).

# ¡¡¡BAJAN!!!

¿Te has fijado? En la escena transmitida desde la Luna por el Apolo 15 se ve que el astronauta arroja una pluma y un martillo y caen al mismo tiempo, ¿sabes por qué hicieron ese experimento en la Luna? ...



## Materiales:

2

botellas de plástico

Arena, frijoles o cualquier otro material que aumente el peso de la botella

## Procedimiento:

1. Llena uno de los frascos con arena u otro material y el otro déjalo vacío
2. Deja caer los dos frascos al mismo tiempo desde un segundo piso.

**¡¡Observa!!**

Procura que la superficie de caída sea blanda (por ejemplo una caja) para que no se rompan las botellas y puedas utilizarlas varias

## ¿Que paso?

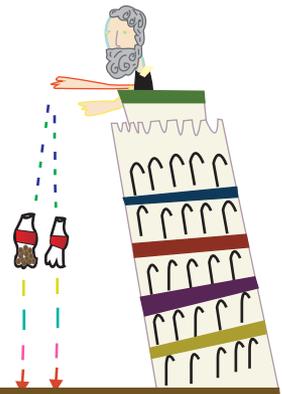
Las dos botellas aterrizan al mismo tiempo aunque tengan distinto peso.



Puede fallar si una de las botellas es demasiado ligera o su superficie es plana, la resistencia del aire puede disminuir la velocidad de su caída.

## este experimento en la historia:

Hasta el siglo XVI se creía que los objetos más pesados caían más rápido que los ligeros tal como lo había dicho Aristóteles 19 siglos antes. Galileo Galilei como profesor de Matemáticas en la Universidad de Pisa cuestionó las creencias de entonces. Arrojó dos objetos de diferente peso desde la torre inclinada de Pisa y mostró que caían al mismo tiempo. Este experimento fue elegido como el segundo más bello en la historia por un grupo de físicos ya que un ejercicio muy simple demostró que la naturaleza tiene la última palabra en cuestiones



# ANEXO

Esta explicación es sólo para adultos o para niños muy aguzados:

Para terminar este libro vamos a comprobar teóricamente que la velocidad de caída es independiente del peso del objeto. Vamos a utilizar tres conceptos: la aceleración de la gravedad, la ley de la gravitación universal y la segunda ley de Newton.



A)

Galileo demostró que la distancia que recorre un objeto en su caída es proporcional al cuadrado del tiempo, por ejemplo recorrerá cuatro veces más distancia en el doble del tiempo. Esta aceleración durante la caída se debe a la gravedad.

B)

Setenta años después del show de Galileo en la Torre de Pisa, Newton propuso las leyes de la gravitación universal. Estableció que la fuerza de atracción entre dos cuerpos está dada por la ecuación:

$$F = GM_1M_2/R^2 \dots\dots\dots(2)$$

Donde **G** es la constante de gravitación universal (y es la misma para todos), **F** es la fuerza de atracción de la Tierra de masa **M<sub>1</sub>** hacia un individuo de masa **M<sub>2</sub>** y **R** es la distancia entre el centro de gravedad de ambos cuerpos. Es decir **R** es la distancia entre el centro de la Tierra y la zona interna de la panza del individuo a la altura del ombligo aproximadamente.



C)

Por otro lado Newton formuló su segunda ley de movimiento donde establece que la aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él e inversamente proporcional a su masa, es decir:

$$a = F/M_2 \dots\dots \text{o bien } \dots F = M_2 a \dots(3)$$

Cuando la velocidad inicial es cero, podemos obtener la velocidad final multiplicando la aceleración por el tiempo:

$$v = at \dots(4).$$

Si consideramos que **F** es la misma fuerza de atracción de la Tierra sobre el individuo, entonces en la ecuación (3), **a** es la aceleración de gravedad y **v** es la velocidad de caída. Entonces **F** en las ecuaciones (2) y (3) es la misma y podemos escribir:

$$GM_1M_2/R^2 = M_2 a$$

En esta ecuación se eliminan las **M<sub>2</sub>** y si sustituimos (4) y despejamos la velocidad, podemos demostrar que en la ecuación que determina la velocidad de caída (**v**) no interviene la masa del individuo:

$$v = at = tGM_1/R^2$$

## Agradecimientos:

La idea de hacer un fascículo de experimentos científicos surgió después de leer el libro de Manuel Lozano “De Arquímedes a Einstein”. En este libro Lozano propone como hacer en casa los diez experimentos más bellos de la historia. Nosotros quisimos hacer con esta idea una colección.

Los experimentos presentados en este fascículo están reunidos para explicar la importancia del experimento “La caída de los Cuerpos”, realizado por Galileo Galilei hace cerca de 400 años, destacando todos los principios físicos que tienen que ver con este experimento y cómo se aplican en la Naturaleza.

Queremos agradecer a los Dres. Susana Orozco, Gerardo Carmona y Rosalba Fuentes quienes revisaron que lo que se dice aquí pudiera reproducirse y que fuera correcto. La corrección técnica fue hecha por Teresa Orozco y J. Jesús Silva preparó la versión para la imprenta.

*“Me lo contaron y lo olvidé, lo vi y lo entendí,  
lo hice y lo aprendí”*

**Confucio**



## Acerca de los autores:

### **Susana A. Alaniz Alvarez**



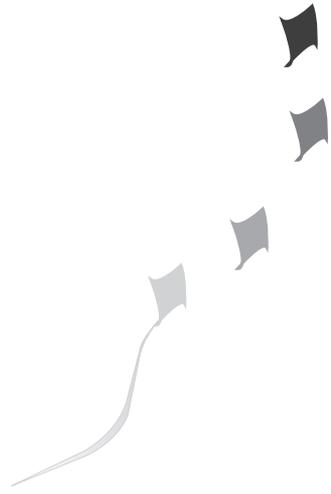
Susana Alaniz es investigadora del Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Obtuvo el doctorado en Ciencias de la Tierra en 1996. Pertenece a la Academia Mexicana de Ciencias y es académico de número de la Academia de Ingeniería. Ha escrito más de 30 artículos científicos sobre la deformación de la corteza superior y su relación con el volcanismo. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores. Es profesora en el Posgrado de Ciencias de la Tierra de la UNAM y actualmente es Editora en Jefe de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. En 2004 recibió el Premio Juana Ramírez de Asbaje otorgado por la UNAM.

### **Angel F. Nieto Samaniego**



Es doctor en Geofísica por la Universidad Nacional Autónoma de México. Es profesor de posgrado y miembro de la Academia Mexicana de Ciencias y del Sistema Nacional de Investigadores. Fue presidente de la Sociedad Geológica Mexicana, editor del volumen conmemorativo del centenario de dicha sociedad y pertenece a comités editoriales 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 del Centro de Geociencias de la UNAM en Juriquilla, Querétaro.

“Experimentos simples para entender una Tierra complicada. 1 La presión atmosférica y la caída de los cuerpos” editado por el Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se terminó e imprimir en mayo de 2007 en los talleres de Diseño e Impresos de Querétaro, Av. Universidad No. 166 Ote, Centro, Querétaro, Qro. El tiraje consta de 10,000 ejemplares en papel couche de 100 grs.



**La impresión de este fascículo fue pagada por:**

Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros  
Exploraciones del Pacífico, S.C.  
Minera Cascabel, S.A. de C.V.  
Geológicos P y H, S.C. de R.L. de C.V.  
Instituto de Geología, UNAM  
Centro de Geociencias, UNAM

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



## Patrocinadores



Geológicos PyH

