





# PARA JUGAR CON LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

GRUPO QUARK



*Para jugar con la ciencia y la tecnología*

Primera edición, 2013

© Contenido

GRUPO QUARK

© Características gráficas

TEXERE EDITORES SA DE CV

Coordinación editorial

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

BERTHA MICHEL SANDOVAL

Revisión técnica

DAVID ARMANDO CONTRERAS SOLORIO (Fuentes de energía)

LUIS MEZA ARCOS (Ingeniería genética)

NOBORU TAKEUCHI (Nanotecnologías)

ÉDGAR ARTURO RAMOS RAMBAUD (Telecomunicaciones)

MIGUEL GARCÍA GUERRERO (Termodinámica)

Corrección de estilo

ANA ISIS CARDONA PADILLA

Diseño editorial

SALVADOR EDUARDO POSAS GUZMÁN

Diseño de forros

MAYRA VALADEZ ESTRADA

SALVADOR EDUARDO POSAS GUZMÁN

Responsables de la edición

JUDITH NAVARRO SALAZAR

MAGDALENA OKHUYSEN CASAL

ISBN: 978 607 8028 40 5

Esta investigación fue arbitrada por pares académicos.

Queda prohibida la reproducción de esta obra por cualquier medio o procedimiento, incluidos la reprografía y el tratamiento informático, sin la autorización escrita del coordinador editorial y Texere Editores SA de CV.

*Al Patrón: Antonio Villarreal Álvarez,  
pionero de la divulgación en Zacatecas,  
maestro de muchos de los que participamos  
en este esfuerzo, y creador del Museo de Ciencias  
de la Universidad Autónoma de Zacatecas,  
que este año celebra su cumpleaños número 30.*



## Agradecimientos

Los talleres de ciencia recreativa son una empresa colectiva por excelencia. En ese sentido, el presente libro es un fiel reflejo de la construcción social de los talleres en dos aspectos principales: primero, por la participación de múltiples personas en la redacción y revisión de los textos que aquí aparecen, y segundo, quizá en una instancia más profunda, porque las ideas plasmadas en las siguientes páginas son el resultado de los aportes de un gran número de científicos, docentes, divulgadores y, sobre todo, participantes del público no especializado que generosamente han ayudado a mejorar la divulgación de las actividades *Para jugar con la ciencia y la tecnología*.

Resulta de especial trascendencia la labor voluntaria que más de 150 personas han realizado en los últimos 12 años como miembros del Grupo Quark, no solo enriqueciendo la forma y el fondo de sus talleres, sino, también, haciendo posibles actividades con más de 100 mil personas en todo México. A lo largo de este tiempo, también han sido de gran valor el trabajo conjunto: las colaboraciones con otros grupos como el Taller Infantil de Física Espacial (San Luis Potosí), el Grupo Ónix (Morelia), la Red Antonio Alzate (Toluca), así como el área de Ciencia Recreativa del Museo Universum de la Universidad Nacional Autónoma de México, y los grupos PREDICE y Ciencia desde Cero (Distrito Federal); y todo este trabajo no habría sido posible sin la confianza y el apoyo de instituciones como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, la Sociedad Mexicana de Física, la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica y el Consejo Zacatecano de Ciencia y Tecnología.

Debemos hacer un reconocimiento especial para los académicos que generosamente revisaron los textos desde el punto de vista técnico, y nos ayudaron a corregir múltiples errores; aunque cabe aclarar que cualquier falla que finalmente aparezca en el libro es, por completo, nuestro error.

Nuestro agradecimiento para David Armando Contreras Solorio, Luis Meza Arcos, Édgar Arturo Ramos Rambaud y Noboru Takeuchi.

No podemos dejar de destacar el gran compromiso de la Universidad Autónoma de Zacatecas, a través del Museo de Ciencias, con el desarrollo de los talleres de ciencia recreativa durante las últimas tres décadas. El respaldo institucional brindado por las autoridades universitarias ha sido fundamental para el avance de estas actividades a nivel local, estatal e, incluso, nacional.

Finalmente, debemos agradecer el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a través de la Convocatoria de Proyectos de Comunicación Pública de la Ciencia 2012, para hacer posible esta publicación en el marco del “Programa de talleres para recrear la ciencia”.



## Presentación

La importancia que tienen la ciencia y la tecnología en el mundo actual está fuera de toda duda; sus descubrimientos e inventos llevan cientos de años transformando radicalmente la forma en la que trabajamos, nos comunicamos y vivimos. Lejos de reducirse, la influencia de la ciencia en nuestras vidas crece día con día. Como señala Miquel Barceló: “Se dice que hoy están en activo más investigadores y científicos de los que nunca antes habían existido en toda la historia de la Tierra, y la cruda realidad es que los descubrimientos de la tecnociencia están transformando nuestro mundo de forma a un tiempo inexorable y, posiblemente, irreversible”.<sup>1</sup>

Se supone que vivimos en lo que llaman una sociedad del conocimiento, en la que el desarrollo de individuos, instituciones y naciones está fuertemente ligado a su capacidad para aprovechar el conocimiento científico y tecnológico. Cobra una gran relevancia la divulgación científica como herramienta para acercar al público no especializado a los avances que transforman nuestro mundo, asignándole un rol activo, uno que no lo limite solo a recibir la información de los expertos.

Los talleres de divulgación involucran a las personas en un doble proceso de recreación científica que implica la construcción social de conocimientos a través de la creación de experiencias científicas agradables y significativas. Esta dinámica requiere de una máxima participación del público; está fundamentada en tres dimensiones de acción: física, intelectual y emocional, de manera que los usuarios lleven a cabo la apropiación de la actividad. Así, se busca que la ciencia y la tecnología dejen de ser elementos lejanos y ajenos a la vida de las personas, y que se integren significativamente a esta.

La sociedad del conocimiento implica avances en un gran número de frentes y con diferentes sistemas tecnológicos, pero el

1 M. Barceló: *Ciencia, divulgación científica y ciencia ficción*. 1998, Quark, p. 20–25.

presente material contempla específicamente cinco ejes que consideramos fundamentales para la cultura científica del ciudadano del siglo XXI: fuentes de energía, ingeniería genética, nanociencias y nanotecnologías, y telecomunicaciones y termodinámica. Tomamos estos temas como pilares para el desarrollo de aventuras científicas, como una invitación a los participantes para que se adentren en elementos que ya influyen en nuestras vidas y que tendrán una creciente trascendencia en los próximos años.

Las dinámicas buscan ilustrar los conceptos científicos fundamentales de cada uno de los temas; en algunos casos, a través de experiencias científicas directas, y en otros, mediante el uso de juegos simbólicos o de ejercicios lúdicos que fomenten en el público un acercamiento activo y participativo. La estructura general de las sistematizaciones en este libro se desprende del modelo usado por el Grupo Quark y el Museo de Ciencias de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Se trata de un esquema perfectible pero que ha probado su utilidad a lo largo de los últimos ocho años.

La idea es ofrecer los elementos necesarios para que una persona, ajena a la ciencia recreativa, pueda ejecutar las actividades aunque nunca haya visto, leído o escuchado acerca del taller específico a desarrollar. Las descripciones que se ofrecen de las dinámicas a implementar incluyen hasta nueve puntos encaminados a facilitar su desarrollo, estos son:

**Título.** Nombre de la actividad; se busca que llame la atención de los participantes y que se relacione con el tema abordado en la misma.

**Principios a revisar.** Conceptos científicos que se pretende dar a conocer a través del taller; o bien, las condiciones que se busca desarrollar en los participantes.

**Material.** Insumos necesarios para llevar a cabo la actividad recreativa.

**Procedimiento.** Lineamientos generales, separados en pasos, para realizar el taller.

**Preguntas.** Son planteamientos útiles para invitar a los participantes a la reflexión, elaboración de conjeturas y construcción de conclusiones.

**Marco teórico.** Revisión de los principios científicos generales que ayudan a construir la explicación para el modelo de actividad.

**Abordaje sugerido.** Discurso propuesto por la persona que elaboró la sistematización para abordar el tema en cuestión. Cabe aclarar que se trata de un abordaje muy subjetivo. En más de un sentido, los talleres sirven para contar historias. El cómo contar historias es algo profundamente personal y depende de un conjunto de factores que van desde nuestro contexto actual hasta las experiencias que vivimos cuando a nosotros nos cuentan las historias. No hay una forma correcta o incorrecta de contar historias, lo que existe es un sello único e individual que cada quien aplica cuando realiza un taller; sin embargo, y para aquellos que sientan que les falta experiencia, ofrecemos el abordaje sugerido no como un instructivo, sino, cuando mucho, como un punto de partida.

**Datos curiosos.** Información complementaria para contextualizar los conocimientos construidos en el taller o vincularlos con la vida cotidiana de los participantes.

**Dinámicas útiles.** Actividades complementarias para dar claridad a los conceptos abordados o para profundizar en algún tema específico.



## Contenido

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| <b>Fuentes de energía</b>          | 15  |
| Motor eléctrico                    | 19  |
| Generador eólico                   | 25  |
| Celdas solares                     | 29  |
| Reacción en cadena                 | 35  |
| Electrones excitados               | 43  |
| <br>                               |     |
| <b>Ingeniería genética</b>         | 49  |
| Gattacami                          | 51  |
| Jenga genético                     | 53  |
| Torre de ADN                       | 67  |
| Extracción de ADN                  | 73  |
| <br>                               |     |
| <b>Nanotecnologías</b>             | 79  |
| Escalas y potencias                | 81  |
| Grafeno y nanotubos                | 85  |
| Nanoscopio                         | 87  |
| Indeterminación                    | 102 |
| ¿Quién detiene las nanopartículas? | 111 |
| <br>                               |     |
| <b>Telecomunicaciones</b>          | 119 |
| Teléfono con vasos                 | 121 |
| Láser viajero                      | 125 |
| Láser modulado                     | 131 |
| Código binario                     | 139 |
| Pantalla humana                    | 143 |
| <br>                               |     |
| <b>Termodinámica</b>               | 149 |
| ¿Frío o caliente?                  | 151 |
| Globo refrigerador                 | 155 |
| Cañón de vórtices (Toro volador)   | 161 |
| Ludión                             | 165 |
| Fuego y agua                       | 171 |



## **Fuentes de Energía**

BERTHA MICHEL SANDOVAL

Alguien me dijo alguna vez que una civilización se define por el tipo de energía que utiliza; en ese caso, la que define a la nuestra es la electricidad; la usamos prácticamente para todo: para alimentarnos, para comunicarnos, para trabajar, para divertirnos. Me parece que nadie en la actualidad es capaz de imaginar un mundo sin electricidad en el que la sociedad permanezca inalterada.

Nuestra “civilización eléctrica” tuvo su origen en el siglo XIX, cuando Michael Faraday, un antiguo aprendiz de impresor con inquietudes de científico, descubrió que si construía una bobina, le ponía un imán dentro y luego le daba vueltas, obtendría como resultado una corriente eléctrica. Esto es lo que se conoce como el Principio de Inducción de Faraday.

Lo que es verdaderamente sorprendente es que en pleno siglo XXI, cuando ya tenemos incluso naves espaciales, la mayor parte de la electricidad que consumimos la producimos exactamente de la misma manera en que lo hizo, por primera vez, Michael Faraday.

Por supuesto, hemos mejorado: en lugar de poner a una persona a accionar las manivelas como en los primeros generadores eléctricos, ahora utilizamos otros tipos de energía para darle la vuelta a las bobinas y a los imanes: el agua en las hidroeléctricas, el viento en los aerogeneradores, la energía atómica en las centrales nucleares. Pero, y especialmente en los países que se conocen como “en desarrollo” (como el nuestro, pues), obtenemos la electricidad por medio de la quema de combustibles, generalmente de los hidrocarburos. El problema básico de este método es que tarde o temprano nos vamos a quedar sin cosas que quemar (además, claro, de llevarnos entre las patas al planeta), así que aquellos que queremos seguir toda la vida con cosas como computadora, consola de videojuegos, televisor, plancha, licuadora,

refrigerador y una larga lista de etcéteras estamos muy conscientes de la necesidad de generar formas nuevas y más eficientes de producir electricidad.

Sabemos que se están realizando avances cada día, pero el hecho es que las energías alternativas que se manejan no están exentas de problemas y se quedan cortas al intentar cubrir nuestras necesidades actuales. Las celdas solares (que con las reacciones químicas son las únicas otras formas que conocemos para producir electricidad) se perciben como uno de los procesos con más potencial, pero siguen siendo poco eficientes y caras. Las hidro y eoloelectricas pueden tener efectos desastrosos en el medio ambiente. Los biocombustibles requieren extensiones de tierra que hoy están dedicadas al cultivo de alimentos en un mundo donde todavía hay gente que se muere de hambre. La energía nuclear... bueno, mientras no sepamos qué hacer con los residuos radiactivos, sigue siendo, para muchos, una opción desesperada.

Se ve negro el panorama, ¿cierto?, bueno, no tanto, pero, la verdad, sí se ve gris.<sup>2</sup> Hay personas de lo más optimistas que piensan que, como estamos sacando petróleo de lugares que hasta hace unas décadas ni imaginábamos (el fondo del mar, por ejemplo), la crisis no se desatará sino hasta dentro de unos 200 años, con lo cual, los que tendrían que preocuparse por esto son los nietos. Pero también estamos los otros, los que creemos que al ritmo en que estamos gastando los combustibles ya podemos ir preparándonos para una terrible escasez en los próximos cincuenta años.

En cualquier caso, tarde o temprano necesitaremos formas nuevas de mantener viva nuestra civilización eléctrica, y una manera de iniciar el camino es comprender mejor los procesos que hacen posible la producción de electricidad, los problemas que esto conlleva, y las soluciones con las que podemos contribuir.

2 Un gris oscuro.



Este es el propósito de las actividades que integran este apartado: proveer a las personas de la información necesaria acerca de esta situación, para alertarlas y concientizarlas acerca de la imperiosa necesidad de tomar caminos nuevos. Quién sabe. Quizá entre los lectores de este trabajo, o los que realicen las actividades que aquí se describen, están aquellos que desarrollarán la fuente alterna de energía que será capaz de resolver los problemas del mundo.



# **Motor eléctrico**

MARIANA SALADO MEJÍA

## ***Principios a revisar***

Energía electromotriz

Conservación de la energía

Inducción electromagnética

## ***Material***

- Pila de 1.5 voltios tamaño AA
- Dos seguros (de cinco centímetros)
- Dos metros de alambre de cobre esmaltado
- Imán
- Rollo de cinta de aislar
- Pedazo de lija
- Objeto cilíndrico de tres centímetros de diámetro (plumón o manguera)

## ***Procedimiento***

1. Con ayuda del cilindro, enrolla el alambre dándole unas seis vueltas. A este enrollado se le conoce como bobina, visto desde frente queda como la figura 1.
2. El arreglo debe quedar un poco más largo que la pila. Al terminar, desmonta la pequeña bobina del objeto cilíndrico, cuidando que conserve la forma adquirida.
3. Lija los extremos del alambre de la bobina para remover el esmalte aislante.
4. Toma los seguros y pega con cinta de aislar uno a cada polo de la pila. Asegúrate de que los seguros hagan contacto con las terminales, que ambos queden orientados en la misma dirección, y que la parte cerrada del seguro quede hacia arriba.
5. Inserta los extremos de la bobina en los aros de los seguros, de forma que la sostengan.
6. Coloca el imán arriba de la pila. El montaje final se muestra en la figura 2.

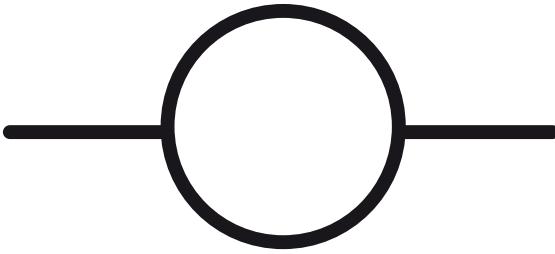


Figura 1

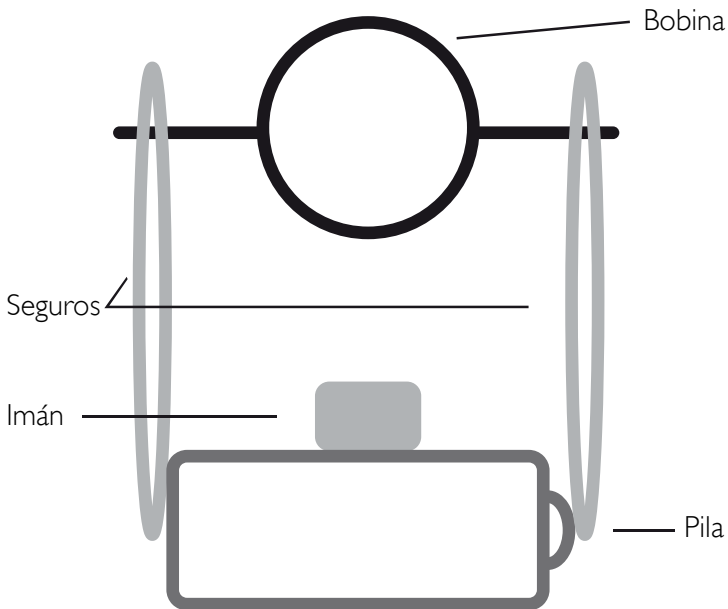


Figura 2

Dale un pequeño impulso a la bobina para que empiece a moverse. Observarás que sigue girando por efecto de la electricidad.

### **Preguntas**

¿Qué tipos de energía conoces?

¿Es posible obtener energía mecánica a partir de energía eléctrica?

¿Podemos tener un procedimiento inverso?

¿Cómo podemos hacerlo?

¿Cuáles son sus principales utilidades?

### **Marco teórico**

La energía se define como la capacidad de realizar un trabajo. Por ejemplo, si un objeto tiene cierta energía, una forma de expresarla sería moviéndose; sin embargo, existen varios tipos de energía, las cuales se dividen según la forma en que se expresan o son producidas: eólica, eléctrica, hidráulica, nuclear, solar, térmica, química, entre otras. La energía mecánica es la energía que se debe a la posición y al movimiento de un cuerpo; se divide en dos tipos: energía potencial y energía cinética.

La Ley de Conservación de la energía dice que “la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma”, es decir, que la cantidad total de energía en cualquier sistema físico aislado (sin interacción con ningún otro sistema) no cambia con el tiempo, aunque dicha energía puede transformarse en otra forma de energía; en un motor eléctrico, por ejemplo, la energía eléctrica se transforma en energía mecánica. Este principio también se conoce como Primera Ley de la Termodinámica.

El motor eléctrico funciona por medio de la repulsión que presenta un objeto metálico por el que pasa una corriente eléctrica ante un imán permanente. Lo anterior es posible por inducción electromagnética: toda corriente eléctrica produce un campo magnético, como el que tienen los imanes. Así, la repulsión real se da entre el campo del imán y el campo que la corriente produce en el material conductor.

Algunos motores eléctricos son reversibles, ya que pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. En este caso, la inducción funciona en sentido inverso: el cambio de un campo magnético produce un campo eléctrico que puede formar una corriente eléctrica. Cuando un alambre conductor se mueve respecto al campo magnético de un imán, dentro del alambre se produce el efecto de un campo variable, y esto genera corrientes eléctricas.

De esta manera funcionan los generadores eléctricos que se conocen como dínamos o turbinas.

Los motores eléctricos se utilizan en la gran mayoría de las máquinas modernas; su reducido tamaño permite introducir motores potentes en máquinas muy pequeñas, por ejemplo, taladros o batidoras; su elevada potencia y alta eficiencia los convierte en motores ideales para la tracción de transportes pesados como trenes, así como para la propulsión de barcos y submarinos.

### ***Abordaje sugerido***

¿Alguna vez le has ayudado a tu mamá a batir algo cuando cocina? ¿Te has subido a una lancha y te ha tocado remar? ¿Sabías que antes de las licuadoras, nuestras abuelitas molían todo en un molcajete? ¿Te ha tocado lavar a mano? ¿Crees que hay una forma más sencilla de hacer esto?

A partir de la revolución industrial, el ser humano empezó a construir aparatos para hacer su vida más sencilla. Los primeros, funcionaban gracias al poder del vapor; pero actualmente la mayoría de los dispositivos que utilizamos sacan su energía de la electricidad. En los casos en que los aparatos generan movimiento, como una batidora, una licuadora o una lavadora, es porque los dispositivos tienen un motor que convierte la energía eléctrica en mecánica. Para que esto ocurra, se necesita combinar un imán con un arreglo de alambre conductor enrollado (embobinado). Cuando la electricidad pasa por el conductor, se produce un campo magnético que se rechaza con el campo que rodea al imán, generando una fuerza que impulsa al embobinado a moverse. Esto es lo que ocurre en el pequeño motor que acabamos de hacer; y pasa lo mismo en licuadoras o lavadoras, solo que se usan imanes más potentes y bobinas mucho más grandes para que la fuerza permita mover cosas pesadas.

Si en lugar de generar movimiento con electricidad buscamos hacer lo contrario, se usan generadores que

esencialmente son motores, pero que tienen alguna fuente de movimiento —como agua, viento o un motor de combustión interna (como el de un carro)— que ayuda a que el campo magnético del imán produzca corrientes eléctricas en la bobina de alambre conductor.

### ***Datos curiosos***

El principio científico que hace posible el motor eléctrico fue descubierto por el científico danés Hans Christian Oersted, quien comprobó que la corriente eléctrica en un alambre hacía que se moviera la aguja (el imán) de una brújula. El principio de la conversión de la energía eléctrica en energía mecánica por medios electromagnéticos fue llevado a la práctica por Michael Faraday en 1821, cuando construyó el primer motor eléctrico propiamente dicho.

### ***Referencias***

<http://es.wikipedia.org/wiki>

Conservación de la energía

[http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_el%C3%A9ctrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9ctrico)

[http://motorelectrico-colegioeljazmin901.blogspot.](http://motorelectrico-colegioeljazmin901.blogspot.mx/2010/09/historia-del-motor-electrico.html)

[mx/2010/09/historia-del-motor-electrico.html](http://motorelectrico-colegioeljazmin901.blogspot.mx/2010/09/historia-del-motor-electrico.html)





# Generador eólico

DANIEL SALADO MEJÍA

## *Principios a revisar*

Inducción electromagnética

Primera Ley de la Termodinámica

## *Material*

- Ventilador de 12 voltios (generalmente son los que usan las computadoras de escritorio)
- Dos caimanos (conectores eléctricos con pinzas en los extremos)
- Multímetro

## *Procedimiento*

1. Con los caimanos, conecta el ventilador al multímetro. Ambos tendrán una terminal o cable rojo (corriente) y un cable negro (tierra).
2. Enciende el multímetro y ajusta el indicador para medir voltaje.
3. Explica a los participantes que este sistema es un generador eólico que puede convertir la fuerza del viento en electricidad, con ayuda del dínamo en su centro.
4. Rétalos a soplar tan fuerte como puedan sobre el ventilador. Pasa al lugar de cada uno para que lo intenten y observa la pantalla para registrar el voltaje generado, de forma que puedas darte cuenta de quién produjo más electricidad.

## *Marco teórico*

El ventilador funciona gracias a que tiene en su centro un motor eléctrico, es decir, un motor que se mueve cuando recibe electricidad. Este movimiento resulta de la inducción electromagnética: siempre que existe una corriente eléctrica se genera un campo magnético que, al interactuar con el de los imanes del motor, empieza a mover el motor del ventilador. Lo anterior se conoce como Ley de Ampere.

Pero resulta que el proceso contrario también es posible. Con el mecanismo de un motor eléctrico es posible generar electricidad. El campo magnético varía cuando se tiene un imán en movimiento, lo cual genera un campo eléctrico que es capaz de producir una corriente en un material conductor. A este principio se le llama Ley de Faraday, y junto con la Ley de Ampere conforman el principio de inducción electromagnética.

La versión general del principio de inducción establece que todo cambio en el campo eléctrico produce un campo magnético y, a la inversa, cualquier cambio de campo magnético crea un campo eléctrico. Una carga eléctrica estática tiene un campo eléctrico que no varía a su alrededor; pero cuando la carga se mueve, el campo varía, y por eso se produce un campo magnético. Una corriente eléctrica está formada esencialmente por cargas que se mueven de un lugar a otro, por eso toda corriente genera un campo magnético. A la inversa, un imán sin movimiento tiene un campo magnético estable a su alrededor; y cuando empezamos a desplazarlo el campo cambia y produce un campo eléctrico que, a su vez, puede mover las cargas en un conductor para producir una corriente eléctrica.

La inmensa mayoría de las fuentes energéticas usan este principio para producir electricidad, ya sea en una hidroeléctrica (presa), una termoeléctrica (que quema carbón o gas para producir energía) o, incluso, una nucleoelectrica (que funciona a partir de la energía nuclear). La mayoría de las plantas generadoras usan agua en rápido movimiento —sea por la caída en la presa o calentándola— para hacer girar las turbinas, que tienen arreglos de imanes que permiten producir electricidad. Existe un impacto para el medio ambiente en todos los casos mencionados; sin embargo, en la actualidad, encontramos el uso de aerogeneradores, una importante alternativa que aprovecha el poder del viento para producir electricidad.

### **Preguntas**

¿Sabes de dónde viene la energía para tu casa?

¿Sabes cómo se produce?

¿Crees que tú puedas generar electricidad?

¿Cómo es que el movimiento del aire genera electricidad?

¿Cualquier movimiento puede ayudar a producir energía eléctrica?

### **Abordaje sugerido**

Todo en este universo tiene energía, y no desaparece al momento de utilizarla. Al soplar el aire al ventilador, utilizas tu energía para mover el aire; a esta la podemos llamar energía eólica (el término viene de *Eolos*, nombre del dios griego del viento). Cuando el viento que generas llega al ventilador, choca con él y hace que se mueva, la llamamos energía mecánica. El movimiento de este hace que los imanes en su interior generen una corriente eléctrica en los alambres, gracias al principio de inducción electromagnética. Como el ventilador está conectado al multímetro, que sirve para medir el voltaje, los números mostrados indican el potencial eléctrico generado.

Así, se observa cómo la energía inicial tiene cierta forma y luego va cambiando, pero nunca desaparece, simplemente se va transformando. Esto se conoce como la Primera Ley de la Termodinámica, que nos dice que: "La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma".

### **Datos curiosos**

Aunque los automóviles cuentan con una batería eléctrica para suministrar energía a muchos de sus aparatos, como el sistema de arranque, el estéreo, el ventilador y las luces, la electricidad de este acumulador no puede durar suficiente para mantenerlos a todos en funcionamiento, por eso, todos los carros tienen algo llamado alternador; un aparato que aprovecha el movimiento del motor para generar electricidad y recargar la batería.



## **Celdas solares**

SUSANA ASTRID PLIEGO MADERO  
ÉDGAR ARTURO RAMOS RAMBAUD

### ***Principio a revisar***

Efecto fotovoltaico

### ***Material***

- Arreglo de celdas solares
- Cuatro cables eléctricos con “caimanes” (pinzas para acomodarlos con facilidad)
- Motor eléctrico pequeño conectado a hélices
- Foco led (diodo emisor de luz)
- Acceso a luz solar directa

### ***Procedimiento***

1. Con ayuda de los “caimanes”, conecta las salidas de la celda a los dispositivos eléctricos (el motor y el led), revisando la polaridad para asegurar su funcionamiento.
2. Varía el ángulo respecto de la luz solar y observa lo que sucede con el desempeño de los aparatos.

### ***Preguntas***

- ¿De dónde sale la energía que hace funcionar los aparatos?
- ¿Cómo hace la luz para producir electricidad?
- ¿Qué ocurre al variar el ángulo de la celda?
- ¿Qué alternativa existe a la generación con dinamos?
- ¿Qué tipo de rayos son más eficientes para generar electricidad con una celda?

### ***Marco teórico***

El efecto fotoeléctrico es la emisión de electrones por parte de ciertos materiales cuando reciben radiación electromagnética —como luz, rayos ultravioleta o rayos x— que se transforma en energía eléctrica. Este fenómeno fue descubierto en el siglo XIX

por Heinrich Rudolf Hertz (también conocido por sus trabajos sobre ondas electromagnéticas). Inicialmente no se podía explicar cómo la incidencia de radiación en ciertos metales producía electricidad; tampoco se entendía por qué no aumentaba la energía de los electrones al aumentar la intensidad de la luz, sino que solo aumentaba el número de partículas liberadas.

En 1905, Albert Einstein publicó el artículo "Un punto de vista heurístico sobre la producción y transferencia de la luz", donde explica cómo los cuantos de luz (fotones) transfieren su energía a los electrones en el átomo provocando que se exciten, es decir, que pasen a un nivel de mayor energía. Cuando un electrón está en el último nivel de energía y recibe un fotón, o bien, cuando se encuentra en otro nivel y la energía que recibe es suficiente, puede escapar de su átomo.

Antes del trabajo de Einstein, se consideraba imposible la interacción entre la luz y los electrones porque se tenía una concepción completamente ondulatoria de la radiación; no se conocía un mecanismo específico que permitiera la transferencia de toda la energía de una onda electromagnética a una partícula. Pero el trabajo de Einstein usó una idea revolucionaria para explicar el problema: además de viajar como onda, la radiación podría portarse como partícula a través de los cuantos de radiación descritos por Max Planck. El cuanto de radiación al chocar con un electrón le pasaría toda su energía y desaparecería.

La energía que lleva un fotón de una onda electromagnética específica se obtiene al multiplicar su frecuencia por la constante de Planck (que tiene un valor de  $6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ). Cada átomo necesita una energía mínima para expulsar un electrón; si la energía que recibe a través de la radiación es menor, el electrón no podrá escapar. Esto explica por qué el efecto fotoeléctrico se presenta con diferentes tipos de radiación en diferentes materiales.

En una celda solar; no es precisamente el efecto fotoeléctrico el que produce la energía, pero sí es muy parecido y

se llama efecto fotovoltaico: los fotones rompen los enlaces químicos que forman los electrones de valencia con los átomos vecinos; así, estos electrones pasan a ser electrones libres dentro del material; quedan, entonces, huecos en los enlaces de valencia. Esto genera una diferencia de potencial o voltaje con el que se puede hacer funcionar diferentes aparatos.

Una celda solar se elabora con materiales especiales llamados semiconductores. Un semiconductor es un material que tiene muy pocos electrones libres para ser un buen conductor pero demasiados para ser un aislante; cuando se le agregan impurezas de otros elementos, se puede convertir, en ciertas situaciones, en un buen conductor; y, en otras, en uno pésimo. Normalmente los semiconductores tienen como base el silicio, al cual se le añade otro material; este proceso se llama dopaje. El dopaje sirve para cambiar la cantidad de electrones de valencia o de electrones libres de un material. Así se modifican las propiedades del material comportándose como emisor de electrones cuando es un dopaje tipo N (negativo). Un dopaje tipo P (positivo) es aquel en el que se reduce el número de electrones de valencia formando enlaces, por lo que tiene huecos, mismos que también participan en la formación del voltaje de la celda solar. La combinación de estos dos tipos de semiconductores genera diferencias de potencial que hacen funcionar dispositivos como diodos, transistores y, también, celdas solares.

