

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Electronegatividad															F
4.0															O
3.5															N
3.0															Cl
2.5															S
2.0															Br
1.5															Se
1.0															I
0.5															At
0.0															Po
0.0															Pb
0.0															Bi
0.0															Tl
0.0															Pd
0.0															Ag
0.0															Cd
0.0															In
0.0															Sn
0.0															Sb
0.0															Te
0.0															As
0.0															Ge
0.0															Al
0.0															Si
0.0															Ga
0.0															Zn
0.0															Cu
0.0															Ni
0.0															Co
0.0															Fe
0.0															Mn
0.0															Cr
0.0															V
0.0															Ti
0.0															Sc
0.0															Ca
0.0															K
0.0															Na
0.0															Li
0.0															H
0.0															Be
0.0															B
0.0															C
0.0															N
0.0															O
0.0															F
0.0															Ne
0.0															Ar
0.0															Kr
0.0															Xe
0.0															Rn
0.0															Ac
0.0															Ra
0.0															Cs
0.0															Ba
0.0															La
0.0															Ce
0.0															Pr
0.0															Nd
0.0															Pm
0.0															Sm
0.0															Eu
0.0															Gd
0.0															Tb
0.0															Dy
0.0															Ho
0.0															Er
0.0															Tm
0.0															Yb
0.0															Lu
0.0															Bk
0.0															Cf
0.0															Es
0.0															Fm
0.0															Md
0.0															No
0.0															Lr

# TOMO



# 2

A collage of scientific and biological imagery. At the top right, a hand in a blue glove uses a Bunsen burner to heat a test tube, with a bright orange and yellow flame. Below this, a molecular model shows a central grey atom bonded to several pink atoms. In the bottom right corner, a realistic, detailed image of a human skull is shown. The background features a blue grid pattern and a faint image of a microscope.

# Ciencias Naturales

## Cuarto año

### Nivel de Educación Media del Subsistema de Educación Básica

Hugo Rafael Chávez Frías

Presidente de la República Bolivariana de Venezuela

Maryann del Carmen Hanson Flores

Ministra del Poder Popular para la Educación

Maigualda Pinto Iriarte

Viceministra de Programas de Desarrollo Académico

Trina Aracelis Manrique

Viceministra de Participación y Apoyo Académico

Conrado Jesús Rovero Mora

Viceministro para la Articulación de la Educación Bolivariana  
Viceministro de Desarrollo para la Integración  
de la Educación Bolivariana

Maigualda Pinto Iriarte

Directora General de Currículo

Neysa Irama Navarro

Directora General de Educación Media

© Ministerio del Poder Popular para la Educación  
www.me.gob.ve

Esquina de Salas, Edificio Sede, parroquia Altigracia,  
Caracas, Distrito Capital

Ministerio del Poder Popular para la Educación, 2012

Primera edición: Agosto 2012

Tiraje: 400.000 ejemplares

Depósito Legal: If51620123701318

ISBN: 978-980-218-333-3

República Bolivariana de Venezuela

Prohibida la reproducción total o parcial de este material sin autorización  
del Ministerio del Poder Popular para la Educación

## DISTRIBUCIÓN GRATUITA

Coordinación General de la Colección Bicentenario  
Maryann del Carmen Hanson Flores

Coordinación Pedagógica Editorial de la  
Colección Bicentenario  
Maigualda Pinto Iriarte

Coordinación General Logística y de Distribución  
de la Colección Bicentenario  
Franklin Alfredo Albarrán Sánchez

Coordinación Logística  
Hildred Tovar Juárez  
Jairo Jesús Bello Irazábal  
Jan Thomas Mora Rujano

Revisión Editorial de la Colección Bicentenario  
Norelkis Arroyo Pérez

Coordinación Editorial Serie Ciencias Naturales  
José Azuaje Camperos

Autoras y Autores  
Aurora Lacueva  
Carlos Buitrago  
Carmen Hidalgo  
Iní Ojeda  
Dalia Diez  
Deyanira Yaguare  
Francisco Rivero  
Gloria Guillarte  
Hilda Herrera  
José Azuaje Camperos  
Juan Linares  
Luisa Gajardo  
Miguel Ríos  
María Maite Andrés  
Rommel Rodríguez  
Russys Romero  
Yusmeny Chirino

Lecturas Adicionales  
Adriana Marchena  
Dubrasvka Torcatti  
Lilia Rodríguez  
Juan Linares  
Francisco Rivero

Revisión de Contenido  
Aurora Lacueva (Biología)  
José Azuaje Camperos (Física)  
Yusmeny Chirino (Química)

Asesora General de la Serie Ciencias Naturales  
Aurora Lacueva Teruel

Corrección de Texto de la Colección Bicentenario  
Doris Janette Peña Molero  
Marytere de Jesús Buitrago Bermúdez

Coordinación de Arte  
Julio Marcano Marini  
Leonardo Lupi Durre

Diseño Gráfico  
Julio Marcano Marini  
Leonardo Lupi Durre

Ilustraciones  
Arturo José Goitía  
César Ponte Equi  
Darwin Yáñez Rodríguez  
Eduardo Arias Contreras

Ilustraciones  
Gilberto Abad Vivas  
Julio Marcano Marini  
José Samuel González  
José Alberto Lostalé  
Leidi Vásquez Liendo  
Leonardo Lupi Durre  
Luis Eduardo Lupi  
Nicolás Espitia Castillo  
Victor Manuel Silva

Diagramación  
Julio Marcano Marini

# Índice tomo 2

- 16. Microorganismos: ¿Las armas más pequeñas, el origen de enfermedades o nuestros grandes aliados?.....6**
- La palabra virus significa “veneno”
  - Archaea y Bacteria, los más abundantes de la Tierra
  - **AICI Observando las bacterias del yogur**
  - Los más pequeños del dominio Eukarya, los protistas unicelulares
  - **AICI Observando protozoarios de vida libre**
  - ¡Cuidado con “Tómame un antibiótico”!
  - Pequeños grandes seres vivos
  - **AICI Con ayuda de las bacterias hacemos yogur**
  - **APC Compartiendo las bondades del yogur**
  - **Actividades de autoevaluación**
- 17. La vida que nuestros ojos a simple vista pueden ver: Eucariotas pluricelulares.....28**
- ¿Las algas en nuestros alimentos?
  - Las plantas más simples con embrión
  - Los helechos: plantas sin semillas
  - ¿Plantas sin flores y productoras de semillas? ¿Dónde puedo encontrarlas?
  - ¿Qué es una flor? ¿Un adorno o una estructura reproductiva?
  - Hongos: medicina, enfermedades y alimentos
  - ¿Qué es un animal?
  - Los derechos de los seres vivos
  - **AICI Un trabajo de campo para conocer más la vida**
  - **AICI Los derechos de los seres vivos**
  - **Actividades de autoevaluación**
- 18. ¿El cambio es lo único seguro en los seres vivos?.....52**
- Primeras ideas de evolución: del Lamarckismo al Neo-darwinismo
  - **AICI Observando la vida tanto en la naturaleza como en casa, así como Darwin y Wallace lo hicieron**
  - ¿Cómo actúa la selección natural propuesta por Darwin?
  - Un nuevo concepto de evolución
  - Un salto grandioso, el mutacionismo del siglo XX
  - La teoría sintética de la evolución, un pensamiento fundamentado en lo ecléctico
  - Procesos que generan evolución
  - ¿Cómo se origina una nueva especie?
  - Las presiones causadas por las actividades humanas
  - **AICI El largo esfuerzo de explicar la variedad de la vida**
  - **ARP La evolución en pleno desarrollo**
  - **Actividades de autoevaluación**
- 19. Humanos: nuestra historia evolutiva.....78**
- Nuestra ubicación entre los seres vivos
  - Cambios que promovieron la evolución de los homínidos
  - Primeros eslabones de la humanidad
  - Surgen los Homo
  - El homínido de hoy y el humano del mañana
  - **AICI Creando un museo de la evolución humana**
  - **AICI Reportaje de un fósil**
  - **Actividades de autoevaluación**
- 20. ¿Hasta cuándo ocurren las reacciones químicas?.....94**
- Tipos de equilibrio químico
  - La constante de equilibrio
  - ¿Cuál es el principio Le Chatelier?
  - La escala de pH
  - El equilibrio y la vida en el planeta
  - **AICI Desplazamiento del equilibrio**
  - **AICI Indicadores ácido-base**
  - **Actividades de autoevaluación**

<b>21 ¿Existe relación entre la química y la electricidad?.....</b>	<b>110</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reacciones de óxido-reducción</li> <li>- ¿Cómo balanceamos una reacción de óxido-reducción?</li> <li>- ¿Cómo producimos energía eléctrica con reacciones químicas?</li> <li>- ¿Cómo producimos reacciones químicas con energía eléctrica?</li> <li>- La corrosión y su prevención</li> <li>- La energía siempre en el plano principal</li> <li>- <b>AICI Celdas galvánicas caseras</b></li> <li>- <b>AICI Electrólisis del agua</b></li> <li>- <b>APC Reciclemos pilas...</b></li> <li>- Actividades de autoevaluación</li> </ul>	
<b>22 Las reacciones químicas y su energía.....</b>	<b>128</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energía, tipos y transformaciones</li> <li>- <b>AICI Clasifiquemos la energía de los alimentos</b></li> <li>- Cambios físicos y energía</li> <li>- <b>AICI ¿Procesos endotérmicos o procesos exotérmicos?</b></li> <li>- Cambios químicos y energía</li> <li>- <b>ARP ¿Cómo podemos obtener el valor de la entalpía?</b></li> <li>- <b>AICI Veamos la calorimetría en una reacción química</b></li> <li>- <b>AICI Imaginemos transferencias energéticas</b></li> <li>- Estabilidad de las reacciones químicas</li> <li>- <b>ARP Entropía en la fabricación del agua oxigenada</b></li> <li>- <b>ARP Determinemos la Energía Libre de Gibbs en reacciones químicas</b></li> <li>- <b>APC Visitemos a las industrias</b></li> <li>- <b>APC Construyamos un vehículo</b></li> <li>- <b>Actividades de autoevaluación</b></li> </ul>	
<b>23 Estudiando y organizando a los pequeños.....</b>	<b>146</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Imaginando la existencia de los átomos</li> <li>- Agrupando a los pequeños</li> <li>- Números cuánticos y las configuraciones electrónicas</li> <li>- <b>ARP ¡Representemos configuraciones electrónicas!</b></li> <li>- Explorando las propiedades periódicas</li> <li>- <b>AICI ¡Construyamos una tabla periódica!</b></li> <li>- <b>AICI Descubramos de qué están hechos los materiales</b></li> <li>- ¿Por qué es importante estudiar a los átomos?</li> <li>- <b>APC Reciclemos materiales</b></li> <li>- <b>Actividades de autoevaluación</b></li> </ul>	
<b>24 Unidos somos estables.....</b>	<b>164</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los átomos se unen: Enlace químico</li> <li>- Teorías que explican un enlace químico</li> <li>- ¿Qué relación existe entre los enlaces químicos y la producción de nuevos materiales?</li> <li>- <b>AICI ¡Tras la pista de las propiedades físicas de los materiales de uso cotidiano!</b></li> <li>- <b>Actividades de autoevaluación</b></li> </ul>	
<b>25 Interacciones en sistemas de partículas.....</b>	<b>180</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Y dónde está el centro de masa?</li> <li>- <b>ARP ¿Por dónde colgar el “móvil”?</b></li> <li>- Impulso y cantidad de movimiento</li> <li>- <b>ARP ¿A qué rapidez es bateada una pelota?</b></li> <li>- Sistemas de partículas que conservan la cantidad de movimiento</li> <li>- <b>ARP Patinadores audaces</b></li> <li>- <b>ARP “Bolas criollas” que deslizan</b></li> <li>- Cantidad de movimiento angular</li> <li>- <b>ARP ¡Qué apretada esta la tuerca!</b></li> <li>- <b>AICI ¿Cuál va más rápido?</b></li> <li>- Sistemas dinámicos en rotación</li> <li>- <b>Actividades de autoevaluación</b></li> <li>- <b>Actividad de participación comunitaria</b></li> </ul>	

## 26 Movimiento bajo de fuerzas centrales.....200

- Las formas del Universo y del Sistema Solar: una filosofía que duró casi 2.000 años.
- **ARP La órbita de Júpiter.**
- **ARP ¿Cuánto vale la aceleración de nuestro satélite natural: la Luna?**
- **ARP Calculemos el campo gravitacional terrestre**
- **ARP El movimiento de los satélites**
- De una creencia a una filosofía: Una cosmovisión
- **APC Observando el Universo nocturno de tu región**
- **Actividades de autoevaluación**

## 27 ¡Cuánta energía, cuánto trabajo!.....218

- ¡Qué trabajo!
- **ARP ¡Qué divertido!**
- Más o menos potente
- La energía cinética y el trabajo andan juntos
- La conservación de la energía
- Trabajo y energía para el desarrollo de lo necesario
- **AICI Un rebote sorprendente e increíble**
- **AICI ¿Se conserva la energía mecánica?**
- **Actividades de autoevaluación**

## 28 La Energía. ¡se conserva! ¡Se degrada!.....238

- Génesis de las ideas sobre trabajo, energía y calor
- Energía térmica y temperatura
- El calor como transferencia de energía térmica
- La variación de temperatura y el intercambio de calor
- **ARP Calorimetría para enfriar un jugo con hielo**
- Procesos de transferencia de calor y evaporación
- **ARP El mango de la olla ¿de metal o de madera?**
- **ARP Estimación del agua evaporada en la hidrósfera**
- Conservación de la energía: calor, trabajo y energía interna
- Irreversibilidad, entropía y desorden
- Fuentes de energía que nos benefician
- **AICI Ensayando con el calor**
- **Actividades de autoevaluación**

## 29 Del modelo de partícula al medio continuo.....258

- Un modelo para los fluidos
- Propiedades básicas de los fluidos en reposo
- Cuando bajas aumenta, cuando subes disminuye
- **ARP El poder del “gato hidráulico”**
- Por qué flota un cuerpo...
- **AICI ¿Por qué flota?**
- **AICI Un fluido que levanta libros**
- Uno de los fluidos más importante para la vida: el agua
- **AICI El vaso mágico**
- **Actividades de autoevaluación**

## Algo más para saber sobre Ciencia y Tecnología.....280

- Efraín Moreno: humanidad desde un corazón docente y botánico
- José María Cruxent: pionero de la antropología científica en Venezuela y América Latina
- La evolución de la humanidad, promovió el uso de las energías



Los primeros seres vivos en la Tierra fueron microorganismos y al transcurrir de los milenios han permanecido, se han diversificado y han logrado expandirse por los más variados y hasta difíciles ambientes. Desde nuestras etapas iniciales en el planeta, los seres humanos hemos entablado distintas relaciones con estas pequeñísimas formas de vida. ¿Cómo puedes evidenciar su presencia hoy día? Piensa en cada momento cuando has comido queso o has disfrutado de un yogur, en esos instantes se han hecho presentes los microorganismos.

Pero la búsqueda de beneficios no son los únicos usos que le damos a esta variada y vasta cantidad de seres. En el afán de las guerras y las ganas de dominar a otros y apoderarse de riquezas, ha habido quienes han sido capaces de usar y manipular a los microorganismos con fines destructivos, provocando la muerte de personas y animales.

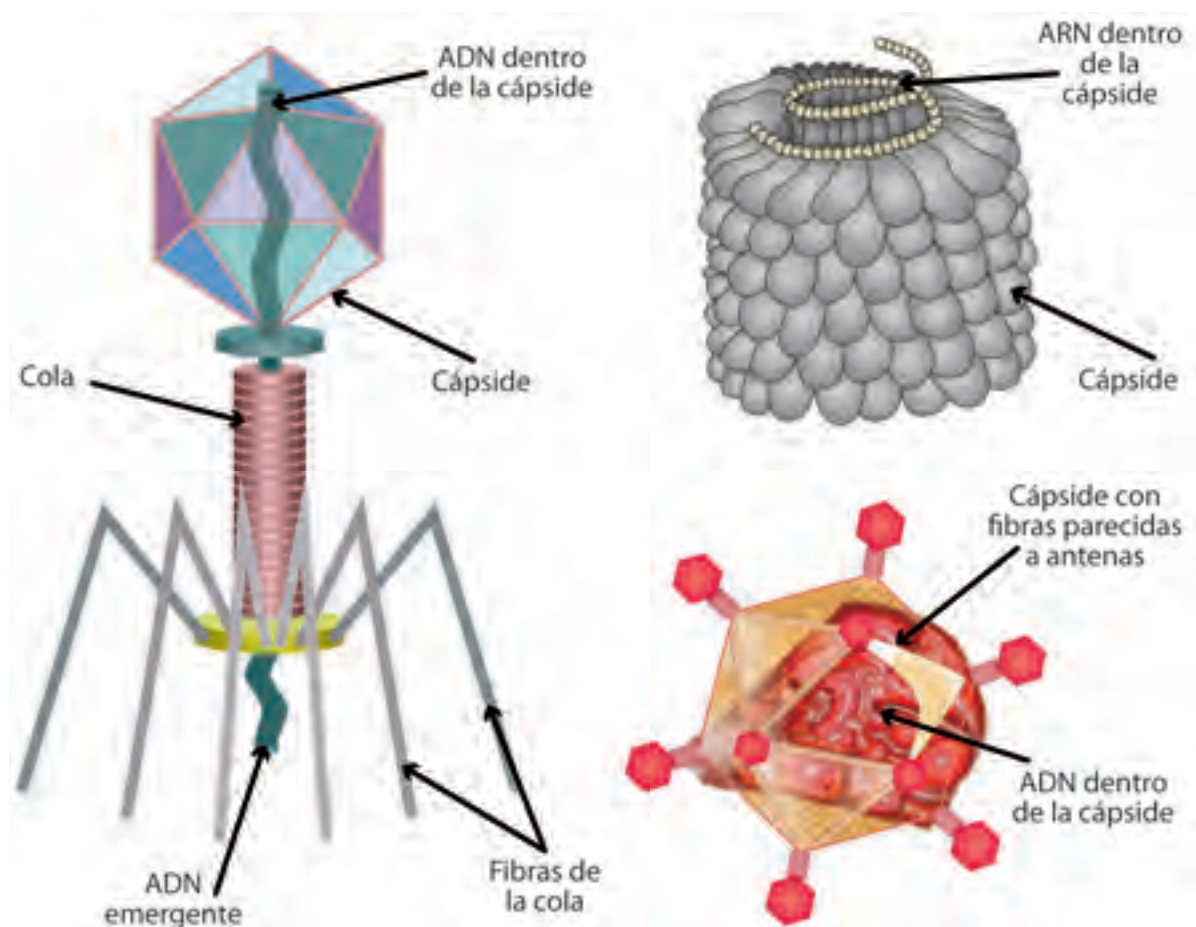
Otro aspecto de importancia se centra en las enfermedades que pueden causar diversas bacterias, virus o protozoos, algunas de las cuales en la actualidad emergen o reaparecen con resistencia, pudiendo colapsar la salud pública.

