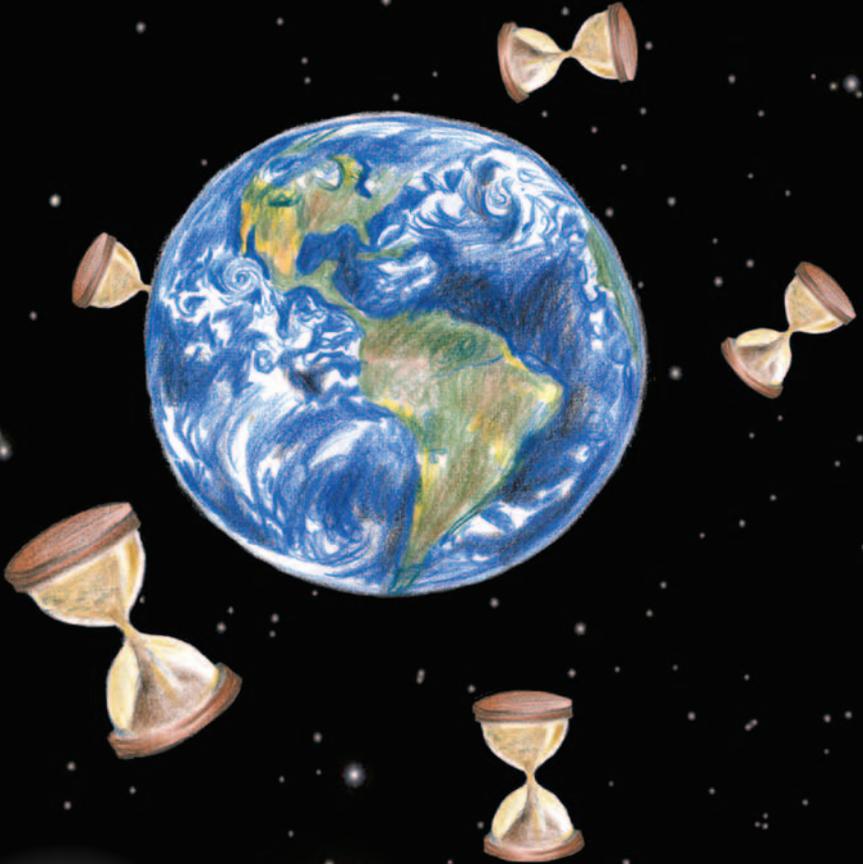


# EXPERIMENTOS SIMPLES PARA ENTENDER UNA TIERRA COMPLICADA



## 7 La edad de la Tierra

Texto: Ángel F. Nieto-Samaniego, Susana A. Alaniz-Álvarez  
Ilustración: Cecilia Nieto

# Universidad Nacional Autónoma de México

**Dr. José Narro Robles**  
Rector

**Dr. Eduardo Bárzana García**  
Secretario General

**Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez**  
Secretario Administrativo

**Dr. Francisco José Trigo Tavera**  
Secretario de Desarrollo Institucional

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

**Dr. Gerardo Carrasco Núñez**  
Director del Centro de Geociencias

**Lic. Javier Martínez Ramírez**  
Director General de Publicaciones y Fomento Editorial

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

**Ing. J. Jesús Silva Corona**  
Diseño y formación

Primera edición, abril 2013

D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, México D.F.

Centro de Geociencias  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Boulevard Juriquilla núm. 3001, Juriquilla, Querétaro  
C.P. 76230, México  
ISBN (Obra General) 978-970-32-4388-4  
ISBN 978-607-02-4116-1

Impreso y hecho en México

Este libro no puede ser reproducido, total ni parcialmente, por ningún medio electrónico o de otro tipo, sin autorización escrita de los editores.



## INTRODUCCIÓN

Si te preguntaras qué edad tiene la Tierra ¿cómo le harías para responder esa pregunta? Aquí te decimos cómo la han tratado de contestar ilustres personajes, desde religiosos hasta científicos. En general se usaron dos métodos: uno tratando de obtener la edad absoluta (en años) y el otro tratando de obtener la edad relativa (más joven o más viejo que alguna cosa).

Sin duda, la pregunta ¿qué edad tiene la Tierra? es una de las grandes preguntas que se ha hecho la humanidad. Aquí te presentamos algunos experimentos en los que verás cómo, al tratar de responder esa pregunta, se han logrado contestar otras. También te explicamos cómo hacer algunos experimentos que hicieron famosos a grandes personajes de la ciencia.

### CÁLCULOS BASADOS EN LA BIBLIA

Desde el siglo II hasta el siglo XVII se hicieron varios cálculos de la edad de la Tierra basados en lo escrito en la Biblia. Quizá el más famoso de esos intentos fue el realizado en 1650 por el arzobispo James Ussher, quien sumó los años de vida de los descendientes de Adán hasta Abraham. Determinó el año en que Abraham ocupó su sitio en la historia y sumándole las edades de todos sus ascendientes, calculó que la Tierra debería tener 5 994 años de edad.

**¿Por qué no se pudo obtener la edad de la Tierra con este método?** Ese cálculo considera que Adán ocupó su sitio en la Tierra en el sexto día de haberse formado ésta. Sin embargo, los descubrimientos geológicos, paleontológicos y radiométricos posteriores,

—que en este libro mencionaremos—, demostraron que la Tierra se había formado mucho tiempo antes de que el hombre apareciera en ella.

Una de las primeras evidencias científicas de la gran cantidad de tiempo que ha existido nuestra Tierra provino de los registros fósiles, pues en ellos se observó que los seres vivos cambiaron muchísimo a lo largo del tiempo; hablaremos de eso más adelante, pero empezaremos por conocer la manera en que cambian los seres vivos.

## **LAS LEYES DE LA GENÉTICA**

¿Cómo se sabe cuáles características se heredan y cuáles no? Sin duda, uno de los experimentos más importantes de la ciencia fue llevado a cabo entre 1865 y 1866 por Gregor Mendel, un monje austriaco. Él realizó su experimento con chícharos para saber cuáles características se heredan. Suena simple ¿verdad?, pues bien, con ese experimento se inició la Genética, que es la parte de la Biología que trata de la herencia y de lo relacionado con ella.