### ***Abordaje sugerido***

La energía eléctrica tiene un lugar muy importante en nuestra vida cotidiana. Pero ¿cómo se produce y de dónde viene la corriente eléctrica que hace funcionar nuestros aparatos? Para poder encender nuestro televisor, para que la corriente eléctrica haga funcionar el aparato, existe todo un proceso: primero, la electricidad es producida en plantas generadoras, después, pasa por cables de alta tensión que forman parte de una red de distribución que va a las subestaciones de transformación y, finalmente, llega a tu casa y a tu televisor.

Desafortunadamente, la mayor parte de la energía eléctrica que consumimos se produce a través de la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas natural o carbón); esto implica la liberación de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) a la atmósfera, un gas de efecto invernadero que ha contribuido considerablemente al calentamiento global. Hay un gran porcentaje de energía en este proceso que no es aprovechado (hasta un 50 %).

Pero además de generar contaminación ambiental, esta situación implica una gran dependencia de recursos no renovables como el gas natural, el carbón mineral y el petróleo. Dado que día con día el consumo energético a nivel mundial sigue creciendo, es necesario encontrar fuentes de energía sustentables a futuro.

Una de las más importantes alternativas se encuentra en la estrella de nuestro sistema planetario: el Sol, que constantemente nos envía rayos como los infrarrojos, los de la luz visible, los ultravioleta, los  $\times$  e, incluso, los gamma; aunque muchos de ellos, los más dañinos, son filtrados por el campo magnético de la Tierra y las capas exteriores de la atmósfera, recibimos suficiente energía en la superficie de nuestro planeta para aprovecharla en la generación de electricidad.

Las celdas solares son dispositivos especiales para aprovechar la energía de los rayos solares, la clave de su funcionamiento es que los electrones en los átomos del material se excitan al recibir la energía de los fotones, partículas de los rayos, y escapan de sus átomos para crear un voltaje. Las celdas están hechas con silicio (es el segundo elemento más abundante de la corteza terrestre) al que se le introducen átomos que funcionan como "impurezas", esto es dopar el material; con ello, es posible crear semiconductores de dos tipos: p (positivos) y n (negativos), de acuerdo a las propiedades electrónicas de los átomos usados como impurezas.

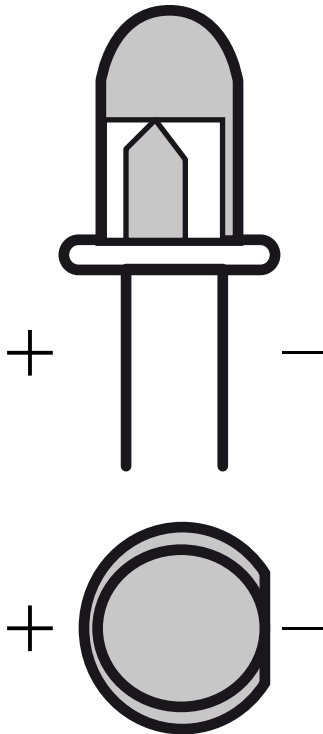
Cuando se forman uniones entre los semiconductores p-n, se crea un diodo que permite que los electrones excitados por la incidencia de la radiación solar sean "arrastrados" para



generar una diferencia de potencial. Así, al conectar ambos polos, se genera entre ellos una corriente eléctrica.

### ***Datos curiosos***

En 1883, Charles Fritts construyó la primera celda solar, la cual solo aprovechaba el 1 % de la luz recibida para convertirla en electricidad (el otro 99 % era desperdiciado). En 1954, los Laboratorios Bell descubrieron que ciertos semiconductores se volvían extremadamente sensibles a la luz al ser contaminados. Este descubrimiento hizo posible la creación de celdas solares con una eficiencia de hasta el 10 %, como las que se usan en esta actividad. Actualmente hay paneles que llegan a superar el 44 %, pero aún están en las primeras etapas de desarrollo y tienen un costo muy elevado.





# Reacción en cadena

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

## *Principio a revisar*

Fisión nuclear

## *Material*

- 52 canicas pequeñas
- Tres hojas de máquina
- Tijeras
- Superficie plana, de preferencia el suelo

## *Procedimiento*

1. Dobra las hojas por la mitad, con cuidado de que el doblez quede bien marcado, de forma que se puedan usar como “rieles” para deslizar canicas.
2. Pide a los participantes que te ayuden a hacer siete núcleos de siete canicas sobre la superficie plana. Acomoda un núcleo en el centro y distribuye los otros seis en forma de hexágono a su alrededor; procura que la distancia entre los núcleos sea de ocho a diez centímetros aproximadamente.
3. Comenta que las canicas representan a los protones y neutrones que forman los núcleos atómicos.
4. Tres participantes tomarán una hoja cada uno y las usarán como rieles inclinados para, al mismo tiempo, deslizar canicas que irán a impactar tres núcleos diferentes. Las hojas deberán apuntar de afuera de los núcleos hacia adentro, para buscar que se forme la reacción en cadena. Es útil que antes de lanzar las canicas se les pregunte a los participantes si solo se verán afectados los núcleos a los que se apunta con las hojas o si los demás también serán alterados.
5. Se observará cómo las canicas (que representan neutrones) chocan con los núcleos, dándoles energía suficiente para romperse y para que sus “neutrones” puedan chocar

con otros núcleos, fisionándolos. Así se modela —a escala— una reacción en cadena y se ilustra el mecanismo de liberación de energía nuclear:

6. Para concluir, comenta que el proceso de división del núcleo se conoce como fisión y que existe el fenómeno contrario: la fusión. Invita a los participantes a fusionar los núcleos en el tablero, de forma que lo vuelvan a dejar en orden.

### **Preguntas**

¿Sabes qué es una reacción en cadena?

¿Para qué sirve la energía nuclear?

¿Cómo se puede dividir el núcleo de un átomo?

¿Puede ocurrir esto de forma natural o solo el hombre puede llevarlo a cabo?

¿Crees que cuando un átomo se divide puede afectar a otros átomos cercanos?

### **Marco teórico**

Toda la materia conocida está hecha de unas partículas diminutas llamadas átomos. Son tan pequeños que una fila de un millón de átomos de carbono, formados uno tras otro, mide menos de un milímetro. Estos pequeños bloques están hechos, a su vez, de tres partículas: neutrones (sin carga), protones (carga eléctrica positiva) y electrones (carga negativa). Las dos primeras se encuentran en un núcleo que tiene un diámetro diez mil veces menor al del átomo (si el átomo fuera del tamaño de un salón de clases, el núcleo sería como la cabeza de un alfiler); los electrones se distribuyen en niveles de energía a su alrededor.

Las propiedades químicas de los elementos dependen del número de protones y electrones que tengan sus átomos, son los que definen sus características. Si variamos la cantidad de neutrones no se alteran las propiedades químicas, pero el comportamiento del núcleo será diferente. A los átomos de un mismo elemento, cuyos núcleos tienen diferente cantidad de neutrones, se le conoce como “isótopos”.

En principio, si solo consideramos la interacción electromagnética, la situación del núcleo podría parecer insostenible: tenemos confinados en un espacio diminuto a varios protones, que, por su carga positiva, se rechazan con una fuerza inversamente proporcional a la distancia. Como están muy cerca unos de otros, hay una fuerza enorme empujándolos a separarse. El hecho de que el núcleo se mantenga unido significa que existe una fuerza capaz de vencer esta gran repulsión eléctrica. La responsable de esto es la interacción fuerte, la cual se manifiesta entre protones y neutrones (así como los quarks que los componen) y es la fuerza más grande de la naturaleza; aunque sus efectos son de muy corto alcance y no pueden llegar más allá del núcleo atómico.

Los elementos químicos ligeros tienen en su núcleo casi el mismo número de protones y neutrones; sin embargo, conforme aumenta el número atómico —y con él la cantidad de partículas positivas en el núcleo— se vuelve más grande la fuerza de repulsión eléctrica y es necesaria una mayor presencia de neutrones, con respecto a la de protones, para mantener la unión de los núcleos; de otra forma no podrían ser estables.

Aun así, hay casos —en elementos muy pesados— en que los neutrones no pueden mantener unido el núcleo y este acaba por dividirse, se fisiona. En el proceso, el material libera la energía que mantenía unido al núcleo, en forma de rayos y diferentes partículas, por eso se le considera radioactivo. Este proceso de división se presenta de manera natural y fue descubierto en el uranio; posteriormente, se encontraron nuevos elementos radiactivos como el radio, el torio y el polonio. Más adelante, el ser humano logró producir de forma artificial un nuevo elemento radiactivo: el plutonio.

Inicialmente, entre 1900 y 1932, todos los procesos de fisión nuclear estudiados eran naturales porque el ser humano no contaba con un proyectil para lanzar contra los núcleos y dividirlos artificialmente. Los protones tienen carga eléctrica positiva y al acercarse al núcleo (también positivo)

experimentan una fuerza repulsiva que los frena y evita que choquen a gran velocidad. Los electrones son 1,800 veces más ligeros que los protones, por lo cual, aunque su carga negativa permite que se aceleren al acercarse al núcleo, su choque es muy débil para causar una fisión. El descubrimiento de una partícula carente de carga —el neutrón— ofreció por vez primera un proyectil para dividir núcleos.

Más adelante se encontraron con que esto podría dar lugar a algo muy poderoso: una reacción en cadena que podría liberar una enorme cantidad de energía. Se rompían núcleos que liberaban energía y neutrones que chocaban con nuevos núcleos, haciendo que se dividieran y emitieran más energía y más neutrones, repitiendo el proceso varias veces para liberar una gran cantidad de energía. A partir de esto, en primer lugar, nació la bomba atómica y, posteriormente, el uso pacífico de la energía nuclear como agente para producir electricidad.

Actualmente hay países que aprovechan la energía nuclear como una importante alternativa a la quema de combustibles fósiles, misma que ha ocasionado graves problemas de contaminación por dióxido de carbono y, con esta, el calentamiento global que enfrentamos en la actualidad. Francia obtiene más del 80 % de su electricidad de centrales nucleares, en Estados Unidos el porcentaje es menor (25 %), aunque en términos brutos tienen más poder nuclear que los galos; en México, cuando funciona la planta de Laguna Verde en Veracruz, se produce menos del 4 % de la electricidad consumida a nivel nacional.

La desventaja del uso de la fisión para producir energía se encuentra en los desechos: materiales radiactivos que resultan altamente contaminantes y nocivos para la vida. En las últimas décadas, se desarrollaron protocolos cada vez más estrictos para la seguridad de las plantas nucleares y el manejo de sus residuos; sin embargo, siguen existiendo tiraderos nucleares irregulares, sobre todo en países periféricos que cobran por recibir los desechos. La búsqueda de una fuente de energía igual de potente, pero más limpia, es una de las grandes metas de la ciencia y

tecnología modernas. Muchos científicos creen que la respuesta está en el cielo, aunque todavía no podamos sacarle provecho.

Además de la mala fama que tiene la energía nuclear por su uso bélico, también existe una percepción negativa por accidentes nucleares como el de Chernóbil (URSS) y el de Fukushima (Japón). El primero fue resultado de las pobres medidas de seguridad en la planta soviética, esto sirvió para mejorar considerablemente las precauciones en las plantas nucleares durante las últimas décadas; en el caso japonés, el problema surgió por un terremoto de 9 puntos en la escala de magnitud de momento, más intenso de lo que la planta estaba preparada para soportar. Pero, actualmente, si deseamos dejar de quemar cosas y liberar dióxido de carbono al ambiente, la única fuente de energía capaz de alimentar nuestro ritmo de consumo de energía es la nuclear; la clave radica en aprovecharla con las medidas de precaución adecuadas para evitar nuevos accidentes en las plantas nucleares.

### ***Abordaje sugerido***

Los átomos son las unidades básicas de los elementos químicos que forman toda la materia conocida y, a pesar de que su nombre significa "sin división", están formados por tres partículas: protones (con carga eléctrica positiva), neutrones (con carga neutra) y electrones (con carga negativa). Los protones y neutrones se encuentran en un pequeño núcleo central, mientras que los electrones forman una nube de orbitales alrededor de él.

Por lo general, los átomos son eléctricamente neutros, es decir, cuentan con el mismo número de protones y de electrones. El número de estas partículas en un átomo determina las propiedades del elemento químico de que se trata; sin embargo, los núcleos no siempre tienen el mismo número de protones y de neutrones. Cuantos más protones tenga un átomo, resultará mayor aún el número de neutrones presentes en un núcleo. Juntas, estas partículas, determinan el peso

atómico de los átomos de cada elemento. Puede haber dos átomos del mismo elemento, con el mismo número de protones, pero con una cantidad diferente de neutrones; aunque las propiedades químicas serán las mismas, el comportamiento de los núcleos será diferente. A los átomos con un número diferente de neutrones al de la mayoría de los átomos del mismo elemento se les llama “isótopos”.

A pesar de que existe una fuerza de repulsión eléctrica entre los protones, el núcleo se mantiene unido gracias a la interacción fuerte —la fuerza más grande en la naturaleza—, la cual no existe fuera del núcleo y se manifiesta gracias a los neutrones, encargados de evitar la separación de los protones. Podemos decir que esta interacción hace que haya mucha energía dentro del núcleo, y toda esta energía es liberada cuando logramos dividirlo.

De hecho, al estudiar la fisión de núcleos, los científicos se dieron cuenta de algo muy curioso: si medían la masa del núcleo original y luego la de todos los fragmentos que quedaban después de la división, los datos no cuadraban, porque la masa final era menor. Lo que ocurría era que una cantidad pequeña de materia era liberada en forma de energía, de acuerdo a la famosa ecuación de Einstein:  $E=mc^2$ . Como la energía es igual a la masa multiplicada por el cuadrado de la velocidad de la luz, aunque es muy poca la materia que se transformó, se liberó una gran cantidad de energía. Este no es el único fenómeno natural en que se observa la transformación de materia en energía —o incluso puede ocurrir lo contrario—, pero sí es probablemente uno de los más llamativos.

Si en un espacio de nivel atómico se junta una cantidad de átomos radiactivos suficientemente grande —llamada “masa crítica”—, la fisión se presenta de manera espontánea: los átomos se dividen, emitiendo energía y varios neutrones. Dichos neutrones pueden chocar con otros núcleos que liberarán más energía y neutrones, dando lugar a lo que se conoce como reacción en cadena. La energía liberada en una



reacción en cadena puede ser usada tanto para destrucción bruta como para proveer de energía a una ciudad entera. En cualquier caso, tienen la desventaja de implicar grandes cantidades de radiación muy nocivas para la vida.

Para iniciar las reacciones, en las bombas y plantas atómicas, se usan los isótopos uranio 235 y plutonio 239. Estos isótopos resultan útiles para producir energía por fisión, debido a que tienen menos neutrones para ayudar a mantener unido el núcleo, y son más inestables que los átomos comunes del mismo elemento (como el uranio 238). La desventaja de estos procesos son los desechos radiactivos que implican.

### ***Datos curiosos***

Aunque al hablar de energía nuclear pensamos en una forma muy sofisticada de producir electricidad, en realidad se trata de una forma nueva de usar un viejo camino. Tal como ocurre con la quema de combustibles fósiles, la energía liberada por la división de núcleos atómicos se usa para calentar agua que hace mover turbinas para producir electricidad.

Un proceso atómico mucho más limpio de producción de energía es la fusión, proceso opuesto a la fisión. Las estrellas — como el Sol — producen su energía a partir de la fusión nuclear: usan átomos ligeros (hidrógeno y helio) en vez de pesados, y los unen en lugar de dividirlos. La clave de la fusión está en acercar los núcleos tanto que pueda entrar en acción la interacción fuerte, en ese momento se unen en uno solo y se libera una gran cantidad de energía. El problema es que, por la repulsión eléctrica, se necesita mucha energía para acercar los núcleos lo suficiente para fusionarlos. Los científicos ya han conseguido producir procesos de fusión nuclear; aunque al principio generaban menos energía que la invertida para arrancar el proceso, ahora ya se ha logrado una ganancia; sin embargo, el costo por cada kilowatt producido es considerablemente mayor al de las otras fuentes de energía. Uno de los retos de la ciencia es encontrar procesos de fusión “en frío” que no necesiten tanta energía para iniciarse.



## **Electrones excitados**

XÓCHITL Y. AGUIÑAGA PICHARDO

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

### ***Principios a revisar***

Cuantización de la energía  
Modelo atómico de Bohr  
Cuantos de luz (fotones)  
Distribución de probabilidad  
Principio de incertidumbre  
El cuerpo negro  
Función de onda

### ***Material***

- Bolsa de papel
- Canica pequeña
- Canica grande
- Pelota de plástico (tamaño de pelota de tenis)
- Pelota de hule (más grande que la anterior)
- Gis
- Rollo de cinta adhesiva tipo *masking tape*
- Tina

### ***Procedimiento***

1. Usa gis y cuerda para marcar cinco círculos concéntricos en el piso, para delimitar cuatro niveles de energía. Si no se puede dibujar en el piso, usa la cinta *masking*.
2. Coloca la tina en el círculo central y comenta a los participantes que representa a un electrón que se encuentra en el primer nivel de energía del átomo. Será importante aclarar que, aunque en el juego la tina es grande respecto a los círculos, el electrón es muy pequeño respecto al átomo (miles de millones de veces más pequeño).
3. Explica que los electrones no pueden salir poco a poco sino que brincan entre niveles cuando reciben energía; y

que las canicas y pelotas representan los fotones (partículas de radiación) que les dan la energía necesaria para saltar a una capa exterior: la pelota de hule sería un fotón de rayos  $\times$  (mucha energía); la pelota de plástico, la luz ultravioleta; la canica grande, la luz visible; y la canica pequeña, el infrarrojo (menos energía).

4. Forma a los participantes en una fila; uno por uno tendrán la oportunidad de lanzar las pelotas o canicas a la tina/ electrón para excitarla y ayudarla a salir. Comenta que los saltos de diferentes niveles necesitan energías distintas, y que cuanto más cerca están del núcleo, se requiere mayor energía, por lo que no cualquier “fotón” podrá sacarlos del primer nivel.
5. Para avanzar, el participante debe elegir el “fotón” correcto, lanzarlo y que caiga dentro de la tina; si se equivoca de pelota o no la mete a la tina, volverá a formarse al final de la fila. Al inicio se debe meter la pelota de hule, con lo que la tina pasará al segundo nivel; para ir del segundo al tercero, se debe atinar con la pelota de plástico; se sigue avanzando al meter la canica grande en la tina; y para dar el último brinco —y sacar el “electrón” del átomo—, se deberá atinar con la canica pequeña.
6. Si el participante logra meter todas las pelotas y canicas debe hacer el proceso inverso: sacar la canica pequeña, la canica grande, la pelota de plástico y la pelota de hule, retrocediendo un paso entre los círculos cada vez que saca algo.
7. Si cuentas con el doble de material, puedes formar dos equipos que competirán entre sí para ver cuál logra realizar el ciclo completo —sacar y volver a meter la tina al “átomo”— el mayor número de veces en cinco minutos. En este caso, en lugar de que un mismo participante lance las diferentes pelotas y canicas de forma continua, las personas de un mismo equipo se alternarán para lanzar los diferentes “fotones”.

### **Preguntas**

¿Has escuchado hablar de la física cuántica?

¿Cuáles son las partes del átomo?

¿Sabes qué es un fotón?

¿Sabías que los electrones de los átomos se pueden excitar?

¿Cómo crees que se pueda lograr esta excitación?

### **Marco teórico**

Los átomos son los bloques esenciales que forman la materia conocida, pues se trata de las unidades más pequeñas de los elementos químicos. Aunque el nombre “átomo” significa “sin división”, los átomos se pueden dividir; están formados por tres tipos de partículas: protones (con carga eléctrica positiva), neutrones (sin carga) y electrones (con carga negativa). Normalmente, los átomos tienen el mismo número de protones y electrones, que se equilibran eléctricamente, y establecen las propiedades químicas del elemento en cuestión: el hidrógeno tiene un protón y un electrón; el helio, dos de cada uno; el litio, tres de cada uno; el berilio, cuatro, y así sucesivamente hasta llenar toda la tabla periódica.

Los protones y neutrones forman el núcleo, de un diámetro diez mil veces menor al del átomo. Los electrones forman una nube alrededor del núcleo, pero no pueden ubicarse en cualquier lugar; se acomodan en niveles de energía. Esto se debe a que la energía no es continua, sus cambios no pueden ser tan pequeños como queramos, cambia a saltos. El cuanto de energía, la unidad mínima de los cambios, se define a partir de la constante de Planck, se representa con la letra “h” y tiene un valor de  $6.6 \times 10^{-34}$  J·s. El valor es tan pequeño que no es relevante en los fenómenos que observamos directamente a nuestro alrededor; sin embargo, para los electrones, la existencia de diferentes niveles en el átomo surge de esta cuantización, y la energía para los diferentes niveles se obtiene al multiplicar números enteros por la constante de Planck.

Ya que los electrones son negativos, y los protones son positivos, resulta lógico pensar que la fuerza eléctrica de atracción obligaría a todos los electrones a amontonarse en el primer nivel; sin embargo, las cosas no son así. El Principio de Exclusión de Pauli indica que dos electrones no pueden tener el mismo estado de energía al mismo tiempo, esto obliga a los electrones a distribuirse en los niveles más cercanos con estados disponibles. Cada nivel tiene una capacidad diferente de electrones: el primero puede albergar dos; el segundo, ocho; el tercero, 18; el cuarto, 32; y los niveles siguientes pueden tener una capacidad cada vez mayor.

Los electrones que tienen menos energía se encuentran más cerca del núcleo, y están firmemente unidos a él gracias a la fuerza electromagnética; los que se encuentran en las capas exteriores tienen más energía cuanto más afuera se encuentren. Para que un electrón cambie de nivel debe recibir la energía suficiente para vencer la atracción del núcleo y saltar a una capa exterior, o bien, liberar energía para pasar a un nivel interior (en caso de que exista un estado disponible). En cualquiera de los casos, el mecanismo más común es la recepción o liberación de un fotón, un cuanto de radiación.

Todos los tipos de radiación electromagnética son formas de energía, y están sujetos a la cuantización establecida por la constante de Planck; ya sea que se trate de ondas de radio, microondas, rayos infrarrojos, luz visible, ultravioleta, rayos  $x$  o rayos gamma, cuentan con fotones que son como "partículas" de energía que no pueden dividirse. La energía de los cuantos de las ondas electromagnéticas (fotones) se calcula multiplicando su frecuencia (el número de ciclos completos por segundo) por la constante de Planck. Por eso, los fotones de rayos gamma llevan más energía; les siguen los rayos  $x$ , luego el ultravioleta, luego la luz visible (con más energía para el color violeta y menos para el rojo), después el infrarrojo, luego las microondas, y, finalmente, las ondas de radio. Así como en el dinero hay monedas y billetes con diferente valor; los fotones de diferentes tipos de radiación representan distintas denominaciones de energía.

Cuando un electrón recibe energía que lo saca de su estado de energía se dice que está excitado. Para excitar un electrón del primer nivel de energía se necesita un fotón de rayos  $\gamma$ <sup>3</sup>, porque la cercanía con el núcleo lo hace estar ligado con mucha fuerza, y se necesita mucha energía para “sacarlo” a un nivel exterior. Una vez que el electrón salta a otro nivel, solo se queda ahí una pequeñísima fracción de segundo y libera su energía, también como un fotón de rayos  $\gamma$ , con lo que regresa a su nivel original. Si los electrones se encuentran en niveles más exteriores, la fuerza que los liga al núcleo es menor; por dos factores: la distancia es mayor; y los electrones en los niveles intermedios “apantallan” la carga del núcleo, es decir, con su carga negativa compensan parte del efecto de la carga positiva del núcleo. Así, las partículas podrán realizar saltos con fotones de menos energía, como ultravioleta o luz visible, pero también en este caso el electrón se excitará y liberará la energía, como fotón, en un nivel exterior. La única excepción sería si el electrón recibe energía suficiente para salir del átomo, lo cual, en ciertos materiales, permite generar electricidad, y es la base de las celdas fotovoltaicas.

### ***Abordaje sugerido***

Toda la materia del universo está hecha de átomos, que son unos pequeñísimos bloques. Los átomos están formados por tres partículas —protones, neutrones y electrones—, y la cantidad de protones que tienen define el elemento químico del que se trata: con un protón se tiene hidrógeno; con dos, helio; con tres, litio; con seis, carbono; con siete, nitrógeno; y con ocho, oxígeno, por mencionar algunos ejemplos.

Los protones y neutrones forman el núcleo atómico, y los electrones se distribuyen a su alrededor en niveles de energía. Los niveles que se encuentran más cerca del núcleo tienen menos energía, y los exteriores tienen más. Para pasar de adentro

<sup>3</sup> Los rayos  $\gamma$  tienen demasiada energía para los electrones y, más bien, aparecen en fenómenos de saltos de energía dentro del núcleo del átomo.

hacia afuera, los electrones deben recibir energía que los excite, para ir a un nivel externo donde —luego de una pequeña fracción de segundo— liberarán la energía y regresarán a su nivel original. Para hacer posible la excitación de los electrones se necesita que interactúen con radiación. Como la energía está cuantizada, o sea que no puede ser tan pequeña como queramos, las diferentes ondas electromagnéticas cuentan con paquetes de energía: los fotones. Un electrón cercano al núcleo está ligado con mucha fuerza, y necesita un fotón de gran energía para salir; como el de rayos x, pero si se encuentra en niveles exteriores, podrá excitarse con fotones de menos energía.

En nuestro juego, la tina representa un electrón que necesita que le lancemos fotones de diferentes energías para salir del átomo. Como al inicio está casi pegado al núcleo, es necesario lanzar el fotón de rayos x (la pelota de hule) para hacerla avanzar; y, conforme nos alejamos, se necesitan fotones más “pequeños” (ultravioleta, luz visible, infrarrojo) para que se siga moviendo hacia afuera. De igual forma, para regresar en orden, se liberan primero las pelotas de “menos energía”, y al final la pelota de rayos x. Hay que aclarar que si el nivel de energía al que se haría brincar al electrón ya está lleno, el salto no se podría llevar a cabo, porque se violaría el Principio de exclusión de Pauli, aquel que establece que dos electrones no pueden tener el mismo estado de energía al mismo tiempo.

### ***Dinámicas útiles***

No necesariamente tienen que formar los círculos completos, se podrá hacer la actividad solo marcando los semicírculos con el gis o la cinta. Se pueden utilizar pelotas de igual tamaño pero de diferente color o textura. También puede realizarse la dinámica en una escalera, para representar los niveles de energía.

### ***Referencias***

[www.aportes.educ.ar](http://www.aportes.educ.ar)

[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)



## Ingeniería genética

LUIS STEVEN SERVÍN GONZÁLEZ

Sin duda, una de las capacidades del hombre siempre ha sido la de la manipulación de su entorno para su beneficio; lo hizo con el fuego, con la ropa y con los mismos seres vivos, es en este punto en el que inicia la biotecnología. Es difícil imaginar que un grupo de seres humanos “primitivos” pudieran darse a dicha tarea, pero he ahí la magia del empirismo conjugado con una buena observación, esta última es quizás la pieza clave de la investigación. Una buena observación permitió a los seres humanos distinguir los distintos fenómenos que les rodeaban y, con el tiempo, manipularlos a su antojo.

En la década de los cincuenta, con el famoso descubrimiento de la estructura del ácido desoxirribonucleico (ADN), por parte de James Watson y Francis Crick, se dio por iniciada la era de la biología molecular. Una vez conocida esta estructura, ha sido posible elucidar algunas de sus múltiples características, aquí es donde la ingeniería genética ha entrado en juego.

Es importante ver la diferencia entre la biotecnología y la ingeniería genética. La primera se basa en el uso de organismos vivos o sus productos (cosa lograda prácticamente desde la aparición del hombre); y la segunda, la ingeniería genética, nace prácticamente hace 30 años, con el descubrimiento de las enzimas de restricción, las cuales son capaces de actuar como tijeras cortando secciones específicas del ADN, y, con ayuda de otras enzimas conocidas como ligasas (que “ligan” las secciones cortadas del ADN) unir distintas secuencias de genomas.

La ingeniería genética ha sido, sin duda, uno de los avances científico–tecnológicos de mayor importancia en este siglo XXI; su influencia ha abarcado a la medicina, la agricultura, la ganadería, la farmacéutica, la energética e, incluso, la ingeniería en construcción. El objetivo de estas actividades lúdicas es que personas de todas las edades conozcan algunas de las características básicas de la tan popular e importante ingeniería genética.



# Gattacami

BERTHA MICHEL SANDOVAL

con actividad tomada de dnacenter.com

## *Principio a revisar*

Estructura de la doble hélice del ácido desoxirribonucleico (ADN)

## *Material*

20 modelos de ADN

Diez tijeras

## *Procedimiento*

1. Pide a los participantes que recorten el modelo por el contorno que está marcado más grueso.
2. Siguiendo tus instrucciones, los participantes van a doblar sus modelos para formar la estructura del ADN. La clave para que salga bien es que las líneas punteadas se doblan hacia arriba, y las líneas sólidas hacia abajo; hay que hacer notar que cada línea punteada tiene atrás una sólida. Después del doblado, las líneas punteadas deben quedar por fuera, y las sólidas por dentro.
3. Doblar las líneas punteadas en forma de montaña (figura 1) y las líneas sólidas en forma de valle (figura 2).