En esta lectura conocerás algo más sobre las distintas formas de vida que englobamos en los llamados microorganismos. Podrás estudiar sus características y los lugares que habitan. Conoceremos la importancia que tienen para la humanidad en cuanto a salud y alimentación, entre otros aspectos. También destacaremos la enorme relevancia ecológica de este grupo de seres.

## La palabra virus significa “veneno”

Desde los primeros días fuera del vientre materno e incluso dentro de este, estamos expuestos a los llamados virus. ¿Conoces el nombre de algún virus? ¿Has sido afectado alguna vez por estos agentes infecciosos? Desde la gripe, pasando por las hepatitis, el herpes, el VPH, hasta el terrible SIDA, entre otras afecciones, son causadas por virus.

La palabra **virus** se origina del latín y significa veneno. Así fueron nombrados hace más de un siglo. Básicamente los virus constan de material genético (ADN o ARN) y una envoltura de proteínas, llamada cápside. Algunos virus poseen también una capa de lípidos, que adquieren de la célula a la cual infectaron. La forma de los virus es variada, depende de la conformación que adopte la cápside, así pueden ser helicoidales, poliédricos o una combinación de las dos anteriores.



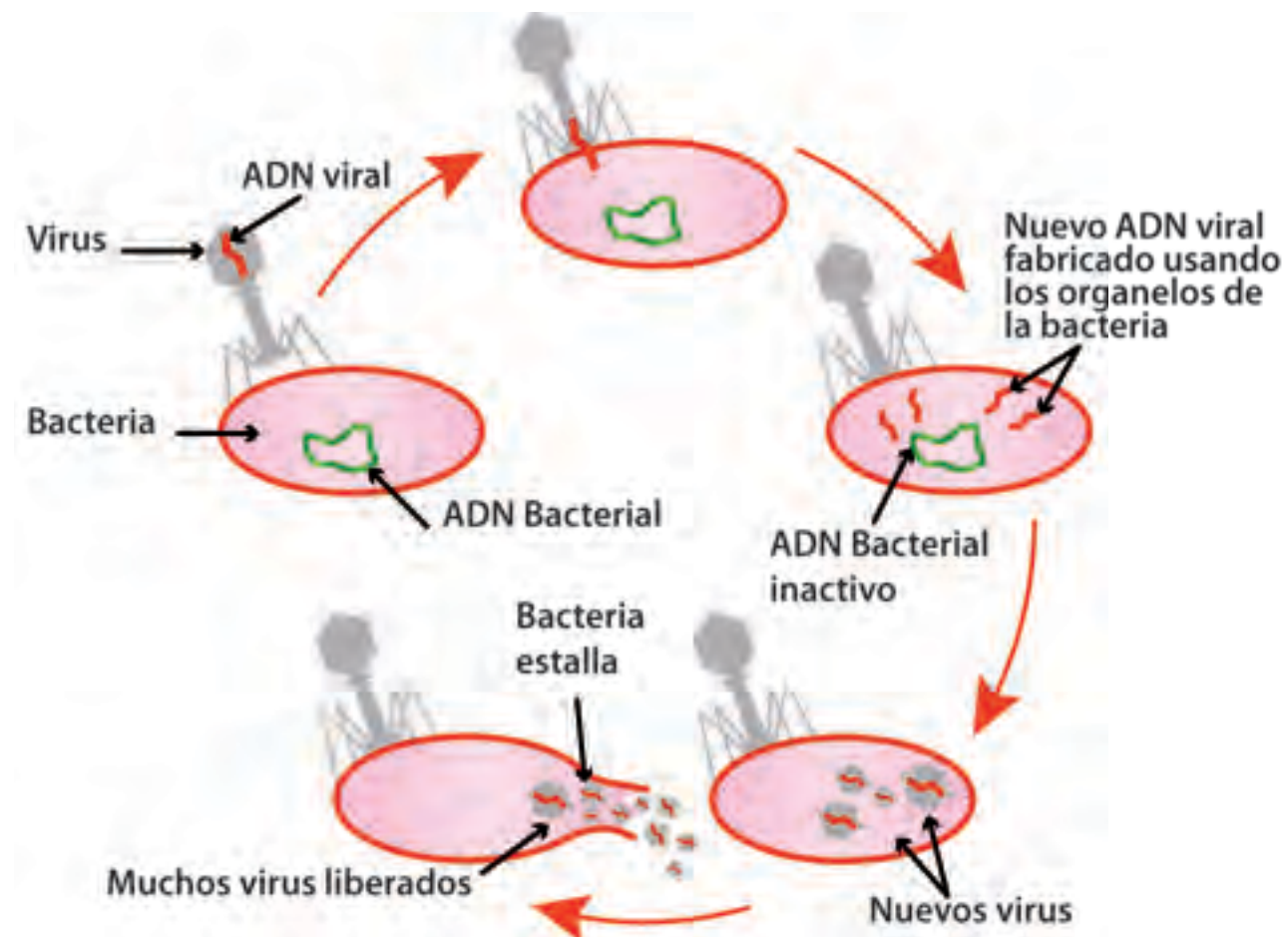
*Figura 16.1. Microfotografías y modelos de virus de distintas formas.*

Estos agentes infecciosos no poseen organelos ni membranas propias, no crecen ni se reproducen por sí solos, no pueden movilizarse, dependen en su totalidad de la célula que infectan. Cuando ocurre la infección, el virus toma el control de la célula y de su maquinaria enzimática, consume sus recursos, y en muchos casos la lleva a la muerte.

Los virus pueden infectar a animales, plantas e incluso a bacterias. Llamamos **viriones** a las partículas de virus que viajan de una célula a otra; podríamos decir que los viriones son los virus en su fase extracelular. La manera como se produce la infección depende de la envoltura proteica que posea el virión. En un primer caso, el virus inyecta su material genético en la célula a infectar, dejando la cápside fuera del huésped. La segunda manera es cuando el virus entra por completo en la célula y dentro de ésta se desensambla, liberando el material genético. Luego, ese material genético viral tiene varias vías para actuar en el huésped, según sea ARN o ADN.

Si el material es ARN, se utiliza como ARN mensajero (ARNm) para la síntesis de proteínas, o como molde para sintetizar un nuevo ARNm, o bien para sintetizar ADN e integrarlo al ADN del huésped. En la lectura “¿Cómo las células fabrican sus proteínas?” del texto de Tercer Año de esta serie puedes encontrar más información sobre estos procesos de síntesis.

Si el material genético es ADN puede ser utilizado para sintetizar ARNm o para ser integrado al ADN del huésped y sintetizar luego ARN mensajero. La “finalidad” del virus, tenga ADN o ARN, es producir en la mayor cantidad posible todas las partes que lo conforman (material genético, cápside de proteínas), ensamblar esas partes dentro de la célula huésped y liberarse al medio para infectar nuevas células.



*Figura 16.2. Multiplicación de un virus dentro de una célula infectada.*



¿Los virus están vivos? Posiblemente la naturaleza no tiene fronteras tajantes: algunos los describen como en el borde de la vida, otros como estructuras orgánicas que interaccionan con los seres vivos. Lo cierto es que evolucionan, y se estima que han estado presentes desde los principios de la vida en la Tierra.

Existen otros tipos de moléculas con propiedades infecciosas que pueden alterar la salud de las personas, animales y plantas. Entre ellos están los **viroides** y los **priones**. Los viroides son cadenas cortas de ARN (más pequeñas que las que poseen los virus) y sin envoltura proteica, que infectan a las plantas generando malformación y problemas de crecimiento, entre otros trastornos, en algunos órganos de los vegetales. Los priones son moléculas de proteínas que están alteradas, es decir, la forma de su estructura ha cambiado, perdiendo su conformación normal. Los priones causan principalmente enfermedades en animales y humanos que degeneran el sistema nervioso. En los últimos tiempos se estudia su papel en el funcionamiento normal de los organismos, como por ejemplo en la memoria a largo plazo.

## Los virus, viroides y priones como problema de salud

Alrededor del mundo se han perdido grandes cantidades de cultivos y han muerto muchos animales debido a la capacidad infecciosa de los virus y, también, de los viroides y priones. Ciertos viroides provocan daños y deformación en la papa y poco crecimiento, con deformaciones, en el tomate. En los animales los priones causan, entre otros males, la enfermedad de las vacas locas o encefalopatía espongiforme transmisible, que consiste en la formación de orificios en el encéfalo de los afectados, lo que le da un aspecto de esponja.



*Figura 16.3. En la imagen de la izquierda se pueden observar hojas de olivo, una normal y otra afectada por un viroide. En la imagen del centro se presenta una vaca afectada por el prión que causa la enfermedad de las vacas locas. A la derecha, un niño afectado por el togavirus de la rubeola.*

Los virus en animales y plantas provocan variedad de problemas, así diarreas, moquillo, o influenza en los animales, y daño en frutos y hojas en las plantas, entre otros. La fiebre aftosa, grave afección del ganado, es causada por un virus. En el ser humano los virus generan varias enfermedades, entre las que destacan: la rubeola, VIH, VPH, fiebre amarilla, dengue, herpes y muchas otras que pueden ser mortales.

## Los virus en los ecosistemas y en la evolución

Cuando hablamos de los virus tendemos a considerarlos solo de manera negativa, por ser agentes infecciosos, pero esta perspectiva es equivocada. Con su acción, los virus funcionan como reguladores de las poblaciones, especialmente de las de bacterias y otros microorganismos. Por esta razón, se estudia la posibilidad de utilizarlos en la lucha contra bacterias productoras de enfermedades. Ya desde los años cuarenta del siglo pasado se realizaron en la antigua Unión Soviética investigaciones en este sentido, aunque todavía es un campo en desarrollo.

De otra parte, a lo largo de la evolución han sido un mecanismo útil para el intercambio de información genética entre diferentes organismos. De hecho, el genoma humano contiene muchos fragmentos de ADN que fueron virus en algún momento de nuestra historia evolutiva. Por ejemplo, uno de los componentes de la hemoglobina de nuestra sangre está en parte bajo el control de un gen regulador derivado de un retrovirus.

### ¿Sabías que...?

Los virus son estructuras muy pequeñas, mucho más pequeñas que las bacterias: su tamaño es medido en nanómetros (un nanómetro es un millón de veces más pequeño que un milímetro). Pero algunos pueden alcanzar tamaños de micrómetros, como el virus de Ébola. Este virus es un agente infeccioso que genera hemorragias internas, en ojos, boca y otros orificios corporales. Es de gran peligrosidad y causa la muerte de entre un 50% hasta un 90% de sus víctimas.



### Armando un virus

¿Cuáles son las partes que constituyen a un virus? ¿De qué manera esas partes se acoplan para formar la estructura tridimensional de estos? ¿Cómo es el proceso de infección de la célula huésped? Esta actividad puede ayudarte a responder tales preguntas.

### ¿Qué necesitas?

Cualquier tipo de material que consideres para la elaboración del modelo viral. Puede ser, entre otros de tu elección: cartulina, anime, plastilina, alambre, periódico, plástico, material para hacer masa flexible, engrudo (revisa el libro de Tercer Año en la lectura sobre mitosis y meiosis, y encontrarás los materiales y el procedimiento para elaborar modelos con engrudo y masa flexible).

### ¿Cómo lo harás?

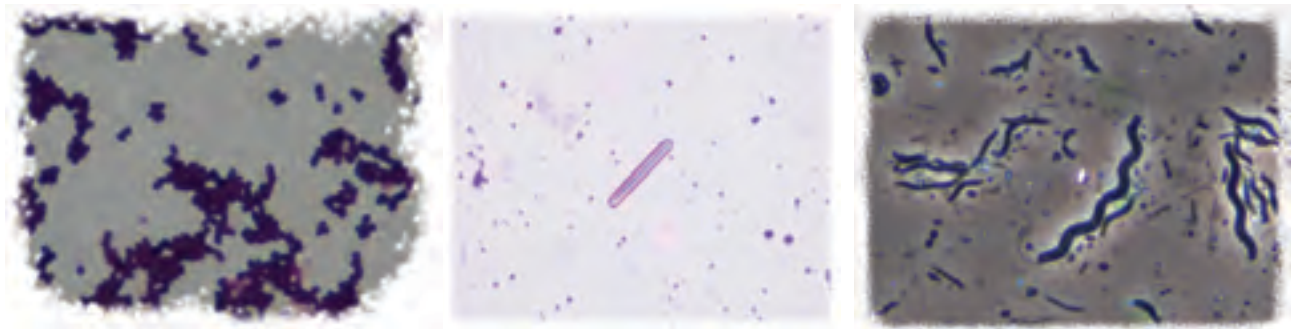
- Realiza una búsqueda de información, incluyendo la que has leído en este libro, y elige el virus que más llame tu atención.
- Elabora el modelo con los materiales que seleccionaste. También incorpora a tu modelo la forma como se realiza la infección de la célula huésped.
- Realiza una exposición de tu modelo tomando en cuenta la importancia científica, biológica, social y económica que trae la actividad del virus que seleccionaste.

## Archaea y Bacteria, los más abundantes de la Tierra

Las arqueas y las bacterias son ya claramente seres vivos: tienen una estructura celular, llevan a cabo su propio metabolismo, y se reproducen por división de sus células. Pero a diferencia de las nuestras, y las de animales y plantas, estas células no poseen núcleo, ni organelos como las mitocondrias, entre otras características. Son lo que se conoce como procariotas, clasificados en dos dominios: Archaea y Bacteria. Los reinos dentro de estos dominios todavía siguen en discusión y se modifican constantemente a la luz de nuevas evidencias.

¿Cuáles son las características que poseen los organismos integrantes de estos dominios? Como hemos dicho, ambos son procariotas o procariontes, también se puede decir que son muy pequeños, y pueden presentarse como células aisladas o estar juntos formando agregados. Pero, aunque hace décadas se las consideraba a todas bacterias, en verdad hay grandes diferencias entre arqueas y bacterias: en sus adaptaciones, procesos bioquímicos, metabolismo y composición de sus estructuras. Las arqueas son más parecidas a las células eucariotas que a las propias bacterias.

El tamaño de ambos organismos, siendo muy pequeño, es variable y en promedio pueden encontrarse entre 1 y 30 nanómetros (nm). Con respecto a su forma, o sea su morfología celular, podemos conseguir los llamados cocos con forma esférica, unicelulares o en grupos. Otra forma común son los llamados bacilos, que se caracterizan por tener apariencia de cilindro, también presentes solos o en grupos. Otros, que forman hélices cortas, se llaman vibrios. Los espirilos y las espiroquetas tienen forma de hélice más larga que la de los vibrios.



*Figura 16.4. Microfotografías de las principales formas procariotas. De izquierda a derecha podemos observar cocos, bacilos y espirilos.*

La mayoría de los organismos dentro del dominio Archaea tienen forma de cocos o bacilos, consiguiéndose en agrupaciones como las colonias o de modo individual. Aunque los hay de otras formas, incluso cuadrados y planos, como una estampilla de correos.