Las características de los seres vivos responden a la manifestación de lo que llamamos genes y al ambiente actuando sobre los individuos. Se sabe que para una característica determinada, los genes presentan variantes denominadas “alelos”, los cuales pueden ser “dominantes” o “recesivos”. Los alelos dominantes son aquellos que cuando están presentes siempre se manifiestan, mientras que los recesivos, únicamente se manifiestan en ausencia del alelo dominante. Por ejemplo, los ojos cafés se han considerado manifestación de alelos dominantes, mientras que los ojos

azules, de alelos recesivos. Por simplicidad consideraremos aquí que el color de ojos depende de un solo gen. Entonces, siempre que en un descendiente, uno o dos de los alelos para color de ojos sean dominantes, el descendiente tendrá ojos cafés, no importa que también tenga el alelo recesivo. En cambio, cuando los dos alelos para color de ojos son recesivos el descendiente tendrá ojos azules. Ese es, de manera muy simplificada, el secreto de la herencia.

El que un hijo tenga ojos cafés es una cuestión de probabilidad, la cual depende de los alelos de los padres. Esto se muestra en la tabla siguiente, para el caso en que los padres tienen tanto alelos dominantes como recesivos:

		Mamá (heredó un alelo de cada padre)	
		O (cafés)	X (azules)
Papá (heredó un alelo de cada padre)	O (cafés)	OO	OX
	X (azules)	xO	XX

En la tabla, solo tres casillas contienen O. Es decir, hay una casilla sin O. Por lo tanto, de cada cuatro hijos, lo más probable es que uno salga con ojos azules.

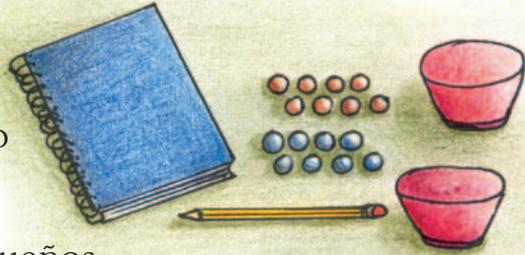


# Experimento 1

## Probabilidad de heredar ojos claros

### Materiales:

- 1 cuaderno
- 1 lápiz
- 8 canicas cafés  
(o de algún otro color oscuro)
- 8 canicas azules
- 2 recipientes pequeños



### Procedimiento:

Vamos a simular el caso del ejemplo mencionado arriba. En un cuaderno haz una tabla con 20 casillas. Consideraremos las canicas cafés como el alelo dominante (ojos cafés) y las canicas azules como el alelo recesivo (ojos azules). En cada recipiente pon 4 canicas cafés y 4 azules. Ahora, sin ver, saca una canica de uno de los recipientes, si sale café pon una  $\bigcirc$  y si sale azul pon una  $x$  en la primera casilla de la tabla; enseguida regresa la canica a su recipiente. Saca otra canica del segundo recipiente y según la canica que salga, anota una  $x$  o una  $\bigcirc$  en la misma casilla. Repite el mismo procedimiento para cada una de las 20 casillas. Ahora cuenta cuántas casillas contienen  $\bigcirc\bigcirc$ , cuántas  $xx$  y cuántas  $\bigcirc x$ .

### Observa:

La proporción de casillas con al menos una  $\bigcirc$  representa la probabilidad de hijos con ojos cafés. Por ejemplo, si obtuviste 16 casillas que contienen una  $\bigcirc$ , quiere decir que de cada veinte hijos, lo más probable



es que habrá 16 con **ojos cafés**. Como es difícil que alguien tenga 20 hijos, pues mejor decimos que de cada 10 hijos, probablemente 8 serán de **ojos cafés**, o de cada 5 hijos, probablemente 4 serán de **ojos cafés**; ¿te das cuenta?, es lo mismo.

### **Explícalo:**

Las características de una población reflejan la manera en que los individuos se han mezclado, o sea, la manera en que sus genes se mezclan. Es importante hacer notar que, a diferencia del ejemplo que vimos, donde la característica analizada es determinada por un gen, hay otras características que son determinadas por un conjunto de genes. Un ejemplo es la estatura de los individuos.

### **Aplicalo a tu vida diaria:**

Los seres vivos son muy diversos y sabemos que heredamos de nuestros padres gran parte de su apariencia, su comportamiento y la manera en que funcionan sus cuerpos. Todos sabemos que hay distintas razas de perros, gatos y todo tipo de animales y plantas. Por

ejemplo, en el mercado verás que hay una gran variedad de frijoles, papas, naranjas, etc. Igualmente puedes ver que distintos son los perros. Sabemos



que si se cruzan dos perros de una misma raza, es muy probable que los cachorros salgan iguales a sus padres, pero no siempre ocurre así. A veces sale un perro de otro color o con algunas características distintas. Aunque eso pueda parecer extraño, ahora que hiciste el experimento, sabes por qué ocurre.

## **CÁLCULOS BASADOS EN EL REGISTRO FÓSIL**



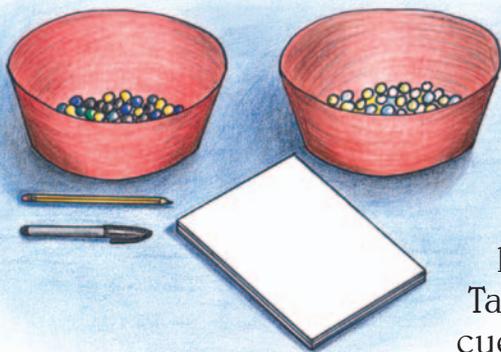
Un fósil es aquella prueba material de vida con más de diez mil años de antigüedad. Los fósiles no pueden decir la edad en años, pero sí pueden decir, dada su cantidad y ubicación, cuáles de ellos son más antiguos. Al observar la distribución de los fósiles en las rocas, se hace evidente la enorme cantidad de tiempo requerido para que un grupo de seres haya desaparecido por completo; es decir, para que hayan evolucionado. Eso llevó a Charles Lyell a pensar que, en el tiempo que el humano ha podido observar a los organismos actuales, estos prácticamente no han cambiado, entonces, para que desaparecieran grupos completos en el registro geológico, debería de haber pasado una enorme cantidad de tiempo.

# Experimento 2

## Especies que se extinguen

### Materiales:

- Un tazón con 10 canicas verde oscuro, 10 canicas azul oscuro, 10 canicas amarillo oscuro y 10 canicas negras.
  - Un tazón con canicas transparentes tipo "agüitas": 10 sin color, 10 azul claro, 10 amarillo claro y 10 verde claro.
- También se pueden usar cuentas de plástico.
- Papel, lápiz, plumón.