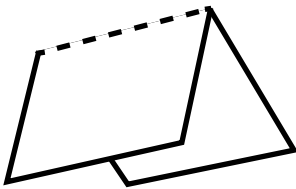


Figura 1

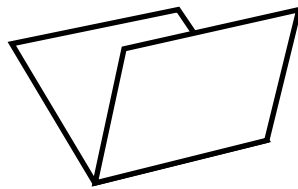
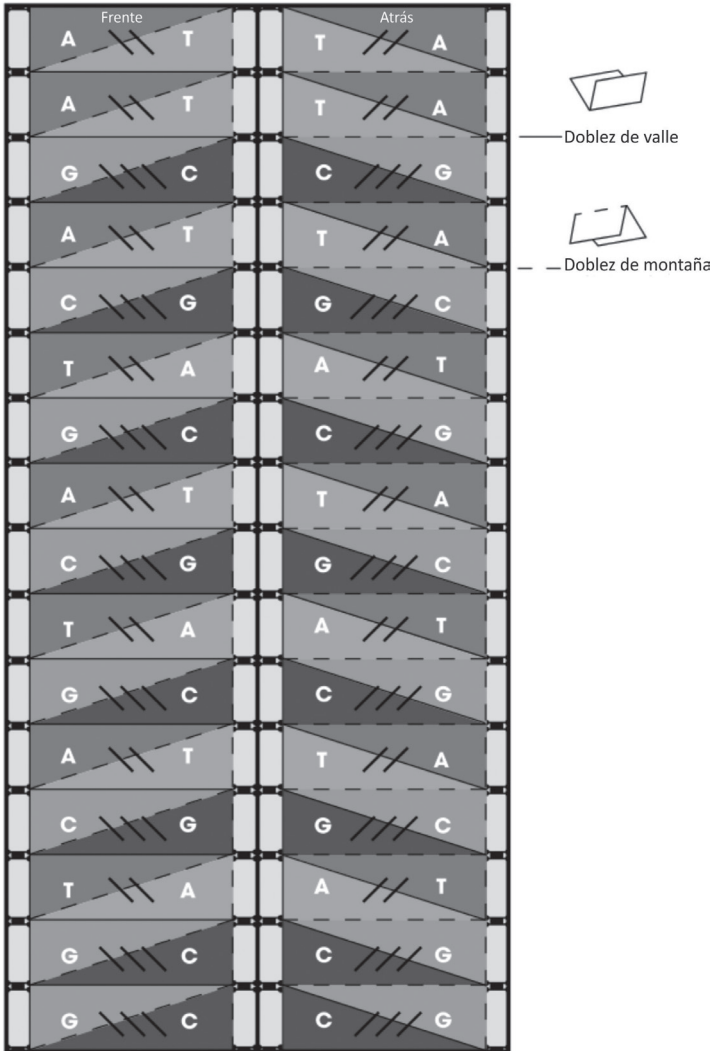


Figura 2

4. Hay que doblar primero todas las líneas verticales, sigue con las horizontales y concluye con todas las líneas diagonales.

5. Al terminar con los dobleces se forma la estructura; solo es necesario "marcar" apretándola.
6. Toma cada uno de los extremos del papel con una mano y tuércelos suavemente hasta formar la hélice.



### **Preguntas**

¿Sabes qué es el ADN?

¿Para qué sirve?

¿Dónde se encuentra?

¿Cómo está formado?

### **Marco teórico**

El ácido desoxirribonucleico (ADN)<sup>4</sup> contiene la información genética usada para el desarrollo y funcionamiento de todos los organismos vivos conocidos, e inclusive de algunos virus, y es, por lo tanto, el responsable de la transmisión hereditaria de dicha información; generalmente se le encuentra en el núcleo de las células; aunque en menor grado, también se halla en otras partes de la estructura celular, como las mitocondrias.

El ADN fue aislado por primera vez en 1869 por el médico suizo Friedirch Miescher, cuando estudiaba la composición química de la pus (glóbulos blancos) en vendas quirúrgicas. Al principio llamó a este Nucleina, pues lo había obtenido de núcleos celulares. En 1919, Phoebus Leven llegó a la conclusión de que un nucleótido está formado por una base nitrogenada, un azúcar y un fosfato, y sugirió una estructura en forma de solenoide (como un alambre enrollado en espiral) unido por medio de fosfatos.

A lo largo de las primeras décadas del siglo XX, y gracias a la técnica de difracción de rayos X, se obtuvo más información acerca de la estructura del ADN. En la década de los cuarenta, Erwin Chargaff analizó las bases nitrogenadas en el ADN de diferentes formas de vida y enunció lo que hoy se conoce como las “reglas de Chargaff”, en las que se establece que la cantidad de adenina es igual a la cantidad de timina,

<sup>4</sup> Un amigo mío que es biólogo me dijo que en ámbitos científicos, sin importar el idioma, se utilizan las siglas DNA con el objeto de homologar el término, pero decidí mantener las siglas en español, ADN, para evitar complicaciones.

que la cantidad de citocina siempre coincide con la cantidad de guanina y que, además, la relación AT/CG es diferente en diferentes organismos vivos.

En 1952, Rosalind Franklin, experta con reconocimiento mundial en la difracción de rayos x, obtuvo en el laboratorio John Randall del King's College lo que luego sería conocida como la fotografía 51, una imagen de la posible estructura del ADN. A partir de esa imagen, y con la información obtenida por Chargaff, James Watson y Francis Crick, que trabajaban en el Laboratorio Cavendish proponiendo diversos modelos tridimensionales de la estructura del ADN, establecieron el modelo de la doble hélice.

Hoy sabemos que el ADN es un polímero, es decir, se trata de una macromolécula compuesta por unidades más pequeñas que, en este caso, se conocen como nucleótidos. Cada nucleótido está formado por un azúcar, la desoxirribosa, una base nitrogenada (adenina, timina, citosina o guanina) y un grupo fosfato que funciona como un mecanismo de enganche a la manera de los vagones en los trenes. Es por eso que una secuencia de ADN se especifica nombrando solo la posición secuencial de estas bases, por ejemplo: GCATATGC, etcétera.

Las cuatro bases nitrogenadas (llamadas así porque contienen dos o más átomos de nitrógeno) se emparejan para formar la estructura de doble hélice del ADN; pero existen solo dos combinaciones posibles: la citosina (C) siempre se empareja con la guanina (G), y la adenina (A) con la timina (T). La primera pareja (C-G) se une a través de tres enlaces de hidrógeno, y la pareja A-T solo usa dos enlaces.

La información contenida en el ADN sirve para generar los bloques primarios para la construcción de los elementos celulares; sin embargo, para que se pueda utilizar la información del ADN en la maquinaria celular, debe copiarse en conjuntos de nucleótidos más cortos y con unidades diferentes, conocidos como ácido ribonucleico (RNA por sus siglas en inglés), a través de un proceso llamado transcripción. Dentro de las

células, el ADN, junto con proteínas histonas y no histonas, se organiza en cromosomas. El material genético de una dotación cromosómica completa se conoce como genoma, y este es el que define las características de cada especie de seres vivos conocidos.

### ***Abordaje sugerido***

Durante el trabajo manual del ensamblaje de la estructura del ADN y mientras se hace el procedimiento, se sugiere que el tallerista cuente la historia del descubrimiento tanto de la estructura como de la función del ácido desoxirribonucleico. Dependiendo de las edades y los intereses del público, se puede o no profundizar en los detalles técnicos de la historia, pero se propone la siguiente secuencia y/o puntos a tomar en cuenta para abarcar la historia completa.

El ADN es el recipiente que contiene toda la información que nos hace ser como somos, como especie y como individuo. Muchas veces nos referimos a él como una especie de receta de cocina, con la cual se puede confeccionar un ser viviente. El ADN se encuentra en todas las células, especialmente en su núcleo, pero entender qué era y cuál era su estructura fue una investigación que abarcó casi 100 años de esfuerzos de diferentes científicos.

El primero de ellos fue Friedrich Miescher, que en 1869 aisló el ADN en núcleos de glóbulos blancos. 50 años después, Phoebus Leven se dio cuenta de que la sustancia aislada por Miescher estaba formada por una base nitrogenada, un azúcar y un fosfato; sin embargo, a la hora de darle forma, Leven sugirió la de un solenoide, que es una especie de resorte.

Ya en la década de los cuarenta, Erwin Chargaff, después de estudiar el ADN de diversas especies, se dio cuenta de que existían ciertas reglas sobre el tipo y la cantidad de bases nitrogenadas que se podían encontrar en el ADN: la cantidad de adenina es igual a la cantidad de timina, y la cantidad de citocina siempre coincide con la cantidad de guanina.

Aunque se empezaba a conocer la función del ADN, su estructura seguía siendo un misterio. En 1951, en el laboratorio Cavendish de la Universidad de Cambridge, dos científicos, James Watson y Francis Crick, comenzaron a trabajar en una propuesta sobre la estructura del ADN, pero no acababan por decidirse por una, hasta que Maurice Wilkins, un físico del King's College, les mostró una imagen obtenida por su colega Rosalind Franklin. Con base en esa imagen, Watson y Crick establecieron la estructura de doble hélice del ADN. En 1962, Watson, Crick y Wilkins recibieron el Premio Nobel de Medicina "por sus descubrimientos acerca de la estructura molecular de los ácidos nucleicos y su importancia para la transferencia de información en la materia viva"; a Rosalind Franklin, no, porque había muerto en 1958 de un cáncer de ovario, pero también porque en esa época aún no se le daba el crédito por su contribución al descubrimiento del ADN.

Se sugiere terminar identificando las bases nitrogenadas en el modelo, así como sus mecanismos de unión. Se hará hincapié en el hecho de que la citosina (C) siempre se empareja con la guanina (G), y la adenina (A) con la timina (T).

### ***Datos curiosos***

La historia del descubrimiento de la estructura del ADN no está exenta de controversias, la más conocida es el poco crédito que sobre la cuestión recibió Rosalind Franklin. Franklin era cristalógrafa y obtuvo la primera imagen del ADN. Se decía que su carácter fuerte y determinado le impedía llevarse bien con algunos de sus compañeros de laboratorio. El neozelandés Maurice Wilkins, colega (que no amigo) de Franklin, les mostró —sin el permiso de ella— la fotografía 51 a Watson y Crick. Con base en esta, en 1953, Watson y Crick establecieron la estructura de doble hélice del ADN, sin darle el crédito que le correspondía al trabajo de Franklin.

Durante muchos años la comunidad científica discutió la participación de Franklin en el descubrimiento. El



reconocimiento, que hoy en día no se discute, llegó demasiado tarde para ella. Rosalind Franklin murió en 1958 debido a complicaciones de un cáncer de ovario, dolencia que muchos atribuyen a la exposición a la radiación que sufrió durante sus investigaciones. Cuando en 1962 les dieron el Premio Nobel de Medicina a Watson, Crick y Wilkins, Rosalind Franklin fue dejada de lado porque el Nobel solo se otorgaba a personas vivas.

### **Referencias**

<http://www.dnacenter.com/science-technology/dna-education/dna-origami.html>



# Jenga genético

PERLA GONZÁLEZ PEREYRA

## *Principios a revisar*

Ingeniería genética

Genes

## *Material*

- 48 piezas de madera de colores (tipo Jenga)
- Etiquetas del mismo color con características genéticas que se anexan
- Dos o más jugadores
- Mesa o cualquier superficie plana

## *Procedimiento*

1. Prepara el juego: empieza por colocar los bloques de madera en la superficie plana.
2. Arma la base con tres bloques. Agrega la siguiente capa sobre la anterior, pero dale a los bloques un giro de 90 grados.
3. Coloca capas de bloques, alternando la dirección, hasta que los uses todos. Permite que queden dos pisos del mismo color de manera contigua (es decir, dos pisos color rosa, dos color rojo, dos color verde, etcétera) porque cada par de pisos representará una característica.
4. Una vez armada la torre, se inicia preguntando por cada una de las características. Por ejemplo, para los bloques color rosa: "¿prefieren que tenga los ojos azules o cafés?"
5. Dependiendo de la respuesta los participantes, irán retirando las características (respetando los bloques sin color) que no se desean en el individuo. Pero ¡cuidado!, la torre debe mantenerse en pie al final del diseño. Además, existen algunas características que protegen contra enfermedades y que deberán conservarse si no queremos que nuestro individuo sea susceptible a enfermedades.

6. Al final, hagan un recuento de cómo luce el “individuo perfecto” y qué enfermedades podría sufrir.

### **Preguntas**

- ¿Es posible crear un individuo perfectamente sano?
- ¿Es posible elegir el color del cabello, la forma de la nariz o el color de la piel de tus hijos?
- ¿Cómo podemos hacerlo?

### **Marco teórico**

Un individuo debe sus características tanto estructurales como funcionales al ácido desoxirribonucleico (ADN), este almacena las instrucciones necesarias para que una persona se desarrolle con dichas características y es responsable de que estas se transmitan de generación en generación. El ADN está compuesto de nucleótidos, y cada uno de ellos contiene una base nitrogenada (guanina, citosina, timina o adenina), un azúcar (desoxirribosa) y un grupo fosfato.

A un determinado conjunto de nucleótidos necesario para la síntesis de una molécula específica se le denomina gen. El gen es considerado la unidad de almacenamiento de información genética y la unidad de la herencia, pues transmite esa información de padres a hijos.

El ser humano, en la concepción, se forma con “dos juegos” de genes: uno proveniente de la madre y el otro proveniente del padre. Los genes entran en una especie de competencia por “expresarse” y determinar una característica final. Por ejemplo, existe un par de genes (uno materno y otro paterno) para formar la nariz, pero solo uno, el más potente (gen dominante), podrá determinar la forma, mientras que el otro no se “expresará” (gen recesivo), de manera que el nuevo individuo terminará teniendo la nariz del padre o de la madre.

Gracias a los genes, los hijos tienen parecido físico con los padres, con los abuelos y aun con los bisabuelos. También, gracias a estos, se presentan cualidades anatómicas y psíquicas

semejantes a los progenitores, como ciertas manifestaciones de la inteligencia: las aptitudes para la música, el arte, los deportes, etcétera; sin embargo también es posible que se hereden defectos físicos o enfermedades, desde intolerancia a la lactosa hasta enfermedades graves como la hemofilia.

La estructura de los ácidos nucleicos puede modificarse por la acción de diversos agentes como radiación, gas metano, formol, fenol, plomo, mercurio, arsénico, etcétera. Dichas modificaciones traen cambios morfológicos o funcionales en el individuo que los sufre. A estas alteraciones se les conoce con el nombre de mutaciones, y estas persisten en los descendientes de los individuos.

Tal habilidad de los ácidos nucleicos aunada a la siempre curiosa mente del ser humano han planteado nuevas cuestiones: ¿es posible manipular los genes de tal manera que se prevengan enfermedades? ¿Somos capaces de curar enfermedades genéticas si modificamos el ADN? ¿A cuántos pasos estamos de crear un individuo perfecto?

Para responder estas preguntas, ha surgido la ingeniería genética, que (mediante el control y la transferencia de ADN de un organismo a otro) posibilita la creación de nuevas especies, la corrección de defectos genéticos y la fabricación de numerosos compuestos. A partir de la ingeniería genética, la terapia génica busca sustituir o añadir, según el caso, una copia normal de la región defectuosa del ADN para poder solucionar y restablecer la función alterada, evitando así el desarrollo de enfermedades de origen genético.

La ingeniería genética incluye un conjunto de técnicas biotecnológicas, entre las que destacan:

1. La tecnología del ADN recombinante; se aísla y manipula un fragmento de ADN de un organismo para introducirlo en otro.
2. La secuenciación del ADN; permite saber el orden o secuencia de los nucleótidos que forman parte de un gen.

3. La reacción en cadena de la polimerasa (PCR); aumenta el número de copias de un fragmento determinado de ADN, por lo tanto, con una mínima cantidad de muestra de ADN, se puede conseguir toda la que se necesite para un determinado estudio.

La ingeniería genética tiene aplicaciones en campos muy diversos, dos de los más importantes son la medicina y la creación de nuevas especies o mejora de las existentes. Por lo mismo, existen opiniones muy diversas sobre dónde han de situarse los límites de la manipulación del material que está en la base de todos los procesos vitales.

### **Abordaje sugerido**

¿Si pudieras crear el individuo perfecto, cómo sería? ¿De qué color tendría los ojos? ¿Qué tan grandes serían sus orejas? ¿Quisieras que fuera mujer u hombre?

Todas las características que acabamos de mencionar están almacenadas en nuestro material genético y nos fueron heredadas por nuestros padres, abuelos, bisabuelos, etcétera, pero eso no fue lo único que heredamos, también poseemos cierta susceptibilidad a enfermedades del corazón, cáncer, diabetes, etcétera.

Actualmente la ingeniería genética está buscando evitar que dichas susceptibilidades y otras enfermedades hereditarias sean eliminadas del material genético del individuo; además, busca que aquellos que ya poseen dicha enfermedad sean tratados intercambiando los genes “defectuosos” por unos “funcionales”, a esto se le conoce como terapia génica.

El problema, además de lo que implica éticamente la manipulación de genes de un individuo, es que ciertas regiones del ADN no codifican solo para una característica, sino para varias, lo que puede hacer que el “centro de información” de un individuo se vuelva inestable y, por tanto, incompatible con la vida.

La molécula de ADN es frágil, y la expresión de las características a las que da lugar no solo depende de la herencia sino también del ambiente, por lo que es susceptible a cambios (mutaciones) al estar expuesto a sustancias químicas como el plomo o a agentes físicos como la radiación ultravioleta.

### ***Dinámicas útiles***

Los participantes, una vez que conocen la dinámica y los riesgos de ciertos atributos, pueden “reconstruir” la torre tomando las características que deseen que su individuo posea. En niños más pequeños, resulta divertido que dibujen cómo quedó el individuo que “crearon”.

### ***Distribución de colores de piezas y características de genes:***

|   |   |               |               |
|---|---|---------------|---------------|
| Rosa  |   |               |               |
| Ojos azules   | Ojos azules   | Ojos cafés    | Ojos cafés    |
| Negro   |   |               |               |
| Piel oscura<br><br>*Mayor protección contra el cáncer de piel         | Piel oscura<br><br>*Mayor protección contra cáncer de piel            | Piel clara    | Piel clara    |
| Azul claro  |   |               |               |
| Estatura alta<br><br>*Mayor predisposición a enfermedades del corazón | Estatura alta<br><br>*Mayor predisposición a enfermedades del corazón | Estatura baja | Estatura baja |
| Naranja   |   |               |               |
| Cabello negro<br><br>*Tolerancia a la lactosa                         | Cabello negro<br><br>*Tolerancia a la lactosa                         | Cabello rubio | Cabello rubio |
| Verde   |   |               |               |
| Boca pequeña  | Boca pequeña  | Boca grande   | Boca grande   |

| Morado                                |                                       |  |  |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|--|
| Mujer                                 | Mujer                                 | Hombre                                 | Hombre                                 |
| *Susceptibilidad al cáncer de mama    | *Susceptibilidad al cáncer de mama    | *Susceptibilidad al cáncer de próstata | *Susceptibilidad al cáncer de próstata |
| Amarillo                              |                                       |  |  |
| Nariz afilada                         | Nariz afilada                         | Nariz aguileña                         | Nariz aguileña                         |
| Rojo                                  |                                       |  |  |
| Tipo de sangre A                      | Tipo de sangre A                      | Tipo de sangre O                       | Tipo de sangre O                       |
| *Mayor susceptibilidad a la hemofilia | *Mayor susceptibilidad a la hemofilia |  |  |

### **Datos curiosos**

¿Han notado que algunas personas no tienen la nariz de papá o de mamá, sino un mezcla de ambas? Existe una propiedad de los genes llamada expresividad, que determina en qué grado o en qué porcentaje se manifiesta una característica en un individuo.

Los rayos ultravioleta se utilizan para esterilizar y desinfectar, ya que las bacterias al ser expuestas a esta radiación sufren mutaciones en su material genético hasta que, en determinado momento, se interfieren sus procesos de crecimiento, respiración y reproducción, y se vuelven incompatibles con la vida.

La hemofilia es una enfermedad que impide la buena coagulación de la sangre; es una enfermedad ligada al cromosoma x, por lo que la mujer, al tener dos cromosoma x, solo es portadora, mientras que el hombre, al tener solo un cromosoma x, padece la enfermedad. Un caso histórico y muy conocido



es el de la Reina Victoria de Inglaterra, uno de sus hijos, el segundo menor; Leopoldo, fue el primer descendiente de Victoria que padeció esta enfermedad; después, dos de sus cinco hijas, Alicia y Beatriz, tras haber dado a luz a hijos varones, descubrieron que eran portadoras del gen defectuoso.

### **Referencias**

<http://es.wikipedia.org/wiki/>

Ingenier%C3%ADa\_gen%C3%A9tica

[http://www.ojocientifico.com/2011/04/29/  
que-es-la-ingenieria-genetica](http://www.ojocientifico.com/2011/04/29/que-es-la-ingenieria-genetica)



## **Torre de ADN**

PERLA GONZÁLEZ PEREYRA

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

### ***Principios a revisar***

Estructura del ácido desoxirribonucleico

Apareamiento de bases

### ***Material***

- 240 palitos de madera cuadrados de diez centímetros
- 50 gramos de colorante azul en polvo
- 50 gramos de colorante rojo en polvo
- 50 gramos de colorante verde en polvo
- 50 gramos de colorante morado en polvo (los colores pueden variar; la clave es tener cuatro colorantes distintos)
- Bandeja
- Agua
- Superficie plana

### ***Procedimiento***

#### **Preparación**

1. Vierte agua en la bandeja y agrega el colorante azul, mézclalos hasta que el color se distribuya uniformemente.
2. Mete 30 palitos al agua con colorante y déjalos ahí por diez minutos para que absorban bien el color; después, sácalos y ponlos a secar en el sol durante 15 minutos.
3. Repite los pasos 1 y 2, pero ahora usando el colorante rojo, luego usa el colorante verde, y finalmente el morado. De esta forma tendrás 30 palitos por cada color de pintura y 120 palitos de color natural, sin colorante.
4. Separa los palitos en dos paquetes, de manera que cada paquete tenga 15 palitos de cada color y 60 palitos sin pintar; lo que dará un total de 120 palitos por paquete.

## Dinámica

1. Separa a los participantes en dos equipos que competirán entre sí.
2. Entrégale a cada equipo uno de los paquetes de palitos.
3. Los equipos tendrán 15 minutos para construir una torre de palitos, y ganará el que logre hacer la torre más alta. El acomodo de esta deberá hacerse de la siguiente manera:
  - a) Se empezará colocando el primer piso o nivel con dos palitos naturales uno frente a otro, separados por una distancia de unos siete centímetros. (Figura 1)
  - b) Para el siguiente piso se colocarán un palito azul y uno rojo, de la misma manera que se colocaron los anteriores, pero ahora de forma perpendicular a los primeros. (Figura 2)
  - c) En el tercer piso irán dos palitos naturales que se girarán ligeramente respecto de los palitos del primer nivel, sin dejar de estar paralelos entre sí. (Figura 3)
  - d) El cuarto piso se hará con un palito verde y uno morado, estos se girarán hacia la misma dirección que en el paso anterior, pero ahora respecto de los palitos del segundo nivel. (Figura 4)
  - e) Seguirá un nuevo piso con tres palitos naturales y con su respectivo giro.
  - f) A partir de ahora se seguirán construyendo más pisos, siempre alternando uno de los palitos naturales con los de colores, y cuidando que se encuentren en el mismo piso un palito azul y uno rojo; así como en su respectivo piso, uno verde y uno morado.
  - g) Siempre que se pongan palitos naturales (sin colorante) sobre el azul y el rojo, se pondrán dos; mientras que sobre el verde y morado, se pondrán tres. Los pisos de colores no necesariamente deben ir en orden alterno, los participantes pueden hacer diferentes patrones.
  - h) Es importante que se sigan haciendo los giros para que la torre tenga la forma de una doble hélice. (Figura 5)

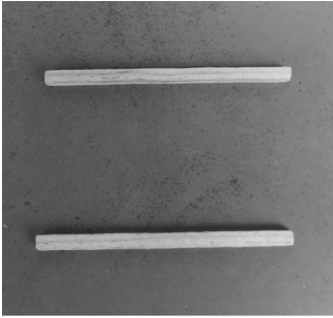


Figura 1

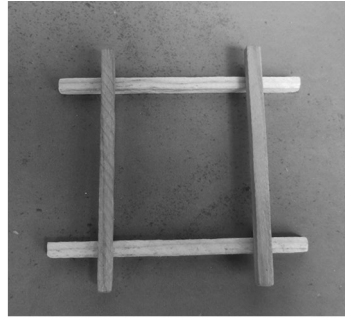


Figura 2

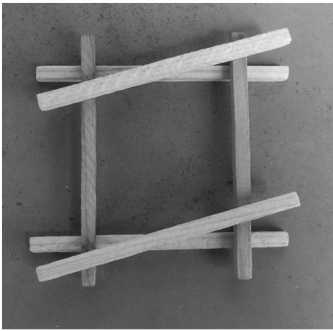


Figura 3

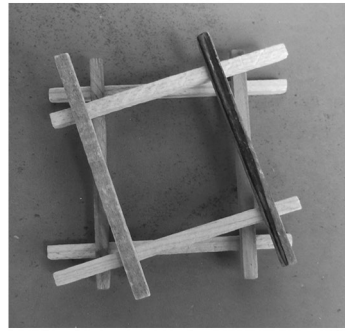


Figura 4

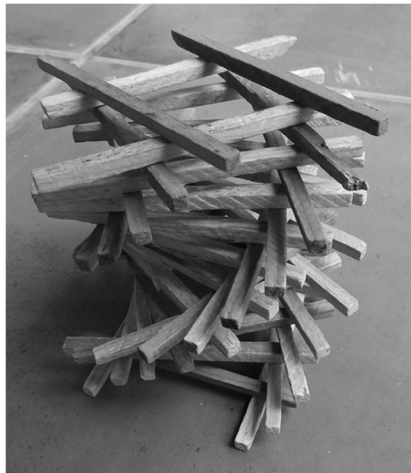


Figura 5

4. Al concluir, se explicará que las torres sirven para darnos una idea de cómo es la estructura de doble hélice del ácido desoxirribonucleico (ADN). Cada color de palitos representa una base nitrogenada distinta: los rojos a la adenina, los azules a la timina, los verdes a la citosina, los morados a la guanina, y los naturales a los puentes de hidrógeno, enlaces que unen a las diferentes bases nitrogenadas.

En nuestra torre, siempre va rojo con azul y verde con morado porque, en el ADN, siempre van juntas la adenina con la timina y la citosina con la guanina. El azul y el verde llevan dos palitos naturales sobre ellos porque a la adenina y a la timina las unen dos puentes de hidrógeno; el verde y el morado llevan tres palitos porque se necesita ese número de puentes para unir a la citosina y a la guanina.

### **Preguntas**

- ¿Por qué nos parecemos a papá, a mamá o a los abuelos?
- ¿Cómo sabe cada célula del cuerpo cuál es su función?
- ¿Dónde se encuentra la información que nos permite ser quienes somos?

### **Marco teórico**

La información que determina cómo lucirá una persona o cómo funcionarán sus células se encuentra almacenada en el material genético, que, en nuestro caso, está conformado por la molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN) que habita en el núcleo de cada célula. El ADN es una cadena de nucleótidos que actúa como plantilla para dirigir la actividad celular mediante mensajes de ácido ribonucleico (ARN). La principal diferencia entre el ADN y el ARN se encuentra en que el primero está formado por dos cadenas moleculares, mientras que el segundo solo tiene una.

Las moléculas de ADN y ARN son polímeros, cadenas formadas por miles o millones de nucleótidos. Cada nucleótido está compuesto por:

1. Un azúcar de cinco carbonos (ribosa en caso del ARN y desoxirribosa en el del ADN)
2. Un grupo fosfato
3. Una base nitrogenada (llamada así porque contiene átomos de nitrógeno)

Existen cuatro tipos diferentes de nucleótidos que se distinguen por su base nitrogenada. Hay dos tipos de bases nitrogenadas: las purinas (son grandes y poseen dos anillos en su estructura química) y las pirimidinas (son pequeñas y de un solo anillo). El ADN contiene dos bases purinas: adenina y guanina, y dos pirimidinas: timina y citosina.

En la estructura de doble hélice del ADN, las bases nitrogenadas se emparejan de una forma específica: la citosina (C) siempre va con la guanina (G), y la adenina (A) con la timina (T). La pareja (C–G) se une mediante tres puentes de hidrógeno, mientras que la pareja A–T solo usa dos.

### **Abordaje sugerido**

Cada uno de nosotros es único y a la vez casi igual al resto de los humanos; tenemos pensamientos, atributos físicos y funcionales que nos hacen diferentes a los demás; sin embargo, también compartimos ciertas características con nuestro padre, nuestra madre, nuestros hermanos, nuestros abuelos y hasta con el resto de la humanidad; ¿por qué?

Las células que conforman nuestro cuerpo nacen, viven, actúan e, inclusive, mueren según la información predeterminada que poseen desde la concepción. Esa información está almacenada en el núcleo celular en forma de ácido desoxirribonucleico (ADN). El ADN está compuesto por pequeños bloques denominados nucleótidos (un azúcar, un grupo fosfato y una base nitrogenada). Existen cuatro tipos de nucleótidos según la base nitrogenada que poseen: guanina, adenina, citosina y timina.

La molécula de ADN está conformada por dos cadenas en forma de hélices antiparalelas (van en sentido opuesto una de

la otra) que se relacionan entre ellas a través de enlaces que son puentes de hidrógeno, de tal forma que la adenina de una cadena queda "apareada" con la timina de la cadena contraria, y lo mismo ocurre en el caso de la guanina con la citosina.

¿Pero cómo se transforma la información "escrita" en bases nitrogenadas en productos útiles para la célula? Una secuencia de tres bases nitrogenadas, denominada triplete, se expresa (a través de ciertos procesos) como un aminoácido, la unidad fundamental de las proteínas. Y son las proteínas las que llevan a cabo la mayor parte de las actividades vitales para la célula; desde formar parte de su estructura, pasando por ser sustancias de defensa contra microorganismos (inmunoglobulinas), hasta las ser encargadas de transformar sustancias fundamentales para la alimentación de la célula (enzimas).

### ***Datos curiosos***

El ADN no se encuentra solamente en el núcleo, las mitocondrias (organelos celulares que sirven como motores de la misma) poseen su propio ADN (ADN mitocondrial), que es similar al de algunas bacterias; por esto, se piensa que, en un determinado momento de la evolución, una bacteria "se comió" a otra, dando origen a las mitocondrias (para más información, consultar la Teoría Endosimbiótica Serizada).

### ***Dinámicas útiles***

Al dividirse en equipos, los participantes pueden utilizar pequeñas pelotas que simulen agentes nocivos para el ADN (radiación ultravioleta, virus, radicales libres, etcétera) e intentar destruir el ADN del equipo contrario, de tal manera que el juego se vuelva una carrera no solo contra el tiempo sino también contra los obstáculos.