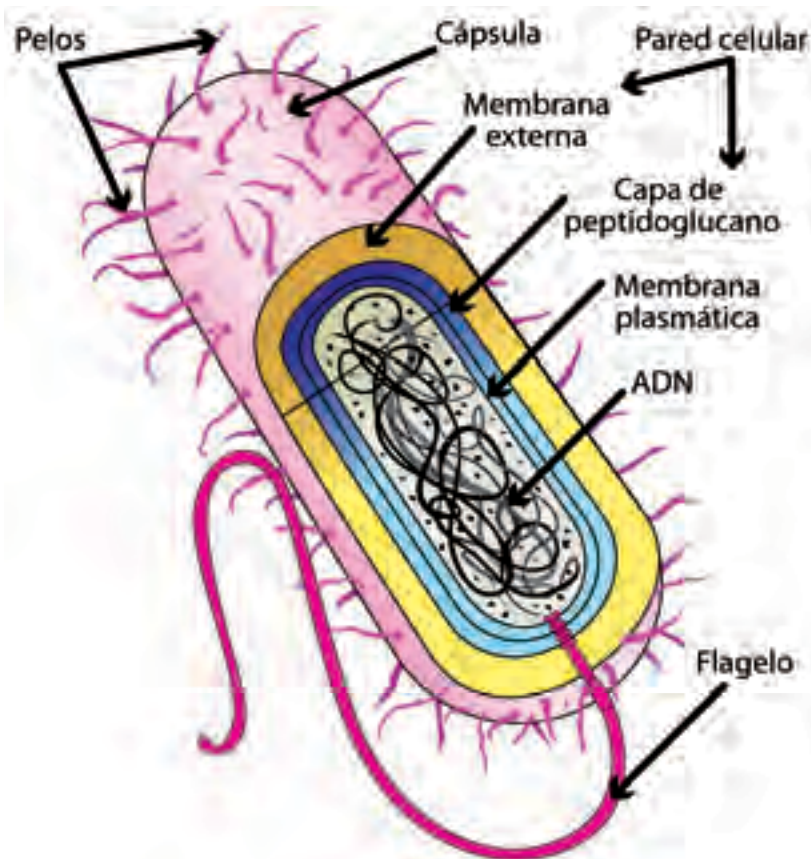
## ¿Cómo son las células procariotas?

Cada célula procariota es bastante simple en comparación con una eucariota y podemos dividirla en las siguientes partes: 1. Cápsula (en algunas especies). 2. Pared celular. 3. Membrana plasmática. 4. Citoplasma. 5. Una cadena de ADN de forma circular. 6. Apéndices, como flagelos o pelos.

La cápsula es una capa de una sustancia pegajosa que está ubicada en la parte más externa de estos organismos, les brinda protección y los hace resistentes al ataque de los mecanismos de defensa de los organismos que invadan. Por ejemplo, algunas bacterias de la especie que causa la neumonía (*Streptococcus pneumoniae*) no poseen cápsula, por lo que son destruidas por los glóbulos blancos del sistema inmune de personas y diversos animales. Como consecuencia, ellas no pueden provocar la enfermedad. Otro aspecto importante de la cápsula es que protege a la célula procariota de la desecación, es decir, impide la pérdida de agua.

La pared celular en estos organismos difiere en su composición. En las bacterias la pared está formada principalmente por una sustancia llamada peptidoglucano (sustancia constituida por proteína y azúcares). En las arqueas, las principales sustancias de la pared son proteínas y algunos polisacáridos (azúcares complejos). También es importante señalar que algunas bacterias y arqueas no poseen pared celular.

En ambos dominios, arqueas y bacterias, la membrana plasmática está formada por lípidos, pero la diferencia radica en que las arqueas poseen lípidos ramificados y las bacterias lípidos no ramificados, similares a los de las células eucariotas.



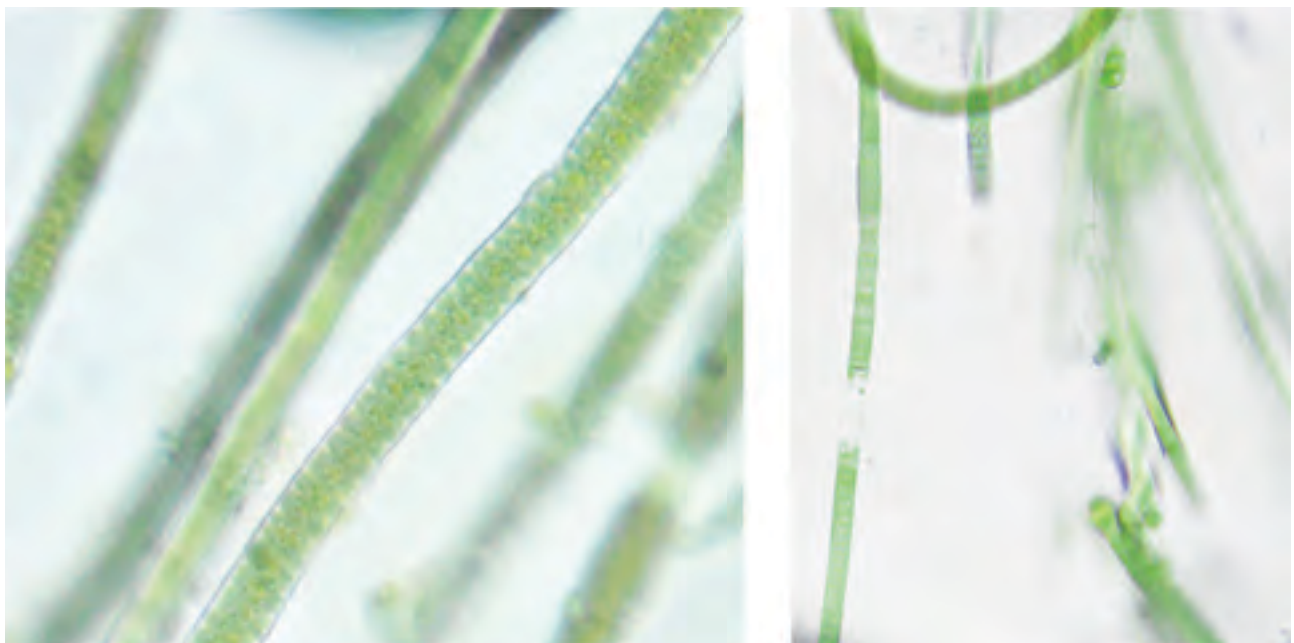
*Figura 16.5. Representación de una célula procariota en la que se pueden observar las partes que la conforman.*

El citoplasma de estos organismos es acuoso, parecido al de los eucariotas, y en él se encuentra su único cromosoma, de forma circular, donde se guarda la información hereditaria. Los procariontes no tienen un núcleo diferenciado como tal. En algunos casos pueden existir en estos organismos una o varias cadenas adicionales de ADN, más pequeñas y de forma también circular, que se llaman plásmidos. Estos son utilizados por las bacterias para realizar la conjugación, que es la transferencia de material genético de una bacteria a otra, un hecho que podría compararse con la reproducción sexual en organismos eucariotas. En efecto, las bacterias se reproducen por simple división celular, pero también pueden juntarse e intercambiar parte de su material genético.

Los apéndices pueden ser de dos tipos: los **flagelos** y los **pelos**. Los flagelos son estructuras largas con forma de látigo, y permiten el nado, la movilidad, de estos individuos. Los pelos más finos (fimbrias) ayudan a los procariontes a adherirse a las superficies sólidas o a células que vayan a atacar. Otros pelos más gruesos (pili) permiten juntarse durante la conjugación.

## Bacterias y arqueas, protagonistas en la naturaleza

Los organismos procariontes juegan un papel fundamental en la naturaleza, contribuyendo con el mantenimiento de los ecosistemas y participando en las relaciones entre diversos seres vivos. Podemos conseguir bacterias fotosintéticas, como las cianobacterias, que producen oxígeno y ofrecen un aporte clave en este sentido. Otras son descomponedoras, permitiendo la circulación de nutrientes en la naturaleza cuando, al alimentarse de restos orgánicos, los reducen a moléculas más sencillas. ¡Sin las bacterias descomponedoras el mundo estaría lleno de cadáveres! También las arqueas participan en este ciclo del carbono, desde los restos de vegetales y animales hasta la producción de CO<sub>2</sub>.

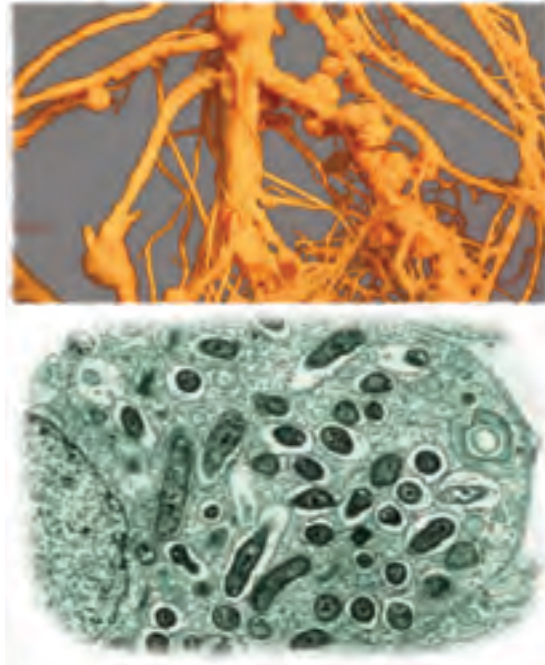


**Figura 16.6.** Cianobacterias fotosintéticas de agua dulce. Estos organismos se apilan unos arriba de los otros formando un filamento y están recubiertos por una matriz viscosa. Foto izquierda tiene mayor aumento.

Fotos: J. Linares.

Los protistas son además fundamentales en el ciclo del nitrógeno: ciertas bacterias son capaces de fijar el nitrógeno del aire y convertirlo en amoníaco y otras, posteriormente, en nitrato, sustancias que las plantas pueden utilizar. Así mismo, se estima que las arqueas juegan un papel en estos procesos.

Muchos protistas son fuente de alimento para otros microorganismos; y también los hay que viven en simbiosis con plantas o animales. Por ejemplo *Rhizobium*, una de las bacterias que fija nitrógeno de la atmósfera, vive en las raíces de leguminosas como la caraota, y suministra a la planta compuestos nitrogenados; a su vez, recibe de ella azúcares. Las vacas no serían capaces de aprovechar la celulosa del pasto si no fuera por las bacterias que habitan en su aparato digestivo y la procesan; lo mismo sucede con las termitas: por sí mismas ellas no pueden digerir la madera, y dependen de bacterias de su intestino para ello. Existen también, como señalamos, bacterias parásitas de plantas, animales y otros organismos, que causan daños a sus estructuras y hasta la muerte.



**Figura 16.7.** La bacteria *Rhizobium* induce la formación de nódulos en las raíces de las leguminosas, donde se ubica beneficiando a la planta. Abajo, microfotografía del interior de un nódulo.

## Nuestra relación con las bacterias y las arqueas

Quizás lo que más conocemos acerca de este grupo de seres vivos es el papel de las bacterias como agentes causantes de enfermedades, incluso de enfermedades muy importantes en la historia de la humanidad. Ya mencionamos la peligrosa neumonía, pero podemos agregar la fiebre tifoidea, causada por la *Salmonella typhi*, el cólera, cuyo agente es el *Vibrio cholera*, y la sífilis, producida por la bacteria espiroqueta *Treponema pallidum*.

Sin embargo, sólo una pequeña parte de las bacterias provocan enfermedades. De hecho, en nuestro cuerpo tenemos diez veces más células bacterianas que células propias (claro, son más pequeñas), la gran mayoría de ellas inofensivas o hasta beneficiosas. Nuestro intestino posee la llamada flora bacteriana que contribuye a eliminar bacterias dañinas, y a la que pertenecen organismos como *Escherichia coli* la cual también nos produce vitamina K, importante para la coagulación de la sangre.

Hasta ahora, no se han señalado arqueas que produzcan enfermedades, pero sí están presentes en nuestro organismo, sólo que en relaciones de mutualismo o comensalismo. Por ejemplo, hay arqueas metanógenas (productoras de metano) en nuestro intestino y en el de otros animales, las cuales ayudan a digerir el alimento.

Algunas bacterias son importantes para nuestra alimentación, este el caso de las bacterias del yogur y del queso como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*: ellas convierten en ácidos los azúcares de la leche y nos permiten así producir estos alimentos. Un proceso similar ocurre en la obtención del vinagre a partir de jugos vegetales.

Las bacterias intervienen en el tratamiento de aguas residuales y basuras, y en procesos industriales como la producción de alcohol etílico o el curtido del cuero. Por su parte, las arqueas generadoras de metano se usan en la producción de biogás, y también participan en el tratamiento de aguas residuales.

No podemos olvidar que el petróleo se originó hace millones de años gracias a la acción de bacterias sobre restos orgánicos, sumada a la influencia de altas presiones y temperaturas. Por otra parte, estos pequeños seres vivos son utilizados en ingeniería genética como "laboratorios naturales" para obtener ciertas sustancias útiles. Ello se logra introduciendo en las bacterias parte del ADN de células eucariotas, el cual determina la síntesis de una proteína que se requiere. Así las bacterias nos producen insulina, hormona del crecimiento y la vacuna contra la hepatitis B.

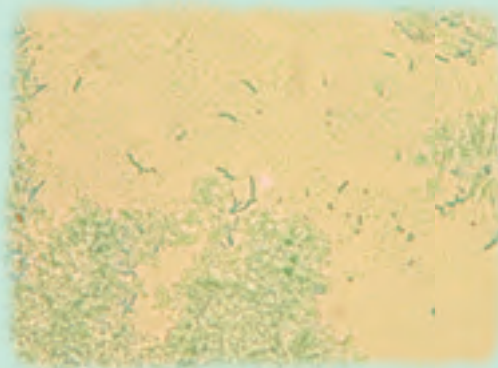
### **¿Sabías que...?**

El botox, sustancia que es utilizada en la medicina estética para impedir temporalmente la formación de arrugas, se origina de la bacteria *Clostridium botulinum*. Esta bacteria produce el botulismo que es una intoxicación que puede causar parálisis y la muerte en las personas. Se calcula que un gramo puede matar entre 900.000 a 1.000.000 de personas. Las esporas (células en reposo) del *Clostridium* son resistentes al agua hirviendo así se expongan por varias horas. La razón por la cual el botox elimina arrugas es que produce parálisis de las fibras musculares donde se inyecta.



## **Observando las bacterias del yogur**

Las bacterias son de gran utilidad para la humanidad. Entre otras razones, porque con ellas elaboramos diversos productos, como por ejemplo el yogur. En esta actividad podrás conocer bacterias presentes en el yogur comercial y podrás identificar su forma característica. Te invitamos a trabajar sobre estas preguntas: ¿Cómo detectar si hay bacterias presentes en el yogur? ¿Cómo clasificarlas de acuerdo a su forma?



### **¿Qué necesitas?**

Yogur comercial, agua, azul de metileno (lo puedes conseguir en cualquier farmacia), microscopio, porta y cubreobjetos, cucharillas, aguja o palillo de dientes, cocina eléctrica o mechero.



### **¿Cómo lo harás?**

Preparación de la muestra: Toma una lámina de portaobjetos y coloca una pequeña cantidad de yogur comercial en ésta. La porción de yogur debe ser muy pequeña para extenderla, con una gota de agua y un palillo, por todo el portaobjetos (a la técnica donde se extiende la muestra sobre un portaobjetos se le llama frotis o extensión). Luego, deja secar la muestra pasándola varias veces por una cocinilla eléctrica encendida. No dejes mucho tiempo la lámina expuesta al calor, porque puedes generar daño en la estructura de las células y no podrás observarlas con detalle. También puedes secar con un mechero o al aire libre (esta última opción evita el daño de las células por el calor). El secado es un paso de gran importancia, porque así se produce la fijación de las células a la lámina. A esta técnica se le llama fijación por calor. Después de que la muestra esté seca, coloca sobre ella unas gotas de colorante y déjalo unos minutos para que lo absorba. Pasado el tiempo necesario, lávala con agua de chorro directa (trata de que el chorro sea muy suave para que no arranque la muestra fijada). Deja que seque al aire libre o pásala varias veces por la cocinilla caliente.

Observación al microscopio: Coloca la muestra al microscopio y realiza tus observaciones. Es importante que utilices el objetivo de mayor aumento (100X), porque debes recordar que las bacterias son muy pequeñas. El objetivo de mayor aumento requiere de un aceite especial llamado aceite de inmersión. Este permite que la muestra se vea nítida, ya que los objetivos de gran aumento pierden luminosidad y nitidez impidiendo la visualización de forma adecuada.

Realiza un dibujo en tu cuaderno de lo observado. ¿Qué formas poseen las bacterias de la muestra? ¿Son de un solo tipo o puedes identificar varias formas? ¿Son cocos, bacilos o espiroquetas?

Indaga acerca del proceso de producción del yogur y el papel de las bacterias en él.