### Procedimiento:

Marca el tazón de las canicas oscuras con una A y el tazón de las canicas claras con una B.

Sin ver cuál sacas, toma una canica del tazón B y ponla en el tazón A, luego revuelve las canicas del tazón A, saca de allí una canica y deséchala. Repite esta

operación 5 veces y observa cuántas canicas originales(oscuras) quedaron en el tazón A, anótalo en el papel en forma de tabla.



Repite la operación otras 5 veces y vuelve a anotar cuántas canicas oscuras y cuántas claras quedan en el tazón A. Repite la operación hasta que se agoten las canicas del tazón B.

### **Observa:**

Podrás ver que conforme realizas la operación descrita, las canicas oscuras van desapareciendo y las canicas claras van ocupando su lugar. También verás que algunas canicas oscuras desaparecerán primero y otras permanecerán.

### **Explícalo:**

En el experimento vemos que la cantidad de canicas oscuras va disminuyendo conforme se repite la operación descrita y, por lo tanto, también podemos decir que desaparecerán en algún momento si seguimos repitiendo dicha operación. Si tomamos la hora cada vez que anotamos el número de canicas en nuestra tabla, veremos que hay una relación entre el tiempo transcurrido y el número de canicas oscuras que van quedando. Es importante notar que el tiempo necesario para que lleguen a desaparecer por completo las canicas oscuras se va haciendo enorme, conforme aumentamos el número inicial de canicas.

### **Encuétralo en la naturaleza:**

Charles Lyell notó, en un conjunto de capas de roca, que al ir ascendiendo hacia las capas superiores, desaparecían poco a poco las poblaciones de fósiles





que había observado en las capas inferiores, siendo sustituidas por otros fósiles distintos. Él interpretó que debieron transcurrir muchos millones de años para que una población completa de fósiles desapareciera. De esa manera, al ordenar los fósiles por grupos o poblaciones, estableció la Tabla del Tiempo Geológico, que es la base fundamental de la Geología.

## CÁLCULO BASADO EN LA PÉRDIDA DE CALOR DE LA TIERRA



La idea de que la Tierra inició como una masa incandescente es muy antigua. En el auge de las ciencias físicas del siglo XVIII, varios personajes decidieron hacer un cálculo de cuánto tardó la Tierra en enfriarse hasta su estado actual. Uno de ellos, quizá el más famoso, fue Georges Louis Leclerc, más conocido como Conde de Buffon, quien en 1779 hizo dicho cálculo, proponiendo una edad para la Tierra de 75 000 años. En 1862 William Thomson (conocido como Lord Kelvin) hizo un cálculo semejante, pero más detallado y calculó una edad de 20 a 100 millones de años.

**¿Por qué no se pudo obtener la edad de la Tierra con este método?:** En estos cálculos no consideraron varias cosas, por ejemplo: que la Tierra contiene minerales radiactivos que aportan calor; que el calor en la Tierra se transmite también por convección (ver libro 3 de esta serie); que la corteza terrestre es una “costra” que se ha engrosado con el tiempo y hace más lenta la pérdida del calor, y consideraron temperaturas mucho menores que las que hay en la profundidad de la Tierra.

# Experimento 3

## Transmisión de calor

Sin duda habrás notado que parece que los materiales están a distinta temperatura, ya que al tocarlos, algunos se sienten más fríos que otros, pero ¿realmente están a distinta temperatura?

### Materiales

- Materiales varios tales como: alfombra, madera, metal, barro, mosaico, cartón, etc.
- Un termómetro que pueda medir temperaturas entre 0 y más de 40 °C.



### Procedimiento

Toca los distintos tipos de materiales; luego, con el termómetro mide la temperatura de cada uno.

### Observa

Aunque estén a la misma temperatura, tú sientes que unos están más fríos que otros.

### Explícalo

Los materiales tenderán a tener la misma temperatura, si pasan mucho tiempo en el mismo



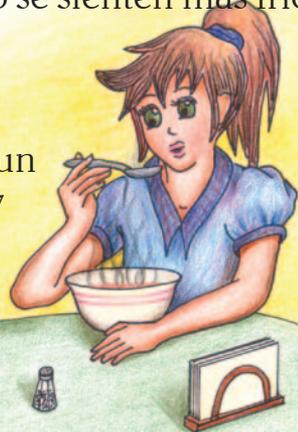


ambiente. Esto seguramente lo has observado cuando dejas sopa caliente en un plato sin tomártela y se enfría. También notarás que un refresco frío se calienta si se deja fuera del refrigerador. Si esa sopa y ese refresco olvidados estuvieran en un mismo lugar, al rato la sopa y el refresco tendrán la misma temperatura.

Considera que la temperatura de un cuerpo humano es cercana a  $36.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; en un día agradable la temperatura ambiental estará a unos  $26\text{ }^{\circ}\text{C}$  y los objetos tendrán aproximadamente esa temperatura, es decir, estarán más fríos que tu cuerpo. El que unos objetos se sientan más fríos que otros dependerá de su capacidad de conducir el calor, a lo cual se le llama conductividad térmica. La alfombra es mala conductora del calor, por eso tu piel no puede transmitirle rápido tu calor y no la sentirás tan fría. En cambio, los metales son los mejores conductores del calor y tu calor se transmite a ellos muy rápidamente, por eso se sienten más fríos que otros materiales.

### **Aplicalo a tu vida diaria**

Cuando sirves la comida en un día muy frío, ésta se enfriará muy rápido pues el plato estará frío. Si quieres que tu comida se mantenga más tiempo caliente, procura que el plato esté tibio antes de servirla.



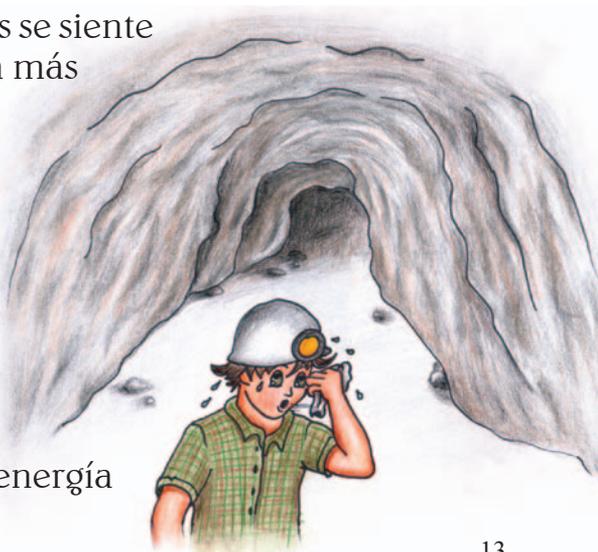
Para aliviar una parte del cuerpo lastimada, es muy común que en esa parte se pongan objetos muy fríos (bolsa con hielo) o muy calientes (bolsa con agua caliente). Si pones las bolsas directamente sobre la piel, el cambio de temperatura puede ser demasiado rápido y lastimarte; para que eso no ocurra debes usar un trapo entre tu piel y la bolsa. Como la conductividad térmica del trapo es bastante baja, el cambio de temperatura se dará lentamente y sin lastimarte.