### ***Referencias***

[aportes.educ.ar/biologia/nucleo...del...adn/estructura\\_del\\_adn.php](http://aportes.educ.ar/biologia/nucleo...del...adn/estructura_del_adn.php)  
<http://adnestructurayfunciones.wordpress.com/2008/08/15/adn/>  
<http://www.um.es/molecula/prot07.htm>



# **Extracción de ADN**

LUIS STEVEN SERVÍN GONZÁLEZ

## ***Principios a revisar***

Características bioquímicas del ácido desoxirribonucleico  
Importancia biológica, social (usos prácticos en medicina forense) y práctica (biotecnología e ingeniería genética) del ADN

## ***Material***

- Solución de detergente líquido 25 %
- Solución de cloruro de sodio (sal) 6 %
- Recipientes para preparar las soluciones
- Agua mineral
- Alcohol etílico 4°C (no es totalmente necesario, pero puede impactar en el resultado de manera notoria)
- Vaso transparente
- Agitador
- Jeringa o pipeta

## ***Procedimiento***

1. Prepara las soluciones de lisis (detergente y sal).
2. Llena con 20 mililitros de la solución de sal el vaso transparente, y agrega aproximadamente un mililitro de solución de detergente.
3. Pide a una persona que se enjuague la boca con el agua mineral durante un minuto (los buches deben ser fuertes para remover el mayor número de células epiteliales).
4. Ahora, escupiendo suavemente, se deposita el enjuague en el vaso transparente.
5. Déjalo reposar por dos minutos (en este tiempo, puedes hablar sobre la importancia del taller en la vida real partiendo de la trascendencia del ADN).
6. Agrega el alcohol, con sumo cuidado, vertiéndolo por las orillas con ayuda de la jeringa. Se formarán dos "capas"; por la densidad, el alcohol permite que las interacciones

del ácido nucleico con el agua sean mínimas, y, por lo tanto, se pueda precipitar y aislar.

7. Espera un par de minutos e invita al grupo a observar cómo aparecen las hebras del ADN.
8. Toma las hebras con el agitador y ponlas en un pequeño frasco para que el donante se las lleve.

### **Preguntas**

¿Qué significa ADN?

¿De dónde saca nuestro cuerpo la información para ser como es?

¿En qué partes de la célula se encuentra el ADN?

¿Puede haber vida sin el ADN?

¿De qué está compuesto?

### **Marco teórico**

La era dorada de la biología —entendida como el estudio del origen, la evolución y las propiedades de los seres vivos— vino en la década de los cincuenta con el descubrimiento de la estructura de doble hélice del ADN por James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins, apoyados en los estudios de Rosalind Franklin.

Hoy en día es común el uso de la biotecnología ayudada por la ingeniería genética; como herramienta científico-tecnológica, se utiliza en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, la mejora de alimentos y hasta en procesos para el bienestar del medio ambiente. La mayoría de estos avances se ha dado gracias al conocimiento de la molécula del ácido desoxirribonucleico (ADN).

El ADN está compuesto por cuatro bases nitrogenadas (adenina, guanina, citosina y timina), un azúcar pentosa (de cinco carbonos) y un grupo fosfato muy energético que une los eslabones de la cadena. Sabemos que el ácido desoxirribonucleico es una estructura de dos hebras con forma de hélice enlazadas en sentido antiparalelo (una va de 5'–3' y la otra de 3'–5').

La grandiosa importancia de esta molécula es su capacidad de almacenar la información básica (bioquímica) que requiere un organismo para vivir; así como su habilidad para duplicarse, formando clonas que transmitirán la información genética de generación en generación. Esta molécula es la responsable de nuestras características (siempre debemos tomar en cuenta la influencia del ambiente, al menos en lo biológico), y en azarosas ocasiones puede ser objeto de diversas mutaciones que modifiquen su información presente.

Un detergente es una sustancia antipática cuyas características hidrofóbica e hidrofílica interactúan con las membranas celulares, formando pequeñas micelas que se encargan de “deshacer” dichas membranas y liberando el contenido celular. Por otra parte, los detergentes ayudan en la desnaturalización de las proteínas (en algunos casos, estos poseen enzimas capaces de degradar a las proteínas) para liberar el ácido desoxirribonucleico. El Alcohol permite reducir la superficie de solvatación de la molécula, tornándola más insoluble (porque el alcohol interactúa de manera no covalente con el agua y reduce las interacciones por puentes de hidrógeno con el ADN) y precipitándola.

El añadir y/o quitar ciertos genes —secuencias del ADN—, ya sea benéfico o perjudicial para el organismo, es el pan de cada día de la ingeniería genética. Si bien aún se está a una distancia considerable de llegar a la meta, día a día estos trabajos se llevan acabo.

En medicina forense, quizás la manera más exacta de conocer a un individuo es la verificación de ciertos marcadores índice de su genoma; para hacerlo, se debe tomar una muestra que contenga su información genética. Incluso, si lo que se desea es capturar a algún sospechosos, se deberá buscar —aparte de sus huellas físicas— sus huellas moleculares, es decir, su ADN.

Es así que esta actividad nos ofrece una manera fácil y divertida de realizar una práctica parecida a la extracción de ADN; aunque no es exactamente igual al método utilizado

para investigaciones formales, pues la muestra debe ser aislada y purificada con mucho cuidado para tener una confiabilidad del 100 %.

### **Abordaje sugerido**

Se comienza por reunir a las personas del grupo y preguntarles si han escuchado las siglas “ADN”, se les cuestiona si saben el significado y se les comenta acerca de algunas de sus características bioquímicas y biológicas.

El ADN es la molécula característica de la vida, pues contiene en ella la información necesaria para un ser vivo. Hoy sabemos que el trabajo en conjunto de todas la moléculas que intervienen en la vida es posible gracias a las órdenes detalladas y codificadas en el genoma.

ADN significa ácido desoxirribonucleico, es decir, que su estructura cuenta con un grupo fosfato, una base nitrogenada y, formando el esqueleto de la molécula, un azúcar desoxirribosa (un azúcar de cinco carbonos sin oxígeno enlazado al carbono); su información se encuentra codificada en cuatro letras, que son las bases nitrogenadas: adenina (A) guanina (G) citosina (C) y timina (T), cada tres de estas “significan” un aminoácido, el cual se une a otros aminoácidos para formar las proteínas, biopolímeros que posibilitan el buen funcionamiento de la mayoría de las capacidades de los seres vivos.

Obtener la información del ADN de cada organismo es muy importante; gracias a que cada uno tiene una secuencia específica de genoma, ha sido posible identificar distintos animales, restos momificados, fósiles e incluso a hijos perdidos o recuperados. Para poder “leer” la información que alguien posee en su genoma, es necesario obtener su ADN, por eso, aprenderán a obtenerlo.

“Sacar” el ADN no solo sirve para conocer mejor algo o a alguien, también es el principio básico para modificarlo. Así pues, a ese gran libro de instrucciones que representa el genoma de cualquier organismo, le podemos quitar y/o agregar nuevas

instrucciones que se traduzcan en proteínas útiles para el organismo en cuestión. Para realizar esto, utilizaremos distintos compuestos que permitirán destruir la célula, deshacernos del resto de moléculas que no nos interesan y obtener el ADN.

### ***Datos curiosos***

Los investigadores atribuían a las proteínas la característica de “moléculas de la vida”, pues, como se sabe, realizan la mayoría de las funciones vitales de un ser vivo, desde lo estructural (las uñas, los cuernos de ciertos animales o la matriz extracelular que sirve de soporte a las células de un organismo multicelular) y lo energético (albúmina de huevo), hasta la defensa contra patógenos (anticuerpos). Hoy en día sabemos que toda esa información y acción vital de las proteínas está codificada en los genes del ADN, a manera de “instructivo”.

El descubrimiento de la estructura del ADN fue símil a una carrera armamentística, pues el famoso Linus Pauling creyó haber dado con la famosa estructura de esta molécula; sin embargo, se supo con el tiempo que no era así, fue entonces que tanto Watson como Crick publicaron su resultado de la famosa “doble hélice”. Esto no lo habrían logrado sin la ayuda de la famosa fotografía que Rosalind Franklin había conseguido, por medio de una técnica llamada cristalografía, del ADN. Ciertamente es que James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins se llevaron el Premio Nobel olvidando a una gran Rosalind Franklin.

Al ADN se le conoce como ácido porque, en una solución, este se comporta como tal (un ácido) y dona protones a la solución, contribuyendo a que disminuya el pH de esta.

### ***Referencias***

Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, Martin Raff, Keith Roberts y Peter Walter: *Molecular biology of the cell*, 5ta edición, New York, Garland Science, 2008.

David L. Nelson y Michael M. Cox: *Lehninger. Principles of biochemistry*, 5ta edición, New York, W. H. Freeman & Company, 2008.



## **Nanotecnologías**

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

Una revolución tecnológica es un importante conjunto de avances científico–tecnológicos que generan nuevos productos y servicios que cambian la forma de vida de las personas y la forma de trabajo en la industria. Hemos visto en el pasado grandes y productivas transformaciones sociales de la mano de la máquina de vapor; la generación de la electricidad y el internet. Sin duda, en las últimas décadas, las nanociencias y las nanotecnologías han presentado avances que las perfilan como una nueva revolución.

Hay cambios que van de lo pequeño a lo grande, pero ninguno de una forma tan radical como los de las *nano*: el sistema científico–tecnológico que busca manipular las partículas más pequeñas que el ser humano puede manejar directamente: moléculas e incluso átomos. Las nanociencias y nanotecnologías trabajan en la escala de 1 a 100 nanómetros, millonésimas partes de milímetro, con el fin de obtener materiales, aparatos y sistemas con propiedades novedosas y utilidad práctica.

Hablamos de nanotecnologías, en plural, porque no se trata de innovaciones que surjan a partir de un solo avance específico —como ocurrió con las revoluciones anteriores—, sino que implican aportes muy distintos del trabajo de diferentes disciplinas científico–tecnológicas, como la física del estado sólido, electrónica, química, ciencia de los materiales y biología, por mencionar algunas. Es por esto mismo que existe una gran diversidad de aplicaciones posibles para la acción de las nanotecnologías: generación y distribución de energía, diferentes productos de consumo (alimentos, ropa, cosméticos, electrónicos, artículos deportivos, etcétera), nuevos dispositivos para la industria de las armas, purificación de agua, nuevos materiales para la construcción de edificios y vehículos de todo tipo, así como medicamentos y tratamientos para toda clase de enfermedades.

En esta sección vamos a empezar por abordar el elemento de convergencia para todas las nanotecnologías, y que, a la vez, dificulta que muchas personas entiendan de qué se trata la nueva revolución, este elemento es: el tamaño. “Escala y potencias” parte de elementos conocidos para ayudar a que los participantes se hagan una idea de la dimensión en que se realizan los avances. Por otro lado, en “Nanoscopio” se abordan los elementos esenciales del funcionamiento del microscopio de fuerza atómica (AFM); un avance fundamental para el desarrollo de las nanotecnologías.

En “Grafeno y nanotubos” se revisa uno de los materiales que han cobrado más importancia para las *nano* en la última década. Aunque existen muchas otras sustancias, que inclusive ya se encuentran en el mercado, los compuestos del carbono son los que se han convertido en uno de los aportes más representativos de las nanotecnologías.

Uno de los elementos trascendentes para hacer diferentes las propiedades de la tecnología a escala de nanómetros es la aparición de efectos cuánticos; en “Indeterminación” se aborda la dualidad onda/partícula y sus efectos para las propiedades electrónicas de algunos materiales. Por último, “Nanobarreras” pone en la mesa un tema de gran trascendencia: toda nueva tecnología implica riesgos, y las *nano* no son la excepción. Conocer los peligros que pueden tener algunos avances nos ayuda a tomar las medidas necesarias para aprovechar al máximo las ventajas, sin tener que exponernos a efectos negativos.



# Escalas y potencias

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

## *Principios a revisar*

Potencias de diez

Escalas de tamaño en la naturaleza

Tamaño de trabajo de nanotecnologías

## *Material*

- Aro de hula de un metro de diámetro
- Tramo de hilo de cinco metros de largo
- Aro de diez centímetros de diámetro (puede ser de plástico, metal u otro material)
- Moneda de diez centavos
- Hoja con imágenes de objetos de diferentes escalas para cada participante

## *Procedimiento*

1. Una persona detendrá un extremo del hilo en el centro del espacio donde se realizará la actividad, y otra le irá dando vuelta al otro extremo; mientras tanto, los participantes se acomodarán en los puntos que recorre el extremo móvil del hilo. De esta manera, los participantes formarán un círculo de diez metros de diámetro.
2. Entrega a cada participante una hoja con las imágenes de objetos en diferentes escalas.
3. Pregúntales cuál es la unidad de longitud que ellos usan con más frecuencia. Discutan la importancia del metro como patrón, y las razones por las que es útil.
4. Usando esta unidad, pídeles que traten de dar el tamaño de objetos como la Tierra, una molécula o una galaxia. Con esto se busca establecer la necesidad de unidades diferentes para cada escala, o bien de una notación versátil que funcione para objetos muy grandes o bien muy pequeños.

5. Explica la notación científica y el uso de potencias de diez; señala que la variación en longitud implica una variación cuadrada en área y una cúbica en volumen.
6. Invita a los participantes a imaginar que amplifican un objeto muy pequeño, como un cabello, hasta el tamaño del círculo que están formando. Con esto se puede buscar dimensionar el tamaño nano: si un cabello humano tuviera el mismo grosor que el círculo de participantes, una célula sería del tamaño del aro de diez centímetros, y un nanómetro sería equivalente al grosor de una hoja de papel común.

### **Preguntas**

¿Sabes qué son las unidades?

¿Para qué sirven?

¿Todos los objetos pueden ser medidos con las mismas unidades?

¿Será útil usar una forma especial para anotar el tamaño de objetos muy grandes o muy pequeños?

¿Tienes una idea de la diferencia de tamaño entre las cosas más grandes conocidas y las más pequeñas?

### **Marco teórico**

La notación científica es una forma de escribir números, que facilita la representación de cantidades muy grandes o muy pequeñas con la ayuda de las potencias de diez. La notación se realiza de la siguiente manera:  $A \times 10^n$ . Aquí,  $A$  es un número entero, o decimal, y  $n$  es el exponente que resulta clave para establecer el orden de magnitud.

Esta notación resulta sumamente útil tanto para facilitar la notación de diferentes cifras como para realizar cálculos. Cuando el signo del exponente es positivo, solo es necesario elevar el número diez a la potencia señalada; en el resultado, el exponente se refleja en el número de ceros que debemos agregar a la derecha del número  $A$ . En caso de ser negativo, se trata de dividir uno entre diez a la potencia señalada; en

el resultado, la potencia indica el número de dígitos que se debe mover el número A a la derecha del punto decimal.

Podemos mostrar algunos ejemplos sencillos de potencias, asociándolos a los prefijos que se usan para nombrar las mismas cantidades:

$$1 \times 10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000 \text{ (tera)}$$

$$1 \times 10^9 = 1\ 000\ 000\ 000 \text{ (giga)}$$

$$1 \times 10^6 = 10\ 000\ 000 \text{ (mega)}$$

$$1 \times 10^3 = 1\ 000 \text{ (kilo)}$$

$$1 \times 10^2 = 100 \text{ (hecto)}$$

$$1 \times 10^1 = 10 \text{ (deca)}$$

$$1 \times 10^0 = 10^1/10^1 = 1$$

$$1 \times 10^{-1} = 1/10^1 = 0.1 \text{ (deci)}$$

$$1 \times 10^{-2} = 1/10^2 = 0.01 \text{ (centi)}$$

$$1 \times 10^{-3} = 1/10^3 = 0.001 \text{ (mili)}$$

$$1 \times 10^{-6} = 1/10^6 = 0.000001 \text{ (micro)}$$

$$1 \times 10^{-9} = 1/10^9 = 0.000000001 \text{ (nano)}$$

$$1 \times 10^{-12} = 1/10^{12} = 0.000000000001 \text{ (pico)}$$

Cuando medimos el tamaño de objetos en las diferentes escalas del universo, desde los enormes cúmulos de galaxias hasta las diminutas partículas subatómicas, es muy sencillo confundirse y perder la idea de las dimensiones de cada uno de esos objetos. Las potencias de diez nos dan una buena herramienta para comparar y dimensionar el tamaño de las cosas, pero hay que tener presente que dos potencias de diez de diferencia entre dos objetos no es el doble de tamaño, sino 100 veces el tamaño de uno respecto del otro.

A partir de la década de los ochenta, con la invención de los microscopios de fuerza atómica, cobró fuerza el trabajo de manipulación de la materia a la escala molecular; base de un conjunto de desarrollos científico–tecnológicos que hoy se conocen como nanotecnologías. El nombre se refiere específicamente al tamaño en que se trabaja para estos avances,

el cual va de uno a 100 nanómetros. Aunque actualmente las *nano* se han convertido en un conjunto de innovaciones de gran trascendencia, no solo científica sino también económica y hasta política, el tamaño —considerablemente pequeño— dificulta que la mayoría de las personas asimilen la dimensión en que estas tecnologías trabajan; pero el juego con escalas y potencias nos ayudará a hacernos una idea.

### **Abordaje sugerido**

Las principales escalas de longitud fueron creadas para tener una referencia o patrón común que ayudara a medir diferentes objetos. La unidad más común para nosotros es el metro, pero también existen otras —usadas en los países anglosajones— como el pie y la milla. Todos estos casos son útiles a nuestra escala, pero poco prácticos cuando trabajamos con cosas muy grandes o muy pequeñas.

Para realizar un ajuste se han creado notaciones que se anteponen al nombre de la unidad y evitan poner muchos ceros con las cosas grandes, como con kilo, mega, giga, etcétera. También existen otras notaciones que ahorran el uso de engorrosos decimales, tal es el caso de mili, micro, nano o pico. Además, hay casos específicos de nuevas referencias enormes, como las que se aplican al espacio: la unidad astronómica, el año luz y el parsec. Sin embargo, uno puede acabar hecho bolas con tantos prefijos y nuevas opciones.

Aquí es donde aparece la notación científica como una herramienta para hacer la escritura y las cuentas más sencillas. Se usan potencias de diez para evitar el gorro de los ceros o de las notaciones especializadas. Así, por ejemplo, en lugar de escribir un siete con diez ceros para decir 70 mil millones, escribimos  $7 \times 10^{10}$ . O en vez de un tres con cinco ceros para expresar 300 mil, escribimos  $3 \times 10^5$ . Y en los decimales, en lugar de poner 0.000008, se indica  $8 \times 10^{-6}$ ; o en vez de 0.000000001 va  $1 \times 10^{-9}$ .

La clave radica en que un exponente positivo nos ahorra el uso de ceros para un número muy grande: la cifra a la que

elevamos el diez establece el número de ceros; y un exponente negativo equivale a dividir uno entre diez elevado al número en el exponente, o sea, nos ayuda a indicar el número de decimales al que vamos a recorrer el número inicial a la derecha del punto decimal.

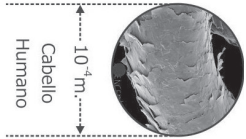
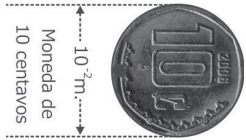
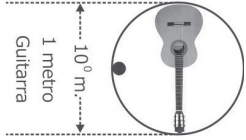
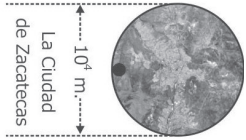
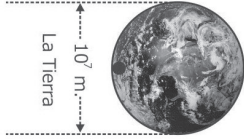
El uso de potencias de diez, además de quitarnos el lío de los ceros o los nombres raros, nos ofrece una idea más sencilla de la relación que hay entre el tamaño de diferentes objetos. Solo hay que tener en mente que la proporción entre los números manejados es exponencial. Algo que mide  $10^6$  metros es mil veces más largo que algo que mide  $10^3$ ; pero si hablamos de área, tenemos que elevar mil al cuadrado para ver la diferencia; y en caso de volumen, es una expresión cúbica. Así, una esfera con un diámetro de  $10^3$  cabe mil millones de veces en un de diámetro de  $10^6$ , aunque su diámetro solo es mil veces más pequeño.

Aunque durante las últimas décadas se ha puesto de moda un conjunto de avances conocidos como nanotecnologías, que reciben su nombre del tamaño en que trabajan: entre uno y cien nanómetros, es decir que su rango va de  $1 \times 10^{-7}$  a  $1 \times 10^{-9}$  metros, no es sencillo hacernos una idea de la dimensión de trabajo de este conjunto de avances científico–tecnológicos.

Si usamos la imaginación, es posible hacernos una idea más clara de las *nano*: el grosor de un cabello humano, lo más pequeño que podemos ver a simple vista, es de  $10^{-4}$  metros, si lo ampliamos hasta que su grosor sea igual al círculo que formamos todos los que participamos en la actividad, el tamaño de trabajo de las nanotecnologías estaría entre el grosor de una hoja de papel común y el diámetro de una moneda de diez centavos.

### ***Datos curiosos***

Las estimaciones actuales señalan que el universo tiene alrededor de  $3 \times 10^{23}$  estrellas, mientras que una persona de 70 kilogramos tiene algo así como  $7 \times 10^{27}$  átomos en su cuerpo. Esto quiere decir que cada uno de nosotros tiene diez mil átomos por cada estrella en el universo.

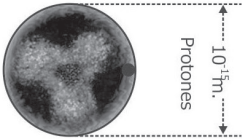
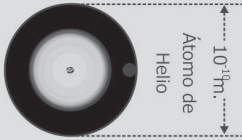
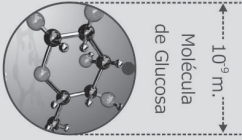


**Escalas de longitud en la naturaleza, medidas en potencias de 10.**

100 nanómetros

1 nanómetro

0.1 nanómetros



*Rango de acción de las Nano*

# **Grafeno y nanotubos**

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

con idea de Pedro Serena

## ***Principios a revisar***

Estructuras de carbono a nivel nano

Alótropos de carbono

## ***Material***

- 20 hojas de acetato con la impresión de una estructura de grafeno (ver imagen al final)
- 20 marcadores permanentes de colores
- Tres rollos de cinta adhesiva transparente

## ***Procedimiento***

1. Distribuye una hoja de acetato a cada uno de los participantes. Mientras se hace la distribución, explica que en la actividad vamos a conocer algunos de los acomodos del carbono a nivel nano y, también, algunas de sus propiedades.
2. Con los marcadores se rellenarán de un color los círculos que representan a los átomos de carbono, y con otro color, los que simbolizan los enlaces en la red del grafeno. Paralelamente, explica que los átomos no tienen color, que el color no tiene sentido a esa escala y que solo lo usamos para hacer nuestro modelo más llamativo.
3. Comenta que el grafeno es el material más delgado del mundo, pues tiene solo un átomo de grosor. Aborda las principales propiedades físicas de este material así como sus ventajas potenciales para la electrónica. Para dar una idea de proporción, indica que el diámetro de un átomo de carbono es de 0.14 nanómetros y la distancia entre los átomos en el grafeno es ligeramente mayor; 0.142 nanómetros.
4. Informa a los participantes que antes de que el grafeno saltara a la fama, ya se trabajaba con otras estructuras de

carbono con propiedades muy interesantes: los nanotubos de carbono. Existen nanotubos que esencialmente son láminas de grafeno enrolladas.

5. Para convertir nuestra lámina de grafeno en un nanotubo, los participantes tomarán los extremos más largos de la hoja de acetato y los juntarán, de manera que se forme un tubo.
6. Se buscará que los enlaces embonen con los átomos para que el tubo sea perfecto, y, con ayuda de la cinta adhesiva, se pegarán los bordes para asegurar la estabilidad del tubo.

### **Preguntas**

¿Es posible que un mismo material pueda tener propiedades diferentes?

¿Cómo se logra esto?

¿Importa el tamaño de una estructura para sus propiedades?

¿Sabes dónde se encuentra el carbono?

¿Alguna vez lo has visto?

¿Lo has usado?

### **Marco teórico**

El carbono es uno de los elementos químicos más interesantes, primero, porque los enlaces que forma son la base de la vida tal y como la conocemos, y, segundo, porque aún en estado puro —sin combinarse con ningún otro elemento—, es capaz de formar materiales muy diferentes. El grafito, como el que se usa en los lápices para escribir, es oscuro y fácil de romper, mientras que el diamante es transparente y el material más duro en la naturaleza. Si ambos están hechos solo de átomos de carbono, ¿qué los hace diferentes?

La clave está en la forma en que los átomos se enlazan entre sí, esto sucede según la distribución de los electrones en niveles de energía. Los átomos están formados por tres tipos de partículas: los protones (con carga eléctrica positiva), los neutrones (sin carga) y los electrones (con carga negativa). Normalmente los átomos tienen un número específico de protones y de



electrones que determina sus propiedades químicas: un átomo con un electrón siempre será hidrógeno; con dos electrones será helio; con tres, litio, y así podemos seguir revisando todos los elementos de la tabla periódica. Dentro del átomo, protones y neutrones se ubican en el núcleo, mientras que los electrones se distribuyen en niveles (y subniveles) de energía a su alrededor. Según el nivel del que se trate, se tendrá cierto número de subcapas: el primero solamente tendrá una (s), el segundo tendrá dos (s y p), el tercero, tres (s, p, y d), y conforme los átomos tengan más electrones, llegarán a niveles con un mayor número de capas en las que se podrán distribuir estas partículas. Cuando se trata de enlazarse con otros átomos, los electrones del último nivel de energía —llamados de valencia— y la forma en la que estos se acomodan en las subcapas definen cómo se puede combinar un elemento químico específico.

Las configuraciones más estables de los átomos se presentan cuando los niveles y las subcapas están llenas de electrones. Aunque para la mayoría de los elementos el número de electrones no alcanza a llenar las capas, cuando los átomos se unen para formar moléculas, sus arreglos de electrones se complementan para llenar los niveles o las subcapas. Y, como parte de esos enlaces, los electrones pueden cambiar entre las subcapas para formar lo que llaman diferentes hibridaciones, es decir, diferentes formas de enlazarse.

El carbono tiene un total de seis electrones, de los cuales dos están en el primer nivel y cuatro en el segundo; de estos últimos, normalmente dos están en la subcapa s, y dos en la subcapa p. Lo anterior se abrevia  $1s^2 2s^2 2p^2$ , los números grandes indican el nivel de energía, las letras indican la subcapa y los números en superíndice señalan el número de electrones en cada una de ellas. Las diferentes formas del carbono surgen de las diferentes hibridaciones de los electrones, que dan lugar a las diferentes formas de acomodar los átomos cuando se enlazan.

En el diamante, uno de los dos electrones en la capa s del segundo nivel pasa a la capa p, haciendo que su configuración

quede en  $sp^3$ . Con esto se tienen cuatro orbitales híbridos que permiten que cada átomo se enlace a otros cuatro mediante enlaces covalentes, formando una estructura tridimensional de tetraedros enlazados entre sí. Este tipo de red es la que le da su gran dureza al diamante, así como sus propiedades físicas: un alto punto de fusión, su transparencia y que sea un excelente aislante térmico y eléctrico. La hibridación  $sp^3$  es la misma con la que el carbono se combina con N, O, H, P y S en las moléculas biológicas.

Si el acomodo cambia para ser  $sp^2$ , se forman tres orbitales que se distribuyen en un plano formando ángulos de  $120^\circ$ , como una estrella de tres picos; queda un orbital puro que apunta perpendicularmente al plano de los otros tres. Así se acomodan los átomos de carbono en el grafito, con redes hexagonales que se acomodan en un gran número de láminas paralelas. Lo peculiar de este caso es que los átomos en el mismo plano, en la red hexagonal, están muy unidos entre sí, mientras que las diferentes láminas tienen enlaces muy débiles entre ellas; de ahí que las propiedades del grafito sean muy diferentes en el plano y entre las diferentes capas; se trata de un material muy duro y resistente en el plano, pero que puede separarse en láminas (como sucede cuando escribimos con un lápiz) en dirección perpendicular. Además, por el mismo motivo, el grafito es un buen conductor eléctrico en el plano, pero uno malo entre las diferentes láminas.

El grafeno es una capa de grafito con un grosor de un solo átomo. Aunque es un material difícil de obtener a escala industrial, la posibilidad de ajustar sus propiedades para tener una alta movilidad electrónica o una alta resistividad lo hacen muy atractivo como posible sustituto del silicio en componentes electrónicos. Es por esto que actualmente el grafeno se ha convertido en uno de los materiales de moda y una de las principales banderas para el avance de las nanotecnologías. Sin embargo, no puede decirse que se trate de algo completamente novedoso: antes de que tuviera nombre, en

1947, ya se hacían los primeros estudios teóricos de sus propiedades electrónicas; en la década de los sesenta, se intentó crear películas de este material, pero sus características de enlace lo hicieron muy difícil de construir; además, el material recibió su nombre en 1987 en un artículo publicado por S. Mouras y su equipo.

En 2004, Andre Geim y Kostya Novoselov, de la Universidad de Manchester, consiguieron colocar láminas de grafeno sobre obleas de óxido de silicio gracias a una peculiar técnica: desprendieron las hojuelas de grafeno pegando y despegando cinta adhesiva en un fragmento de grafito (que podía estar en un bloque o coloreado con un lápiz en una hoja). Claro que esta técnica, que resultó muy útil para las primeras investigaciones experimentales de las propiedades del material, no funcionó para una producción industrial.

Antes de que el grafeno se subiera a la cresta de la ola, desde inicios de la década de los noventa, un pariente suyo ya era estudiado con interés: los nanotubos de carbono. Se trata de un material relativamente sencillo de fabricar y con propiedades importantes: puede ser hasta 100 veces más resistente que el acero, pero diez veces más ligero que este, ya que se forma con un elemento igual de ligero, pero con enlaces muy fuertes entre los átomos; puede comportarse como conductor o como aislante eléctrico, dependiendo de la forma en que se enrolle, y permite fabricar circuitos con diámetros de menos de diez nanómetros. Sumio Iijima descubrió este asombroso material cuando le aplicó descargas eléctricas al grafito, haciendo que las láminas de grafeno se enrollaran sobre sí mismas y formaran los tubos.