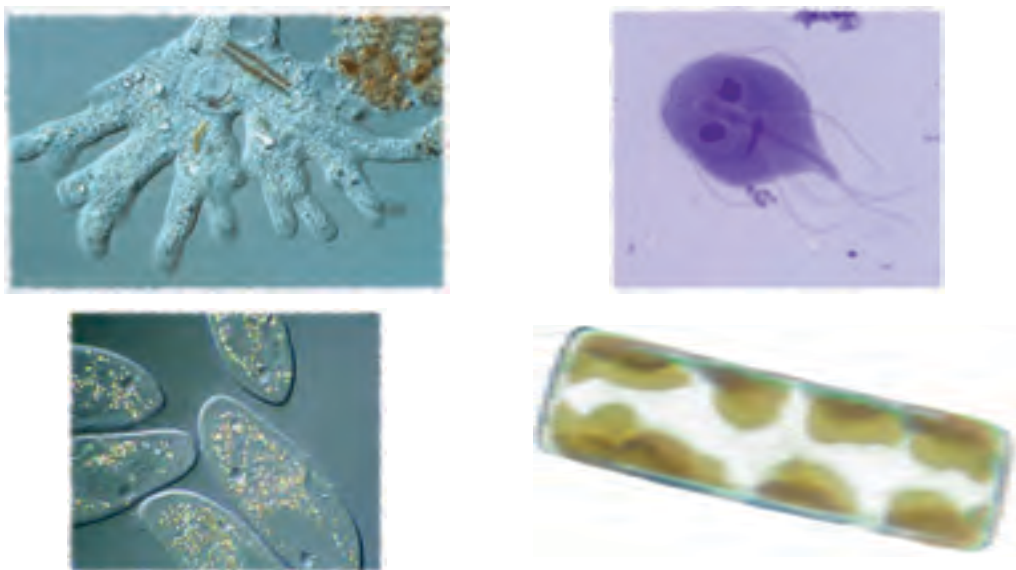
## Los más pequeños del dominio Eukarya, los protistas unicelulares

¿Alguna vez te has preguntado cuál es el objeto más pequeño que pueden ver tus ojos? Para responder a esta pregunta pensemos en un grano de arena o en un punto y aparte de los que encuentras al final de los párrafos de esta lectura. Sus dimensiones son pequeñas y observar los detalles en ellos es difícil. Para tener una idea de lo minúsculos que son los protistas unicelulares, debes saber que en un punto o en un grano de arena pueden vivir varios de estos organismos.

De los eucariotas, los protistas unicelulares son los más pequeños, resultan un grupo muy variado y cumplen en la naturaleza diversas funciones, desde la de productores fotosintéticos hasta la de descomponedores.

Estos microorganismos tienen la estructura básica de toda célula eucariota, donde destacan la presencia de núcleo y de organelos, como mitocondrias y retículo. Las diferencias entre los representantes de los protistas unicelulares radican en los siguientes aspectos:

1. El tamaño es diverso entre estos microorganismos, pueden medir desde varios micrómetros hasta incluso algunos milímetros.
2. Las estructuras de movilización pueden ser de tres tipos principalmente. Los pseudópodos son prolongaciones del citoplasma que se deslizan por las superficies facilitando el movimiento, un ejemplo de un protista con pseudópodos es la ameba. Otra estructura de locomoción son los cilios, que consisten en unas fibras proteicas cortas que ondulan y generan el movimiento en el agua, así se moviliza el *Paramecium*. Los flagelos son estructuras con forma de látigo que al ser batidos producen la movilización del eucarionte (como en el caso del parásito productor del mal de Chagas, *Trypanosoma*). Algunos protistas no poseen estructuras de locomoción y a veces se movilizan por una sustancia viscosa que poseen en su parte más externa.



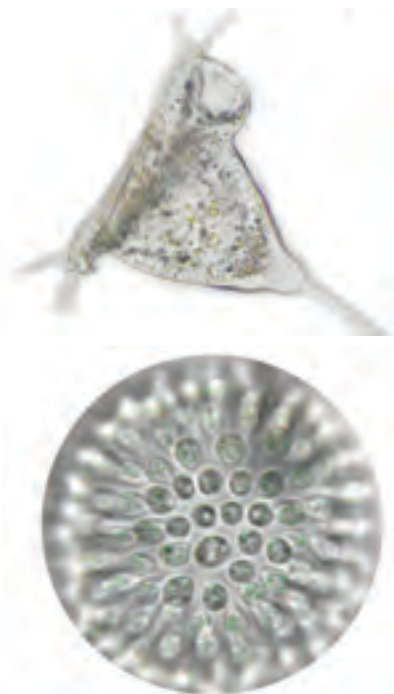
**Figura 16.8.** De izquierda a derecha y de arriba abajo se muestran las tres principales estructuras de locomoción en los protistas: pseudópodos en la ameba, flagelos en la *Giardia*, cilios en el *Paramecium*, y de último una diatomea que no presenta estructura de locomoción.

3. La forma de obtener los nutrientes depende de las adaptaciones del protista. Algunos representantes son fotosintéticos, otros parásitos de plantas y animales. También están los que se alimentan por absorción, o por endocitosis, y aun otros presentan estructuras complejas que funcionan como un surco oral.

Los protistas unicelulares se pueden dividir en tres grandes grupos: los protozoarios, las microalgas y los protistas fungoides.

## La palabra protozoarios significa “primeros animales”

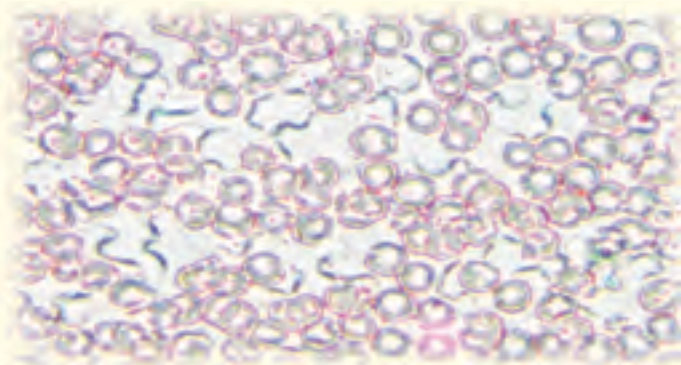
Las primeras observaciones de este grupo de protistas llevaron a los investigadores a llamarlos **protozoarios** por su parecido a los animales, en el sentido de que son móviles e ingieren sus alimentos de forma similar a estos últimos. Pueden ser ciliados, flagelados o extender pseudópodos para moverse. La mayoría son unicelulares aislados, pero algunos forman colonias. Los hábitos van desde organismos de vida libre, pasando por los simbios, hasta los parásitos. El tamaño y las formas son variables. Pueden ser ameboides (con forma de amibas), circulares, con forma de campana, ovalados, estrellados, ondulantes, alargados como un gusano, con forma irregular, entre otros. Pueden localizarse en agua salada o dulce e incluso en el suelo. No poseen clorofila ni pigmentos fotosintéticos, con la excepción de aquellos individuos asociados con procariontes fotosintéticos.



**Figura 16.9.** Arriba, imagen de un protozoario de agua dulce llamado *Vorticella*. Abajo, una colonia de aproximadamente 230 individuos de *Sphaeroeca*, considerados los más cercanos parientes vivos de los animales.  
Fotos: J. Linares y Dhzanette, Wikimedia Commons.

### ¿Sabías que...?

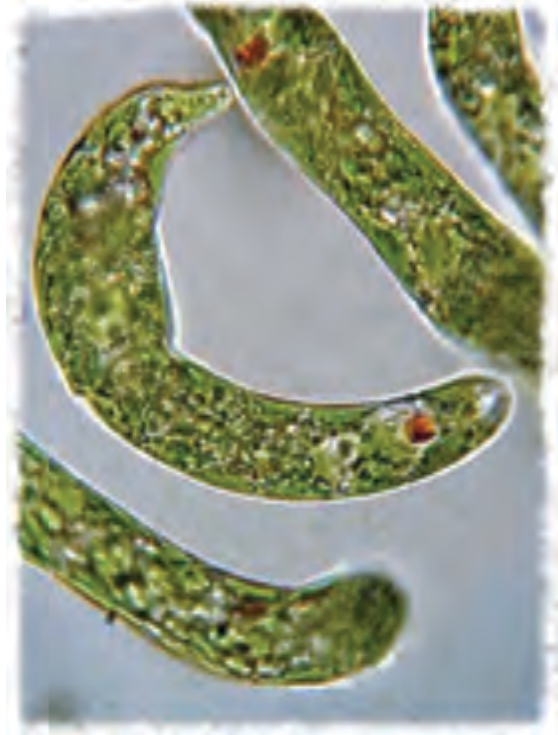
El mal de Chagas es una enfermedad producida por un protozoario flagelado llamado *Trypanosoma* y transmitida por un insecto conocido como chipo, que al picar a la persona defeca y en sus heces está el parásito que entra por la picadura. También las personas pueden ser infectadas por alimentos contaminados por las heces del insecto. Esta enfermedad puede causar daños en el corazón, sistema nervioso e intestino, agrandándolos o recreciéndolos. Si no se atiende a tiempo puede causar la muerte o graves problemas cardíacos en el futuro.



## Protistas que aprovechan la luz del sol

¿Alguna vez has observado, después de uno o más días de lluvia, que sobre los troncos de los árboles y algunas paredes de casa crece una capa de color verde oscuro? O al mirar un charco de agua de varios días, ¿has notado la misma capa verde de las paredes? Dicha capa verdosa es señal de la proliferación de organismos fotosintéticos unicelulares y a veces filamentosos que aprovechan el agua y los nutrientes disponibles en ese momento.

Entre estos organismos fotosintéticos se encuentran los protista unicelulares que realizan fotosíntesis, también llamados microalgas. Ellos pueden ser inmóviles, flagelados, o poseer una película viscosa para deslizarse. La mayoría son unicelulares o colonias. Algunos son organismos de vida libre, mientras que otros viven en simbiosis dentro de animales. El tamaño y las formas son variables. Pueden ser triangulares, circulares, rectangulares, ovalados, estrellados, alargados, con forma irregular, entre otros. Pueden localizarse en agua salada o dulce, en el suelo y en otras superficies húmedas. Poseen clorofila a, b y c, y otros pigmentos fotosintéticos que, además de verde, les pueden dar coloración parda, roja, dorada, naranja, o amarilla, entre otras tonalidades. Algunos integrantes de este grupo de las microalgas rompen el esquema de vida de la mayoría y no tienen pigmento o los pueden perder, convirtiéndose en organismos heterótrofos o parásitos.



**Figura 16.10.** *Euglena*, una microalga.  
Fuente: Deuterostome, Wikimedia Commons.

## ¿Protistas que parecen hongos?



**Figura 16.11.** El protista fungoide *Fuligo* puede formar agregados que en algunos países llaman “vómito de perro”. En la parte inferior derecha de la imagen se aprecia el rastro que deja al desplazarse.  
Foto: KeresH, Wikimedia Commons.

Los protistas fungoides deben su nombre a su parecido con los hongos. Sin embargo, estos últimos se caracterizan por tener pared celular de quitina (un azúcar complejo) y no poseer centriolos para realizar la división celular. En cambio, la mayoría de los protistas fungoides tienen celulosa como las plantas, quitina como los hongos o una combinación de los dos. También poseen centriolos, característica que comparten con las células animales.

Estos organismos en alguna etapa de su vida tienen células flageladas o son ameboides, lo que les permite la movilidad. También pueden formar agregados de células con aspecto gelatinoso, cuando las condiciones son adversas. No poseen pigmentos fotosintéticos. Algunos forman filamentos como los hongos (hifas) de carácter cenocítico, es decir, una estructura multinucleada: un individuo con una sola membrana, y un solo citoplasma pero varios núcleos. Existen células con esta característica que llegan a medir varios centímetros.

Los protistas fungoides se pueden localizar en suelo, sobre material vegetal muerto, y en agua dulce o salada. Son principalmente descomponedores, y algunos pueden ser dañinos para las plantas cultivadas como la papa.

## Algunos protistas que amenazan la salud

La humanidad ha sufrido el ataque de microorganismos infecciosos desde sus orígenes, los cuales muchas veces han provocado grandes epidemias y muerte. En la actualidad, a pesar de los avances en medicina, todavía se consiguen casos y epidemias causadas por protistas. Por mencionar a algunos de los principales, tenemos al *Plasmodium* que causa la malaria o paludismo, el *Trypanosoma* que origina el mal de Chagas, y la *Giardia* que provoca la giardiasis. Se estima que 10 millones de personas en el mundo están afectadas por el mal de Chagas, casi todas en el continente americano, mientras que cerca de un millón de personas mueren anualmente por la malaria, la mayoría niñas y niños, y 300 millones de seres humanos están infectados. Es de vital importancia conocer a este grupo de organismos patógenos, ya que afectan nuestra salud, o bien pueden dañar a plantas cultivadas y animales de cría, por lo que ponen en riesgo la estabilidad de las comunidades.



**Figura 16.12.** Cuadrillas de fumigación contribuyeron a reducir radicalmente el paludismo en Venezuela (alrededor de 1940).



## Observando protozoarios de vida libre

Es posible cultivar nuestros propios protozoarios de vida libre. Ellos no necesitan mucho para desarrollarse, y al multiplicarlos en un mini-ambiente a la mano podemos observarlos fácilmente. ¿Hay vida en un vaso con agua y paja seca? ¡Vamos a averiguarlo!

En lectura anterior se planteó actividad similar, pero ahora puedes aprovechar para observar con más cuidado e identificar algunos organismos y sus reacciones.

### ¿Qué necesitas?

- Frasco de vidrio, agua, grama seca, granos de arroz.
- Microscopio. Portaobjetos y cubreobjetos.
- Gotero. Cloruro de sodio. Bicarbonato de sodio. Vinagre blanco.

### ¿Cómo lo harás?

- Coloca en un frasco con agua unos granos de arroz y grama seca, déjalo al aire libre por varios días.
- Pon dos gotas del mismo en un portaobjetos. Tapa con el cubreobjetos. Observa al microscopio, empezando con el menor aumento. Ve moviendo el campo.

### ¿Qué observas?

- Dibuja los organismos que llegas a observar. Describe brevemente sus características morfológicas y su comportamiento. ¿Qué organelos aprecias? ¿Se mueven los organismos? ¿De qué manera?
- Incorpora unas pocas fibras de algodón a tu muestra. ¿Qué aprecias?
- Prueba con diferentes muestras la reacción de los microorganismos al colocar en el borde del cubreobjetos:
  - Un cristalito de sal (NaCl).
  - Una pequeña gota de vinagre blanco (solución de ácido acético).
  - Una pequeña cantidad de bicarbonato de sodio.
- No añadas estas sustancias una tras otra en la misma muestra.

### ¿Cómo lo interpretas?

- ¿Cuáles son las principales diferencias entre los organismos observados? ¿Cuáles son las semejanzas? ¿Todos presentan el mismo movimiento y actividad? ¿Son todos del mismo tamaño?

- Trata de identificar algunos de los seres vivos observados, utilizando una clave-guía o imágenes de Internet.
  - ¿Qué cambios observaste en los microorganismos al añadir nuevas sustancias a la muestra? ¿Cómo explicas lo sucedido al añadir fibras de algodón?
  - En libros de actividades y en Internet puedes encontrar orientaciones adicionales.
- Por ejemplo:

[http://www.iesabastos.org/archivos/daniel\\_tomas/laboratorio/Cultivo\\_protozoos/cultivo\\_protozoos.html](http://www.iesabastos.org/archivos/daniel_tomas/laboratorio/Cultivo_protozoos/cultivo_protozoos.html)

<http://educas.secnetpro.com/pizarrones/00004000020000000014/Actividades%20complementarias%20de%20la%20pr%C3%A1ctica.pdf>

## ¡Cuidado con “Tómame un antibiótico”!

Esta pregunta seguramente te es familiar: “¿Qué me puedo tomar para esta gripe?” ¿Y la respuesta?: “Tómame un antibiótico o te lo inyectas y ¡listo!”. Lo delicado de las preguntas y la respuesta se centra en el mal uso o uso indiscriminado de los antibióticos. Cuando sufrimos una infección viral con frecuencia corremos a buscar los antibióticos para mejorar nuestro estado de salud, y no comprendemos que esos medicamentos funcionan con organismos bacterianos, no virales. Es decir, no sirven para una gripe.



En la actualidad, la resistencia de algunas bacterias a los antibióticos tiene a las médicas y los médicos preocupados, pues hace más difícil el tratar las infecciones. El resurgir de algunas enfermedades que se creían controladas pone en riesgo la salud de las poblaciones humanas y nos expone a catástrofes mundiales. Por ejemplo, la tuberculosis (causada por la bacteria *Mycobacterium tuberculosis*), que era tratada en los años cuarenta con el antibiótico estreptomicina, en la actualidad ha ganado resistencia a éste en algunos países y como consecuencia los casos de tuberculosis han aumentado después de varias décadas de control.

**Figura 16.13.** En una gran mayoría de los casos las infecciones son causadas por virus, y frente a ellos los antibióticos son inútiles.

La automedicación y el no cumplir los tratamientos de manera adecuada, hace que las bacterias se expongan con demasiada frecuencia a los antibióticos, en dosis no recomendables. Así, el antibiótico podrá eliminar a una parte de la población de bacterias, pero dejará vivas a aquellas que presenten resistencia, pues siempre habrá algunas más resistentes que las demás. Estas sobrevivientes transmitirán su resistencia a su descendencia y estas a sus "hijas", y así sucesivamente, lo que hará que en la población de bacterias cada vez haya más de aquellas agresivas e inmunes al fármaco. Cada vez que usamos un antibiótico para una infección viral, por ejemplo, ponemos en contacto con él a las bacterias que siempre están en nuestro cuerpo y, si se genera resistencia, en una próxima oportunidad cuando estemos expuestos a un ataque bacterial el antibiótico no funcionará, o tardará más en ejercer su acción, o necesitaremos dosis más altas que pueden afectar nuestra salud. Además, contribuiremos a propagar bacterias resistentes en nuestra comunidad. Por eso, recuerda consultar al médico y seguir correctamente las indicaciones que te recete.