**Tabla.** Conductividad térmica de algunos materiales comparados con el aire:

Aire	1
Madera	6
Agua	24
Vidrio	30-40
Granito	130
Acero inoxidable	600
Cobre	16 000

### **Encuétralo en la naturaleza**

Adentro de las minas se siente mucho calor, porque a más profundidad las rocas están más calientes. Si se pudiera seguir cada vez más profundo, se alcanzarían zonas de la Tierra que están a cientos de grados centígrados. Ese calor se utiliza para producir energía



eléctrica en los denominados “campos geotérmicos”, que son una manera muy poco contaminante de obtener energía.

Cuando un cuerpo cambia de temperatura le ocurren muchas cosas, una de las más importantes es que cambia su volumen, y por lo tanto, cambia su densidad. Recordemos que las diferencias de densidades hacen que los fluidos se muevan (ver libros 3 y 4 de esta serie). En realidad, en muchísimos de los movimientos que ocurren en la Tierra interviene la transmisión del calor de un cuerpo a otro; algunos ejemplos son: el movimiento del aire (vientos), el movimiento del agua en el mar (corrientes marinas) y el movimiento de los continentes (tectónica de placas).

## **CÁLCULOS BASADOS EN LA SALINIDAD DEL AGUA DE MAR**



El agua de mar es salada, todos lo sabemos, pero ¿por qué es salada? Se ha considerado que es salada, porque los ríos que llegan al mar llevan en solución sales, que disolvieron de las rocas durante su camino. A su vez, el agua de los ríos viene principalmente del mar, y es producto de la evaporación que produce el sol. El agua que se evapora del mar forma nubes que al condensarse caen como lluvia sobre la tierra, luego viaja en los ríos hasta regresar al mar, donde se evapora nuevamente... y se repite el ciclo. Con cada viaje del río, el agua acarrea un poquito de sal, que se queda en el mar, haciéndolo un poquito más salado.

Pensando en lo anterior, muchos científicos intentaron ver en cuánto tiempo los mares se habían vuelto salados. Entre ellos John Joly hizo su cálculo en

1899 suponiendo que cuando la Tierra recién se formó, el mar era de agua dulce. Calculó la cantidad de sal transportada por los ríos del mundo al mar cada año y midiendo la salinidad actual del mar, llegó a la conclusión de que la Tierra tenía aproximadamente 89 millones de años.

**¿Por qué no se obtuvo correctamente la edad de la Tierra con este método?** Lo que en realidad Joly estaba calculando era la edad de los mares y él consideró que la Tierra siempre tuvo los mismos mares que actualmente tiene. Su cálculo falló, entre otras cosas, porque ahora se sabe que la superficie de los continentes ha cambiado mucho a lo largo de la historia de la Tierra, por eso la cantidad de sal que los ríos acarrearaban en el pasado era muy distinta a la que llevan actualmente.

## Experimento

### 4

#### Disolución, evaporación y condensación

##### Materiales:

- Una piedra pequeña (o cualquier otro objeto pesado)
- Dos recipientes, uno mediano y otro pequeño
- Un vaso transparente
- Un pedazo de plástico
- Cinta adhesiva
- Agua
- Sal



## Procedimiento

Añade cucharaditas de sal a un vaso con agua hasta que ya no se disuelva más; es decir, hasta que veas que la sal se va al fondo del vaso por más que la agites.



Ahora vacía el agua con sal en el recipiente grande; dentro de él (en el centro) pon el recipiente pequeño. Cubre ambos con el plástico y fija el plástico al recipiente con cinta adhesiva.



Enseguida

pon la piedra en el centro, de manera que el plástico tome una forma cónica y que la punta del cono esté arriba del recipiente pequeño. Pon todo al sol y déjalo un tiempo.



Para que este experimento funcione se requiere que la inclinación del plástico sea grande, entre más inclinado, mejor.

Una variante es que, usando recipientes metálicos, los pongas a fuego muy bajo en la estufa.



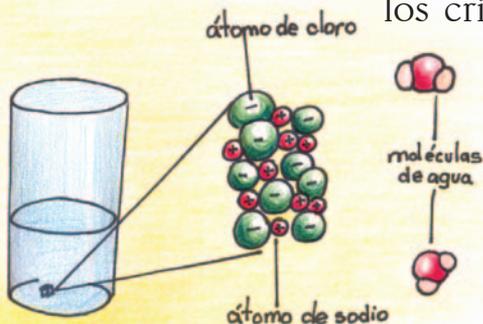


## Observa

En el experimento verás que, pasado un tiempo, el recipiente pequeño contendrá algo de agua. Puedes probar esa agua y verás que no es salada!

## Explicalo

Lo que hiciste al inicio del experimento se llama disolución, consiste en mezclar dos sustancias, pero se mezclan en partículas muy, muy pequeñas, incluso a nivel molecular o atómico. En el caso de la sal, ésta está compuesta por un átomo de cloro y otro de sodio, todos apretados formando



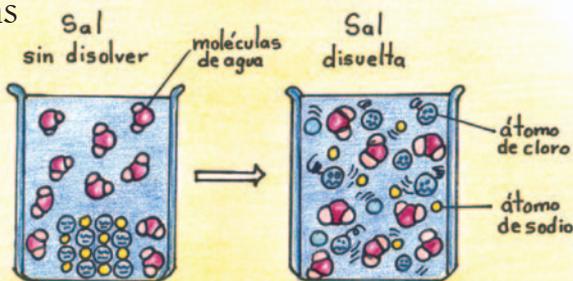
los cristales que ves.

Cuando agregamos la sal al agua, el agua arranca los átomos de cloro de los cristales de sal, dispersando los

átomos que forman la sal entre las moléculas de agua, hasta que no queda nada del cristal de sal.