### ***Abordaje sugerido***

El carbono es un elemento muy versátil, se conocen más de 16 millones de compuestos químicos diferentes que lo incluyen, pero eso no es todo; incluso sin combinarlo con ningún otro elemento o sustancia, podemos encontrarlo en muchas formas

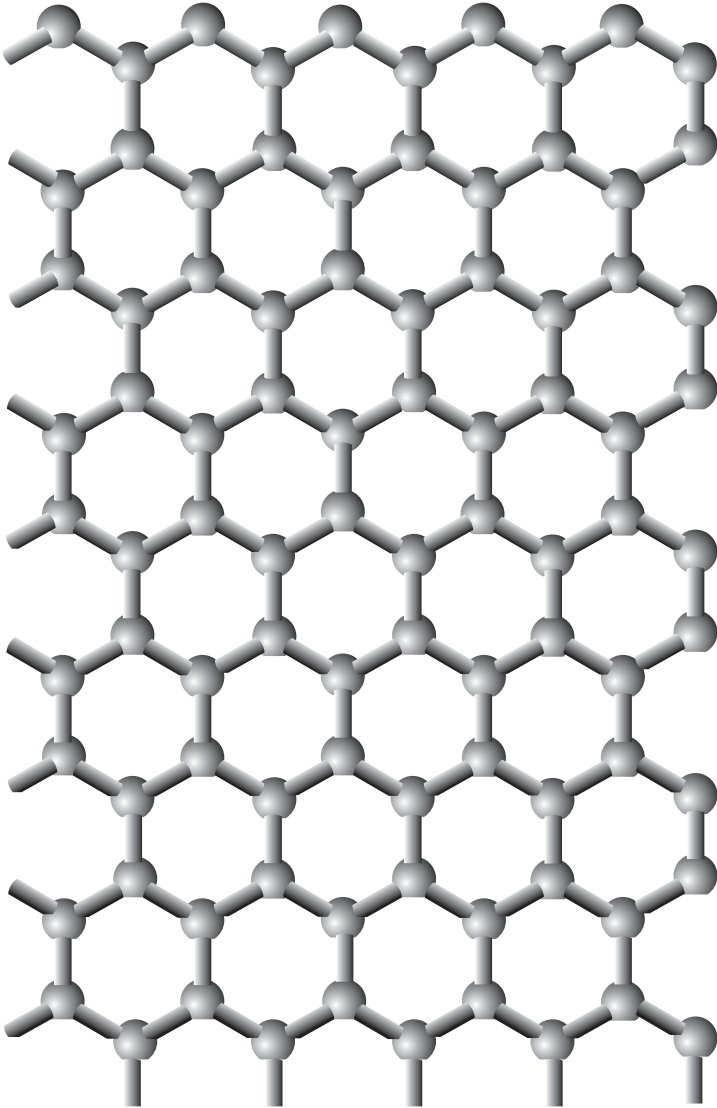
diferentes, llamadas alótropos. Según la manera en la que los átomos se enlazan entre ellos, podemos encontrar carbón amorfo, diamante, grafito, fullereno, nanotubos o grafeno.

En esta actividad nos enfocamos en el grafeno, uno de los materiales de moda en la actualidad en el mundo de la ciencia y la tecnología. Su principal peculiaridad es que solo tiene un átomo de grosor; lo cual lo hace el material más delgado del mundo y lo convierte en una estructura prácticamente bidimensional; pues su grosor es despreciable comparado con las dimensiones de largo y ancho. A diferencia del diamante y el carbón amorfo, que distribuyen sus electrones para que cada átomo pueda enlazarse con otros cuatro, en el grafeno cada átomo se enlaza con otros tres, y eso cambia por completo sus propiedades térmicas y electrónicas.

El grafito, como el que tienen los lápices en el centro, está hecho de muchísimas capas de grafeno. El estudio teórico de las propiedades electrónicas del grafeno inició en 1947, años después, se logró tomar una fotografía de varias capas de este material; sin embargo, no fue sino hasta 2004 que se consiguió aislar el grafeno por primera vez y que se empezó a estudiar a fondo sus propiedades ópticas, eléctricas, mecánicas y térmicas.

Una de las grandes ventajas del grafeno es que, gracias a los efectos de la mecánica cuántica, en él los electrones se comportan como si no tuvieran masa; así, se pueden mover a velocidades de hasta 1000km/s, muy superiores a las que alcanzan en otros materiales. Esto abre la puerta a interesantes aplicaciones electrónicas, sobre todo si consideramos que es posible hacer dispositivos mucho más pequeños que los que actualmente se hacen con silicio (material que es la base de dispositivos electrónicos, como diodos y transistores). En 2010, la IBM construyó un procesador basado en grafeno, con una capacidad de 100GHz (100 mil millones de ciclos por segundo), lo cual es cuatro veces más potente que los mejores procesadores hechos con silicio en la actualidad.

## Grafeno y nanotubos



- En el ancho de este cuadro podemos formar, uno tras otro, 10 millones de átomos de carbono

Y aún hay más. Antes de que se consiguiera aislar el grafeno para estudiarlo, ya se trabajaba con otro material asombroso parecido a él: los nanotubos de carbono. Este material ha probado ser diez veces más ligero que el acero y hasta 100 veces más fuerte, y no es otra cosa que grafeno enrollado para formar un tubo. Los nanotubos fueron descubiertos cuando se aplicaron descargas eléctricas a bloques de grafito; sus propiedades mecánicas y eléctricas pueden variar según la forma en la que las capas de este material sean enrolladas.

### ***Datos curiosos***

Aunque todos los alótropos del carbono están hechos de puros átomos del mismo elemento, los distintos tipos de hibridación —forma de enlace entre ellos— les dan propiedades muy diferentes: el diamante es el material común más duro que existe, mientras que el grafito —usado para los lápices— puede romperse con facilidad.

Ni el diamante ni el carbón amorfo conducen la electricidad, pero los nanotubos y el grafeno son excelentes conductores.

### ***Dinámicas útiles***

Los participantes podrán usar la cinta adhesiva para desprender tóner de la imagen impresa de los átomos de carbono. Se les comentará cómo los científicos, tras muchos años de intentar generar grafeno de forma artificial, lograron por fin colocar grafeno en obleas de óxido de silicio despegándolo antes del grafito con ayuda de la cinta adhesiva.

### ***Referencias***

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (2009).

Nanociencia y Nanotecnología. España.

<http://www.pcworld.com.mx/Articulos/7494.htm>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Graphene>

# **Nanoscopio**

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

versión modificada de idea de Pedro Serena

## ***Principios a revisar***

Microscopía de fuerza atómica (AFM)

Fundamentos de las nanotecnologías

## ***Material***

- Regla de plástico de 30 centímetros
- Cono de plástico (o dos conos de papel)
- Barra de plastilina
- Rollo de cinta adhesiva transparente
- Dos ligas
- Plumón
- Palo redondo de madera de 30 centímetros
- Tubo de plástico de dos centímetros de diámetro y diez centímetros de ancho (puede ser un carrete de hilo)
- Dos hojas de papel o cartón negro tamaño oficio
- 20 tiras de papel bond de 21.5 por 9.3 centímetros (un tercio de hoja carta)
- Dos tijeras
- Base para colocar bloques Lego
- Set de bloques Lego
- Base especial para la actividad

## ***Procedimiento***

Las instrucciones para la actividad se dividen en dos partes, una de montaje y otra que especifica la dinámica recreativa que el grupo realizará.

## **Montaje**

1. Usa las tijeras para hacer cuatro cortes de cuatro centímetros de largo en el cono, sepáralos por ángulos de 45 grados, servirán para pegar el cono a la regla.

2. Debajo del nivel de los cortes, llena el cono con plastilina.
3. Con ayuda de la cinta adhesiva, pega el cono a uno de los extremos de la regla.
4. También con la cinta, pega el plumón a la regla en el mismo extremo en que pegaste el cono, pero de forma que quede arriba de él y que sobresalga de la regla el espacio del plumón donde va el tapón. Así, será posible quitar y poner el tapón del plumón sin mover el arreglo.
5. El extremo opuesto de la regla, donde no están el cono y el plumón, se acoplará al tubo de plástico. Para juntarlos, pon la regla sobre el tubo y entrelázalos con ayuda de las ligas, que deberán estar bien tensas y cruzadas entre sí para que la regla quede firmemente unida al tubo.
6. Inserta el palo de madera en el tubo de plástico, de forma que le sirva como riel para desplazar horizontalmente la regla.
7. Monta la estructura de regla/tubo/palo sobre la base especial, será la representación de un microscopio de fuerza atómica.
8. En la parte frontal del aparato, exactamente junto al plumón, se montarán las hojas de papel, que servirán para registrar las características de la superficie que se va a muestrear.

### Dinámica

1. Divide a los participantes en dos equipos con el mismo número de integrantes.
2. Dale a cada equipo una base para colocar bloques Lego y el mismo número de bloques.
3. Pide a los participantes que acomoden los bloques de la forma que deseen, pueden hacerlo aleatoriamente o formando una figura o un mensaje.
4. Los equipos intercambiarán las bases Lego, cuidando que no puedan ver la forma en que se acomodaron los bloques.
5. Sobre cada base Lego se colocará nuestro nanoscopio, cuidando que la hoja negra tape la superficie para que no la puedan ver.



6. Los equipos competirán por sacar la mejor imagen posible de la superficie realizando un máximo de 15 barridos. La base Lego se irá recorriendo bajo el nanoscopio para conseguir perfiles de diferentes partes del material.
7. Los participantes de cada grupo se deben turnar para hacer los barridos, de manera que a todos les toque muestrear la superficie.

### **Preguntas**

¿Puedes mover y acomodar algo sin verlo?

¿Crees que sea fácil acomodar algo que, por ser tan pequeño, no se pueda ver?

¿Cómo crees que hacen los científicos para conseguir imágenes de algo que es muy pequeño para verse aun en un microscopio?

### **Marco teórico**

Actualmente, muchos investigadores consideran que las nanotecnologías, un importante núcleo de innovaciones que se ha desarrollado durante los últimos 30 años, son una nueva revolución industrial que tendrá un gran impacto en el mundo del siglo XXI.

Aclaremos que se habla de estos desarrollos en plural porque se trata de sistemas científico–tecnológicos muy diversos, con aportes y avances de varias disciplinas: física, química, biología, ciencia de materiales, computación, medicina, etcétera. Asociar estos aportes tan variados a la misma tecnología sería como incluir bajo un mismo rubro a una jeringa, un lápiz labial y un apuntador láser. Para las nanotecnologías —con todos sus enfoques y aplicaciones— solo existe un factor de convergencia y se encuentra en el tamaño: la dimensión nano.

Un nanómetro mide 0.00000001 metros ( $10^{-9}$  metros), es decir, se trata de la millonésima parte de un milímetro. El trabajo de estas nuevas tecnologías consiste en la creación de materiales, dispositivos y sistemas útiles, a través de la

manipulación de la materia a escala atómica y molecular. Esto comprende objetos con un tamaño de uno a 100 nanómetros.

Pero para tomar una mejor idea del tamaño al que nos referimos, vale la pena tomar un poco de perspectiva. El metro (1,000 millones de nanómetros) es el patrón por excelencia para medir el tamaño de las cosas, y viene siendo algo así como la altura de una estufa. El lado más corto de una foto tamaño postal mide 0.1 metros, un decímetro. El ancho promedio de la uña del dedo índice de una persona mide un centímetro. Un grano de azúcar morena mide alrededor de un milímetro de diámetro (1 millón de nanómetros), mientras que el cabello humano promedio tiene un grosor diez veces más pequeño (0.0001 metros).

Hasta aquí, todos los objetos mencionados los podemos ver a simple vista. Si queremos observar objetos más pequeños, necesitaremos microscopios; los más comunes —y menos potentes— son los ópticos, que usan lentes para concentrar la luz proveniente del cuerpo en cuestión y mostrarnos una imagen más grande. Gracias a esto, podemos ver las células de piel humana, que miden alrededor de 30 micras (30 mil nanómetros), los glóbulos blancos de la sangre, de unas diez micras, y las mitocondrias de las células, cuyo grosor ronda los 1000 nanómetros (1 micra).

Sin embargo, para cosas aún más diminutas, los microscopios ópticos ya no sirven. Esto se debe a que la luz es una onda, y solo permite observar objetos más grandes que su longitud de onda (que va de 400 a 750 nanómetros, dependiendo del color de la luz). Cuando la luz se encuentra con un objeto más pequeño que su longitud de onda, en vez de rebotar en él para permitirnos verlo, simplemente lo atraviesa como si no hubiera nada ahí.

Para producir imágenes de cosas de menor tamaño, se necesitan rayos con una longitud de onda aún más diminuta. Los rayos x —con una longitud de entre 0.1 y 100 nanómetros— serían una buena opción, pero son muy penetrantes,

y, simplemente, atraviesan los objetos que se pretende observar. En su lugar, se aprovechan los electrones, unas de las partículas que forman el átomo, que pueden portarse como ondas y que, con la energía adecuada, funcionan como rayos para tomar imágenes de objetos de diez nanómetros o más. Con los microscopios de electrones, es posible observar algunos virus —como el del SIDA y la influenza— con un tamaño de 100 nanómetros, así como los anticuerpos que defienden nuestro organismo de agentes externos, que andan por los 12 nanómetros.

Ya estamos en el tamaño de interés, pero si queremos llegar a objetos aún más pequeños, necesitamos aparatos todavía más sofisticados. A pesar de que, en sentido estricto, a estos podríamos llamarles nanoscopios —y suena muy bien—, en realidad se les conoce como microscopios de fuerza atómica. Se trata de aparatos que exploran la superficie de un material a nivel molecular o, incluso, a nivel de átomos individuales. Gracias a estos aparatos, creados en los laboratorios de IBM a inicios de la década de los ochenta, es posible observar —entre muchas otras cosas— la molécula de la glucosa (azúcar), que mide aproximadamente un nanómetro, y el átomo de cloro, con un diámetro de 0.1 nanómetros.

Precisamente la aparición de los microscopios de fuerza atómica fue una especie de banderazo para el desarrollo de las nanociencias y nanotecnologías. Aunque una importante idea que condujo a estos avances fue planteada en 1959 por el físico norteamericano Richard Feynman, por lo general, el inicio real del trabajo en la materia se identifica con la creación de los “nanoscopios”. Estos aparatos hicieron posible observar y manipular la materia, con una precisión prácticamente atómica.

Después, las cosas se pusieron realmente interesantes. A esta escala, la materia presenta propiedades muy distintas a las que podemos encontrar en la vida cotidiana: entran en juego los principios de la mecánica cuántica, los ajustes en el acomodo

de átomos y moléculas pueden cambiar radicalmente las propiedades de un material, y, además, cuando crece el área de contacto entre materiales, también aumenta su reactividad química. Todo esto se puede aprovechar para un enorme número de aplicaciones, desde la biología, la ciencia de los materiales, la electrónica y la química, por mencionar algunos campos.

Muchos consideran que la nanotecnología es un sistema clave para el futuro, a tal grado de que en los últimos 11 años, los gobiernos, a nivel mundial, han destinado un total de 67.5 miles de millones de dólares, para apoyar las investigaciones en el área. No se podría decir que ha sido una mala inversión: el valor de los productos que contienen nanocomponentes podría elevarse para mediados de esta década a 1.4 billones (millones de millones) de dólares.

### ***Abordaje sugerido***

Las nanotecnologías se dedican a manipular la materia a escala atómica y molecular para crear aparatos que resultan útiles por las novedosas propiedades de sus componentes. El prefijo “nano” del nombre viene del nanómetro, la unidad de medida que equivale a la millonésima parte de un milímetro (o mil millonésima parte de un metro).

Hace mucho que los científicos y tecnólogos sueñan con lograr una manipulación de este tipo, pero eso no hubiera sido posible a “ciegas”, pues, hasta hace poco más de 30 años, no había forma de generar imágenes de cosas tan pequeñas como los átomos y las moléculas. Esto cambió cuando, entre 1981 y 1986 en los laboratorios de IBM, se inventaron los primeros microscopios de fuerza atómica, que permitieron “ver” y manipular las cosas a esta escala. Como los objetos que observan son mucho más pequeños que lo micro, creemos que estos aparatos deberían llamarse nanoscopios, pero, por razones comerciales, se les sigue diciendo “microscopios”.

Un nanoscopio “barre” franjas de la superficie de un material con una punta de forma cónica que se encuentra en

el extremo de una viga pendiente. Las fuerzas entre la punta y la muestra hacen subir y bajar el detector, mientras que el reflejo de un rayo láser en un espejo que se encuentra sobre la muestra va a dar a un sensor fotoeléctrico con cuatro cuadrantes que registran los movimientos. La información es procesada por una computadora que, después de muestrear un gran número de franjas, genera una imagen tridimensional del material a escala nano.

Para simplificar las cosas, en este ejercicio dejaremos fuera el láser, el espejo y la computadora, y usaremos un sustituto más sencillo: el plumón y las hojas. Cada hoja nos ayuda a ver cómo es la superficie en una franja determinada, y, si juntamos los resultados de varios barridos, podremos representar la forma que tiene todo el material.

Cabe añadir que los aparatos no solo sirven para obtener información, e imágenes, de la superficie: también se han usado para mover los átomos y acomodarlos según los intereses de los investigadores. Hace algunos años, le dio la vuelta al mundo una foto en la que se acomodaron 35 átomos de xenón para formar el logo de IBM.

### ***Datos curiosos***

Cuanta más delgada sea la punta que usa el “nanoscopio”, será mejor la resolución de la imagen que se obtenga. Muchos aparatos tienen puntas que van de 15 a 30 nanómetros, pero algunos investigadores, para conseguir imágenes de más precisión, han llegado a usar nanotubos de carbono como puntas, de menos de cinco nanómetros.

### ***Dinámicas útiles***

Una vez que han “muestreado” el material, los participantes podrán recortar el perfil de las imágenes obtenidas y ponerlas en fila para crear una representación en tres dimensiones de la superficie revisada.

### **Referencias**

Mary Cruz Reséndiz González y Jesús Castrellón Uribe:  
“Microscopio de fuerza atómica” en *Memorias de Encuentro de Ingeniería Eléctrica* (2005), Universidad Autónoma de Zacatecas. Disponible en: [http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/eninvie2K5/l\\_1%5Cl\\_2MicroscopioFA.pdf](http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/eninvie2K5/l_1%5Cl_2MicroscopioFA.pdf)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Atomic\\_force\\_microscopy](http://en.wikipedia.org/wiki/Atomic_force_microscopy)  
[http://www.nanooze.org/spanish/articles/nanoquestsp\\_atomicforce.html](http://www.nanooze.org/spanish/articles/nanoquestsp_atomicforce.html)

# Indeterminación

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

## *Principios a revisar*

Dualidad onda-partícula del electrón

Principio de indeterminación de Heisenberg

## *Material*

- 30 globos blancos (o de color claro) del número nueve
- 30 canicas pequeñas de color oscuro

## *Procedimiento*

1. Reparte una canica y un globo a cada uno de los participantes.
2. Pídeles que metan la canica dentro del globo.
3. A continuación, deberán inflar el globo hasta que tenga un diámetro de 25 centímetros, y amarrarlo.
4. Llama la atención para que, de momento, todos se fijen en tu globo. Agita el globo de manera que la canica dé vueltas en el interior; hasta que alcance una rapidez considerable.
5. Indica que la canica representa un electrón en el átomo; y el globo, un orbital de energía donde puede encontrarse esa partícula.
6. Reta a los participantes a determinar la posición exacta de la canica, mientras está dando vueltas dentro el globo, en un instante específico.
7. Explica la dificultad para establecer la posición de la canica debido a la retención de imágenes en el ojo.
8. Describe un experimento imaginario: un participante toma una foto al globo, con una cámara digital, en un momento específico, y te indica la posición exacta de la canica en ese instante. Pregunta ahora a los participantes si con esto, solo con la foto, podría saberse la velocidad de la canica.
9. Finaliza explicando que para el globo sí es posible conocer la posición y la velocidad al mismo tiempo (tomando la foto y contando el número de vueltas por segundo), pero

que esto no es posible dentro del átomo; en primer lugar, porque no se pueden ver las cosas a nivel atómico; en segundo, y en un sentido más profundo, por el Principio de Indeterminación de Heisenberg, que representa la imposibilidad de conocer al mismo tiempo, de forma exacta, la posición y la velocidad de un electrón dentro del átomo.

### **Preguntas**

¿Dónde está la canica?

¿En todos lados?

¿Es esto posible?

¿Cómo podemos saber exactamente dónde está?

¿También así podríamos saber su velocidad?

¿Por qué?

### **Marco teórico**

El término átomo fue acuñado por los antiguos griegos; significa indivisible. Originalmente, este nombre fue asignado a una partícula que, se pensaba, cumplía con esta propiedad; sin embargo, hace ya un buen tiempo que sabemos que el átomo puede ser partido y que cuenta con una estructura interna.

El átomo está formado por tres partículas: protones, neutrones y electrones. Las dos primeras conforman el núcleo, alrededor del cual los electrones se encuentran distribuidos en siete niveles de energía; cuanto más lejos están del núcleo más energía hay en los niveles en que se encuentran los electrones.

Si reciben energía suficiente, los electrones saltan a un nivel más lejano del núcleo; y cuando la emiten, caen hacia un nivel interior. Los saltos entre niveles están dados por la constante de Planck, que define las unidades más pequeñas que puede tener la energía. El medio más común para la absorción y emisión de energía son las ondas electromagnéticas, entre ellas, la luz.

Hay otra cosa muy interesante de los electrones en el átomo, para conocerla, remontémonos a su descubrimiento. Cuando —a finales del siglo XIX— Joseph John Thomson



descubrió el electrón, todo parecía indicar que se trataba de una partícula. Sin embargo, en la década de los veinte, el trabajo teórico de Luis de Broglie y Edwin Schrödinger nos llevó a caer en cuenta de que, dentro del átomo, el comportamiento del electrón puede ser descrito a través de una función de onda, es decir, el electrón se comporta como una onda. Irónicamente, George Paget Thomson, contradiciendo el principal descubrimiento de su padre, J. J. Thomson, fue uno de los científicos que demostraron esto. Lo más curioso del caso es que ambos ganaron el Premio Nobel de Física por sus hallazgos, y, a pesar de ser aparentemente contradictorios, los dos tenían razón.

Lo que pasa es que el comportamiento ondulatorio del electrón es parcial. Existen muchos experimentos donde claramente este se muestra como partícula. Realmente, tal como sucede con la luz, los electrones tienen un comportamiento dual.

Cabe señalar que todo nuestro conocimiento de la estructura del átomo es resultado de experimentos indirectos, pues, es imposible ver cosas tan pequeñas. La luz solo nos permite observar cosas más grandes que su longitud de onda, es decir, objetos que midan más de 400 nanómetros; las cosas más pequeñas que podemos ver están formadas por cientos de átomos. Para conocer la estructura del átomo, es necesario hacer experimentos que afectan el estado de las partículas en su interior. Por lo tanto, al medir sus propiedades, afectamos el estado de su estructura.

Con base en este y otros conceptos, el alemán Werner Heisenberg desarrolló su Principio de Indeterminación, que dice que no podemos conocer al mismo tiempo ni con total certeza la posición y la velocidad de un electrón dentro del átomo; cuanto más sabemos de una, menos podemos conocer de la otra. Matemáticamente, esto se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$

“Delta x” ( $\Delta x$ ) representa el rango de la posición, algo así como “el electrón se encuentra entre este lugar y este otro”. Cuanto más pequeño es  $\Delta x$ , mejor conocemos la posición. De manera análoga, “delta p” ( $\Delta p$ ) es el rango del momento, definido como el producto de masa y velocidad. Así pues,  $\Delta p$  nos da el rango de la velocidad, y cuanto menor sea este,  $\Delta p$ , mejor conoceremos la velocidad.

El producto de las dos deltas siempre es mayor a una constante ( $h$  barra sobre dos), que equivale a la constante de Planck dividida sobre  $4\pi$ . Esto quiere decir —de un modo matemático— que cuanto más pequeño es el rango de nuestro conocimiento de la posición, tiene que ser mayor el de la velocidad, y viceversa; si sabemos más de una, conocemos menos de la otra.

Esto llegó a contraponerse con la visión determinista que hasta entonces se tenía de la ciencia, mostrando que no podemos tener una certeza total de qué va a ocurrir con las partículas subatómicas en el mundo cuántico. La nueva visión irritó a científicos puristas, en especial a Albert Einstein.

A pesar de todo, la teoría de Heisenberg probó ser válida. Esta se explica con base en lo siguiente: el electrón no puede comportarse totalmente como onda y partícula al mismo tiempo. Lo hace de un modo o del otro, pero nunca de los dos a la vez. Si conocemos cabalmente su velocidad, podemos caracterizar a la perfección sus propiedades ondulatorias: se trata de una onda estacionaria que se extiende en todo su nivel de energía y que no puede tener una posición específica. Si, por el contrario, sabemos exactamente dónde está el electrón, reconoceremos su comportamiento de partícula y no podremos conocer su velocidad.

Una aplicación para el comportamiento ondulatorio del electrón es la microscopía electrónica, que usa electrones en vez de luz para poder observar objetos que tienen un tamaño menor al de la longitud de onda de la luz visible. Esto resulta útil porque no se puede ver con luz nada que

sea más pequeño que la longitud de onda que se utiliza, es decir, la luz no nos permite ver cosas que midan menos de 400 nanómetros. La longitud de onda de un electrón depende de su velocidad. En un microscopio electrónico, se pueden conseguir longitudes de onda de unos cuantos nanómetros, lo cual permite obtener imágenes de objetos mucho más pequeños que los que se pueden ver en un microscopio óptico.

A partir de que en 2004 Andre Geim y Kostya Novoselov consiguieron aislar láminas de grafeno —con solo un átomo de grosor— para estudiar sus propiedades, apareció una posible nueva aplicación del comportamiento ondulatorio de los electrones. En el grafeno, los electrones se comportan como si no tuvieran masa, gracias a la distribución hexagonal de los átomos de carbono, que, además, mejora sus propiedades como conductor eléctrico. Así, los electrones se portan como ondas en el grafeno y se pueden mover con más facilidad que en otros conductores.

### ***Abordaje sugerido***

En el interior del átomo, las partículas no se comportan exactamente igual a las cosas que estamos acostumbrados a observar en nuestras vidas. A nuestra escala, es posible saber la velocidad y la posición de cualquier objeto, sin que el conocimiento de una afecte el de la otra. Esto ocurre lo mismo para un carro que para una pelota, para un avión que para una persona corriendo.

Los electrones son mucho más escurridizos: podemos conocer su posición con gran exactitud, o su velocidad, pero nunca las dos al mismo tiempo. Cuanto más sabemos de una menos sabemos de la otra. Esto se conoce como el Principio de Indeterminación de Heisenberg, y se relaciona con la naturaleza dual de las partículas subatómicas: pueden comportarse como ondas y como partículas, pero nunca de ambas formas simultáneamente.

Así, cada una de las dos “presentaciones” nos permite conocer con precisión un elemento. Como onda, se puede establecer su velocidad, pero el rango de posibles posiciones se hace muy grande. De forma análoga, para una partícula, cuando su posición en un instante está muy bien definida, existe un amplio margen de velocidades posibles. El conocimiento de la partícula termina por reducirse a lo que es probable; no podemos estar seguros de todas sus propiedades al mismo tiempo.

Al mover la canica en el interior del globo, se combinan dos fenómenos para dar la impresión de que esta se encuentra en muchos lugares al mismo tiempo: el ojo humano retiene las imágenes durante una décima de segundo, y, además, debido a que se mueve muy rápido, la canica pasa por muchos lugares en poco tiempo. Por eso nos da la impresión de que se encuentra en muchos lugares a la vez. Con estas condiciones, midiendo el diámetro del globo y contando el número de vueltas en cinco o diez segundos, podemos saber la velocidad, pero no tendremos idea de la posición. Si tomamos una foto con una buena cámara digital, la imagen nos puede ayudar a establecer la posición de la canica en un momento específico, pero, ahora, no tendremos idea de la velocidad que tiene en ese instante.

La clave de esta representación es ver que en el globo sí podemos combinar las dos condiciones para determinar ambos datos con exactitud, pero que en el átomo, eso no es posible, pues el electrón no puede comportarse como onda y partícula al mismo tiempo; la forma en que midamos sus propiedades determinará su comportamiento. Realmente, el electrón nos dará por nuestro lado: si buscamos medir sus propiedades de onda, se portará de esa manera, y cuando queramos establecer condiciones de partícula, se mostrará como tal.

En nuestros días, se abrió la puerta para una importante aplicación del comportamiento ondulatorio de los electrones: se descubrió recientemente que los electrones en una lámina de grafeno, un material muy importante para las nanotecnologías, se mueven como si no tuvieran masa. Esto, derivado del

comportamiento ondulatorio, le da al grafeno propiedades electrónicas nunca antes vistas, que, en él, son suficientes para perfilarlo como uno de los principales materiales para construir los nuevos aparatos electrónicos del futuro.

### ***Datos curiosos***

Cuando Albert Einstein tuvo conocimiento de la teoría de Heisenberg, le molestó la idea de un universo en el que la ciencia no pudiera predecir todo con exactitud, y dijo: “Dios no juega a los dados”. A esto, Niels Bohr —amigo de Einstein y antiguo profesor de Heisenberg— replicó: “Einstein, deje de decirle a Dios lo que tiene que hacer”.

Curiosamente, los electrones se comportan siempre de acuerdo al experimento en cuestión. Al ponerlos en una situación en que se pueden comportar como onda —digamos en un arreglo de rejillas de interferencia—, se comportan como onda; y en situaciones de comportamiento de partícula, como partícula, como sucede en el efecto fotoeléctrico.

### ***Referencias***

Antonio Castro Neto, Francisco Guinea y Nuno Miguel Peres (2006): “Physics World” en *Drawing conclusions from graphene*, 19 (11), 33.



# ¿Quién detiene las nanopartículas?

VIRIDIANA ESPARZA MANRIQUE

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

## *Principios a revisar*

Penetración de las nanopartículas en el cuerpo

Riesgos de las nanotecnologías

## *Material*

- 100 gramos de brillantina de colores
- 20 esferas de unicel del número uno
- Diez ligas
- Dos envases de plástico transparente, de 250 mililitros, sin tapa
- 25 centímetros de tela de tul
- 25 centímetros de hule espuma de aproximadamente dos centímetros de grosor
- Tijeras
- Atomizador
- Tina
- Agua

## *Procedimiento*

1. Recorta un pedazo de hule espuma de 20 por 20 centímetros, y dos pedazos de tela de tul del mismo tamaño.
2. Coloca un pedazo de tela de tul sobre la boca de uno de los envases y usa dos ligas para detener la tela, de manera que quede tensa.
3. Repite el paso anterior en el otro envase, pero esta vez pon juntos la tela de tul (primero) y el hule espuma (arriba).
4. Indica que el envase con solo tela de tul representa la membrana de las células comunes, y que la que tiene hule espuma representa la piel (la capa de protección de nuestro cuerpo). También, menciona que la brillantina representa las nanopartículas, y las bolas de unicel, cuerpos más grandes.

5. Pide a los participantes que intenten lograr meter las esferas de unicel a los dos envases, lanzándolas o empujándolas.
6. Ahora, tratarán de poner las partículas de brillantina dentro de los envases. Notarán que estas pueden penetrar en el que tiene solo el tul, y que en el de hule espuma, se quedan afuera. Esto nos ayuda a ver que las nanopartículas no pueden penetrar la piel, pero sí pueden entrar a las células cuando ellas, las *nano*, se encuentran dentro del cuerpo.
7. Para cerrar la actividad, algunos participantes meterán sus manos a la tina con agua. El objetivo es que noten cómo el líquido moja su piel, y la humecta, pero no entra a su cuerpo. Después, utilizarán el atomizador para observar que el agua esparcida que queda flotando por poco tiempo en el aire sí puede entrar a su cuerpo, pero por inhalación.
8. Menciona los posibles efectos negativos que producen las nanopartículas cuando entran al cuerpo, y estimula la discusión con los participantes para que identifiquen qué tipo de productos con nanopartículas (aerosoles) son peligrosos, y cuáles pueden usarse sin riesgos.