## Pequeños grandes seres vivos

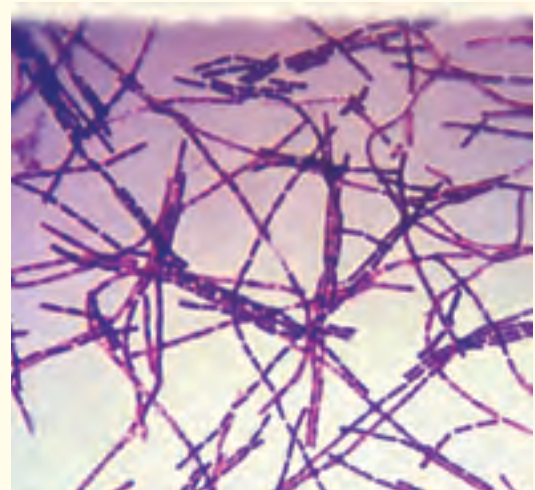
Los unicelulares más antiguos surgieron hace aproximadamente 3.500 millones de años y durante unos 2.000 millones de años fueron evolucionando como los únicos habitantes de la Tierra. Sólo mucho más tarde empezaron a surgir organismos pluricelulares. Los microorganismos cambiaron cambiando a su vez al planeta: transformaron su atmósfera, generaron diversos ciclos biogeoquímicos (del carbono, del nitrógeno, del hierro...), y al irse acumulando al morir dieron origen a grandes depósitos de sedimentos.

Como organismos pluricelulares, alojamos en nuestro interior multitud de estos pequeños seres, en simbiosis o, en ocasiones, como parásitos. Pero están en nosotros incluso más íntimamente, transformados en organelos de nuestras propias células, gracias a un largo proceso de evolución.

Encontramos microorganismos en los más diversos ambientes: suelo, aguas dulces, océanos, en otros seres vivos, a grandes profundidades, en temperaturas muy calientes y muy frías, en lugares muy ácidos o con exceso de sal... Han demostrado su resistencia y su versatilidad, así como su papel clave en el funcionamiento de los ecosistemas.

### ¿Sabías que...?

La bacteria *Bacillus anthracis* es responsable del ántrax o carbunco, una enfermedad que afecta la piel y los pulmones, llegando a matar a sus víctimas. Esta bacteria ha sido utilizada para crear armas biológicas y su producción aumentó después de la II Guerra Mundial. Algunas potencias del norte llegaron a almacenar más de 5000 bombas capaces de diseminar dicho agente infeccioso. En 1972 un tratado internacional prohibió el uso de armas biológicas, y 165 naciones se han adherido al mismo, incluida Venezuela. Sin embargo, no hay mecanismos de control sobre el cumplimiento del tratado.





## Con ayuda de las bacterias hacemos yogur

Las bacterias son un aliado importante para la fabricación de productos alimenticios, tanto caseros como industriales. La producción de algunos derivados lácteos tiene su origen en la fermentación de la leche por parte de dos especies de bacterias, *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Es el caso del yogurt, un excelente alimento utilizado incluso en las dietas, o por personas no tolerantes a la leche; y el cual también se puede utilizar en recetas de helados, dulces, aderezos de ensaladas, salsas, y cremas para untar, entre otras posibilidades. En esta actividad les invitamos a elaborar yogur casero poniendo a trabajar a las bacterias fermentativas de la leche.

### ¿Qué necesitan?

Una cava portable de plástico o anime. Si no cuentan con ella, tomen una caja de cartón y rellénela por dentro de paños, periódico y goma espuma (material del que están compuestas las colchonetas). Yogurt comercial natural, leche líquida, leche en polvo, olla, cocina, termómetro (opcional), lámpara con bombillo incandescente, recipientes para almacenar con tapa.



### ¿Cómo lo harán?

**Preparación de la leche para el yogur:** Muchas enzimas tienen una actividad óptima entre 30 °C y 40 °C, otras tienen un rango superior entre los 40 °C y los 45 °C. Tomando en cuenta esta información, debemos calentar la leche evitando que sobrepase las temperaturas antes mencionadas, para así no dañar a las enzimas que les permiten a las bacterias fermentarla. Algunas personas expertas en la elaboración de yogurt calientan la leche hasta 85 °C y luego la dejan enfriar hasta el óptimo de las enzimas, otras le agregan a la leche algunas cucharadas de leche en polvo con el fin de aumentar el sustrato para las bacterias. Alcanzada la temperatura deseada, coloquen una porción de yogurt sobre la leche, es recomendable colocar 1 cucharada por cada medio litro. Esta cantidad puede variar dependiendo de la cantidad de yogurt que quieran producir. Mezclen lo suficiente hasta homogeneizar.



**Periodo de fermentado:** Coloquen la mezcla caliente en recipientes con tapa y deposítenlos en la cava envueltos en paños, para retener el calor que mantendrá a las bacterias activas. Tapan la cava. Si desean mantener el calor contante, coloquen una lámpara sobre la cava sin taparla. El periodo de fermentado es variable, va de 6 a 12 horas, y de esto depende la formación del yogurt.

**Periodo de refrigeración:** Terminada la fermentación es necesario que refrigeren la mezcla. Muchos alimentos adquieren su aspecto final (forma, color, textura, sabor) con el enfriamiento. Antes de refrigerar pueden revolver o filtrar la mezcla para extraer el exceso de líquidos que surgen de la fermentación. La refrigeración puede durar varias horas, dependiendo de la textura y fluidez de la mezcla. El periodo de refrigeración puede estar entre las 6 a 8 horas. Pasado este tiempo, pueden agregarle mermeladas o frutas al producto para su consumo.

### ***¿Qué observan?***

Elaboren una tabla donde anoten las etapas y los procedimientos seguidos para la elaboración del yogurt. Fotografíen los pasos y los cambios dados en los materiales después de la elaboración. Anoten cualquier particularidad que se haya presentado en la obtención del yogurt.

### ***¿Cómo lo pueden interpretar o explicar?***

Comparen el resultado obtenido, en cuanto a sabor, textura, olor, entre otros aspectos, con los yogures de otros grupos de compañeras y compañeros. Discutan con los demás grupos qué procedimientos rindieron mejores resultados (tomen en cuenta los tiempos, temperaturas y variaciones aplicadas, entre otros aspectos). Indaguen sobre los procesos que llevan a transformar la leche en yogurt. También pueden averiguar sobre la historia de este producto.

### ***¿Qué otras maneras efectivas habrá de realizar la experiencia?***

Pueden repetir la experiencia utilizando distintos tipos de leche como por ejemplo: leche descremada, deslactosada, en polvo y de soya.





## Compartiendo las bondades del yogur

En grupo y con las orientaciones del docente, elaboren un taller en el que se expliquen los pasos y recomendaciones para elaborar yogur casero. Tomen en cuenta los resultados obtenidos por cada equipo en la actividad anterior a fin de definir un procedimiento único. Diríjase a las comunidades más cercanas a su liceo y apliquen el taller, destacando los beneficios del yogur para la salud. Conversen también sobre el papel de los microorganismos en el desarrollo de la actividad.

El taller puede completarse con algunas sugerencias de recetas con yogur, que ustedes hayan probado antes.

Diversas organizaciones y centros comunitarios pueden ser lugares propicios para el desarrollo del taller: locales de consejos comunales, bibliotecas, asociaciones deportivas y culturales, clubes de adultos mayores, etcétera.



## Actividades de autoevaluación

1. ¿Por qué se dice que los virus están “en el borde de la vida”? Desde el año 2008 se han descrito virus que invaden otros virus, es decir, los virus se “enferman”. ¿Cómo impacta esto su clasificación como vivos o no?

2. Realiza un cuadro comparativo entre los tres grandes grupos trabajados en esta lectura, tomando en cuenta estructuras, funciones, movimiento, parasitismo, entre otros aspectos que consideres de importancia.

3. ¿Por qué es negativo automedicarse antibióticos?

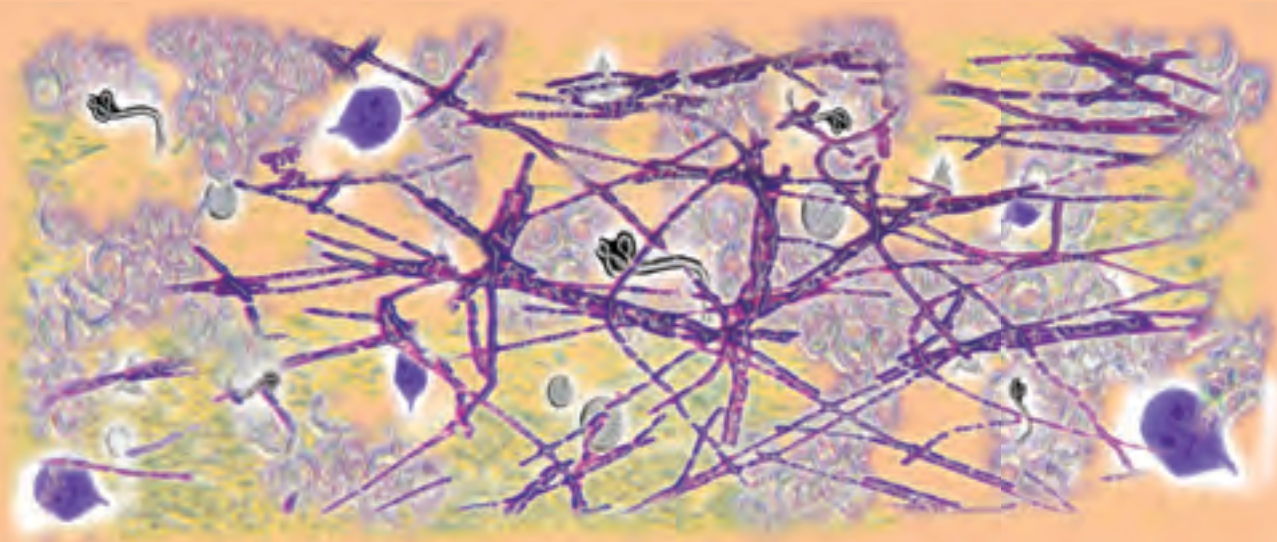
4. Realiza una visita a dependencias cercanas del Ministerio del Poder Popular para la Salud, o entra en su página web, e investiga: ¿cuáles son los estados de Venezuela con mayor cantidad de personas que sufren el mal de Chagas?, ¿cuál es la causa de esta enfermedad?, ¿cuáles son las medidas de control que deben adoptarse para combatir este problema?, ¿cuáles son los principales tratamientos para combatir la enfermedad?, ¿cómo se da en Venezuela el ciclo de vida del parásito del mal de Chagas?

5. Descarga de la página del Ministerio del Poder Popular para la Salud, la Ley de Defensa contra el Paludismo. [http://www.mpps.gob.ve/index.php?option=com\\_content&view=article&id=422&Itemid=649](http://www.mpps.gob.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=422&Itemid=649) ¿Cómo debe ser la participación de la comunidad en general y de los entes productivos en la erradicación del paludismo? ¿Cuáles medidas plantea esta ley para combatir directamente al agente infeccioso? ¿Cuáles son los planteamientos que hace la ley sobre la asistencia médica para los afectados?

6. ¿Cuál es la relación que existe entre los procariontes y eucariontes unicelulares y la biotecnología? ¿Cuáles organismos son de uso común en esta rama de la biología? Describe un proceso tecnológico en el cual se usen microorganismos e indica la importancia que tiene para la vida humana.

7. Impulsados por la conciencia conservacionista, muchas personas, instituciones, investigadoras e investigadores, entre otros, trabajan en la búsqueda de nuevos combustibles menos contaminantes, entre estos están los biocombustibles. Basados en la información anterior, indaga: ¿Cuáles son las ventajas y las desventajas del uso de biocombustibles? ¿Cuáles son los organismos más usados en la generación de biocombustibles? ¿Qué relación tienen las microalgas y bacterias fotosintéticas con los biocombustibles?

8. Entre los organismos más primitivos, que en la actualidad existen, están las bacterias. Se cree que estos seres vivos surgieron hace cientos o miles de millones de años como las primeras formas de vida. En la actualidad, varias instituciones y empresas han logrado modificar el genoma de las bacterias para que produzcan hidrocarburos. Indaga: ¿cuál es tu opinión sobre este trabajo científico-tecnológico? ¿Será posible que estos hidrocarburos sustituyan al petróleo? ¿Los hidrocarburos de origen bacteriano serán más o menos contaminantes que el petróleo?





La vida macroscópica es bien conocida por todos nosotros. Con ella interactuamos constantemente de manera directa o indirecta: en nuestras casas siempre algún familiar tiene un pequeño jardín con plantas, o sufrimos picaduras de insectos, observamos ratones o aves, cuidamos perros o gatos, entre otros casos. Todos estos organismos (incluyéndonos a nosotros) forman parte de la diversidad de vida que podemos ver a simple vista, detallar y, a menudo, hacer parte de nuestras actividades productivas.

¿Qué importancia tiene saber más de la vida macroscópica? Podemos empezar a responder esta pregunta desde dos puntos de vista. El primero sería la relación benéfica con organismos macroscópicos, donde consideraríamos aquellas especies que nos aportan alimentos, fibras textiles, fármacos, ornamentación, entre otros aspectos. El segundo punto de vista atendería a aquellos organismos que son causa de enfermedades, o dañan cultivos y enferman a animales de uso agrícola, entre otros perjuicios.

Pero una perspectiva más amplia, y menos centrada en nosotras y nosotros mismos, considera a los organismos pluricelulares en su papel dentro de la rica trama de la vida en la Tierra. Los humanos somos parte de esa trama y no sus dueños. En la siguiente lectura vas a conocer algunas de las características principales de los organismos eucariontes pluricelulares, en su sorprendente diversidad y complejidad. También verás cómo interactuamos con ellos. Y podrás apreciar mejor las redes de relaciones que establecen entre sí y con el ambiente.

## ¿Las algas en nuestros alimentos?

Las algas están en nuestro día a día y en nuestras actividades, por ejemplo: cada vez que comes un helado, la cremosidad que sientes está determinada por unas sustancias extraídas de algunas algas. La lista de productos que podemos mencionar donde están involucradas las algas es amplia, para que tengas una idea podemos señalar los siguientes: bebidas achocolatadas, cosméticos, pinturas, geles, en la comida japonesa, entre otros artículos de uso cotidiano.



*Figura 17.1. Tres dominios en la clasificación de los seres vivos: Bacteria, Archaea y Eukarya. Y dentro de Eukarya los reinos: Protista, Plantae, Fungi y Animalia.*

Hablar de las algas es cubrir un vasto mundo, podemos definir las como grupos de organismos fotosintéticos diversos, que no forman un embrión, no tienen vasos de transporte de sustancias y que han sido ordenados de manera artificial por el ser humano conformando esta categoría. En este sentido, incluyen tanto organismos unicelulares como pluricelulares, pues incorporan a los protistas fotosintéticos que llamamos microalgas en la lectura anterior. Es decir, tradicionalmente se han agrupado como "algas" a grupos de diversos orígenes que tienen algunas similitudes, pero que hoy, gracias a los avances científicos, sabemos que muchas veces no tienen relación evolutiva entre sí. En esta lectura hablaremos de todos los integrantes pluricelulares del grupo tradicionalmente denominado "algas" como protistas pluricelulares (ver figura 17.1), pero recordando que existen discrepancias entre los expertos en esta clasificación.

### Los protistas más grandes

El grupo de las "algas" ha sido reasignado a diferentes reinos y todavía existen discusiones sobre cómo clasificarlas. Algunos estudiosos de esta materia las asignan al reino Protista debido, entre otros aspectos, a que en algún momento en su ciclo de vida tienen una fase móvil unicelular (a excepción de las algas rojas). En cambio, otros investigadores colocan a algunos de los conjuntos de estos organismos en el reino Protista y a otros con las plantas en el reino Plantae.



*Figura 17.2. Representantes de los tres grupos de macroalgas en una plataforma rocosa en cabo San Román, estado Falcón. Foto: Juan Linares.*

Asignándolas al reino Protista, las algas se transformarían en los representantes de mayor tamaño de este grupo. En efecto, la longitud de las algas puede ir de algunos milímetros hasta varios metros de longitud. A simple vista se pueden distinguir tres grupos dentro de las macroalgas por su coloración: las verdes, las pardas y las rojas. O, científicamente, las Chlorophyta, las Phaeophyceae y las Rhodophyta. Es importante destacar que el color es una característica fácil de reconocer, pero débil para identificar estos grupos, debido a que algunas especies pueden sufrir variaciones en él por causas ambientales, entre otras. Los colores de las algas obedecen a la presencia de clorofila y otros pigmentos que, dependiendo de las cantidades de unos u otros, generan las variaciones antes mencionadas. Las partes básicas de un alga son: el filoide (similar a una hoja), el cauloide (similar a un tallo) y los rizoides (similares a una raíz). Estos organismos no poseen raíz, tallo y hojas verdaderas. (Ver figura 17.2).