Por eso es que, por más que filtres, o centrifugues la solución, no podrás separar la sal nuevamente.

La única manera de hacerlo es evaporando el agua o cristalizando la sal.



Lo que hicimos en el experimento de los dos recipientes y el plástico es convertir el agua líquida en vapor (evaporarla) y luego volverla a convertir en líquido (condensarla); el agua que se evapora del recipiente grande se condensa al contacto con el plástico y escurre al recipiente pequeño.

## Aplicalo a tu vida diaria



Disolver es una de las cosas que más comúnmente hacemos en casa; por ejemplo, endulzamos el agua de frutas, ponemos sal en

los alimentos y hacemos aderezos para poner en las ensaladas. Otro ejemplo es cuando mezclamos jabón o cloro en agua para limpiar. Todo eso es algún tipo de disolución. Muchos alimentos y medicinas también son disoluciones. Aunque te parezca extraño, también hay disoluciones sólidas, por ejemplo los vidrios de colores y muchas cosas de metal como el acero, las joyas de oro y las monedas. Como puedes ver, muchísimas cosas se hacen disolviendo.

## Encuétralo en la naturaleza

En la naturaleza también hay innumerables ejemplos de disoluciones. Basta considerar el agua del mar, el aire, la sangre, el sudor y la savia de las plantas. Te invitamos a pensar qué cosas son disoluciones y verás que las encontrarás por todas partes.

# Experimento 5

## Cristalización

### Materiales

- Un vaso transparente
- Un palito o lápiz
- Un hilo
- Alumbre o sal



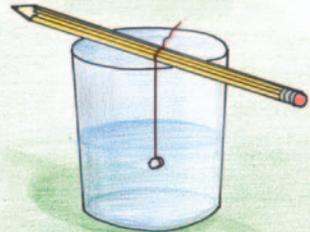
### Procedimiento



Disuelve alumbre (o sal) en un recipiente con agua tibia hasta que ya no logres disolver más.

Amarra un extremo del hilo al centro del palito y en el otro extremo amarra un pedacito de cristal de alumbre. Posteriormente se debe colocar

el cristal colgando del palito, de manera que quede sumergido en la disolución. El palito apoyado en los bordes del recipiente permitirá sostener el cristal dentro de la disolución. Puedes fijar el palito al recipiente con cinta adhesiva. Debes entonces guardar el recipiente en un lugar seco y donde no le caiga polvo.



### Observa

Se podrá ver que el cristal crece día con día. Si tienes suerte, el cristal crecerá hasta hacerse bastante grande y poder ver sus caras fácilmente, a simple vista.

## Explícalo

Recordarás que al inicio del experimento disolviste alumbre hasta que ya no lo lograbas disolver más, eso quiere decir que llegaste al límite máximo de alumbre que esa agua podía disolver, a eso se le llama solución saturada. Guardar el recipiente por un tiempo permitió que el agua se evaporara gradualmente y que aumentara la concentración de alumbre disuelto, lo que hace que supere el límite de saturación en la solución y entonces se produjo la precipitación del alumbre. El cristal que pusiste colgando en el hilo atrajo los cristallitos de alumbre que hay en exceso y de esa manera el cristal creció.



## Aplícalo a tu vida

En nuestra vida cotidiana vemos muchos casos de cristalización (precipitación) de muy diversas sustancias. Observa, por ejemplo, cómo en muchas uniones de tuberías aparecen manchas de color blanco o amarillo, comúnmente también aparecen en las llaves de agua y en las regaderas. De la misma manera, aparecen ese tipo de manchas en algunas paredes y pisos durante las temporadas de lluvia (principalmente en los rincones). Cuando se hierve agua aparece una línea blanca en la olla, muy cerca del nivel original del agua. Todos esos son ejemplos de sales que están disueltas en el agua y que precipitan con la evaporación. Esos precipitados afean muchos objetos, o bien, tapan tuberías y otros conductos de nuestros aparatos, es por eso que se vende agua especial libre de sales para usarla en las planchas de vapor, por ejemplo.

## **Encuétralo en la naturaleza**

El mar es un ejemplo de una disolución, todos sabemos que es salado. La sal que consumimos se obtiene, en gran parte, evaporando agua de mar. A veces la naturaleza hace por ella misma ese procedimiento de precipitación de sal del mar o de lagunas y se forman grandes depósitos de la denominada “sal gema”. Al precipitarse la sal de esa manera, lo hace como cristales cúbicos de cloruro de sodio; esa sal es un mineral llamado “halita”.

También hay rocas que se forman por precipitación, como las denominadas “caliza” y “travertino”, las cuales se usan como rocas de ornato en muchas construcciones, principalmente en edificios públicos; seguramente las has visto. Por ejemplo, el famoso Coliseo de Roma tiene mucho travertino.

Hay un conjunto de rocas que se forman por la precipitación de sales durante la evaporación natural de mares, lagos o lagunas, se llaman “evaporitas”. Como puedes ver, su nombre nos dice cuál fue su origen.

Por otra parte, tal vez habrás visto en algunas joyerías piedras muy bonitas, como por ejemplo ágata y ónix, que pertenecen a un conjunto de minerales denominados “calcedonia”, los que también se forman por precipitación, en ese caso de sílice.

## **CÁLCULOS BASADOS EN EL REGISTRO GEOLÓGICO**



### **Erosión y depósito de sedimentos**

En el siglo XV, Leonardo Da Vinci, viendo la capa de sedimentos que estaban a los lados del río Po, pensó que esos sedimentos se depositaban en sus márgenes



cada año. Viendo el grueso de las capas y haciendo pruebas de la velocidad con que se acumulaban los sedimentos, calculó el tiempo que debió de tomar la formación de los depósitos de arenas y limos que observaba. De esa manera propuso que si una capa de sedimentos se formó en 20 000 años, entonces la Tierra formada antes que ellos, debería de ser mucho más antigua.

El agua de los ríos siempre tiende a ir hacia el mar y va formando su propio camino. En su camino erosiona las rocas por las que pasa. Mientras mayor sea la pendiente, mayor será su poder erosivo. Al erosionar arranca pedazos y disuelve las rocas que están en los bordes de los ríos. Las rocas desmenuzadas forman se-

dimentos en suspensión, mientras que la roca disuelta hace que el agua del río aumente su salinidad. Leonardo observó que cuando el agua de los ríos baja su velocidad, o se detiene, los sedimentos se depositan. La erosión y depósito de sedimentos fueron usados en numerosos cálculos para tratar de saber la edad de la Tierra. Por ejemplo, la velocidad de erosión fue usada por James Croll para calcular, en 1889, que hacen falta 20 000 años para erosionar 1 metro de relieve, proponiendo una edad de 72 millones de años para la Tierra. Por otra parte, numerosos científicos midieron la cantidad de sedimentos que representan las rocas sedimentarias y metamórficas que hay en la Tierra y calcularon el tiempo requerido para su acumulación. Uno de ellos, Arthur Holmes, calculó en 1913 que la edad de la Tierra debía ser entre 250 y 350 millones de años.