### **Preguntas**

¿Qué haces cuando encuentras una sustancia que no conoces?

¿La tocas?

¿La hueles?

¿La pruebas?

¿O la manipulas con mucho cuidado hasta que sepas si puede hacerte daño?

¿Sabes cuál es la parte de tu cuerpo encargada de protegerte de sustancias dañinas?

### **Marco teórico**

La nanotoxicología estudia los efectos tóxicos de las partículas con un tamaño entre uno y 100 nanómetros, efectos que parecen ser diferentes a los de objetos más grandes. Un factor importante para estos efectos surge de una mayor capacidad



de reacción química; cuanto más grande es la superficie de un material, resulta mayor su reactividad con otras sustancias. Para la misma masa, las partículas a nivel nano tienen una mayor área de contacto que las más grandes.

Además, la composición química, la carga eléctrica en la superficie, la solubilidad y la estructura específica de las diferentes nanopartículas puede generar otros efectos no deseados en seres vivos. Por ejemplo, existen estudios en animales de laboratorio que han mostrado que las fibras alargadas de los nanotubos de carbono —material de moda por ser liviano, resistente y con importantes propiedades eléctricas— pueden causar cáncer en los pulmones; y que las partículas de dióxido de titanio —muy usado en bloqueadores solares y cosméticos— que entran a las células ocasionan daño genético con roturas, e inflamación en las hebras del ADN; y que la plata —usada como antibacterial— en tamaño nano resulta tóxica para las células animales.

Pero los riesgos nano no solo vienen de materiales desarrollados por el hombre, hay fenómenos naturales que nos exponen también a sus efectos negativos. Las tormentas de polvo llevan partículas que van desde el tamaño nano hasta algunos micrones, y, dependiendo de los minerales que puedan llevar consigo, pueden causar daño en los pulmones y otros órganos; además, se ha encontrado que también estas partículas pueden servir como vehículo para virus y bacterias. De las erupciones volcánicas, también se desprenden ceniza y gases con partículas en el rango nano, que han probado efectos nocivos como el desarrollo de linfedema y cáncer del tipo Sarcoma de Kaposi. Por otro lado, los mares —debido al movimiento del oleaje— producen un aerosol que contiene nanopartículas de agua salada, y que ha mostrado efectos positivos en personas con asma y otras afecciones respiratorias.

Ya sea que las personas estén expuestas a nanopartículas naturales o artificiales, la clave para que estas representen un riesgo se encuentra en que logren entrar al cuerpo: sea

por ingestión o inhalación accidentales. Hasta ahora, la piel ha demostrado ser una barrera de protección efectiva para evitar la entrada de la mayoría de las nanopartículas; sin embargo, hacen falta más estudios para conocer las diferentes clases de nanopartículas y sus efectos en los seres vivos. Hay casos —como el de la plata y el dióxido de titanio— en los que sustancias, inocuas a tamaños mayores resultan dañinas en tamaño nano. Así mismo, falta conocer más de los efectos a largo plazo de la acumulación de nanopartículas. Además, es de gran importancia establecer procedimientos para el manejo de desechos con nanopartículas, para que no exista riesgo de que, al quemarse o pasar por algún otro proceso, desprendan materiales nocivos para la atmósfera.

La piel, como ya hemos visto, es la barrera que se encarga de proteger nuestro cuerpo de agentes nocivos presentes en el ambiente; es el órgano más grande del cuerpo humano, y está compuesto por tres capas: la más superficial es la epidermis; se forma, en su mayoría, por células muertas que contienen queratina (una proteína muy dura); tiene un grosor que va de 0.1 milímetros (párpados) a 1.5 milímetros (palmas de las manos), y no tiene riego sanguíneo, por lo que recibe sus nutrientes de la siguiente capa, a la que está firmemente conectada. La dermis es la segunda barrera de protección; su grosor es 20 veces mayor al de la epidermis y tiene fibras elásticas de colágeno que le dan consistencia y elasticidad a toda la piel; la hipodermis cuenta con terminaciones nerviosas y vasos sanguíneos, va unida a la dermis y está compuesta por células adiposas que ayudan a regular la temperatura.

### ***Abordaje sugerido***

Todas las tecnologías implican riesgos, pero esto no significa que tengamos que dejar de usarlas, sino saber las precauciones que debemos tomar al intentar sacarles provecho. Por ejemplo, al manejar un automóvil, debemos estar bien atentos y respetar los límites de velocidad; cuando nos lavamos la boca,

no es bueno comernos la pasta; y, tampoco, debemos poner objetos de metal en un horno de microondas.

En los últimos años, han aparecido muchos productos que tienen nanopartículas porque están hechos de materiales que han sido manipulados a nivel molecular, con el objeto de ofrecernos diferentes ventajas. Existe ropa a la que no se le pegan las manchas; frascos para salsas y aderezos, con recubrimientos que ayudan a que su contenido salga fácilmente; protectores solares en aerosoles, que no dejan marcas blancas; materiales mucho más resistentes que el acero, pero más ligeros que este, entre muchas otras cosas.

Una de las grandes diferencias de las nanopartículas respecto de versiones más grandes del mismo material es la superficie de contacto: aunque se tenga la misma masa, el área total de las partículas es mayor. Con esto, los procesos físicos y químicos se realizan de forma más intensa y rápida. El problema con muchos de los productos nano es que empiezan a venderlos antes de investigar si todas sus propiedades son seguras para los consumidores. Desafortunadamente, ya existen varios casos en que se han mostrado efectos negativos.

Hay que aclarar que la exposición a las nanopartículas no es cosa nueva. Desde al estar en contacto con el humo del cigarro hasta con las tormentas de polvo y las emisiones de volcanes, todo el tiempo convivimos con ellas. La piel, sabemos, nos protege de la mayoría de las nanopartículas, pero si entran a nuestro cuerpo, al inhalarlas o ingerirlas por accidente, pueden causar todo tipo de daños. Algo parecido ocurre con las partículas nano de los nuevos productos: si nos tocan la piel, no hay gran problema, pero cuando, de alguna forma, consiguen entrar al cuerpo, lo ponen en riesgo.

Las nanopartículas son tan pequeñas que pueden entrar a las células. Con pruebas en ratones y cerdos, a los que se les “metieron” muchas nanopartículas, se demostró que estas pueden llegar a afectar el ADN e, incluso, causar cáncer. La clave, entonces, está en evitar que entren al cuerpo. La mayoría de

los productos traen sus componentes nano incorporados a un material sólido o están suspendidos en un líquido, lo que hace muy difícil que entren al cuerpo; pero cuando se trata de aerosoles, corremos el peligro de inhalarlos sin darnos cuenta y experimentar sus efectos dañinos.

Lo mejor para aprovechar las nanotecnologías sin arriesgarnos es evitar todo lo que tenga que ver con nanopartículas en aerosol, como algunos bloqueadores solares —que se pueden sustituir por opciones en crema—. En cualquier caso, no está de más averiguar un poco sobre los nuevos productos nano antes de usarlos; saber si han demostrado ser seguros. Acerca de esto último, es importante que el gobierno tome cartas en el asunto, estableciendo leyes que obliguen a las empresas a garantizar la seguridad de lo que ofrecen a sus clientes, antes de que alguien enferme.

### ***Datos curiosos***

Aunque muchos aerosoles con nanopartículas artificiales han mostrado efectos negativos para los seres vivos, hay un aerosol natural muy bueno para la salud: la niebla producida en el mar. Las nanopartículas de agua salada contenidas en ella son benéficas para las personas con enfermedades respiratorias.

Por otro lado, ya se documentó el primer caso de muertes asociadas a los efectos negativos de las nano. En China, entre 2007 y 2008, siete trabajadoras enfermaron seriamente de los pulmones por el efecto de la inhalación de vapores con nanopartículas, producidos mientras pintaban poliestireno en una fábrica. Dos de ellas fallecieron; las demás continuaron enfermas aún después de varios años de tratamientos. Si bien las pobres condiciones del local —que no tenía ventilación ni ventanas y que contaba con una sola puerta— facilitaron este lamentable suceso, sin duda, fue una llamada de atención para que se investigara más acerca de los riesgos de las nanotecnologías y se regulara su incursión al mercado.

### ***Dinámicas útiles***

Con ayuda de marcadores permanentes de colores, y para ilustrar que representa una célula, puedes dibujar las partes de esta en el envase que está cubierto con tela de tul. En el envase que tiene el hule espuma, dibuja las capas de la piel, para dejar claro lo que representa este segundo frasco.

Para mostrar el aumento de la superficie cuando las partículas son más pequeñas, y sus efectos en las propiedades del material, se pueden usar dos bloques “oasis”, tal como los que usan en las florerías para montar e hidratar los arreglos de flores. Con ayuda de un cuchillo o de un exacto, corta un bloque a la mitad, luego, vuelve a partir cada uno de los pedazos. Repite el proceso cuatro o cinco veces o hasta tener un buen número de fragmentos. Mientras partes el oasis, haz cuentas con los participantes para ver cómo va aumentando el área de la superficie de los pedazos. Pon un poco de agua en dos platos hondos; en uno coloquen el oasis completo, y en el otro todos los fragmentos del que partiste. Observa con los participantes en cuál se absorbe más rápido el agua.

### ***Referencias***

- Cristina Buzea, Ivan I. Pacheco y Kevin Robbie (2007): “Nanomaterials and Nanoparticles: Sources and Toxicity” en *Biointerphases*, 2(4): MR17–MR71.
- Chou Cheng–Chung, Hsiang–Yun Hsiao et al.: (2008): “Single–Walled Carbon Nanotubes Can Induce Pulmonary Injury in Mouse Model”, en *Nano Lett*, 8(2), 437–445.
- Gillian Federici, J. Shaw Benjamin y Richard D. Handy (2007): “Toxicity of titanium dioxide nanoparticles to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Gill injury, oxidative stress, and other physiological effects” en *Aquatic Toxicology*, 84, 4, 415–430.
- Gerhard J. Nohynek, Jürgen Lademann, Christele Ribaud, y Michael S. Roberts (2007): “Grey Goo on the Skin? Nanotechnology, Cosmetic and Sunscreen Safety” en *Critical reviews in toxicology*, 37(3): 251–277.

- C. A. Poland, R. Duffin, I. Kinloch, *et al.* (2008): "Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study" en *Nature nanotechnology*, 3(7), 423–428.
- Y. Song, X. Li, y X. Du (2009): "Exposure to Nanoparticles is Related to Pleural Effusion, Pulmonary Fibrosis and Granuloma" en *European Respiratory Journal*, 34(3): 559–567.
- Adam Watkinson, C. Bunge *et al.* (2013): "Nanoparticles Do Not Penetrate Human Skin—a Theoretical Perspective" en *Pharmaceutical research*, 30(8): 1943–1946.
- Wenjuan Yang, Shen Cenchao *et al.* (2009): "Food storage material silver nanoparticles interfere with DNA replication fidelity and bind with DNA" en *Nanotechnology*, 20  
<http://www.scribd.com/doc/89540340/NanotecnologiaEsp#fullscreen><http://www.wikipedia.org>

## **Telecomunicaciones**

VIRIDIANA ESPARZA MANRIQUE  
ÉDGAR ARTURO RAMOS RAMBAUD

Es tan normal para todos encender la radio en el coche, llegar a casa para hacer palomitas y reproducir el DVD de nuestra película favorita, hacer llamadas y mensajear con nuestros amigos y familiares, que rara vez nos ponemos a pensar —por no decir, investigar— cómo es que funcionan todos estos aparatos.

Actualmente, las tecnologías de la información y las comunicaciones, conocidas como TICs, son una parte fundamental de nuestro desarrollo como sociedad; nos permiten almacenar y compartir todo tipo de información de las computadoras a artilugios locales (magnéticos, electrónicos y ópticos), pero también a la distancia mediante internet.

Si bien las TICs son la culminación del avance de las telecomunicaciones (combinadas con el cómputo), para llegar a este punto fue necesario el avance de múltiples tecnologías que, gradualmente, mejoraron nuestra capacidad de comunicarnos a gran distancia a través de la transmisión y recepción de diferentes tipos de señales.

En primer lugar existió el telégrafo, que usó la transmisión de electricidad a través de cables para enviar mensajes codificados en puntos y rayas; después llegó el teléfono, con un principio semejante, que permitió la comunicación con voz, pero siempre limitada a la instalación de cables. Una gran revolución para el avance de las telecomunicaciones llegó de la mano de las ondas electromagnéticas, específicamente las de radio, que permitieron transmitir señales a grandes distancias aun sin la infraestructura de cables, abriendo, así, la puerta a la telegrafía y telefonía inalámbricas y, más adelante, a la existencia de la radio y la televisión.

Inicialmente, las comunicaciones estaban limitadas por la posibilidad de que antenas locales de enviaran señales

a su alrededor; pero más tarde, con la puesta en órbita de satélites artificiales —que, entre otras cosas, contaban con antenas transmisoras— fue posible ampliar la transferencia de información a nivel global.

Más adelante, con el desarrollo del rayo láser y la fibra óptica, se construyó una nueva forma de enviar información con pulsos de luz, es decir, ondas electromagnéticas visibles. Si bien este avance tecnológico implica ahora un regreso a la dependencia de cables, se trata de un avance que permite multiplicar considerablemente la capacidad de transferencia de información; lo cual se aplica en el internet de banda ancha y señales televisivas de alta definición.

En esta sección del libro, encontrarás cinco actividades que te servirán para mostrar cómo funcionan diversos procesos usados en las telecomunicaciones. Se inicia con los principios básicos de funcionamiento del teléfono, luego, se sigue con la transmisión de señales a distancia con ayuda de ondas electromagnéticas, el funcionamiento del láser —necesario para el uso de la fibra óptica en telecomunicaciones y para grabar información en discos compactos; finalmente, se aborda el lenguaje que usan las computadoras —y con ellas muchos otros medios de transmisión de datos— para grabar y transmitir información, así como los procesos que permiten formar imágenes digitales en computadoras y televisores.



# **Teléfono con vasos**

VIRIDIANA ESPARZA MANRIQUE

## ***Principios a revisar***

Funcionamiento del teléfono

Bocinas

## ***Material***

- Dos vasos desechables de plástico
- Cinco metros de hilo de cáñamo
- Punzón
- Dos palillos de dientes

## ***Procedimiento***

1. Usa el punzón para perforar, por el centro de la base, ambos vasos.
2. Parte el palillo en dos partes iguales.
3. Pasa el hilo por el agujero de uno de los vasos.
4. Amarra el extremo del hilo a una mitad del palillo, de forma que quede atorado en el interior del vaso.
5. Repite los pasos 3 y 4 con el otro vaso.
6. Ahora, pide a dos participantes que, jugando, se comuniquen con los vasos.
7. Según el tamaño del grupo, puedes preparar un mayor número de juegos de “teléfonos” para que todos los participantes puedan jugar de forma simultánea.

## ***Preguntas***

¿Por qué te escuchan del otro lado del vaso aunque estén a cinco metros de distancia?

¿Cómo viaja el sonido?

¿Crees que se parezca el funcionamiento de estos teléfonos a los que usas en casa?

### **Marco teórico**

Las ondas sonoras se producen cuando hay vibraciones que mueven un medio como el aire, el agua, etcétera. La velocidad con que se mueve el sonido depende del medio por el que esté viajando, así pues, se moverá más rápido en los sólidos, después en los líquidos y finalmente en los gases. Que la vibración se transmita con mayor rapidez, se debe a que las moléculas que constituyen los sólidos están más juntas y tienen enlaces más fuertes que las de los gases.

El teléfono es un dispositivo de telecomunicación diseñado para transmitir señales acústicas por medio de señales eléctricas a distancia. ¿Qué significa esto? Para empezar, recordemos que "la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma". Las ondas son una forma de energía, y las señales acústicas no son otra cosa que ondas sonoras. Las ondas sonoras son vibraciones que se mueven a través de un medio (cualquiera que sea) y que, al ser captadas por el oído, le transmiten información al cerebro.

Cuando hablamos por teléfono, el sonido hace vibrar una bocina que convierte el sonido en una señal eléctrica. Aunque normalmente las bocinas reciben electricidad y convierten la señal en sonido, puede ocurrir lo contrario.

La bocina se compone de una parte electromagnética, formada por un imán y una bobina móvil, y una parte mecánica, que se forma por un cono y una suspensión. El imán está fijo en la base con la bobina acoplada al cono. Cuando llega la electricidad a la bobina móvil, se produce un campo magnético que interactúa con el del imán y hace que se mueva el cono. De forma inversa, cuando un sonido hace vibrar el cono, el movimiento relativo, de la bobina respecto al imán, genera una corriente en el alambre.

Es así como las bocinas de un teléfono pueden convertir las señales eléctricas en sonido, al transformar, primero, la energía eléctrica en mecánica y, luego, la energía mecánica en acústica; o bien, pueden realizar el proceso opuesto al convertir la señal acústica en una señal eléctrica.

### ***Abordaje sugerido***

Todos hemos notado alguna vez que un sonido muy fuerte no solo se escucha, sino que también se siente. Ya sea que un camión pase cerca de tu casa y su ruido haga vibrar los vidrios, o que te encuentres en un concierto y veas cómo se mueve el agua en un vaso cercano a las bocinas. Esto se debe a que cuando el sonido viaja de un lugar a otro, hace vibrar las partículas que forman el medio en el que se propaga. Por eso mismo, el sonido no puede viajar en el vacío, como ocurre en el espacio, porque no hay ningún medio para que la vibración se desplace.

Cuando hablamos dentro de nuestro vaso el sonido hace vibrar el aire y, luego, el vaso. De esta forma la voz se transforma en movimiento, energía mecánica, y esta señal no se queda encerrada sino que se transmite al palillo y también al hilo. Así, nuestra voz viaja de un vaso al otro para hacerlo vibrar; reproducir el sonido que emitimos inicialmente y permitir que nuestro compañero nos escuche.

Ya que las ondas mecánicas, como la que viaja por el hilo, no pueden llegar muy lejos, es necesario darles una “ayudada” en los teléfonos de nuestras casas o en los celulares. Los aparatos telefónicos tienen en su interior dos bocinas: una que sirve para captar la voz y otra para reproducir lo que dice nuestro interlocutor. Cuando hablamos al aparato, la bocina que está cerca de nuestra boca vibra y convierte la señal mecánica en eléctrica, para viajar a través de cables (u ondas electromagnéticas) hasta el teléfono de la otra persona; ahí se dirige a la bocina cercana a su oído para que la señal eléctrica se transforme en mecánica, y se escuche lo que dijimos. Lo mismo ocurre en sentido contrario, cada que nos hablan, para poder recibir la señal.

### ***Datos curiosos***

Aunque la mayoría cree que Alexander Graham Bell fue quien inventó el teléfono, esto es erróneo, fue Antonio Meucci quién lo hizo, con el único propósito de conectar su oficina

con el dormitorio de su mujer, quien sufría reumatismo. Sin embargo, Graham Bell se las arregló para obtener la patente y millones de dólares.

### **Referencias**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Tel%C3%A9fono>

<http://www.educarm.es/admin/visualizaPaginaWeb.php?wb=847&mode=visualizaPaginaWeb&aplicacion=EXPERIENCIAS>

# Láser viajero

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

## *Principios a revisar*

Emisión estimulada de radiación

Propiedades del rayo láser

Fibra óptica

## *Material*

- Apuntador láser azul-violeta
- Lámpara de leds pequeña
- Botella de un litro de agua tónica, también conocida como agua quina
- Vaso de plástico, con capacidad para un litro
- Medio kilogramo de talco
- Un metro de fibra óptica (opcional)
- Agua

## *Procedimiento*

1. Enciende el láser y la lamparita al mismo tiempo. Pídele a los participantes que te digan las principales diferencias entre la luz emitida por los dos aparatos.
2. Explica las principales propiedades de la luz láser (monocromática, colimada y coherente), ejemplificándolas durante la actividad.
3. Muestra que, normalmente, la luz de un láser necesita chocar con un objeto sólido para que se pueda observar que el rayo está ahí. Reta a los participantes a encontrar la trayectoria del rayo.
4. Llena de agua el vaso de plástico y apunta el láser en su interior.
5. Remueve la etiqueta del agua tónica y apunta el rayo al interior de la botella. Empieza con un rayo horizontal que atraviese la botella y, poco a poco, inclina el láser hacia arriba, hasta que se note una diferencia en el ángulo del

- apuntador que tienes en la mano y el del rayo dentro de la botella. Aprovecha esto para ilustrar y explicar la refracción de la luz.
6. Enciende el láser desde abajo de la base de la botella y apunta a una de las paredes laterales. Varía el ángulo hasta lograr que el rayo rebote hacia el interior; logrando una reflexión interna total. Explica la relación de este fenómeno con el funcionamiento de la fibra óptica.
  7. En caso de contar con la fibra óptica, apunta la luz del láser en uno de los extremos para mostrar que la señal se transmite hasta el otro lado, incluso cuando se dobla la fibra de diferentes formas.

### **Marco teórico**

Láser es el acrónimo de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, que significa: amplificación de luz por la emisión estimulada de radiación. El funcionamiento de estos aparatos se basa casi por entero en procesos subatómicos. En específico, el fundamento se desprende de la cuantización de la energía —establecida por Max Planck— y la estructura de niveles de energía de los electrones, descrita por Niels Bohr.

El modelo atómico de Bohr establece una estructura de niveles de energía entre los que se distribuyen los electrones; las partículas con menos energía se encuentran cerca del núcleo del átomo, y las que tienen más se ubican en los niveles exteriores. El cambio de energía de un electrón no se presenta de forma gradual, sino que al recibir la energía necesaria para pasar a un nivel superior, se realiza un salto cuántico hacia esa capa; a esto se le dice que el electrón está “excitado”. Cuando el electrón libera su energía de excitación a través de la emisión de una onda electromagnética (que puede ser de luz visible, rayos ultravioleta o rayos  $x$ ), hace un salto que lo regresa a su nivel original.

Einstein estableció en 1917 que un electrón puede emitir radiación electromagnética en una frecuencia específica si se

le excita con la energía adecuada. Bien estimulado, un electrón puede darnos luz de un color específico. Así nace el concepto de emisión estimulada de radiación. En un dispositivo láser se excita a los electrones para emitir luz en una frecuencia específica. Se cuenta con un arreglo para que los fotones emitidos —partículas de luz— lleguen a chocar con los electrones que ya están excitados. Este choque les da aún más energía y, en lugar de hacer un nuevo salto, los electrones emiten dos fotones idénticos en frecuencia que viajan con la misma dirección.

El proceso descrito se lleva a cabo millones de veces para conseguir un haz de luz de una sola frecuencia —el mismo color— viajando en la misma dirección. Surgen, así, las tres principales propiedades que distinguen a la luz láser: colimada, coherente y monocromática.

La principal diferencia entre la luz láser y la luz “normal” es que la primera es colimada y la segunda no. Con esto nos referimos a que en una todos los rayos de luz viajan en la misma dirección —tienen el mismo ángulo—, mientras que los de la otra no tienen tal acoplamiento. Un láser puede ser apuntado con precisión hacia algún lugar específico, mientras que la luz regular se propaga en todas direcciones.

Las ondas de luz emitidas en un láser son coherentes: se encuentran en fase unas con otras. Esto significa que cuando se superponen dos ondas, siempre coinciden los valles con los valles y las crestas con las crestas de los diferentes rayos. De esta manera, la interferencia entre las ondas refuerza la luz, haciéndola más intensa. De ahí viene la importancia de nunca apuntar con un láser a los ojos, la amplitud de la señal es tan fuerte que puede causar daños permanentes en la retina.

Además de esto, los láseres son siempre monocromáticos. Esto quiere decir que tienen una sola frecuencia en las ondas electromagnéticas de luz, es decir, un solo color. La luz blanca observada normalmente contiene todos los colores, de hecho, se puede afirmar que el blanco es una ilusión óptica, lo que interpreta nuestro cerebro al percibir todas las

frecuencias juntas. Aunque un láser de alta calidad tiene una sola frecuencia, los apuntadores más económicos no tienen esta precisión, y pueden emitir rayos en varias frecuencias parecidas entre sí; por eso, el apuntador violeta también emite rayos ultravioleta, que aunque son invisibles a primera instancia, permiten observar fenómenos de fluorescencia.

La fluorescencia es un fenómeno en el que ciertos materiales absorben radiación electromagnética de una frecuencia, y luego emiten rayos de una frecuencia diferente. De forma más específica, podríamos decir que un material fluorescente —como el agua quina o algunos detergentes— absorbe rayos que no podemos ver (ultravioleta) para emitir rayos que sí podemos ver, que pueden ser de un solo color (azul) o de todos los colores (luz blanca).

La refracción es el fenómeno que se presenta cuando un rayo de luz se desvía al pasar de un medio a otro. Esto se debe a que la velocidad de la luz en diferentes medios es distinta, y cuando pasa de uno a otro se produce un cambio de trayectoria. Esto lo podemos observar en un vaso con agua con un popote en su interior. Al observar el popote dentro y fuera del agua parece que estuviera chueco o roto, pero se trata de una ilusión que resulta de la refracción de la luz. Cuando se apunta un rayo colimado, como el de un láser violeta, hacia un medio fluorescente —el agua quina— es posible observar de forma directa la desviación del rayo por la refracción. A la medida de cuánto desvía un medio a la luz respecto del vacío se le conoce como índice de refracción.

Para un material con un índice de refracción mayor que el del medio que lo rodea, existe un ángulo crítico a partir del cual los rayos, en vez de salir, se reflejarán al interior. Este fenómeno se conoce como reflexión interna total y es la base que permite a la fibra óptica conducir una señal de luz a través de grandes distancias, aun cuando se dobla el cable que lleva la señal. La fibra óptica usa pulsos de luz emitida por un láser o un led para transmitir información; se trata de



un medio con una gran capacidad para transmitir datos con una alta velocidad y con mucha fuerza en la señal; y de la base de la transferencia de datos para el internet de banda ancha.

### **Abordaje sugerido**

El láser es una de las grandes maravillas de la ciencia y tecnología modernas. Aunque casi todos hemos visto, o usado, alguna vez este tipo de aparatos, no es común que sepamos el significado de su nombre. Son las siglas en inglés de: ampliación de luz por la emisión estimulada de radiación.

¿Qué es eso de estimulado? Significa que dándole la energía adecuada a un material específico, podemos hacer que emita luz del color que queremos. Si acomodamos el aparato de forma que los átomos constantemente reciban energía y emitan radiación, lograremos una reacción en cadena capaz de emitir rayos muy intensos.

Los átomos tienen electrones distribuidos en niveles de energía, cuanto más lejos se encuentran del núcleo, la energía de los electrones es mayor. Cuando un electrón, que recibe energía suficiente, salta a un nivel exterior, se dice que el átomo está excitado. Pero no se queda así mucho tiempo: en una fracción de segundo, el electrón libera la energía en forma de radiación (que puede ser luz) y regresa a su nivel original.

En un láser, la batería le da energía a los átomos para excitarlos y hacerlos emitir luz de un color específico. La reacción en cadena consiste en que los rayos emitidos por algunos átomos llegan a otros que ya estaban excitados, con la energía para emitir exactamente la misma frecuencia. Como la energía recibida no es suficiente para un nuevo salto, se emiten dos rayos idénticos. Esta nueva emisión va a dar con otros dos átomos que repetirán el proceso. Todo sucede mientras la pila sigue excitando a más átomos que emitirán sus propios rayos.

Este aparato, por no ser de muy alta calidad, nos ofrece una situación interesante: no emite un solo color (o frecuencia), sino que envía varios muy parecidos entre sí. El láser lanza

rayos violeta que podemos ver; y rayos ultravioleta que no podemos observar a simple vista; sin embargo, si tenemos un material fluorescente, como el agua quina, se absorben los rayos invisibles y se emiten rayos azules que llaman la atención, incluso, más que los violetas.

Si inclinamos el láser al apuntarlo a un lado de la botella, podremos observar cómo el rayo se desvía cuando entra al agua quina, por la refracción de la luz. Si ahora apuntamos desde abajo, y hacemos que el ángulo con las paredes de la botella sea cada vez más pequeño, llegamos a un momento en que la luz ya no sale del agua quina, sino que, en lugar de esto, rebota en la pared y se queda en el interior. Este fenómeno se llama reflexión interna total, y permite enviar señales a grandes distancias; claro que no es a través de agua quina, sino de fibra óptica, que se acomoda en hilos finos y transparentes que permiten enviar mucha información en poco tiempo. Con menos de cinco fibras ópticas, del grosor de un cabello humano cada una, se pueden manejar los datos de todas las llamadas de larga distancia en nuestro país.

### ***Datos curiosos***

La transmisión de información por alambres de cobre no es muy rápida y, en grandes distancias, la señal pierde fuerza por la resistencia. Por eso, el avance de las telecomunicaciones inicialmente se apoyó mucho más en satélites artificiales; el problema es que la vida útil de los satélites es más corta que la de los cables, y es limitado el número de espacios disponibles para órbitas geoestacionarias (que dan vuelta al mismo ritmo que la Tierra). Actualmente se transmite mucha información a través de la fibra óptica —con cables submarinos que conectan a un gran número de países—, pues se puede aprovechar que sus señales viajan prácticamente igual de rápido que las de los satélites, pueden manejar más información, no se ven afectadas por fenómenos atmosféricos y sus cables tienen una vida útil más larga.