## Las verdes del mar

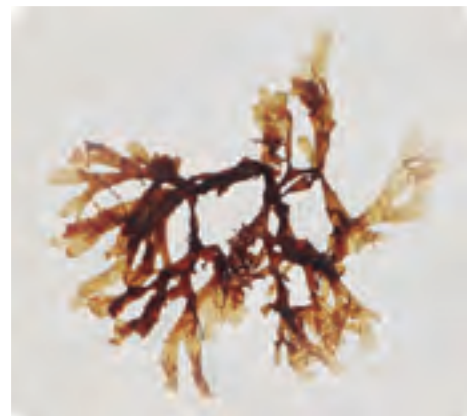


**Figura 17.3.** Alga verde llamada *Ulva* o lechuga de mar.  
Foto: Juan Linares.

Las algas verdes (Chlorophyta) están distribuidas por todo el planeta, desde el mar hasta la tierra, pero la mayoría de las macroalgas de este grupo se encuentran en el mar. Entre sus características podemos mencionar que son de color verde, debido a que la clorofila (de la cual poseen clorofila a y b) no está oculta por otros pigmentos, ya que los pigmentos accesorios están presentes pero en menor cantidad. Otras características es que poseen celulosa, y la organización de sus células presenta relativa simplicidad. Podemos conseguirlas como filamentos o como láminas, entre otras formas. Su principal sustancia de reserva es el almidón. Es importante recordar, que una sustancia de reserva es una molécula de almacenamiento de energía, que luego puede ser usada en el metabolismo. (Ver figura 17.3).

## Las pardas son el grupo con organismos más grandes

La mayor diversidad y desarrollo de las algas pardas (Phaeophyceae) se da en las zonas templadas del planeta. Algunas pueden medir más de cien metros de largo y formar zonas parecidas a bosques submarinos. Pero también existen varias especies propias de los trópicos de menor tamaño. En nuestro país estas algas se encuentran sólo en el mar. Poseen clorofila a y c, pero estos pigmentos quedan ocultos ante un pigmento secundario llamado fucoxantina que les da el color pardo característico. Su sustancia de reserva es la laminarina. Poseen una organización celular más compleja que las verdes. Podemos conseguirlas como filamentos, láminas, cuerpos cilíndricos, entre otras formas. Son una fuente de alimento importante en los océanos, y también crean ambientes favorables para otros seres vivos. (Ver figura 17.4).



**Figura 17.4.** Alga parda llamada *Dictyota*, especie común en Venezuela.  
Foto: Juan Linares.

## Las más diversas de los trópicos

Las algas rojas (Rhodophyta) son las más diversas de los trópicos. La mayoría vive en el mar, donde algunas se distribuyen en las zonas superficiales cercanas a la costa, pero una parte del grupo se encuentra en las profundidades marinas. En esos niveles ellas son las especialistas en atrapar la poca luz que llega gracias a dos pigmentos: la ficoeritrina (de color rojo) y la ficocianina (de color azul), que ocultan la clorofila presente, la cual parece ser a y d (algunos autores consideran que sólo poseen clorofila a). Su sustancia de reserva es el almidón de florídeas. (Ver figura 17.5). De este grupo se extraen sustancias como el agar y el carragenano, de importancia comercial pues son sustancias que se utilizan como estabilizantes y espesantes en quesos, bebidas de chocolate, helados, mayonesas, laxantes, cosméticos, entre otros productos. A las algas rojas podemos conseguirlas como filamentos, láminas, también cilíndricas, entre otras formas.



*Figura 17.5. Alga roja llamada Pterocladia.*  
Foto: Juan Linares.

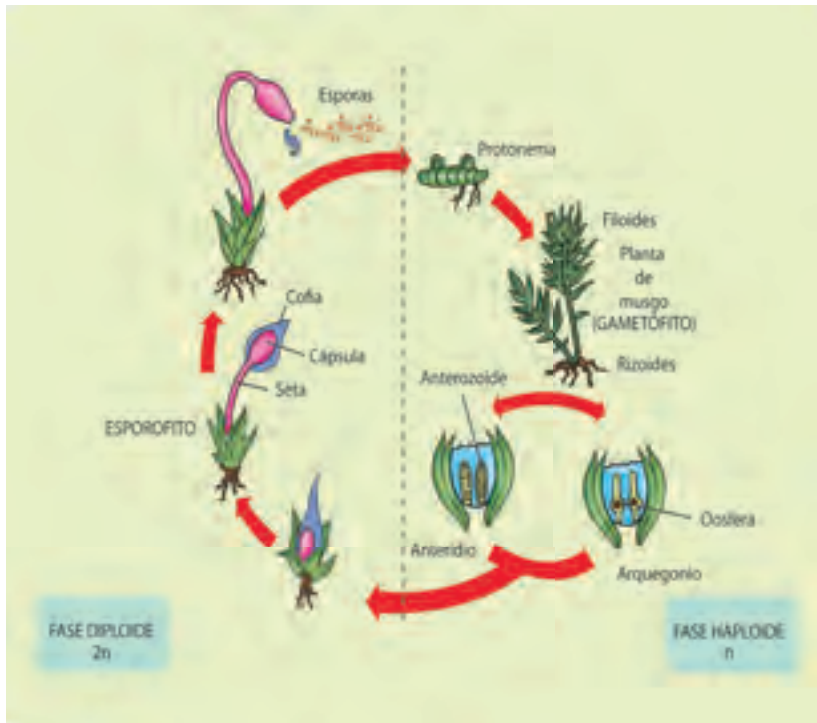
## Las plantas más simples con embrión

¿Alguna vez has notado en un bosque una pequeña capa verde sobre los árboles o rocas? ¿O has observado en algunos estados de Venezuela que, entre los meses de noviembre y diciembre, en las calles venden los llamados "musgos"? Existen un conjunto variado de organismos vegetales que son bastante simples en comparación con las grandes plantas terrestres pero, a su vez, poseen características que los adaptan a la vida en la tierra y los hacen un poco más evolucionados que las algas, a esos individuos se les llama en general "briofitos" y en la actualidad las botánicas y los botánicos los dividen en tres grupos: las hepáticas, los antoceros y los musgos. (Ver figura 17.6).

Una de las diferencias entre las algas (reino Protista) y las plantas (reino Plantae, que incluye a los briofitos) es la presencia de un embrión, protegido por la planta madre. En las algas, por lo general, el cigoto formado por la unión del gameto masculino y el femenino se desarrolla en el exterior, fuera de la planta madre.



*Figura 17.6. Briofito.*



**Figura 17.7.** Esporofito y gametofito se alternan en el ciclo de vida de una planta, como en este ejemplo de un musgo.

Es importante agregar que el ciclo de vida de toda planta, también de las briofitas, incluye dos fases: existe un gametofito o productor de gametos, estos gametos (femenino y masculino) se juntan y generan el embrión. Posteriormente el embrión se desarrolla dando origen a otra fase del ciclo de vida llamada esporofito, el cual produce esporas. Las esporas a su vez se desarrollan en un nuevo gametofito. (Ver figura 17.7). En las plantas con flores (en una ceiba o en un geranio, por ejemplo) lo que vemos es el esporofito; el gametofito está reducido a unas pocas células dentro del esporofito.

## Con forma de hígado humano: las hepáticas

Las hepáticas (Hepatophyta) deben su nombre a la forma que adoptan sus filoides, semejantes a un hígado. En la época medieval se pensaba que podían curar problemas de dicho órgano y se usaban como medicina. Se estima que este grupo de vegetales tienen relación directa con las algas, algunas hipótesis indican la posibilidad de que estos organismos fueron los primeros colonizadores de la Tierra.



**Figura 17.8.** Hepática llamada *Marchantia*. Crece cerca de ríos y lugares húmedos.

Las hepáticas se diferencian de los antoceros y los musgos, entre otras cosas, por la ausencia de poros especializados llamados estomas. Estos vegetales poseen poros simples, que son los que les permiten realizar intercambio de gases (oxígeno por dióxido de carbono). En cuanto a su forma la mayoría de las hepáticas son folios o láminas postradas sobre la superficie. (Ver figura 17.8). Algunas especies se parecen a los musgos y pueden llegar a confundirse.



## Estructuras reproductivas con forma de cuerno

Los antoceros (Anthocerophyta) son un grupo de organismos que comparten algunas características con las algas, como la presencia de un solo cloroplasto (el alga verde *Ulva* posee un sólo cloroplasto) y un pirenoide (estructura de origen proteico donde se almacena almidón). Comparte con los musgos y las plantas terrestres la presencia de poros especializados para el intercambio de gases, llamados estomas. La principal diferencia entre los musgos y los antoceros es la forma que adquiere el esporofito (estructura formadora de esporas), de cuerno o espina, que lo diferencia de los otros dos grupos. La palabra Anthocerophyta proviene del griego keras que significa cuerno, en alusión a su esporofito. (Ver figura 17.9).



*Figura 17.9. Esporofito de un antoceros con forma de aguja o cuerno.*

## Los más diversos entre los briofitos



*Figura 17.10. El esporofito de los musgos, estructura productora de esporas, está formado por un pedúnculo y una cápsula. Abajo se observa el gametofito.*

Los musgos (Bryophyta) comprenden 9.250 especies aproximadamente y están adaptados a diferentes regiones, como: humedales, bosques húmedos, incluso en lugares secos. La capacidad de estos organismos para retener agua es importante, se estima que pueden retener 30 veces su peso en agua y son hábitat para pequeños seres vivos. La mayoría de los musgos generan un esporofito formado por un pie que lo fija al resto del vegetal, un pedúnculo fino que sostiene a la cápsula y esta última, de mayor grosor que el pedúnculo, y que se encuentra en la parte más elevada del vegetal. (Ver figura 17.10). Una de las diferencias más significativas con las hepáticas y los antoceros, es que los musgos poseen células especializadas en el transporte de azúcares, y también hidroides, células transportadoras de agua.

La contaminación en las ciudades es un problema que nos afecta día a día. El plomo, el mercurio, entre otras sustancias, generan daños a los ecosistemas y a la salud humana. El estudio de los musgos ha permitido catalogarlos como eficientes indicadores de contaminación, por su capacidad de absorber algunos contaminantes como los metales pesados (cobre, plomo, otros). Es de destacar que las poblaciones de musgos se han visto muy afectadas por personas que los venden para montar “nacimientos” o como adorno.

## Los helechos: plantas sin semillas

En las casas de muchas familias venezolanas se pueden conseguir como plantas de adorno u ornamentales a los helechos. O si alguna vez has podido visitar algún lugar de Venezuela de temperaturas bajas y de vegetación boscosa como el Parque Nacional Henri Pittier, el monumento natural pico Codazzi, o El Junquito, entre otros, te habrás encontrado a estos vegetales sin semilla. Si los has observado ¿puedes describirlos?

Un helecho (*Pteridophyta*) es una planta que se diferencia de los briofitos porque posee estructuras especializadas conductoras de agua y sales por un lado, y de azúcares por otro, llamadas haces vasculares (xilema y floema). Los helechos se diferencian de las plantas superiores porque no forman semillas.



Figura 17.11. Algunas partes de un helecho.

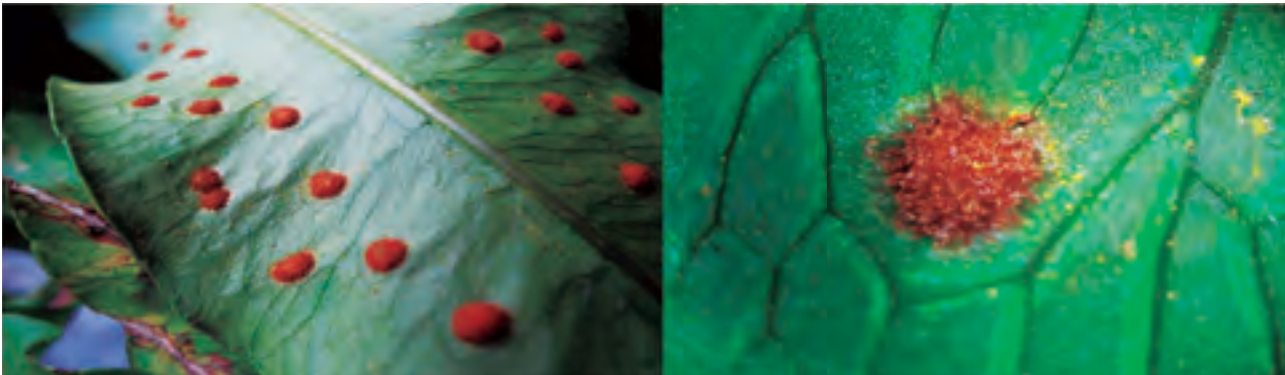


Figura 17.12. En marrón se observan los soros, donde se encuentran las estructuras productoras de esporas.

Foto: Juan Linares.

Los helechos son de variado tamaño, desde unos centímetros hasta varios metros de altura. Poseen hojas llamadas fronde, con un sistema de haces vasculares ramificados. El fronde está formado por las pinnas (estructuras alargadas, con forma de lámina) y el raquis que es una extensión del peciolo (recuerda que el peciolo es la estructura alargada, parte de la hoja, que la une al tallo). Los esporangios, o estructuras productoras de esporas, se ubican en las hojas (también en ramas especiales), en grupos llamados soros, con formas circulares, ovales, lineales, o cubriendo toda la hoja, entre otras (Ver figura 17.12).

Muchos helechos son utilizados como medicina natural, otros son parte de la dieta de algunas poblaciones humanas. También se aprovechan para la obtención de fibras y uno de los usos más importantes se da en la producción de arroz. El helecho acuático *Azolla* tiene una asociación con una cianobacteria en sus hojas que capta el nitrógeno del aire y enriquece los cultivos. Otra función de dicho helecho es impedir el crecimiento de hierbas no deseables en el cultivo del arroz.

## ¿Plantas sin flores y productoras de semillas? ¿Dónde puedo encontrarlas?



**Figura 17.13.** Cono o piña de un pino, vacío y sin semillas. Son utilizados por muchos como adorno.

¿Sabes qué es un pino? O, en Navidad, ¿has observado algún adorno con las llamadas piñas? O ¿has escuchado nombrar o has leído sobre una planta llamada *Ginkgo biloba* que se utiliza en la medicina natural? También en la industria se utiliza el pino en la fabricación de papel, muebles, puertas, entre otros bienes. (Ver figura 17.14).

Usando la clasificación tradicional, las plantas con semillas y sin flores "completas" pertenecen al grupo de las gimnospermas (que significa semillas desnudas) y las plantas con semillas protegidas por un fruto y flores "completas" a las angiospermas.

En realidad, las gimnospermas sí poseen flores, pero son estructuras muy sencillas.



**Figura 17.14.** Bosque de pino caribe en Uverito, estado Monagas.

Dentro de las gimnospermas podemos reconocer a los pinos y las cycas, entre otros vegetales. Los pinos (Coniferophyta) se caracterizan, en su mayoría, por tener hojas con forma de agujas (acículas) y por presentar conos (deben su nombre de coníferas a esta estructura reproductiva que guarda la semilla desnuda, también el polen o el óvulo), así mismo llamados estróbilos o "piñas". (Ver figura 17.13). La mayoría de estos organismos están adaptados a zonas frías, resistiendo temperaturas bajo cero. En Venezuela podemos encontrar varias especies de coníferas nativas e introducidas, tales como: pinabete o pino (*Podocarpus oleifolius*, nativo) y pino caribe (*Pinus caribaea*, introducido en el país desde México y las Antillas), entre otras.

Otro grupo de gimnospermas son las llamadas Cycadofitas. Estas plantas son semejantes en apariencia a las palmas y muchas personas tienden a confundirlas. La *Cycas* y la *Zamia* son representantes de este grupo y pueden diferenciarse de una palma por no presentar flor sino estróbilo o piña (dependiendo del sexo de la planta, masculino o femenino). *Zamia* (comúnmente conocida como acesiva) tiene representantes nativos del país y *Cycas* tiene representantes introducidos. (Ver figura 17.15).



*Figura 17.15. Planta de uso en los jardines llamada Cycas (palma sagú). Al lado se muestra un estróbilo.*

## ¿Qué es una flor? ¿Un adorno o una estructura reproductiva?

La vida macroscópica que está a nuestro alrededor nos envuelve, es común observarla en sus distintas formas y le damos uso constante en nuestro día a día. Cuando caminas a tu casa o liceo puedes ver distintos animales y plantas, como: una ardilla, un perro, árboles, aves, frutos, hierbas... Entre las más vistosas y atractivas a nuestros ojos están las plantas con flores. Cuántas veces nosotros o nuestros familiares hemos regalado flores o adornos elaborados con éstas. También, algunas personas elaboran té con flores de cayena, por ejemplo. Los usos que les damos a las plantas con flores son extraordinarios, no sólo aprovechamos la flor en sí, también otras partes, por ejemplo: la madera del tronco de la caoba, el azúcar del tallo de la caña de azúcar, (ver figura 17.16), la raíz de la yuca, las hojas de la lechuga, las semillas de la caraota, entre otras. La base de nuestra alimentación nos la ofrecen unas cuantas especies de plantas con flores. Nuestro futuro depende en buena parte de ellas.



¿Qué es una flor? Como indicamos, las flores son comunes en nuestras vidas pero muchas veces desconocemos qué son y cuáles son sus funciones en la naturaleza. Una flor representa el órgano reproductivo de una planta, y es una característica que separa a unos vegetales de otros.

*Figura 17.16. La caña de azúcar pertenece a las angiospermas. En la imagen se observa el complejo agroindustrial azucarero Ezequiel Zamora.*

Las plantas con flores, siguiendo la clasificación tradicional, pertenecen al conjunto de las angiospermas (grupo Anthophyta, algunos autores las asignan al grupo Magnoliophyta). Las flores son muy variadas, existen en múltiples formas, tamaños y colores, con olores diferentes, y a su vez producen fruto y semillas con igual variedad.(Ver figura 17.17).