**¿Por qué no se pudo obtener la edad de la Tierra con este método?** La erosión es un proceso muy variable en el tiempo y en el espacio. Además, no hay un registro de rocas que abarque la vida completa de la Tierra.



# Experimento 6

¿Cómo se comporta la mezcla de sedimentos con agua?



## Materiales

- 1 Recipiente grande
- 1/2 taza de fécula de maíz (maizena)
- 1/4 de taza de agua

## Procedimiento

Primero introduce un dedo en el agua y muévelo, verás que se mueve fácilmente, pero hay cierta resistencia al movimiento, lo notarás más si comparas el movimiento cuando agitas el dedo en el aire.



Ahora mezcla la maizena con el agua ayudándote con una cuchara, hasta que parezca una pasta.

## Observa

Si dejas reposar un tiempo la mezcla, la maizena se deposita en el fondo del recipiente, dejando encima una



capa de agua. Si antes de que se separen el agua y la maizena golpeas con fuerza la superficie, verás que parece un sólido, pero si metes un dedo suavemente y



lo mueves lentamente, parece un líquido. Si metes un dedo y tratas de sacarlo muy rápidamente, sentirás que tu dedo está atrapado.

## Explícalo

Las partículas finas de rocas, o de maizena en el experimento, no se combinan químicamente, solo se mantienen en suspensión, “nadando” en el agua. En este experimento habrás visto que el material en suspensión se depositó en el fondo después de un tiempo. A este proceso se le llama sedimentación y al material que queda en el fondo se le llama sedimento.

Cuando el agua está sola, sin partículas en suspensión, se comporta como líquido. Aunque se mueve fácilmente, presenta cierta resistencia al movimiento, la cual se llama viscosidad. Dicha resistencia se mantiene igual, ya sea que el agua se mueva rápida o lentamente. Cuando el agua contiene partículas, ocurre un cambio muy importante, pues la resistencia al movimiento depende de la velocidad con que se intenta mover la mezcla. Cuando se trata de moverla rápido, su resistencia se hace tan grande que parece sólido, pero si se mueve despacio la resistencia es muy pequeña y se comporta como líquido.

## Aplicalo a tu vida diaria

Muchas cosas que utilizamos o comemos tienen partículas en suspensión, por ejemplo la pintura, algunas medicinas, salsas, o agua de frutas.



Es por eso que a veces necesitamos agitarlas antes de consumirlas o usarlas, ya que las partículas que contienen se sedimentan al estar sin moverse durante un tiempo.

### **Encuétralo en la naturaleza**

Es muy común que haya lodo en las orillas de los lagos, ríos, estanques, etc. El lodo es una mezcla de partículas y agua, así que se comportará de manera



parecida a tu mezcla de maizena y agua. Si pisas allí podrás caminar rápidamente sobre el lodo y sentirás que resiste bien tu peso, pero en cuanto te detengas

empezarás a hundirte. Debes tener cuidado pues puedes dejar un zapato atrapado en el lodo y será difícil rescatarlo.

## CÁLCULOS BASADOS EN LA DESINTEGRACIÓN RADIACTIVA



### El aporte de Ernest Rutherford

Ernest Rutherford fue uno de los físicos más importantes de inicios del siglo veinte; su más famosa aportación fue el modelo del átomo que lleva su nombre. Él propuso que el átomo está formado por un centro muy pequeño al que llamó núcleo, donde hay partículas muy apretadas unas con otras.

Propuso también que los electrones estaban girando a su alrededor y que había una gran cantidad de espacio vacío entre el núcleo y los electrones. Rutherford ideó este modelo a partir de los resultados obtenidos en un experimento que realizaron, bajo su dirección, su joven colega Hans Geiger y el estudiante Ernest Marsden en 1909.

En esos tiempos se creía que el átomo era como un “pan con pasas”, formando una masa sin espacios vacíos. El experimento consistía en lanzar unas partículas llamadas “alfa” sobre una placa de oro. Lo interesante resultó al observar que algunas partículas rebotaban como si chocaran contra algo muy duro y masivo (el núcleo del átomo), mientras que la mayoría de las partículas, o bien atravesaban la placa, o solamente se desviaban un poco.

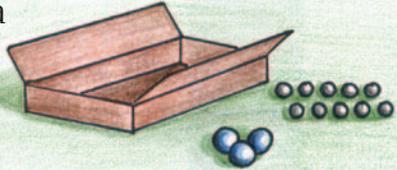


# Experimento 7

## Choque de átomos

### Materiales

- Una caja de cartón pequeña
- 3 pelotas de goma dura de aproximadamente 3.5 cm de diámetro
- 10 pelotas de "unicel" de aproximadamente 0.5 cm de diámetro (los diámetros no tienen que ser exactos, tómalos como guía para que elijas los tamaños).



### Procedimiento



Quita dos lados de la caja. Coloca las 3 pelotas de goma y cúbreelas con la caja, de manera que no puedas verlas. Por uno de los lados que quitaste a la caja lanza una a una las pelotas de unicel.

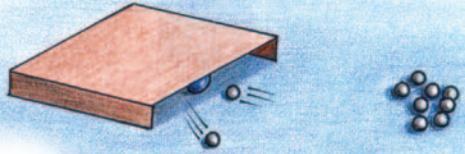
### Observa

Cuando lanzas las pelotas de unicel, algunas de ellas rebotan. Eso ocurre porque debajo de la caja hay partículas sólidas muy masivas, que son las pelotas de goma.



## Explícalo

En nuestro experimento no puedes ver (desde arriba) qué hay debajo de la caja,



Rutherford y sus colegas tampoco podían ver qué había dentro de la placa de oro a nivel atómico. Ellos creían que todas las partes que constituían los átomos estaban mezcladas formando una masa sin espacios vacíos y que, por lo tanto, las partículas que le lanzaban atravesarían la placa desviándose solo un poco, ya que son partículas que viajan muy rápido y son bastante masivas. Como ya vimos, no fue así, pues algunas rebotaban.