# Láser modulado

MIGUEL ANTONIO FÉLIX ROCHA

JOSÉ ANTONIO RAUDALES HERNÁNDEZ

## *Principios a revisar*

Amplitud modulada

Transmisión de información a través de ondas electromagnéticas

## *Material*

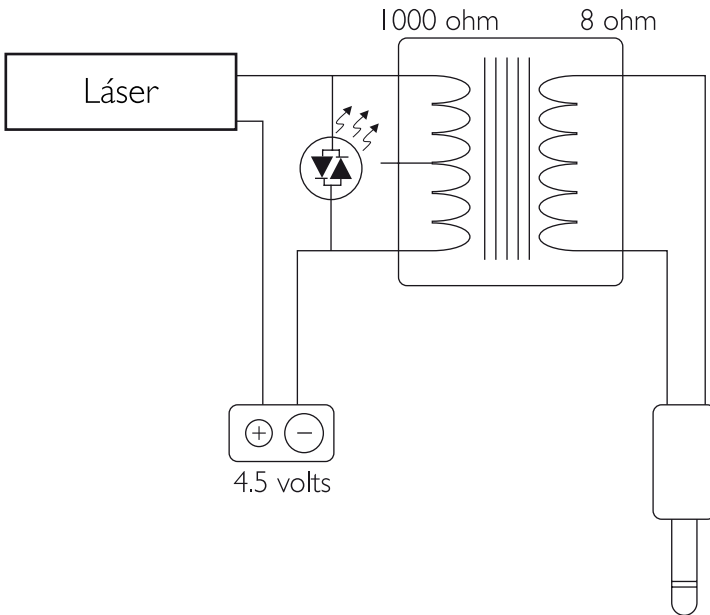
- Dos tableros de electrónica (se consigue en las tiendas de electrónica)
- Seis transistores: dos de BC548, dos de BC558 y dos de BD135
- Diez resistencias: dos de  $10\text{K}\Omega$ , dos de  $1\text{M}\Omega$ , dos de  $4\text{K}\Omega$ , dos de  $1\text{M}\Omega$  y dos de  $100\Omega$
- Seis capacitores electrolíticos: 2 de  $220\mu\text{F}$  y 4 de  $5\mu\text{F}$
- Dos capacitores cerámicos de  $1\text{nF}$
- Celda fotovoltaica
- Láser de bolsillo
- Micrófono “electrec” (de venta en las tiendas de electrónica)
- Bocina pequeña
- Pequeño trozo de papel
- Pila de 4.5 voltios
- Dos potenciómetros (opcional)
- Reproductor de música mp3
- Cable auxiliar para conectar el reproductor mp3 al aparato
- Medio kilogramo de talco

## *Procedimiento*

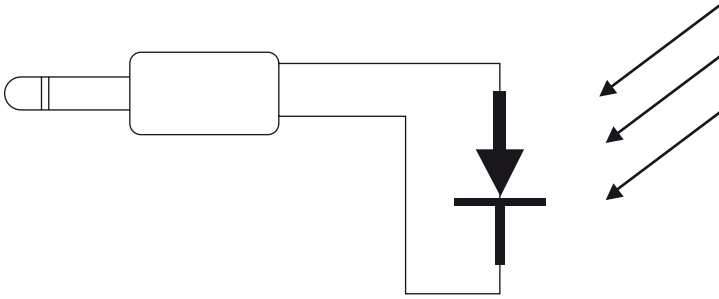
Para esta actividad el procedimiento se divide en dos partes: el proceso técnico para construir los aparatos que permitirán emitir y recibir la señal del láser con amplitud modulada, y la dinámica que se realizará con los grupos una vez que se cuente con el aparato funcional.

### Proceso técnico

1. Arma el aparato emisor de acuerdo al esquema en la imagen (el láser está en el rectángulo del centro); se puede agregar un potenciómetro justo entre la bocina y la resistencia.



2. Desarma el Láser de bolsillo y saca las tres pilas de botón. Une el muelle interno a un cable, aquél que está destinado al diodo láser; a continuación, haz un cilindro de papel, de manera que se ajuste en la carcasa del láser; el cable anterior debe pasar por el centro del cilindro. Por último, incrusta un cable pelado entre dicho cilindro y la carcasa metálica del láser.
3. Construye el aparato receptor, como se muestra en la imagen:



4. Asegúrate de que el haz de luz del láser impacte con la celda fotovoltaica.
5. Revisa todas las conexiones. Puede ocurrir que el láser no encienda, eso podría ser debido a que la conexión con el láser no se ha hecho correctamente o a que el circuito no está cerrado.
6. Una vez asegurado el circuito, prueba el aparato hablando por el micrófono. Tu voz debería ser emitida por la bocina del otro lado.

### Dinámica para los grupos

1. Ubica el emisor y el receptor bien alineados a una distancia mínima de tres metros; asegúrate de que la señal llegue al sensor de forma adecuada y que sea claro que los aparatos no están conectados entre sí.
2. Saca el reproductor mp3 y comenta la importancia de los cables para que la señal de las canciones vaya del aparato a las bocinas de los audífonos. Pregunta a los participantes si los cables son la única forma de llevar una señal de un lugar a otro.
3. Reproduce una canción en el aparato y conéctalo al emisor de señal; una vez que la música se empiece a escuchar en la bocina, pídeles a los participantes que expliquen cómo llega la señal del aparato a la bocina, y cuál es el medio.
4. Indica que el hecho de no ver un medio no significa que no esté ahí: lanza una nube de talco sobre el trayecto

del láser hacia el receptor; de modo que se haga visible el rayo que nos ayuda a transmitir la información. Deja claro que no todas las ondas electromagnéticas que llevan señales pueden hacerse visibles, pero que, de una forma u otra, sí pueden ser detectadas.

5. Ahora, sustituye el reproductor mp3 por el micrófono y divide el grupo en dos equipos: uno que estará en un extremo, hablando con el micrófono, y otro que se ubicará del otro lado para escuchar el mensaje en la bocina. Ocasionalmente, usa tu mano para bloquear el rayo e ilustrar cómo se interrumpe la señal.

### **Preguntas**

¿Qué se necesita para llevar una señal de sonido a una bocina?

¿Qué medio se usa para llevar la señal?

¿Puede viajar la señal sin un medio?

¿Cómo funciona la bocina si no está conectada al micrófono?

¿Por qué medio se transporta el sonido?

¿Qué tipo de onda es la que transporta el sonido?

¿Se parece esto al funcionamiento de un radio?

### **Marco teórico**

El radio funciona mediante la emisión de ondas moduladas. Esto podría explicarse como la inserción de una onda dentro de otra; lo que llamamos modulación. Nuestras radios tienen dos tipos de recepción: AM y FM, amplitud modulada y frecuencia modulada, respectivamente. La amplitud es la mitad de la distancia perpendicular que hay desde el punto más alto de la cresta al punto más bajo del valle, por decirlo de otra forma, la mitad de la altura de la onda; y la frecuencia es el número de ciclos completos por unidad de tiempo. En la frecuencia modulada, la amplitud es constante y la frecuencia varía; mientras que en la amplitud modulada la frecuencia es constante, y la amplitud varía dependiendo de la onda que la transporte.

El láser modulado transmite la señal en amplitud modulada.

Es importante señalar que todas las radiodifusoras usan ondas electromagnéticas para transmitir sus programaciones. La luz visible forma parte del espectro de ondas electromagnéticas, pero solo incluye un rango muy reducido, abarca las longitudes de onda de aproximadamente 380nm (nanómetros) —color violeta— a 750nm —rojo—. Nuestro ojo solamente distingue los colores contenidos en ese rango; no puede distinguir nada fuera de este (como las longitudes de onda del infrarrojo o más grandes ni las del ultravioleta o menores). El láser transmite en un rango visible, por eso podemos ver fácilmente el medio por el cual se transmite la señal de nuestra voz.

Para este dispositivo, el receptor de señal es la celda fotovoltaica. En el caso de las radios que hay en las casas o en los autos, la señal es captada por diodos, que son barras que se mueven ampliando su rango, sin embargo, la longitud de onda de la radio es de metros, por lo que no es posible verlos. La celda fotovoltaica funciona a base del efecto fotoeléctrico, en el cual interviene la física cuántica. La luz tiene un comportamiento dual, es decir, al viajar se comporta como una onda electromagnética, pero al interactuar con la materia puede adquirir propiedades de una partícula (llamada fotón). Un fotón choca con un átomo, le transfiere su energía y desaparece. Si el átomo tiene la estructura adecuada, puede liberar un electrón que ayudará a formar una corriente eléctrica. La energía transmitida por un rayo específico se determina por el producto de la constante de Plank por la frecuencia de la onda en cuestión.

En el aparato que envía la señal, realizamos un proceso de modulación: junto a la onda electromagnética del láser, enviamos ondas variables que van integradas en la amplitud de la luz; esas ondas proceden del sonido, ya sea de la voz o de la música en el aparato.

El funcionamiento del aparato emisor es el siguiente: se alimenta de una batería de 4.5 voltios, la cual envía una corriente hacia el potenciómetro que permite subir o bajar el

volumen de lo que se escuchará en el micrófono. En cuanto el micrófono recibe voz, o el aparato mp3 reproduce música, ya tenemos una señal eléctrica. Los capacitores, transistores y resistencias siguientes servirán para limpiar las bajas y las altas frecuencias para que solo quede la voz. Después, la voz viaja a un transistor de potencia que amplifica la voz al nivel del voltaje, es decir, 4.5 voltios; luego, viaja a otro capacitor de mayor tamaño que vuelve a limpiar la señal amplificada; para entonces, la señal va a 4.5 voltios. Después de esto, la "voz" va al láser, que transmite el mensaje con una frecuencia constante pero con amplitud variable.

El receptor funciona, como ya lo habíamos señalado, a base del efecto fotoeléctrico. La luz que incide sobre él tiene cierta frecuencia y energía que le permiten excitar a los átomos de la superficie de silicio de la celda, los cuales liberan electrones y dan lugar a un voltaje. La energía que viaja por el circuito es la versión eléctrica del sonido, con 4.5 voltios de potencia. El proceso que se sigue en el receptor es análogo a del emisor; la voz se va llevando hasta ser emitida por la bocina.

### **Abordaje sugerido**

Las telecomunicaciones se abrieron paso de manera masiva gracias al uso de la radio. La radio utiliza las ondas electromagnéticas para transportar su señal desde la cabina de radio hasta los aparatos que la reproducen y la envían a nuestros oídos. Dichas ondas electromagnéticas tienen una longitud de onda en el rango de metros y su frecuencia va de cientos de miles a millones de ciclos por segundo (hertz).

La longitud de una onda es el tamaño de un ciclo completo, la distancia entre cima y cima o entre valle y valle; la frecuencia es el número de ciclos por segundo, y la amplitud es la altura de la onda, lo que nos da su intensidad. Existen dos tipos de onda: transversales, en las que la perturbación se atraviesa con la dirección de propagación, y longitudinales, que implican una perturbación en la misma dirección en que viajan.



Las ondas electromagnéticas que se encuentran dentro del rango de longitud de 380 y 750 nanómetros son lo que conocemos como el espectro de luz visible; básicamente, se trata de los colores que vemos en el arcoíris. Su longitud de onda es mucho más pequeña que la de la radio, pero eso no significa que no se pueda utilizar de la misma manera.

Mediante el aparato emisor y el receptor podemos enviar una señal a distancia ¡de la misma forma en que lo haría una emisora de radio! Así es, transmitiremos en AM, que significa amplitud modulada. Transmitir en amplitud modulada significa que, aunque la onda tiene una frecuencia propia bien definida, la variación en la amplitud —la intensidad— lleva la información de otra onda, la de la voz o de la música que estamos transmitiendo. La frecuencia modulada es como una combinación de una onda transversal con amplitud constante y una longitudinal que viene de la voz o del sonido, la cual se encarga de “comprimir” y “estirar” la frecuencia.

Así es como las emisoras envían sus señales; pero ¿cómo las recibe el aparato? Los radios tienen en su interior un par de diodos (una especie de barras) que se adecuan a la longitud de la onda que recibirán y luego transformarán en sonido. Todo esto se lleva a cabo de manera muy similar a lo que hace nuestro láser modulado. La diferencia más grande entre la radio y nuestro láser modulado es que en lugar de diodos, utilizamos una celda fotovoltaica.

### ***Datos curiosos***

La radio, inicialmente, solo transmitía en AM (amplitud modulada), esto cambió hasta que Edwin Armstrong desarrolló una radio de alta calidad, que era menos sensible a los ruidos radioeléctricos.

Se le atribuyó a Nikola Tesla el invento de la radio gracias a una demanda por plagio que él interpuso en contra de los otros inventores: Guglielmo Marconi, de Reino Unido, y Julio Cervera, de España.

La radio sufrió una temporada de declive en la década de los sesenta por la llegada de la televisión, la cual también transmite su señal a través de ondas electromagnéticas. Para transmitirse, la radio de hoy utiliza ondas satelitales, lo que conocemos como radio hd, e, incluso, señal de internet.

# **Código binario**

FRANCISCO JAVIER ALCARAZ AYALA

## ***Principios a revisar***

Lenguaje de las computadoras

Código binario

## ***Material***

- Hoja impresa con el formato del taller
- Lápiz, color o crayola
- Formato tamaño doble carta para el tallerista en vinil
- Marcador de agua

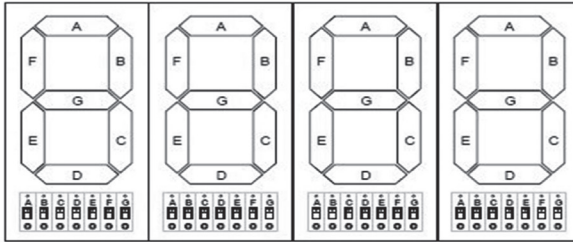
## ***Procedimiento***

1. Usa el formato doble carta para mostrar las partes del formato en papel y dar las instrucciones durante el taller.
2. Pide a los participantes que observen el formato y que identifiquen las partes que lo constituyen.
3. Da ejemplos de palabras de cuatro letras (atún, sopa, hola, nido, paco, pato).
4. Define con los participantes cómo rellenar los siete segmentos de los formatos de los cuatro dígitos, de tal manera que sea fácil usar o reconocer letras como la t y la r y la z; las mayúsculas que serán usadas; y si excluirán o no la m, ñ y w.
5. Para formar una letra, es necesario rellenar los segmentos que forman cada dígito, usa un dígito por letra.
6. Una vez rellenados los segmentos, hay que rellenar los círculos marcados con las letras correspondientes a los segmentos, el primer renglón de círculos corresponde al primer dígito, y así sucesivamente.
7. Usa el renglón del fondo del formato para representar un cero por cada círculo vacío, y un uno para cada círculo que se ha rellenado.
8. Observa las cuatro palabras de ceros y unos que representan en código binario tu palabra.

## El lenguaje de las computas

### Electrónica digital

### Programación



|                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| A                     | B                     | C                     | D                     | E                     | F                     | G                     | LETRA |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |       |
| A                     | B                     | C                     | D                     | E                     | F                     | G                     | LETRA |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |       |
| A                     | B                     | C                     | D                     | E                     | F                     | G                     | LETRA |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |       |
| A                     | B                     | C                     | D                     | E                     | F                     | G                     | LETRA |
| <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |       |

**HOLA= 0010111 0011101 0110000 1111101**  
**ATUN= 1111101 0001111 0011100 0001101**  
**NIDO= 0001101 0010000 0111101 0011101**

Escribe en una sola línea tu palabra en binario

|  |
|--|
|  |
|--|

### Conversión a código binario

#### Alfabeto

Usa los dígitos para formar letras rellenando los segmentos y forma una palabra

#### Binario

Usa la primera línea de círculos para el primer dígito, y sigue el mismo orden entre dígitos y

líneas. Rellena el círculo que corresponda a la letra del segmento.

#### Palabra binaria

En el renglón inferior, siguiendo el orden de los círculos que se rellenaron por cada segmento, anota un uno si rellenaste el círculo, y un cero si lo dejaste en blanco.

### **Preguntas**

¿Qué lenguaje usan las computadoras para comunicarse?  
Si tuvieras que elegir solo dos palabras para comunicarte, ¿cuáles serían?  
¿Cómo pueden las computadoras manejar tantas letras, colores, números y sonidos con solo ceros y unos?

### **Marco teórico**

¿Cómo mandar información, digamos, un mensaje corto, con el mínimo de datos? Bien. El mínimo de vocabulario para que una persona comprenda a otra está compuesto por únicamente dos palabras: sí y no. En matemáticas, el equivalente es el “1” y el “0”, lleno o vacío, falso o verdadero. Si, además, usamos la posición para agregarles otro valor, formaremos más información con solo ceros y unos. Si los elevamos por potencia de dos, es decir, si vamos aumentando, y los multiplicamos por 0, 2, 4, 8, 16, etcétera, conseguiremos formar, a partir del 0 y el 1, cualquier número entero.

Para otros casos, le damos un valor numérico a cada color o letra, así, la computadora será capaz de reproducir canciones, representar fotografías y realizar cálculos matemáticos con gran eficiencia. Para esto se crean los lenguajes de programación.

### **Abordaje sugerido**

Pregunta a los participantes cuántos de ellos han usado un celular, si conocen una computadora o un reproductor de mp3, si usan una memoria de USB, si han jugado un videojuego. Si responden afirmativamente al menos a una pregunta, han usado un equipo que trabaja con ceros y unos como lenguaje, es decir, un código binario. ¿Qué es un código binario? Realiza a un voluntario un ejercicio de preguntas sencillas. Solamente podrá responder: sí o no, a manera de ceros y unos como el código binario, a preguntas simples como si tiene novia, si estudia o si le va al América. La audiencia se convencerá de que no es difícil obtener

información con solo dos posibles respuestas y apreciara cómo, con solo ceros y unos, las computadoras y los dispositivos electrónicos se comunican.

### ***Datos curiosos***

Los primeros esfuerzos para lograr que una máquina fuera capaz de realizar cálculos matemáticos se le atribuyen a Charles Babbage, en 1822; aunque este no lograra terminar un prototipo capaz de realizar los cálculos, porque se quedó sin dinero.

Las súper computadoras Blue Gene de IBM son 100 mil veces más poderosas que una PC moderna y, además, usan Linux como Sistema Operativo, un sistema gratuito y libre de virus.

### ***Referencias***

<http://www.charlesbabbage.net/charles-babbage-inventions.html>

<http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/bluegene/breakthroughs/>

Francis Scheid: *Introducción a la ciencia de las computadoras*, México, McGraw-Hill, 1972.

# **Pantalla humana**

JORGE TEMACHTIANI ALVARADO ESPARZA

## ***Principio a revisar***

Formación de imágenes digitales

## ***Material***

- 50 hojas de colores
- 50 hojas blancas
- Imagen “pixeleada” previamente cuadrículada (preferentemente una letra de seis pixeles de altura en un cuadrado de siete por ocho pixeles)

## ***Procedimiento***

1. Divide al grupo en dos equipos.
2. A uno de los equipos se le darán las hojas de color y las blancas; el otro grupo y el tallerista se alejarán unos metros respecto del primer grupo.
3. Empieza el juego de la siguiente manera: el tallerista tomará la imagen y le dirá a un participante los colores de una secuencia de cuatro pixeles. Para niños de seis años o menos, la “señal” podrá enviarse pixel por pixel.
4. Después, el niño correrá hacia el otro equipo para comunicarle lo que el tallerista le dijo.
5. El equipo que está en la “pantalla” con los pixeles usará la información recibida para reproducir la imagen.

## ***Preguntas***

¿Cómo funciona una pantalla?

¿Cómo se hace una imagen digital a partir de un objeto real?

¿Cómo se forma una imagen en la pantalla?

¿Qué es un pixel?

### **Marco teórico**

Para entender el proceso de formación de imágenes digitales, debemos concentrarnos en el concepto de pixel. Podemos definir el pixel —término que viene del inglés *picture element*— como el elemento más pequeño de un solo color, que forma parte de una imagen. Siempre que amplíemos lo suficiente un gráfico en la computadora, podremos apreciar los pixeles monocromáticos que lo forman. Para crear una idea gráfica de lo que estamos hablando, podemos comparar a los pixeles con las pequeñas piezas —de piedra, madera o cerámica— que forman la imagen en un mosaico.

A diferencia de las imágenes vectoriales, que están definidas por curvas que podemos ampliar tanto como queramos, los mapas de bits —generados a través de dispositivos digitales como cámaras, escáneres o programas especiales— están formados por pixeles. Normalmente los percibimos como una imagen continua, y no como un montón de pequeños fragmentos, debido a las limitaciones en la resolución de nuestra vista. Solo es cuestión de aproximarse lo suficiente, o ampliar la imagen, para percibir cada uno de estos elementos cuadrados.

Para captar las imágenes de objetos reales, las cámaras digitales cuentan con dispositivos de carga acoplada (CCD por sus siglas en inglés) o sensores activos de pixeles (APS por sus siglas en inglés). Cualquiera de estos aparatos cuentan con un gran número de fotodiodos (fotosensores), que son dispositivos que producen una corriente eléctrica cuando son excitados por luz mediante el efecto fotoeléctrico. Existen fotodiodos específicos para los tres colores primarios de la suma de luz: rojo, verde y azul (sistema RGB). Cada fotodiodo genera un pixel en un gráfico, y el número de estos dispositivos en un aparato establece la resolución de las imágenes que puede producir.

La imagen digital se define a través de dos características de los pixeles que la forman. La primera de ellas es la resolución espacial, esto es, el número de pixeles que conforman ese



mosaico y el tamaño de cada uno de ellos. Cuando hablamos de la resolución de una imagen, nos referimos única y exclusivamente a sus dimensiones, expresadas en píxeles de anchura por píxeles de altura, o bien, a la superficie total. En un gráfico, los megapíxeles indican el número de millones de “cuadritos” monocromáticos que forman la imagen.

El segundo de los campos que definen un pixel es su profundidad de brillo, más conocido como profundidad de color. Para ver cómo influye este valor en la información que contiene cada pixel y cuál es su importancia en la imagen digital, es necesario entender primero cómo se forma la imagen digital.

La luz es la base. Lo que ocurre en las cámaras fotográficas más comunes en la actualidad es que se ha sustituido un soporte químico fotosensible —la película de sales de plata— por otro soporte electrónico, el sensor digital. De este modo, la luz penetra a través de la lente y llega al sensor; en mayor o menor cantidad dependiendo de la velocidad de obturación y el diafragma que haya seleccionado el fotógrafo. En el caso de las cámaras de video, se sustituye los casetes electromagnéticos por el mismo tipo de sensor electrónico. El sensor es una matriz formada por pequeños diodos de silicio; un material sensible a la luz. En lugar de generar una imagen latente, como ocurría con la película, o generar pulsos electromagnéticos, como en el caso del casete, en el sensor digital la luz incidente produce una determinada carga eléctrica proporcional a su nivel de intensidad, en cada uno de estos fotodiodos.

En la primera fase del proceso, conocida como muestreo, se determina la resolución espacial de la imagen. Pero, para poder hablar de imagen digital, es necesario convertir esta señal eléctrica —analógica— en un código binario. Aquí entra en acción el conversor analógico digital (ADC por sus siglas en inglés). A partir de la información eléctrica, a cada pixel se le asigna un valor; formado por ceros y unos, que luego será interpretado como un color en cada uno de los canales RGB de la imagen.

La profundidad de brillo, de la que antes hablábamos, determina el número de cifras que podrá tener este código de unos y ceros y, por tanto, la cantidad de valores (colores) que tendrá la imagen. Así, un ADC de un bit, solo podría asignar dos valores: 0 o 1, presencia de luz o ausencia de ella. Un ADC de ocho bits genera valores de ocho cifras, por lo que, combinando ceros y unos, podríamos obtener un total de 256 resultados; 256 valores que equivalen a la cantidad de grises que el ojo humano es capaz de distinguir en una imagen.

Como estamos hablando de imagen en color, los dispositivos digitales vienen equipados con convertidores de, al menos, 24 bits; ocho bits para cada canal. Con esta combinación de 24 números entre unos y ceros, el resultado es de algo más de 16 millones de posibilidades, ni más ni menos que el número de colores que nuestra visión es capaz de reconocer.

Ese proceso solo se refiere a convertir la luz a una imagen digital. Para convertir la imagen digital a luz el proceso es el siguiente: el código binario es recibido por un chip, presente en todas las pantallas, que interpreta el contenido del mensaje para saber cuál pixel activar. Cada pixel está en sistema RGB, es decir, tiene tres colores: rojo, verde y azul, y con base en este sistema se forman todos los colores que vemos en la pantalla.

El proceso físico de emisión de luz implica la excitación electrónica de los átomos de un material que emite colores específicos —que pueden ser rojo, verde y azul—, para, a partir de los pixeles, formar el gráfico. La forma de conseguir la excitación varía dependiendo de si la pantalla es de rayos catódicos, plasma o leds.

### ***Abordaje sugerido***

A pesar de lo que se podría creer, los gráficos que vemos en nuestros aparatos (televisores, pantallas de computadora, celulares, etcétera) no fueron siempre imágenes; llegaron a la pantalla en forma de instrucciones.

Las instrucciones son generadas por un procesador que puede encontrarse en una computadora, una cámara digital o un escáner. Las fotografías y los videos empiezan siempre como luz, una señal que al pasar por la cámara es captada por fotosensores que la convierten en señales eléctricas; después, estas señales pasan por el Conversor Analógico Digital para ser convertidas en instrucciones en código binario.

Estas instrucciones las reciben nuestros aparatos para formar de nuevo la imagen, enviándole señales a los pixeles en la pantalla para que formen colores mediante el sistema RGB. Este sistema tiene pequeños pixeles que solo emiten luz en los colores rojo, verde y azul, pero que pueden combinarse para formar toda la gama cromática.

En nuestra actividad, la persona que tiene la imagen original cumple las funciones de la cámara digital, esto al convertir la imagen en instrucciones que permiten reproducirla. Los niños mensajeros representan los circuitos que transmiten las señales eléctricas en sus aparatos; y su palabras, el código binario que transmite la información. El equipo que recibe las instrucciones es la pantalla que recompone la imagen.

### ***Referencias***

<http://www.quesabesde.com/camdig/articulos.asp?articulo=115>



# Termodinámica

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

La termodinámica es la ciencia de las máquinas; estudia cómo transformar un tipo de energía en otro, con la menor pérdida posible. No es la definición estricta que vamos a encontrar en un libro de texto, en un diccionario o en *wikipedia*, pero es el fondo de la cuestión: la esencia de esta disciplina es la búsqueda por mejorar la eficiencia de las máquinas.

Antes del surgimiento de la termodinámica, lo normal era que los avances del conocimiento científico obedecieran solo al interés por entender y explicar el funcionamiento de la naturaleza; solo hasta después se preocuparon por buscar las aplicaciones prácticas que podría tener este conocimiento, es decir, la forma de convertirlo en tecnología útil. No se puede decir que esta área de la física surgiera “por encargo”, para crear mejores aparatos, pero con el desarrollo de las primeras máquinas de vapor —y la Revolución Industrial— el interés científico se sumó al económico en la búsqueda de un mejor desempeño energético.

Las primeras máquinas perdían mucha energía en fricción y desperdiciaban calor; lo que hacía que consumieran más carbón del necesario para hacer su trabajo y, por lo tanto, se gastara más dinero. Conforme avanzó el estudio científico de estos procesos, se consiguió entender mejor y aprovechar más la transformación del calor en movimiento para crear máquinas cada vez más eficientes.

Más adelante, la termodinámica mostró que las propiedades de la materia a sus escalas más pequeñas —el movimiento y los choques de las moléculas— tienen consecuencias a nivel macro en características como la presión, la temperatura y el volumen de un cuerpo. Así, se consiguió un conocimiento más profundo de las transformaciones entre diferentes formas de energía como el movimiento, la electricidad, la radiación, los procesos químicos y el calor. Con este avance fue posible

explicar y mejorar el funcionamiento de aparatos como el termómetro y la máquina de vapor; se entendió mejor el proceso de combustión en las explosiones y la forma en la que estas liberan energía; y, también, se sentaron las bases para el desarrollo de artefactos de gran trascendencia como la locomotora, los barcos de vapor, el submarino, el automóvil y el avión, así como para aparatos de gran utilidad cotidiana como el compresor, el horno, la lavadora y el refrigerador.

Las actividades de esta sección nos ayudarán a conocer algunos de los principios de la termodinámica y la importancia que tiene para los aparatos que usamos todos los días. Con “¿Frío o caliente?”, nos hacemos una idea de qué es el calor y cómo se transfiere de un cuerpo a otro, y por qué no podemos confiar en nuestros sentidos para determinar la temperatura de un objeto. En “Fuego y agua”, se abordan las condiciones necesarias para una combustión y los efectos que tiene esta en su entorno, y cómo es posible que algunos materiales se sigan quemando aun cuando no parece haber oxígeno disponible. “Ludión” nos ofrece un acercamiento a los principios científicos del submarino, así como a los del globo aerostático, a la vez que nos brinda la oportunidad de motivar al público a ser más crítico. “Cañón de vórtices” trata de los cambios que se pueden presentar con un aumento súbito de presión, tanto en un aparato como en los fenómenos atmosféricos. Finalmente, “Globo refrigerador” nos ayuda a entender un poco de la entropía, la Segunda Ley de la Termodinámica y el funcionamiento de los aparatos que mantienen fría nuestra comida.

Con ayuda de estas actividades, es posible dimensionar la trascendencia de los fenómenos termodinámicos a nuestro alrededor y entender el funcionamiento de procesos muy importantes en nuestras vidas cotidianas.

# ¿Frío o caliente?

GRECIA MONTOYA ZÚÑIGA

## *Principios a revisar*

Leyes de la termodinámica

Necesidad del termómetro

## *Material*

- Tres tinas
- Diez cubos de hielo
- Parrilla eléctrica
- Recipiente metálico para calentar agua
- Agua

## *Procedimiento*

1. Llena con agua el recipiente metálico y ponlo a calentar en la parrilla hasta que el agua empiece a hervir.
2. Vierte el agua hirviendo y otra misma cantidad de agua a temperatura ambiente en una de las tinas.
3. Llena otra tina hasta el mismo nivel de agua de la primera, pero solo con agua a temperatura ambiente.
4. La tercera tina se llenará de agua al mismo nivel de la anterior y se le pondrán todos los cubos de hielo.
5. Escoge a un participante para realizar el experimento. Pídele que sumerja una mano en la tina que contiene el agua muy fría, y la otra mano en la tina que tiene el agua muy caliente, durante aproximadamente un minuto.
6. Después, el participante deberá sumergir ambas manos en la tina de agua tibia.
7. Pídele que describa la sensación que tuvo en cada mano, guiándolo a destacar que no fue la misma reacción en la mano derecha que en la izquierda; en una mano hubo una pérdida de energía calorífica, y en la otra, una ganancia.

### **Preguntas**

- ¿Podemos saber solamente con nuestro cuerpo la temperatura exacta de un objeto?
- ¿Todo mundo estaría de acuerdo?
- ¿Para qué sirve un termómetro?
- ¿Qué es el calor?
- ¿El frío existe?
- ¿Cómo se sabe si algo está frío o caliente?

### **Marco teórico**

El calor es una forma de energía que constantemente está fluyendo de un cuerpo a otro, o también de una parte de este a otra. Pero la transferencia de calor no se presenta arbitrariamente, va del cuerpo de mayor temperatura al cuerpo de menor temperatura. El objeto con mayor temperatura transfiere calor al de menor temperatura hasta que los dos llegan a un equilibrio térmico, es decir, hasta que sus temperaturas se igualan. A este principio se conoce como Ley Cero de la Termodinámica.

El calor puede ser transferido mediante tres procesos: convección, radiación y conducción. Por ejemplo, cuando estás en tu casa: la pared de esta transmite calor fundamentalmente por conducción; mientras, en la cocina, el agua que se encuentra dentro de una cacerola sobre la estufa encendida se calienta, en mayor parte, por convección; y, al mismo tiempo, la Tierra recibe el calor del Sol por medio de radiación.