*Figura 17.17. Ejemplos de las distintas formas y colores que pueden observarse en las flores.*

Las plantas con flores son el grupo más abundante de vegetales y están dispersas por casi todos los rincones del planeta Tierra, desde lugares fríos, zonas inundadas, bosques, sabanas, hasta desiertos, e incluso en el mar (aunque son pocas las especies marinas). En las flores se encuentran los ovarios con los óvulos que, al madurar y ser fecundados, formarán el fruto y las semillas. Los frutos pueden ser de varios tipos, carnosos, secos, lisos, rugosos, entre otros. Las semillas, dependiendo de su forma de dispersión y adaptaciones, pueden ser aladas, con pelos, grandes, pequeñas, ricas o no en sustancias de reserva, etcétera. (Ver figura 17.18).



*Figura 17.18. Observa en la imagen los pelos que están adheridos a las semillas de esta planta y que les permiten dispersarse con el viento.*

### **¿Sabías que...?**

La "flor cadáver", llamada así por el fuerte olor a carne podrida que emite, es considerada la más grande del mundo. Originaria de los bosques de Sumatra, en realidad no es una sola flor, sino una inflorescencia. Al igual que la cala, tiene muchas florecitas en su eje, protegidas por una bráctea. Su fuerte olor le resulta beneficioso pues atrae insectos polinizadores.



## Hongos: medicina, enfermedades y alimentos

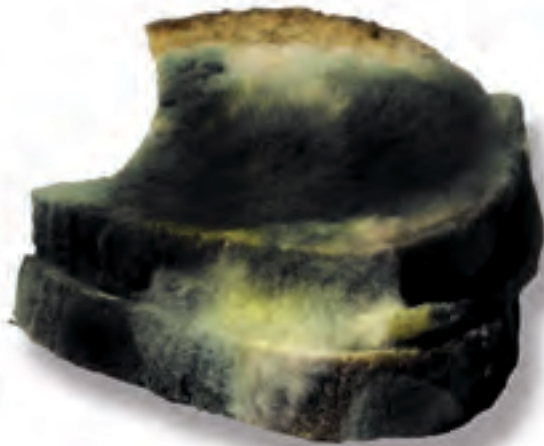
A continuación vamos a describir una situación que puede ser familiar para ti. Muchas veces en nuestras casas sucede que nosotros o algún pariente compramos pan, consumimos una parte de este y la otra la guardamos. Al pasar los días y dependiendo de las condiciones ambientales, cuando buscamos el pan restante tiene una capa negra, o a veces verde, e inmediatamente lo desechamos afirmando “el pan tiene moho” o “está mohoso”: hablamos de la presencia de hongos. También puedes haber escuchado en la televisión sobre algún producto antimicrobiano que elimina los hongos de alguna parte de nuestro cuerpo.



*Figura 17.19. Micelio filamentoso de un hongo.*

Los hongos son organismos formados por múltiples filamentos (hifas) microscópicos que en conjunto forman una maraña llamada micelio (ver figura 17.19), y algunos son capaces de generar fructificaciones (cuerpos formados por hifas compactas y especializadas en la producción de esporas). Se diferencian de las plantas, entre otros rasgos, porque no son fotosintéticos, su pared celular no es de celulosa sino de quitina (como la que está presente en el esqueleto externo de los insectos), y no reservan almidón sino glucógeno y lípidos como los animales. Por otra parte, no pueden moverse como los animales, ni engullir a otros organismos, y se alimentan segregando enzimas y luego absorbiendo el producto de esta digestión externa.

### Hongos que no producen fructificaciones

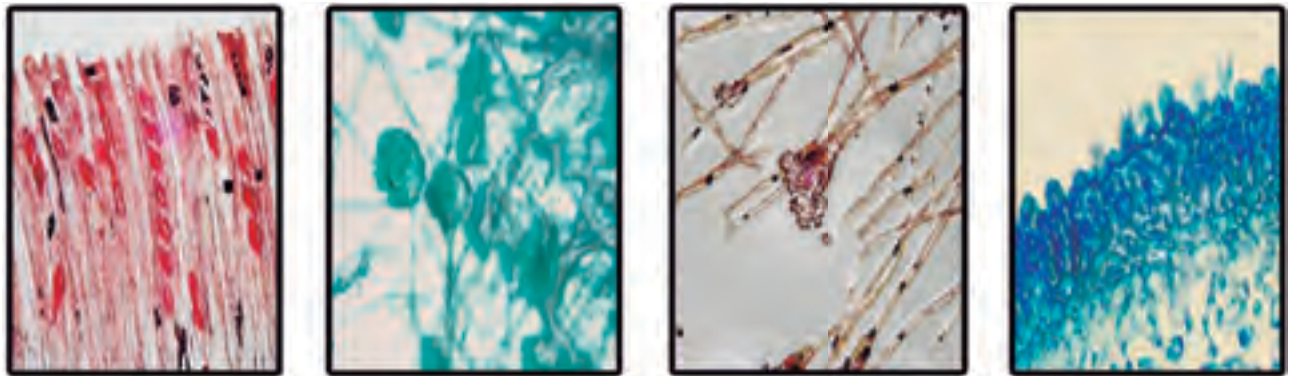


*Figura 17.20. Moho negro del pan.*

Muchos de nosotros estamos familiarizados con algunos individuos del grupo de los hongos que no producen fructificaciones, uno de los más conocidos es el moho negro del pan (ver figura 17.20), que descompone este alimento. Otros son parásitos de cultivos de importancia económica y también los hay que viven en asociación con algunos herbívoros y plantas, beneficiándose mutuamente.

## Hongos con fructificaciones comestibles

Dentro de este conjunto de organismos capaces de producir fructificaciones (cuerpos fructíferos) existen dos grupos, el primero es el de los ascomicetos, llamados así debido a la estructura que guarda sus esporas, que recibe el nombre de asco o asca (significa saco o bolsa pequeña). El segundo grupo es el de los basidiomicetos, denominados de tal modo por la forma que adquiere su hifa productora de esporas (basidio significa garrote). Muchas veces podemos escuchar la expresión "un hongo" cuando observamos los fructificaciones pero, en realidad, éstas son sólo una porción del hongo, pues la mayor parte del organismo está bajo tierra en forma de micelio. (Ver figura 17.21).



*Figura 17.21. De izquierda a derecha: Ascosporas con esporas rojas, conidios de Aspergillus, conidios de Penicillium y basidios.*  
Fotos: Juan Linares.

A las fructificaciones de los ascomicetos se les llama ascocarpos y muchos tienen forma de copa. Sus esporas se encuentran en la parte superior de la fructificación y se esparcen por mecanismos complejos a varios metros. En cambio, en los basidiomicetos muchas de las fructificaciones (basidiocarpos) adquieren la típica forma de hongo de sombrerito (en algunos países se les llama setas), sus esporas se ubican en la parte de abajo del "sombrerito" y caen por gravedad. (Ver figura 17.22).



*Figura 17.22. A la izquierda hongo de sombrerito (basidiomiceto) y a la derecha representante de los ascomicetos, Morchella, hongo comestible.*  
Foto: Juan Linares.

Estas estructuras se originan por reproducción sexual, pero existen otras estructuras en los ascomicetos que se generan de forma asexual, llamadas conidios (significa polvo, los conidios son esporas de origen asexual). Por otra parte, hay un conjunto de hongos a los cuales no se les conoce fase sexual en su ciclo de vida y se les llama hongos imperfectos. Su reproducción se da por conidios. (Ver figura 17.21).

## Importancia de los hongos

Los hongos cumplen diversos papeles en la naturaleza y en las poblaciones humanas. Un aspecto que a menudo se desconoce de estos organismos es que resultan muy importantes para los ecosistemas, porque son descomponedores de materia orgánica y permiten así la recirculación de los nutrientes en las cadenas y tramas alimentarias. Algunos forman asociaciones con microalgas y constituyen los líquenes (formas de vida que pueden ser indicadoras de contaminación). Otros son parásitos de plantas y dañan cultivos, como el carbón del maíz (que es un basidiomiceto). Los hay que generan sustancias antibióticas, como el hongo imperfecto llamado *Penicillium* del cual se extrae la penicilina. Entre los más conocidos están los hongos comestibles como el champiñón, que es un basidiomiceto llamado *Agaricus bisporus* (ver figura 17.23), y ascomicetos como la Morchella y las trufas (estas últimas son productos de los más costosos en el mercado). Otros hongos pueden ser venenosos y se encuentran entre los organismos biológicos más peligrosos del mundo.



Figura 17.23. Champiñones de la Red Socialista de Boconó, donde se producen 480 mil kilos anuales.

## ¿Qué es un animal?



Figura 17.24. Diversidad de la vida animal. Nota las formas y los tamaños.

¿Qué es un animal? Antes de responderme reflexiona por 10 segundos la pregunta: 1, 2, 3, 4... 7... 10. ¿Cuál es tu respuesta? Para los biólogos la tarea de definir lo que es un animal y cuáles son los grupos de animales no ha terminado. Pues a medida que pasa el tiempo se descubren nuevos individuos que no cumplen con la definición o la clasificación ya establecidas, y se debe entonces comenzar una nueva discusión sobre lo que ellos son y cómo pueden definirse y organizarse. En la actualidad muchas de las definiciones de los organismos están cambiando, gracias a la biología molecular, utilizando una sección del ADN particular en los animales, entre otras características. Así mismo, los estudios genéticos obligan a reestructurar las clasificaciones tradicionales, las cuales en no pocas ocasiones incluyen animales no relacionados entre sí.



Los animales se pueden definir como organismos eucariontes heterótrofos multicelulares, entre los que la mayoría puede moverse por contracción muscular, al menos en alguna etapa de su vida, y que poseen tejido nervioso (con algunas excepciones). Además, muchos están conformados de manera compleja por diversos órganos, entre otras características.





El reino Animalia es uno de los más diversos (ver figura 17.24), y sus integrantes han sido agrupados en 30 grandes grupos aproximadamente (dependiendo del criterio de la clasificación pueden ser más o menos). En los cuadros que presentamos más adelante (ver cuadros 17.1 y 17.2), se describen brevemente algunos grupos destacados de invertebrados y vertebrados, que de alguna u otra manera tienen significación para el ser humano.

Es necesario resaltar que todos los animales de la Tierra tienen importancia, no sólo para nosotros sino, más allá, para el equilibrio y el funcionamiento del planeta. Sólo porque un organismo no tenga un significado económico o sobre la salud del ser humano, no quiere decir que "no sirva" o que tenemos derecho a destruirlo y desaparecerlo. Por una parte, no conocemos en su totalidad el potencial de cada especie, diariamente se consiguen nuevos medicamentos u otros productos cuyo origen es algún organismo vivo. Pero lo principal es que cada ser vivo es un nudo en una gran red a la cual todos pertenecemos. Por esta razón debemos respetar la vida por más insignificante que parezca.

La clasificación de los animales en dos grandes grupos: vertebrados e invertebrados, es antigua y poco rigurosa, pero se sigue usando por su practicidad. Los invertebrados son un numerosísimo grupo de animales muy diversos, de hecho representan más del 95% de las especies animales conocidas. Los caracteriza que carecen de columna vertebral. Los vertebrados, por su parte, poseen columna vertebral y esqueleto interno.

*Cuadro 17.1. Características e importancia de algunos grupos de organismos invertebrados.*



Animal	Características e importancia	Representante del grupo
<p><b>Las medusas</b> Pertenecen al grupo de los cnidarios. Los corales también forman parte del grupo.</p>	<p>Estos organismos viven principalmente en ambientes marinos, no poseen órganos y sólo están formados por tejidos. Poseen una red nerviosa descentralizada y receptores simples. Uno de los representantes más conocidos es la llamada "agua mala", una medusa que al contacto con la piel humana genera quemaduras por unas células urticantes.</p>	


Animal	Características e importancia	Representante del grupo
<p><b>Los gusanos planos</b> Gusanos planos o platelmintos. La solitaria y la planaria pertenecen a este grupo.</p>	<p>La principal característica de estos individuos es que su cuerpo es plano. Son capaces de regenerarlo: de un fragmento se puede formar un individuo. Carecen de cavidad interna. Son acuáticos, como la planaria de la imagen, o terrestres. También los hay parásitos, con un ciclo de vida en varios estadios. Por ejemplo, la solitaria o tenia que afecta a las personas y animales como el cerdo. Y el <i>Schistosoma</i>, peligroso parásito productor de la bilharzia.</p>	
<p><b>Los gusanos redondos</b> Gusanos cilíndricos o redondos del grupo llamado nemátodos.</p>	<p>Mantienen su forma gracias a la presión de los líquidos internos. No están divididos en segmentos. A diferencia de los grupos anteriores, presentan un sistema digestivo con dos aberturas. Muchos representantes de los nemátodos son descomponedores, otros carnívoros y aun otros son parásitos de plantas, animales y personas. El <i>Ascaris</i> parasita a niños y adultos.</p>	
<p><b>Los moluscos</b> Incluyen entre otros a pulpos, chipichipis, guacucos y caracoles.</p>	<p>Se caracterizan por poseer un cuerpo blando, la mayoría tiene concha con la excepción de los pulpos, calamares y algunas babosas. Muchos viven en ambientes marinos, pero también los hay de agua dulce y terrestres. Cuentan con un sistema circulatorio abierto. Pulpos y calamares poseen cerebro diferenciado. Son de gran importancia económica en la industria de los alimentos. En la actualidad en Venezuela sufrimos un problema ecológico por la invasión del caracol africano.</p>	
<p><b>Los anélidos</b> Gusanos segmentados. A este grupo pertenecen las lombrices de tierra y las sanguijuelas.</p>	<p>Son gusanos divididos en segmentos, de cuerpo blando y con diferentes longitudes. Pueden ser marinos, de agua dulce y terrestres. Algunos órganos se repiten en cada segmento. Aunque se reproducen sexualmente, también pueden regenerar segmentos. Ciertos anélidos, como la sanguijuela, pueden ser parásitos succionadores de sangre. Las lombrices contribuyen con el enriquecimiento del suelo.</p>	

Animal	Características e importancia	Representante del grupo
<p><b>Crustáceos, Insectos, Arácnidos y Miriápodos. Grupo de los artrópodos.</b></p> <p>Se incluyen en este grupo cangrejos, escorpiones, garrapatas, piojos, pulgas, chipos, los coquitos o escarabajos, los mil pies, entre muchos otros. Son un grupo muy numeroso y diverso.</p>	<p>Estos cuatro grupos pertenecen al gran grupo de los Artrópodos o invertebrados de patas articuladas. Todos poseen también un esqueleto externo de quitina (en algunos casos reforzado con carbonato de calcio), donde se fijan las fibras musculares y que les permite ágiles movimientos. A diferencia de los demás invertebrados, muchos de ellos han sido exitosos en ambientes terrestres.</p>	
	<p>Los crustáceos tienen importancia en la industria de los alimentos. Se diferencian de los demás artrópodos porque poseen 2 pares de antenas. Los camarones, cangrejos y langostas son parte del grupo. Pueden ser los animales que aportan la mayor biomasa en la Tierra.</p>	
	<p>Los insectos poseen 3 pares de patas y un par de antenas. Constituyen el grupo de animales más diverso de la Tierra, y los únicos invertebrados que vuelan. Unos chupan sangre de aves y mamíferos, como el zancudo en los humanos, y pueden transmitir virus que causan enfermedades. Muchos juegan un papel clave en la fecundación de las plantas, incluidos los cultivos; y de otros como las abejas extraemos miel y cera. Algunos son plagas de cultivos.</p>	
	<p>Los arácnidos se caracterizan por tener 4 pares de patas y no poseer mandíbulas, son predadores y muchos contribuyen en el control de insectos. Las arañas y escorpiones poseen fuertes toxinas que pueden llegar a matar a una persona. Otros como los ácaros pueden causar alergias y escabiosis (sarna). Los miriápodos son artrópodos alargados, divididos en segmentos y tienen un par de patas por cada uno de estos (cien pies) o dos pares (mil pies). Muchos son carnívoros, otros herbívoros o se alimentan de vegetales muertos.</p>	

*Cuadro 17.2. Características e importancia de algunos grupos de organismos vertebrados.*

Animal	Características e importancia	Representante del grupo
<p><b>Los peces</b> Tiburón, raya, sardina, atún, corroncho, pargo, mero, bagre, entre muchos otros.</p>	<p>Animales de agua dulce o salada, con aletas y escamas. Poseen branquias para respirar en el agua, aunque hay peces que también tienen pulmones. En realidad no descienden especialmente de un mismo linaje, son un grupo variado y el conjunto "Peces" no tiene significado biológico hoy. Poseen un sistema circulatorio cerrado con corazón y vasos. Y un sistema nervioso con un cerebro dividido en varias regiones. Es posible que sientan dolor. Muchos llevan a cabo migraciones que pueden ser hasta de miles de kilómetros.</p> <p>Resultan de importancia económica para las poblaciones humanas, que se alimentan de muchas de las especies de este grupo.</p>	
<p><b>Los anfibios</b> Grupo que incluye sapos, ranas y salamandras.</p>	<p>Pueden vivir tanto en el agua como en la tierra. Son los únicos vertebrados que sufren metamorfosis (larva y adulto). La piel (sin escamas) les permite el intercambio de gases, tomar oxígeno adicional al que ingresa a los pulmones. Algunos son comestibles para las personas, otros pueden ser venenosos. Sus poblaciones han sido muy diezmadas en el último siglo.</p>	