En nuestro experimento observamos que al lanzar las pelotas de unicel, algunas de ellas rebotan; eso ocurre porque dentro de la caja hay pelotas de goma que son grandes y pesadas. Rutherford dedujo, sin necesidad de ver lo que había dentro de la placa de oro, la presencia de una parte del átomo muy masiva (núcleo), y así cambió la idea que se tenía anteriormente sobre cómo eran los átomos.

## Encuétralo en la naturaleza

En algunos átomos, el núcleo se desintegra espontáneamente, es decir sin causa aparente, y al desintegrarse emiten radiación. A los materiales que tienen esta propiedad se les llama radiactivos. Aunque hay muchos materiales naturales que son radiactivos, estos aparecen en concentraciones muy bajas. A veces algunos de ellos están un poco más concentrados, por ejemplo el uranio, que se utiliza para producir energía eléctrica. Como la radiactividad produce mucho calor, se aprovecha para calentar agua y una vez

que se logra hacer vapor, éste se usa para mover máquinas llamadas turbinas, que generan electricidad.

## Vida media y vida promedio de átomos radiactivos

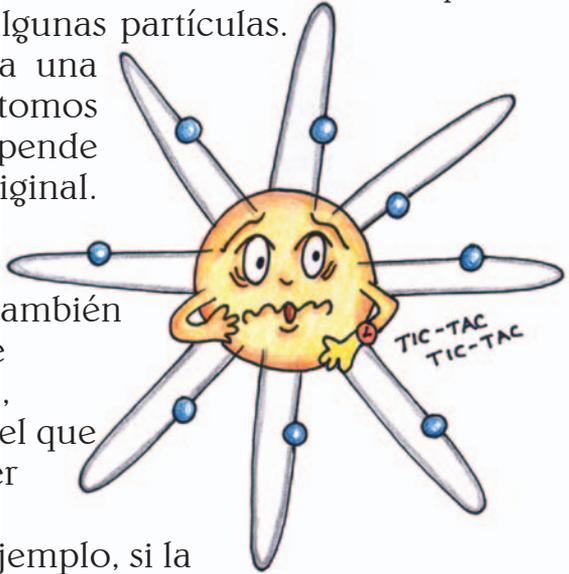
En los átomos que son radiactivos, su núcleo se desintegra y el átomo se transforma en otro tipo de átomo, emitiendo algunas partículas.

El tiempo que tarda una cierta cantidad de átomos en transformarse depende del tipo de átomo original. Ese tiempo se mide de dos maneras:

La “vida media”, también llamada “periodo de semidesintegración”, que es el tiempo en el que la mitad de cualquier cantidad de átomos se transforma. Por ejemplo, si la

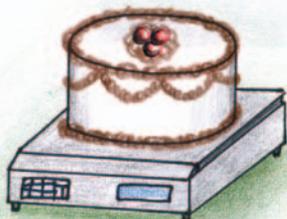
vida media de un átomo es de 10 segundos y si iniciamos teniendo 1000 gramos (1 kilogramo), a los 10 segundos tendríamos solamente 500 gramos (medio kilogramo) del átomo original, a los 20 segundos tendríamos 250 gramos (la mitad de medio kilogramo), en 30 segundos tendríamos 125 gramos (la mitad de la mitad de medio kilogramo) y así sucesivamente.

La otra manera es con la “vida promedio”, que es el tiempo promedio que dura un átomo sin transformarse.



# Experimento 8

## Vida Media de un pastel



Para entender el proceso de la radiación se propone el siguiente ejercicio: Consíganse un número cualquiera de niños y un pastel. Se pesa el pastel y se parte a la mitad. Que los niños se coman una mitad del pastel y se mide el tiempo que tardaron. Se parte la otra mitad del pastel en dos y se reparte entre los niños un cuarto de pastel. Para consumir ese cuarto de pastel se da a los niños un tiempo igual al transcurrido cuando se comieron la primera mitad del pastel. Se repite el ejercicio con un octavo de pastel, pero los niños siempre deberán utilizar

el mismo tiempo, aunque en cada ocasión, la parte del pastel consumida sea más pequeña. Se hacen las consideraciones siguientes:

- A.** Que cada gramo del pastel es el núcleo de un átomo radiactivo.
- B.** Que el ritmo al que comen los niños representa la actividad radiactiva.

Ahora vamos a calcular la vida media, la actividad radiactiva, la constante de desintegración y la vida promedio de la manera siguiente:

## **Vida media**

El tiempo que tardaron en comerse la primera mitad del pastel, en segundos, es la “vida media”. Hágase la observación de que se utilizó siempre el mismo tiempo para consumir la mitad del pastel restante, sin importar el tamaño de la porción de que se tratara.

## **Actividad radiactiva**

Se saca la mitad del peso total del pastel (en gramos), y la cantidad resultante se divide entre el tiempo transcurrido en comerse la mitad del pastel (en segundos). El resultado es la actividad radiactiva durante la primera repartición de pastel. Luego se calcula la cuarta parte del peso total del pastel y la cantidad resultante se divide entre el tiempo transcurrido en comerse los tres cuartos de pastel (en segundos). El resultado es la actividad radiactiva para las dos primeras reparticiones de pastel y así, sucesivamente, se puede seguir calculando. Como se puede ver, al principio la actividad radiactiva es muy grande y al final es muy pequeña.

## **Constante de desintegración**

La constante de desintegración la podemos aproximar al dividir el promedio de las actividades radiactivas, entre el promedio de los pesos de las porciones de pastel en gramos. Entre más particiones de pastel usemos, mejor. En el caso de los materiales radiactivos, considera que un gramo de uranio contiene más de dos mil quinientos cuatrillones de átomos (es decir, 25 seguido por 26 ceros), por eso, para calcular la constante de desintegración se utilizan herramientas matemáticas más complejas, que permiten considerar un número infinito de particiones.

## Vida promedio

Es el tiempo promedio que el núcleo de un átomo radiactivo permanece antes de desintegrarse y se calcula al dividir 1 entre la constante de desintegración. Hágase la observación de que la vida promedio es distinta que la vida mitad.



## LA EDAD DE LA TIERRA OBTENIDA POR MEDIO DE MATERIAL RADIATIVO

La manera más moderna de conocer la edad de la Tierra es utilizando los materiales radiactivos naturales que hay en las rocas. El primer científico que usó con éxito este método para ponerle edad en millones de años (Ma) a las capas de roca de la Tierra fue Arthur Holmes.