En todos estos casos hay un suministro de calor a un cuerpo, que implica un aumento en su temperatura. Entonces, ambos conceptos están muy ligados, pero son cosas distintas; la temperatura es una propiedad de un cuerpo y el calor es un flujo de energía entre dos cuerpos de diferente temperatura.

Para medir la temperatura es necesario un instrumento, el termómetro. El que se usa más comúnmente es el de mercurio: un tubo capilar de vidrio de diámetro uniforme con una ampolleta llena de mercurio en uno de sus extremos. Cuando el termómetro se pone en contacto con un objeto,



hay una transferencia de calor; si el objeto es más caliente, le pasará calor al mercurio y viceversa. Cuando el mercurio gana calor, se dilata, y el aumento de su volumen eleva su nivel e indica la temperatura en la que se encuentra; si pierde calor, se contrae y baja su nivel, marcando una temperatura menor.

Existen otros tipos de termómetros como el digital, pirómetro, de lámina bimetalica, de gas, de resistencia, termopar y termistor.

### ***Abordaje sugerido***

El calor es una energía que proviene del Sol y está prácticamente en todos lados, lo cual es bastante conveniente porque es esencial para la existencia de la vida. El calor no se mantiene estático, sino que está continuamente transfiriéndose de un cuerpo a otro, más específicamente, de un cuerpo de mayor temperatura a uno con menor temperatura. Hay tres formas diferentes de suministrar calor de un cuerpo a otro: por convección, por conducción y por radiación. Este proceso de transferencia de energía termina hasta que ambos cuerpos llegan a una misma temperatura, es decir, a un equilibrio térmico.

Cuando sumergimos un sólido en un líquido de menor temperatura, el sólido transfiere calor al líquido y el sólido pierde calor; y cuando sumergimos un sólido en un líquido de mayor temperatura, el sólido gana calor y el líquido lo pierde. En este caso, una persona sumergió una mano en una tina con agua fría y la otra mano en una tina con agua caliente, después, sacaron las manos simultáneamente y las metieron a otra tina, esta vez con agua tibia; lo que cada mano experimentó fue diferente.

Una persona no puede confiar al cien por ciento en sus sentidos, su percepción también depende de las condiciones de su ambiente: cuanto más rápido se pierda calor, más frío sentirá, aunque la temperatura sea la misma. También pueden influir ciertos factores ambientales; como ocurre con el viento, que puede dar una falsa idea de la temperatura. Es por eso que necesitamos instrumentos que nos ayuden de una manera más real y menos caprichosa.



# **Globo refrigerador**

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

## ***Principios a revisar***

Leyes de la termodinámica

Funcionamiento del refrigerador

## ***Material***

- 30 globos

## ***Procedimiento***

1. Reparte un globo a cada uno de los participantes.
2. Pídeles que tomen el globo con ambas manos, deteniéndolo de los dos extremos, y lo pongan frente a su boca.
3. A continuación, deberán estirar el globo mucho y muy rápido e, inmediatamente, ponerlo en contacto con la piel que está arriba del labio. Se notará que el globo se calentó. Traten de explicar qué causó este aumento de la temperatura.
4. Se estirará el globo una vez más; en vez de ponerlo en contacto con la piel, se mantendrá estirado y se moverá hacia adelante y hacia atrás para dispersar el calor.
5. Rápidamente se permitirá que el globo recupere su tamaño inicial, y, de inmediato, se pondrá en contacto con la parte superior del labio. Se podrá notar en ese momento que el globo se ha enfriado. Discutan los motivos para que esto sucediera.
6. Cierra el taller hablando de cómo funciona un refrigerador y de las semejanzas que hay entre su mecanismo y lo que hicieron con el globo.

## ***Preguntas***

¿Sabes qué es el frío?

¿Cómo se puede producir el frío?

¿Qué pasa cuando pones en contacto un objeto frío con otro caliente?

¿Qué pasa en el globo para que se caliente al estirarlo?

### **Marco teórico**

La termodinámica es la rama de la física que se ocupa del estudio del calor y su relación con la energía y el trabajo, en general, trata con las consecuencias macroscópicas —temperatura, energía interna, entropía, presión— de las propiedades microscópicas de los cuerpos, básicamente, con el movimiento y los choques de las moléculas que los forman.

La Ley Cero de la termodinámica señala que, cuando se ponen en contacto dos objetos que tienen diferente temperatura, hay un flujo de energía del cuerpo con la temperatura más alta hacia el otro hasta que se alcanza un equilibrio térmico. De aquí se desprende que el frío no existe como tal, sino que es algo que sentimos cuando entramos en contacto con un objeto que tiene una temperatura menor a la nuestra y le transferimos energía. Se puede decir que un cuerpo no tiene nada de calor solo cuando se llega a la menor temperatura posible, el cero absoluto, que es la base de la escala Kelvin, que se encuentra a  $-273.15^{\circ}\text{C}$ .

La Primera Ley de la Termodinámica es la famosa Ley de Conservación de la Energía: la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma. En todo proceso termodinámico, la energía no puede aparecer o desaparecer sin explicación, lo que sí ocurre es que se transforma, pasa de una forma a otra. Esto es la base del funcionamiento de aparatos como el motor de combustión interna, que convierte la energía química de la gasolina en energía térmica, y luego a esta en energía mecánica que produce el movimiento del vehículo; o bien, el refrigerador, que convierte la energía eléctrica en energía mecánica y, a su vez, en energía térmica que sacan el calor del interior del aparato.

Para comprender mejor la Segunda Ley de la Termodinámica, es necesario introducir el concepto de entropía. Esta puede entenderse como una medida del desorden de un sistema, que está asociada a la cantidad de energía no utilizable de dicho sistema. Cuanto mayor sea la entropía de un sistema, mayor será el desorden del mismo; y la entropía

de un sistema aislado siempre crece o se mantiene igual, es decir, el universo tiende al desorden. Cuando la entropía de un sistema disminuye es porque la entropía de otro sistema asociado al primero creció en mayor medida.

La Segunda Ley, propiamente dicha, señala que, en un estado de equilibrio, los valores que toman las variables características en un sistema termodinámico son tales que se maximiza la entropía. Esto está ligado a cómo, en el funcionamiento de cualquier máquina, se pierde energía en el entorno; así sucede, por ejemplo, con el motor de un carro que no convierte toda la energía de la combustión en movimiento, porque pierde mucha de esta en forma de calor.

Aunque la entropía está ligada a la dirección en que pueden realizarse los procesos físicos, es decir, a la imposibilidad de que ocurran en sentido contrario, también existen ciertas condiciones para los casos en que hay procesos reversibles. En estas situaciones, la Segunda Ley señala que el calor absorbido es igual a la temperatura multiplicada por el cambio de entropía. Para un proceso adiabático, en que el cuerpo no intercambia calor con sus alrededores, el producto de la entropía y la temperatura es constante; si disminuye la entropía, aumenta la temperatura y viceversa.

Los globos están hechos de caucho, un material formado por moléculas largas que se encuentran entrelazadas entre sí de forma desordenada, es decir, con mucha entropía. Cuando estiramos el globo, obligamos a que las moléculas se acomoden y queden más ordenadas, con lo que disminuye su entropía. Si esto se hace muy rápido, se puede considerar que, en la fracción de segundo que dura el estirado, el proceso es adiabático, entonces, la disminución de entropía implicará un aumento de la temperatura. Cuando estiramos el globo y rápidamente hacemos que vuelva a su tamaño original, ocurre el proceso inverso: las moléculas se vuelven a desordenar y se enmarañan unas con otras, haciendo que aumente la entropía y que disminuya la temperatura.

### **Abordaje sugerido**

Para hacernos una idea de cómo funciona un refrigerador, debemos tener presentes algunos principios generales de la termodinámica. Lo primero que debemos aclarar es que el frío, como propiedad física, no existe: es algo que sentimos cuando un objeto que está a menor temperatura que nosotros nos quita calor. ¿Y por qué nos quita calor? Porque siempre que se ponen en contacto dos objetos de diferente temperatura la energía fluye del más caliente al que tiene menos calor hasta que se igualan sus temperaturas.

Además, debemos conocer el concepto de entropía, la medida del desorden de un sistema. La entropía siempre crece o, como mínimo, se mantiene igual. Esto se puede ver perfectamente en nuestras habitaciones. Cuando realizamos nuestras actividades cotidianas sin invertir energía para acomodar las cosas: el desorden crece, crece y crece. Si queremos recuperar el orden, tendremos que invertir energía para aumentar la entropía de otro sistema, ya sea la de nuestro cuerpo, la del cuerpo de la persona que limpie o la de la máquina que se utilice.

Cuando un proceso es adiabático, el sistema no intercambia calor con su entorno y la entropía tiene una relación especial con la temperatura: si la entropía aumenta, la temperatura disminuye; y si la entropía disminuye, la temperatura aumenta.

Los globos están hechos de caucho, un material que consiste en moléculas largas que se encuentran muy enmarañadas; es todo un desorden. Cuando estiramos el caucho le damos energía que hace que sus moléculas se acomoden de forma más ordenada; con esto disminuye la entropía. Si lo hacemos muy rápido, no hay tiempo para que haya intercambio de calor con los alrededores, y la temperatura del globo aumenta. Pero este cambio no es permanente; muy rápido, el calor del globo pasa al aire a su alrededor y se disipa. Al permitir que el globo regrese a su forma inicial, se pierde energía en el reacomodo de las moléculas en su forma desordenada, aumenta la entropía y disminuye la temperatura: el globo se enfría.

Ocurre algo semejante en un refrigerador. El aparato tiene una serie de tubos por los que pasa un gas refrigerante que está dando vueltas dentro y fuera del refrigerador. El ciclo inicia en un aparato que expande el volumen del gas de forma súbita, con lo que le da más espacio a las moléculas para moverse y aumentar el desorden; así, el aumento de entropía implica una disminución de la temperatura del gas.

El gas frío viaja por tubos al interior del refrigerador; y ahí, por la diferencia de temperatura con las cosas que hay adentro, le quita calor a los alimentos. Luego, el gas, ahora más caliente, sale por otros tubos y llega a un aparato que lo obliga a ocupar un volumen menor; es decir, lo comprime, con lo que disminuye la entropía y aumenta más su temperatura. El gas ahora pasa por una serie de tubos que están afuera del refrigerador y que sirven para disipar el calor en el exterior. Finalmente, el gas regresa al lugar donde se expande su volumen y el ciclo vuelve a iniciar.

La diferencia entre el refrigerador y el globo se encuentra en que el globo se calienta cuando se estira, y se enfría cuando se contrae; mientras que el gas del “refri” se enfría cuando se expande, y se calienta cuando lo comprimen. Pero el principio detrás de todo es el mismo: el cambio de entropía del sistema.

### ***Datos curiosos***

La Segunda Ley de la Termodinámica nos dice que la entropía siempre crece o se mantiene igual, pero esto más que una Ley absoluta es un principio estadístico. Veamos un ejemplo de esto: imaginemos una baraja nueva que está perfectamente ordenada, con las cartas distribuidas por palos (corazones, tréboles, diamantes y espadas) y estos acomodados en orden numérico ascendente. Si empezamos a revolver las cartas, existe la posibilidad de que, después de cierto número de repeticiones, las cartas vuelvan a estar ordenadas. Esto es posible, pero muy muy muy poco probable, hablamos de una sola probabilidad en varios miles de millones.

Ahora, la clave aquí es que tenemos una probabilidad muy baja para el orden de 52 cartas de la baraja. Si pensamos que en lugar de mezclar cartas, combinamos un gramo de agua y un gramo de tinta, y que cada uno de ellos tiene trillones (o sea millones de millones de millones) de moléculas, vemos lo extremadamente pequeña —más bien insignificante— que es la probabilidad de que por sí solas las sustancias se vuelvan a separar. Por eso es que, aunque su naturaleza es estadística, la Segunda Ley de la Termodinámica es, para fines prácticos, absoluta: la entropía siempre crece.

### ***Dinámicas útiles***

Puedes usar una jeringa para mostrar a los participantes lo que ocurre con el gas que se usa en un refrigerador. Deja que la jeringa tenga un poco de aire en su interior; tapa con un dedo el orificio y jala rápidamente el émbolo; aumentará la entropía del gas adentro y disminuirá su temperatura. Si, al contrario, recorres el émbolo para que la jeringa se llene de aire, vuelves a tapar con tu dedo y aprietas súbitamente, la entropía disminuirá y la temperatura aumentará.

### ***Referencias***

[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

<https://www.balloonhq.com/faq/science.html>



## **Cañón de vórtices (Toro volador)**

EMILY SÁNCHEZ GALVÁN

### ***Principios a revisar***

Formación de vórtices

Movimiento de ondas

### ***Material***

- Caja grande de cartón
- Rollo de cinta adhesiva ancha de celofán
- 15 vasos pequeños
- Tijeras
- Compás
- Máquina de humo (opcional)

### ***Procedimiento***

1. Con ayuda del compás, marca un círculo de un diámetro de 20 centímetros en una de las caras más pequeñas de la caja.
2. Recorta el círculo con las tijeras.
3. Para evitar que existan fugas y se escape el aire, cubre todos los orificios de la caja con la cinta, con excepción del círculo.
4. Sobre una superficie plana —a una altura aproximada de un metro— construye una pirámide con los vasos: coloca cinco en la base, cuatro en el siguiente nivel, tres en que sigue, dos en el penúltimo y uno en la cima.
5. Colócate con la caja frente a la pirámide de vasos, a una distancia aproximada de tres metros. Golpea con fuerza los costados de la caja, con el círculo apuntando hacia la pirámide, para expulsar un frente de aire que pueda tirar los vasos.
6. Haz un concurso con los participantes para ver quién logra tirar más vasos con el cañón de vórtices.

7. En caso de que cuentes con la máquina de humo, úsala. Llena la caja de humo y vuelve a hacer funcionar el “cañón”. Así, podrán observar la forma de la perturbación que se produce en el aire: un toro volador.

### **Preguntas**

¿La caja está vacía?

¿Qué tiene adentro?

¿Qué ocurre cuando le pegamos?

¿Cómo logramos derribar los vasos?

¿Es importante la forma del orificio?

¿Qué pasaría si no se hubieran tapado los orificios de la caja con cinta?

### **Marco teórico**

En la dinámica de fluidos, un vórtice es una región donde el movimiento del fluido se presenta en forma de un giro alrededor de un eje imaginario que puede ser recto o curvado. En la naturaleza, existen múltiples ejemplos de vórtices como los tornados, huracanes y remolinos que se forman en el mar. El movimiento del fluido genera una baja presión en el centro, cerca del eje de giro, y una mayor presión en las zonas más distantes; esta diferencia de presión es la causa de que el fluido se curve alrededor del eje.

Una onda es una perturbación que transporta energía en el espacio. Todas las ondas mecánicas, como el sonido o las ondas de choque, requieren un medio material para propagarse.

Un vórtice toroidal es un tubo de vorticidad con forma de anillo, rodeado de una zona irrotacional. El término toroidal hace referencia al toro, una figura geométrica con forma de dona.

Cuando aplicamos presión en una caja con una apertura redonda se produce una onda que se porta como vórtice toroidal. Tenemos una onda con forma de “dona” cuya “trayectoria” mantendrá la forma de un tubo, sin expandirse con la distancia. En el centro de la dona, como buen vórtice, existe

una baja presión que no presenta aceleración. Un ejemplo de estos vórtices toroidales son los aros de humo que a veces forman los fumadores.

Ya que mantiene su forma y diámetro, al llegar al objeto que se encuentre en su dirección, la onda logrará derribarlo casi con la misma fuerza que se aplicó en un principio.

### ***Abordaje sugerido***

La caja no está vacía; se encuentra llena de un fluido: el aire. Cuando golpeamos la caja por los lados, creamos una presión que se distribuye en el interior y no puede escapar más que por el orificio circular. Esto genera un vórtice que escapa por la boca de la caja.

La forma de la apertura no afecta la forma del vórtice que expulsamos: no importa si la “boca” es redonda, triangular o cuadrada, cuando se aplica la presión, se genera una perturbación en forma de toro. No es un toro como los animales que conocemos, sino un toro geométrico, una figura con forma de dona.

Es fácil encontrar vórtices toroidales parecidos al que se ve en esta actividad en la naturaleza: en corrientes marítimas, tornados y huracanes. La diferencia es que todos estos vórtices son más alargados, pero en los tornados y huracanes observamos claramente el punto de baja presión en el centro: el conocido “ojo del huracán”. Este punto, combinado con la presión mayor a su alrededor, es lo que obliga al aire (o al humo) a curvarse y darle la forma de dona al vórtice.

### ***Datos curiosos***

Durante la Segunda Guerra Mundial se observó que con un recipiente parcialmente sellado y con un orificio circular, se podían conseguir crear vórtices toroidales con magnitud proporcional a la fuerza aplicada. Este hallazgo despertó el interés para utilizarlos como armamento para derribar fuertes, edificios, etcétera. Era un sueño bélico: un cañón que no necesitaba de

algún combustible costoso y que era de fácil construcción. No obstante, no fue posible aplicarlo, pues no era viable conseguir vórtices de la magnitud requerida por la guerra.

### ***Dinámicas útiles***

Utiliza una barra de plastilina para formar una dona —toro geométrico— que ayude a los participantes a entender el concepto con más facilidad. Puedes usar una barra de plastilina más delgada, y de preferencia de otro color, para hacer una espiral alrededor de la dona inicial, que ilustre la dinámica del vórtice que expulsa la caja.

# **Ludi3n**

MIGUEL GARCÍA GUERRERO  
DAYRI RAUDALES HERNÁNDEZ

## ***Principios a revisar***

Presi3n  
Principio de Pascal  
Principio de Arquímedes  
Densidad  
Pensamiento cr3tico

## ***Material***

- Botella de pl3stico de 1.5 litros, de preferencia de H<sub>2</sub>O!
- Gotero de vidrio
- Agua

## ***Procedimiento***

Esta actividad puede desarrollarse con dos enfoques o formas de trabajo: una en que se prepara el aparato y se hace un abordaje experimental directo, y otra en la que se busca estimular el pensamiento cr3tico de los participantes, a trav3s de una din3mica ilusionista que, de entrada, busca engañar a las personas involucradas para invitarlas a prepararse para evitar engaños.

## ***Enfoque I***

1. Llena la botella completamente con agua.
2. Mete agua en el gotero hasta la mitad, cuidando que sea capaz de flotar en el agua.
3. Coloca el gotero dentro de la botella, asegurándote de que esta se encuentre llena de agua en su totalidad. Ciérrala con la taparroca.
4. Invita a los participantes a apretar la botella, observar y discutir lo que sucede.

## Enfoque 2

1. Repite los pasos del 1 al 3 del enfoque 1, pero hazlo antes de realizar la dinámica, para que los participantes no vean el procedimiento.
2. Al inicio de la actividad, dile a los participantes que el aparato que tienes es un detector de diferentes tipos de energía; el indicador de este se mueve hacia abajo cuando hay un objeto con energía cerca.
3. Pide una persona voluntaria con cabello largo y sin ningún tipo de fijador. Frota su cabello con la mano derecha y háblale al grupo de cómo con ese proceso le transfieres electricidad estática a tu mano, dándole energía.
4. Haz muchos aspavientos con la mano derecha, como hacen los magos para desviar la atención del público, y toma el aparato por la parte inferior con la mano izquierda, de forma que puedas apretarlo y soltarlo sin que sea muy notorio.
5. Acerca la mano derecha a la parte superior de la botella, moviendo los dedos hacia arriba y hacia abajo. Desliza tu mano hacia abajo mientras aprietas poco a poco la botella, de manera que parezca que la energía en tu mano atrae el gotero y lo hace sumergirse.
6. Señala que hay otras formas de energía que pueden activar al aparato, e involucra a los participantes en el proceso de usarlas con el detector. Puedes ponerlos a aplaudir, a saltar, a usar un teléfono con *bluetooth*, a usar el poder de su mente o, incluso, a jalar un hilo “invisible” para moverlo. La clave es asombrar a las personas involucradas y mantenerlas crédulas con un discurso pseudocientífico que justifique la activación del aparato.
7. Si al concluir estas dinámicas, nadie ha descubierto el truco, deberás dar a conocer lo que sucede: confiesa que les estás tomando el pelo para demostrarles que podemos ser muy crédulos, y más aún cuando se usa un discurso pseudocientífico para persuadirnos. Por eso nos pueden

estafar con productos maravilla y con muchas otras cosas más. Esta dinámica busca destacar la importancia de ser críticos frente a la información que nos presentan o frente a las cosas que nos venden.

8. Finalmente, aborda los principios científicos del ludión para que los participantes se lleven una idea clara de lo que ocurre y de... cómo divertirse tomándole el pelo a sus amigos.

### **Preguntas**

¿Por qué el gotero flota y se sumerge?

¿Es posible influir en él sin tocar la botella?

¿Qué pasa para que se mueva el indicador?

¿En qué interviene la fuerza que ejercemos sobre la botella?

¿La fuerza de gravedad tiene algo que ver con el experimento?

### **Marco teórico**

Para sumergir un cuerpo en un fluido —gas o líquido—, es necesario desplazar la sustancia que originalmente ocupaba ese espacio al que queremos que llegue, es decir, mover el fluido para que el objeto en cuestión ocupe su lugar. Por esto, el volumen de líquido o gas desplazado es igual al volumen del cuerpo que se introdujo. El Principio de Arquímedes establece que un cuerpo sumergido en un fluido en reposo recibe un empuje vertical hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja. La fuerza de gravedad es responsable del empuje del fluido al cuerpo. Podríamos decir que la atracción gravitacional de la Tierra atrae al fluido para recuperar el lugar del que lo sacaron, pero no siempre lo consigue: si el cuerpo pesa menos que el material desplazado, la fuerza de empuje lo sacará a flote; en cambio, si pesa más el cuerpo se irá al fondo del fluido.

La densidad es la relación entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa. La densidad del agua es uno, debido a que un litro de este material tiene una masa de un kilogramo.

El hormigón, material para la construcción, tiene una densidad de dos, pues un litro de este material pesa dos kilogramos. La densidad de la plata es de 10.5 y la del uranio de 19. Todo objeto más denso que el fluido en el que se sumerge vence sin problemas la fuerza de empuje que recibe, y se hunde.

Entendemos como presión la distribución de una fuerza sobre una superficie en la cual es aplicada, es decir, se trata de la fuerza dividida entre el área en que se aplica. Por ejemplo, cuando estamos parados sobre el piso, ejercemos una presión, debido a que nuestro peso se distribuye en el área de nuestros pies; cuanto más grandes los pies, será menor la presión, por eso, cuando nieva, se usan zapatos especiales que distribuyen el peso y evitan que la persona se hunda en la nieve. Por otro lado, los alfileres se encajan con gran facilidad en la mayoría de los objetos debido a que la fuerza aplicada, aun si es pequeña, se distribuye en un área diminuta (la punta del alfiler) y esto genera una presión enorme. No todos los materiales reaccionan igual a la presión: los gases disminuyen su volumen (sufren compresión), pero los líquidos casi no se ven alterados en este sentido (básicamente son incompresibles).

El Principio de Pascal señala que la presión ejercida por un fluido incompresible dentro de un recipiente de paredes rígidas se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y en todos los puntos del fluido; la presión aplicada a un fluido se distribuye de manera uniforme.

### **Abordaje sugerido**

Al inicio, el peso del gotero es muy pequeño porque la mayor parte de su volumen está llena de aire, esto hace que sea poco denso y se mantenga a flote. Cuando apretamos el ludió, aplicamos una presión que se distribuye en todo el interior de la botella, pero, como el agua no se puede comprimir, acaba actuando solamente sobre el aire dentro del gotero.

La presión obliga al aire a ocupar un volumen más pequeño, y el espacio que queda libre en el gotero se llena de agua; con



esto, aumentan la densidad y peso del gotero, el cual se va al fondo. Cuando soltamos la botella, ya no hay una presión que mantenga el aire en un volumen pequeño, y, al recuperar su tamaño, expulsa el agua del gotero; con esto, el gotero se vuelve suficientemente ligero para que la fuerza de empuje del agua lo mande para arriba. ¡Momento! ¿Fuerza de empuje?

Hace más de 2200 años, Arquímedes de Siracusa descubrió que siempre que metemos un objeto en un fluido, sea un líquido o un gas, el cuerpo sumergido experimenta una fuerza de empuje hacia arriba. La fuerza se debe a que, para hundirse, el objeto desplaza cierta cantidad de fluido que ocupa exactamente su mismo volumen; la fuerza de gravedad del fluido desplazado empuja al cuerpo invasor a salir, esa es la fuerza de empuje.

Si el objeto que metemos tiene una masa mayor que la del volumen de fluido que necesita sacar para sumergirse, entonces se irá al fondo; si su masa es menor, flotará en la superficie. Como la densidad es la relación entre la masa y el volumen, todo esto se simplifica diciendo que los cuerpos más densos que el fluido en que se encuentran se hunden, y los menos densos, flotan.

### ***Datos curiosos***

El Principio de Arquímedes, que explica las fuerzas de empuje de los fluidos, nos ayuda a entender el proceso por el que los submarinos se sumergen y vuelven a subir: contienen grandes cámaras que llenan de aire o de agua. Para bajar, usan compresores que disminuyen radicalmente el volumen del aire y llenan el resto de la cámara de agua; para emerger, usan los compresores para expulsar el agua, aumentar el volumen del aire y disminuir el peso del submarino; de esa manera, la fuerza de empuje del agua es suficiente para enviarlo de regreso a la superficie.



# Fuego y agua

MIGUEL GARCÍA GUERRERO

con versión modificada de idea de Plácido Hernández

## *Principios a revisar*

Combustión

Separación del agua

Termólisis

## *Material*

- Barra de plastilina
- Caja de luces de bengala (como las que se usan en las posadas)
- Caja de cerillos
- Plato hondo
- Vaso de vidrio
- Agua

## *Procedimiento*

1. Ya que en esta actividad se trabaja con fuego, es importante que te asegures que en todo momento los participantes se encuentren a una distancia segura del experimento.
2. Forma un montículo con la plastilina y colócalo en el centro del plato.
3. Vierte un poco de agua en el plato, de forma que el nivel sea de dos centímetros sobre el fondo.
4. Coloca tres cerillos en el montículo y, con ayuda de otro cerillo, enciéndelos.
5. Cubre los cerillos y el montículo con el vaso, de forma que no pueda entrar aire. Invita a los participantes a observar lo que ocurre, así como a reflexionar por qué se apaga el fuego y qué es lo que hace subir el nivel del agua.
6. Retira los cerillos del montículo y en su lugar coloca tres bengalas, las cuales también vas a encender y cubrir con el vaso. Luego de observar qué ocurre, discute con los

participantes por qué los cerillos se apagaron y las bengalas se mantuvieron encendidas.

7. Antes de que se apague la última bengala, levanta el vaso con cuidado y observa cómo se presenta un ligero “flamazo”.

### **Preguntas**

¿Qué se necesita para tener fuego?

¿Qué pasa cuando cubres los cerillos prendidos con un vaso?

¿Por qué sube el nivel de agua en el vaso?

Si no puede entrar oxígeno al vaso, ¿cómo se mantienen prendidas las luces de bengala?

¿Por qué sale un flamazo cuando levantamos el vaso?

### **Marco teórico**

El fuego es la manifestación física —a través de la emisión de calor y luz— de un proceso de combustión, es decir, una reacción química de oxidación de un combustible. Precisamente por tratarse de una oxidación, el oxígeno es un elemento imprescindible para toda combustión; en su ausencia, el proceso no puede llevarse a cabo.

Normalmente una combustión obtiene el oxígeno del aire, pero hay procesos que lo obtienen de diferente manera. Los explosivos y algunas bengalas que funcionan bajo el agua tienen oxígeno ligado químicamente. Por otro lado, hay que destacar que a temperaturas superiores a los 2000°C el agua puede separarse en sus componentes, en hidrógeno y oxígeno; este proceso se conoce como termólisis. Así, cuando la combustión se realiza en presencia de agua y llega a estas temperaturas, se cuenta con una fuente de oxígeno para mantener el fuego.

Materiales como el papel y la madera arden a temperaturas de 230° y 280° respectivamente, con lo que se quedan muy lejos de poder separar los componentes elementales del agua. Algunos metales como el magnesio y el hierro se queman a temperaturas de más de 2000°C, por lo que son

capaces de mantener una combustión —incluso en ausencia de aire— mientras haya agua presente.

Las luces de bengala cuentan con magnesio y hierro entre sus componentes, elementos esenciales para su brillo característico, por eso tardan mucho en comenzar a arder. Cuando se quema una bengala, se desprenden partículas de estos dos metales, que se encuentran a más de 2000°C de temperatura y que al contacto con el agua la separan en oxígeno e hidrógeno. A partir de este proceso, el oxígeno ayuda a mantener la combustión, y el hidrógeno, que también es combustible, puede producir una flama adicional.

### ***Abordaje sugerido***

Necesitamos tener dos cosas para que se lleve a cabo una combustión: combustible (lo que vamos a quemar) y comburente (el oxígeno que hace posible la reacción química). Por eso el fuego se apaga siempre que le quitamos el oxígeno.

Cuando evitamos que le llegue más oxígeno a los cerillos, cubriéndolos con el vaso, hacemos imposible que se mantenga la combustión; aunque el fuego calentó el aire alrededor de los cerillos, una vez que se apaga, no se puede mantener la temperatura, incluso se empieza a perder calor con el mismo vaso. Esto hace que disminuya la presión del aire dentro del vaso, y que la presión de afuera empuje al agua, haciéndola entrar hasta que se iguale la presión interna y externa.

Pero en el caso de las bengalas las cosas son diferentes: cuentan con materiales, como el hierro y el magnesio, que se queman a altas temperaturas (más de 2000°C). Sucede que cuando el agua se calienta tanto, se separa en oxígeno e hidrógeno; a este proceso se le llama termólisis. Es así que las bengalas se siguen quemando, pues reciben el oxígeno de la separación del agua. Si levantamos el vaso antes de que se apaguen, podremos observar un “flamazo”, que es la combustión del hidrógeno al liberarse.

### ***Datos curiosos***

Una de nuestras primeras reacciones al ver un incendio es echarle agua para apagarlo; sin embargo, esto no siempre es una buena opción. Si el combustible que se está quemando es un metal, el agua agravará el fuego, pues la alta temperatura del metal podrá separarla en oxígeno e hidrógeno. El hidrógeno liberado se quemará y el oxígeno alimentará la combustión.

### ***Referencias***

<http://aulas.iesjorgemanrique.com/calculus/quimica/practicas-lab/aguayfuego/aguayfuego.html>

<http://www.newton.dep.anl.gov/askasci/gen06/gen06107.htm>





Esta obra fue editada en la ciudad de Zacatecas.

El tiraje fue de 1,000 ejemplares.

Se terminó de imprimir en diciembre de 2013  
en los talleres de Formación Gráfica SA de CV.