Actualmente conocemos la vida promedio de muchos materiales radiactivos que hay en las rocas, así que los científicos solo tienen que buscar esos materiales y analizarlos para poder calcular cuándo se formaron las rocas que los contienen. Durante varias décadas ellos buscaron las rocas más antiguas para obtener su edad, pero se dieron cuenta de que las rocas que había al principio de la formación de la Tierra ya no estaban, porque



nuestro planeta no se está quieto y esas rocas ya habían sido destruidas.

Entonces se les ocurrió buscar un pedazo de material parecido al que se juntó para formar la Tierra.

Ese material son los meteoritos, así que se recolectaron los más posibles y se sacaron sus edades. Uno de los meteoritos más antiguos cayó en Allende, Chihuahua, y dio cerca de 4 567 millones de años (4 567 000 000 años). Aún se sigue debatiendo para dar más exactitud a la edad del nacimiento de nuestro planeta, considerando que quedó constituido decenas de millones de años después de que se formaron esos meteoritos. Gracias a la radiactividad se puede saber la edad de las montañas, de los océanos, de las cavernas, de los volcanes, entre muchas otras cosas y, por fin, actualmente se tiene una idea bastante clara de la verdadera edad de la Tierra. Hoy sabemos que es cercana a 4 540 millones de años.



## **Acerca de los autores:**

### **Ángel Francisco Nieto-Samaniego**

Obtuvo su doctorado en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) con especialidad en Tectónica. Es Investigador Titular "C" y profesor de Posgrado en el Centro de Geociencias de la UNAM. Fue presidente de la Sociedad Geológica Mexicana y editor del Volumen Conmemorativo del Centenario de dicha sociedad. Es nivel II del Sistema Nacional de Investigadores, miembro de la Academia Mexicana de Ciencias y pertenece a comités editoriales de revistas científicas nacionales y extranjeras. Ha publicado 66 trabajos científicos y 12 de divulgación.

### **Susana A. Alaniz Álvarez**

Estudió la carrera de Ingeniería Geológica y obtuvo su doctorado en Ciencias de la Tierra en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Es Investigadora Titular "C" y profesora del Posgrado de Ciencias de la Tierra del Centro de Geociencias en el campus Juriquilla de la UNAM. Es autora de 45 artículos científicos relacionados con la deformación de la corteza superior y ha publicado varios libros de divulgación. Pertenece a la Academia Mexicana de Ciencias, es nivel II del Sistema Nacional de Investigadores y es Académica de número de la Academia de Ingeniería. En 2004 recibió el premio Juana Ramírez de Asbaje otorgado por la UNAM.

### **María Cecilia Nieto Samaniego**

Se graduó como Profesora en Artes Plásticas por la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Ha participado en cerca de 30 exposiciones colectivas de pintura y escultura en cerámica. Ha tomado cursos de pintura y dibujo con maestros de la talla de Roberto Parodi y Enrique Estrada. Actualmente trabaja en su taller particular y ocasionalmente imparte clases de pintura infantil.

## **Agradecimientos:**

La parte técnica del texto fue revisada por los Doctores María Teresa Orozco Esquivel, Jaime Urrutia Fucugauchi, Carlos M. González León, José Pablo Liedo Fernández, Francisco J. Vega Vera, Luigi Solari, Juan Carlos García Barragán y Mario Andrés Cuéllar Cárdenas.

Aurora M. Asprón Ramírez, Adriana Guzmán, Emilia Cruz Alaniz y Joaquín E. Alaniz Álvarez amablemente accedieron a revisar el manuscrito, haciéndonos valiosas recomendaciones. El estilo y la redacción fueron revisados por María Eugenia Villades Nieto.

# Índice

## INTRODUCCIÓN

**página 1**

### **CÁLCULOS BASADOS EN LA BIBLIA**

Las leyes de la Genética

Experimento 1. Probabilidad de heredar ojos claros

**página 6**

### **CÁLCULOS BASADOS EN EL REGISTRO FÓSIL**

Experimento 2. Especies que se extinguen

**página 10**

### **CÁLCULOS BASADOS EN LA PÉRDIDA DE CALOR DE LA TIERRA**

Experimento 3. Transmisión de calor

**página 14**

### **CÁLCULOS BASADOS EN LA SALINIDAD DEL AGUA DE MAR**

Experimento 4. Disolución, evaporación y condensación

Experimento 5. Cristalización

**página 21**

### **CÁLCULOS BASADOS EN EL REGISTRO GEOLÓGICO**

Experimento 6. Haciendo arenas movedizas con maizena y agua

**página 27**

### **CÁLCULOS BASADOS EN LA DESINTEGRACIÓN RADIACTIVA EL APORTE DE ERNEST RUTHERFORD**

Experimento 7. Choque de átomos y partículas

Experimento 8. Vida media de un pastel

**página 33**

### **LA EDAD DE LA TIERRA OBTENIDA POR MEDIO DE MATERIAL RADIACTIVO**



La impresión de este fascículo fue financiada por:

**Academia Mexicana de Ciencias**

**Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros**

**Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del  
Instituto Politécnico Nacional**

**Fresnillo, PLC**

**Museo de los Metales, Peñoles**

**Universidad Nacional Autónoma de México**  
a través de:

La Coordinación de la Investigación Científica  
el Instituto de Geología y  
el Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación  
y Mejoramiento de la Enseñanza PE102513





La serie “Experimentos simples para entender una Tierra complicada” está basada en la lista de los experimentos más bellos de la historia, publicada por la revista *Physics World* en septiembre del 2002. Fueron elegidos por su simplicidad, elegancia y por la transformación que provocaron en el pensamiento científico de su época. Cada fascículo de esta serie está dedicado a uno de esos experimentos. Nuestro propósito es lograr que entiendas, a través de la experimentación, fenómenos que ocurren tanto en nuestra vida cotidiana como en nuestro planeta.

Este fascículo está dedicado al experimento que permitió a Rutherford el descubrimiento del núcleo del átomo.

Libros de esta serie

1. La presión atmosférica y la caída de los cuerpos
2. La luz y los colores
3. ¡Eureka! Los continentes y los océanos flotan
4. El clima pendiendo de un hilo
5. La Tierra y sus ondas
6. La medición de la Tierra
7. **La edad de la Tierra**

La serie completa la puedes descargar de la página  
<http://www.geociencias.unam.mx>