Animal	Características e importancia	Representante del grupo
<p style="text-align: center;"><b>Los reptiles</b></p> <p>Entre ellos: morrocayos, caimán del Orinoco, cocodrilos, tortugas, serpientes y lagartos.</p>	<p>Poseen pulmones, y gruesas escamas en su cuerpo que les brindan protección. Sus huevos presentan cáscara y amnios, que es una doble membrana la cual permite al embrión desarrollarse en tierra. En cambio, los huevos de peces y anfibios carecen de ella. Su fertilización es interna. La mayoría son ovíparos pero en otros casos los embriones se desarrollan dentro de la hembra. Muchas poblaciones venezolanas se alimentan de morrocayos y consumen huevos de iguana, también se utiliza la piel de caimanes y serpientes. La sobreexplotación es una amenaza para las especies afectadas.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Las aves</b></p> <p>Gallinas, patos, pavos, palomas, águilas, loros, colibríes, turpiales, otros.</p>	<p>Las aves se caracterizan por tener plumas y alas y, en muchos casos, por volar. Son endotérmicas: regulan su temperatura por procesos internos, a diferencia de anfibios, reptiles y la mayoría de los peces que son todos ectotérmicos y deben recurrir a factores externos para regular su temperatura. Presentan un corazón con cuatro cámaras y un cerebro desarrollado. Evidencian el uso de herramientas y la transmisión cultural de saberes. Son sociales y se comunican entre sí por signos visuales y el canto. Usualmente, atienden a sus crías por tiempo prolongado. Diversas especies migran largas distancias. Las aves son los únicos descendientes vivos de los dinosaurios. Las aves de corral representan una fuente de alimentos para la sociedad, desde su carne hasta los huevos son consumidos. Algunas aves son comercializadas como mascotas poniendo en peligro a sus especies.</p>	

Animal	Características e importancia	Representante del grupo
<p><b>Los mamíferos.</b> Ovejas, perros, gatos, vacas, caballos, dantas, murciélagos, ratones, delfines, el ser humano.</p>	<p>Los mamíferos se caracterizan por poseer mamas con las cuales alimentan de leche a sus crías. La mayoría son vivíparos: sus embriones se desarrollan dentro de la hembra, protegidos por la placenta; sin embargo, el ornitorrinco pone huevos y los canguros y rabilpelados dan a luz crías que terminan de desarrollarse en el exterior. Los mamíferos son los únicos animales cuyo cerebro tiene neocórtex: las áreas más evolucionadas de la corteza. La carne, leche, piel, pelo, entre otros, son productos que se obtienen de estos animales. Es común su uso como mascotas. El ser humano pertenece a este grupo de organismos.</p>	

## Los derechos de los seres vivos

¿Derechos de los seres vivos? Reflexiona sobre esta pregunta. Hoy en día se está dando una discusión en todo el mundo sobre si es posible que los seres vivos, no humanos, deban tener derechos. Dos visiones se encuentran en este sentido: la primera, ve a los organismos como objetos que son propiedad de personas, y la segunda como seres que comparten un mundo con nosotros y a los que debemos respetar.

La visión de consumo y de enriquecimiento no sustentable ha llevado a muchos al maltrato y explotación irracional de las vidas humanas y no humanas, causando muerte, destrucción y extinción de especies. La sociedad debe despertar a una nueva concepción del mundo, en la que no seamos “los únicos” y giremos nuestra mirada para reconocer y celebrar la vida que nos rodea. Todos nosotros debemos ser garantes de la vida sea cual sea su origen, forma, color, tamaño, desde las pequeñas hierbas hasta los más altos árboles, desde los microorganismos hasta la ballena azul.

### ¿Sabías que...?

La Constitución de Ecuador (2008) ha sido la primera en el mundo en reconocer los derechos de la naturaleza.



Si miramos nuestra historia, hemos venido logrando la inclusión de cada vez más personas que antes eran excluidas por su color, raza, religión o clase social. ¿Por qué no luchar por un mundo más justo también para aquellos seres no humanos con quienes compartimos la vida? ¿Cuáles son las limitaciones que nos llevan a no reconocer a los otros seres vivos? ¿Por parecer insignificante una vida debo destruirla? ¿Conocemos los beneficios que a corto, mediano y largo plazo puede traer el proteger y mantener en las mejores condiciones a todo ser vivo? Piensa en esto y recuerda que una actitud individualista sólo lleva a desmejorar a otras personas y a las especies que comparten un mundo con nosotros.



*A nuestro alrededor y en nuestras estructuras, siempre está un ser vivo compartiendo nuestro día.*



## Un trabajo de campo para conocer más la vida

Si no lo hicieron al tratar el tema de Biodiversidad, ahora sería una buena oportunidad para realizar un trabajo de campo que les permita observar a los seres vivos en su ambiente. Por ejemplo: un río, una playa poco concurrida, un terreno baldío, un parque o jardín, un tronco podrido, el mismo liceo y sus alrededores... En libros y por Internet pueden conseguir orientaciones para su trabajo. Aquí incluimos algunas para el caso de un baldío.

### ¿Qué necesitan?

Frasco de boca ancha, pinceles, tela de color negro o verde, aro de metal o gancho de ropa, alimentos, papel absorbente, gasa, liga, plato o caja, cedazo, palo de escoba, bolsa plástica transparente.

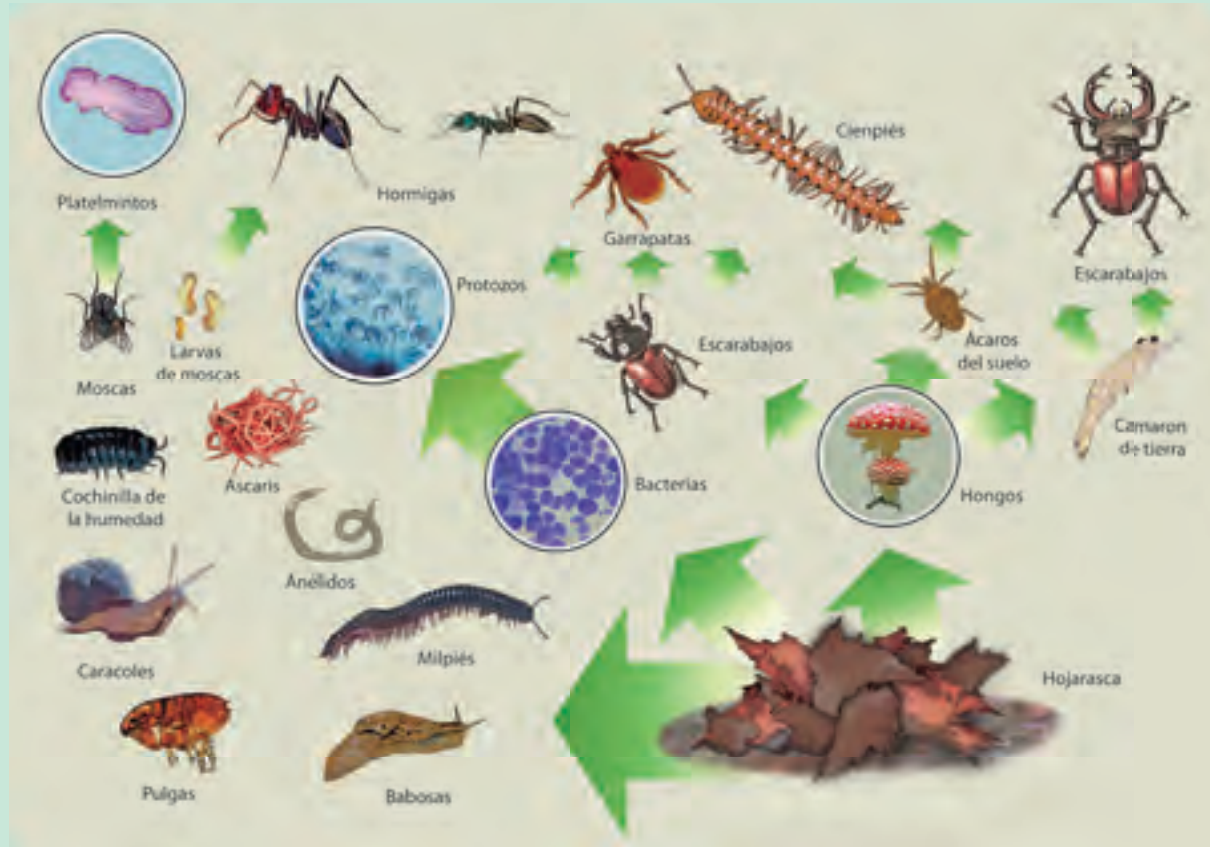
### ¿Cómo lo harán?

- **Un terreno baldío:** Un baldío es un buen lugar para saber más acerca de los seres vivos y sus interacciones. Pueden comenzar haciendo un plano del sitio. Determinen luego la cantidad aproximada de piedras, basuras y otros restos que hay en el suelo. Los restos de animales y vegetales que se encuentran en el suelo nos ofrecen pistas sobre las vidas de estos organismos.

- Observen si hay plantas de los tres tipos: hierbas, arbustos y árboles, y en qué partes del baldío se encuentran. ¿Se ven flores, frutos y semillas? ¿Hay brotes de plantas nuevas? ¿Hay plantas que viven sobre otras? Pueden hacer un estudio más a fondo de algunas plantas seleccionadas. Busquen restos vegetales en el suelo (hojas, frutos...). ¿De qué plantas proceden?

- Busquen líquenes y musgos. Los musgos siempre son verdes y viven en lugares húmedos. Los líquenes pueden ser grises, crema, verdosos o de colores vivos, son capaces de sobrevivir en sitios secos, como sobre piedras. A menudo son escamosos, a veces fibrosos. Busquen también hongos y mohos, en el suelo, en los troncos, en las hojas secas...

- ¿Qué animales se ven: insectos, gusanos, arañas, sapitos, lagartijas, aves, ratones...? ¿Ven restos de animales: excrementos, cáscaras de huevos, caparzones, nidos...? ¿Huellas en el suelo o en las plantas? ¿Ven animales comiendo? ¿Qué pájaros prefieren cuáles frutos y cómo se los comen? Busquen telas de araña. ¿Se ven insectos atrapados? ¿Se ve a la araña?



- Busquen animales en la superficie del suelo, en la hojarasca, en troncos en descomposición, bajo las piedras, sobre plantas herbáceas o en su interior. No metan la mano directamente en estos lugares, podrían recibir picadas de escorpiones o de otros animales. Utilicen un palito. Dejen los lugares observados tal como los encontraron al inicio.

- Si consiguen lombrices, babosas, caracoles y cienpiés pueden guardarlos en un recipiente grande con grava, tierra húmeda, musgo, cortezas y hojas secas. Puede ser una cuba de vidrio o un frasco de boca ancha. Obsérvenlos por algunos días y libérenlos luego en un lugar apropiado.

- Para encontrar animales en la hojarasca, recojan ésta, especialmente la más húmeda, menos superficial. Tamícenla en una criba o cedazo, con malla de 8 mm. Dejen caer el contenido en un plato o caja. ¿Caen animalitos?



- Para observar mejor a los animales pequeños (insectos, arácnidos, caracoles, babo-  
sas...) se pueden preparar trampas: de papa y de hortalizas para los herbívoros, y de carne  
para los carnívoros. Para la trampa de papa, con un cuchillo se abre un orificio en el vegetal y  
se vacía por dentro; luego, se entierra parcialmente en el suelo, de manera que por el orificio  
puedan entrar animalitos que se mueven sobre la superficie. Las hortalizas (tomate, zanaho-  
ria, lechuga...) se ponen sobre el suelo y se cubren con un plástico fijado por estacas, para  
protegerlas de animales mayores. La trampa de carne se prepara fácilmente con un frasco de  
vidrio boca ancha no muy grande, enterrado de manera que la parte superior quede a ras del  
suelo; En el interior del frasco puede ponerse un pedacito de carne, pescado o queso. Por otra  
parte, si el terreno es húmedo, es posible que las conchas de cambur y de naranja amanezcan  
llenas de “visitantes”.

- Se pueden atrapar mariposas para observarlas con calma e identificarlas. Pero no las  
toquen, pues son muy frágiles. Usen una red. Pueden hacer una con una malla tupida de algo-  
dón, de color negro o verde y de unos 60 cm de largo, y una armazón de alambre de 30 cm de  
diámetro. Pueden usar un gancho de ropa doblado y unido a un palo. Los expertos desacon-  
sejan hacer la malla de nailon, pues daña las alas de las mariposas. Recomendamos poner las  
mariposas en un frasco tapado con una lámina de plástico transparente a la que le hayan hecho  
unos agujeritos de ventilación. Después de observarlas un rato, las liberan. Con la red pueden  
atraparse también otros insectos como grillos o saltamontes, que pueden alojarse por un rato  
en un frasco con suelo húmedo y pedazos de lechuga, papa o pan mojado, para observarlos.

### **¿Qué observan?**

Identifiquen las diversas características de los organismos observados como color, for-  
mas, tamaño, estructuras especiales, el grupo al que pertenecen, entre otros. Elaboren una  
tabla donde se muestren partes identificadas, la descripción de lo estudiado, la ilustración y  
cualquier otro aspecto que consideren importante. También tomen fotografías que evidencien  
lo observado. Describan en su cuaderno o elaboren tablas de registro para las observaciones.

### **¿Cómo lo pueden interpretar?**

¿Qué diferencias pudieron observar entre los organismos capturados? ¿Qué semejanzas  
detectaron? ¿Qué grupos tienen mayor cantidad de representantes? ¿Las plantas o los anima-  
les? ¿Qué animal es más frecuente conseguir en las plantas? Y ¿Qué grupo de plantas alberga  
más animales?

De regreso pueden preparar entre todos una exhibición sobre lo aprendido. Por ejem-  
plo, por equipos pueden indicar: “Algo nuevo, algo raro y algo bello”. O: “Cosas que ya sabíamos,  
cosas que no sabíamos, cosas que nos gustaría saber”. La idea es hacer una exhibición atractiva  
y no rutinaria.



## Conociendo a las lombrices de tierra

¿Qué cambios observas en un terrario a través del tiempo cuando se incorporan lombrices a este?

### ¿Qué necesitan?

Frasco plástico grande de agua o refresco, agua, arena lavada sin piedras grandes, arena amarilla fina, arena negra para plantas (arena abonada), lombrices de tierra, restos de vegetales como: conchas de zanahoria, papas, plátano, lechuga, tomate, otros. Bolsa plástica negra o tela oscura.

### ¿Cómo lo harán?

Obtención de las lombrices: Las lombrices son organismos del suelo que suelen vivir en la capa de éste rica en nutrientes y materia orgánica en descomposición, llamada humus (capa casi siempre de color negro). En porrones con plantas o en los jardines de nuestros familiares, podemos conseguirlas. Son de cuerpo alargado, con segmentos y blando (muy delicado); su color puede ser morado, rosado, rojo, intenso o pálido. Sus huevos son ovalados, de unos milímetros de diámetro, transparentes, blancos o beige.

Construcción de un lumbricario: Corten el cono que forma el pico de la botella plástica (puede ser de agua o refresco, las peceras pequeñas también son útiles). Esto facilitará el acceso al recipiente. Coloquen capas de arena y abono de manera alterna. Algunos expertos recomiendan colocar una capa muy delgada de papel blanco en tiritas (sin tintas de ningún tipo). Otros recomiendan que una de las capas sea de restos vegetales, muy delgada, pero esta capa puede elevar la temperatura por la descomposición de sus materiales y afectar a las lombrices y sus huevos. Para evitar esto, se recomienda colocar los vegetales (que son necesarios para la alimentación de los organismos) como la última capa del lumbricario. Rieguen moderadamente, no humedezcan demasiado pues eso puede provocar descomposición y mal olor. Las lombrices necesitan de la humedad para no deshidratarse.

Terminado el terrario, trasladen a las lombrices y observen. Las lombrices huyen de la luz, porque estar mucho tiempo expuestas a ésta puede matarlas. Para evitarlo, tapen el terrario con una bolsa negra plástica o tela.

### ¿Qué observan?

Describan en su cuaderno lo observado durante varios días, o elaboren tablas de registro. También tomen fotografías o hagan dibujos.

### ¿Cómo lo pueden interpretar?

¿Qué cambios observaron en las capas del terrario? ¿Cuál fue el comportamiento de las lombrices? ¿A qué lo atribuyen? ¿Cuánto tiempo tardaron las lombrices en alterar el terrario? ¿Qué sucedió con los vegetales? ¿Por qué? Comparen lo sucedido con el papel de las lombrices en los ecosistemas.



## Los derechos de los seres vivos

¿Recuerdas la polémica presentada en esta lectura sobre los derechos de los seres vivos? Para conocer la opinión de las personas de tu escuela y sus alrededores o de tu comunidad, puedes realizar una encuesta enfocada en esta problemática.

Organízate en un equipo de compañeras y compañeros y planifica tu trabajo. Pueden entrar en la siguiente página web, para observar un modelo de encuesta relacionada con el tema de los derechos de los seres vivos: [http://www.interior.ejgv.euskadi.net/contenidos/boletín\\_revista/ihitza\\_16/es\\_ihitza/adjuntos/16es\\_izaki.pdf](http://www.interior.ejgv.euskadi.net/contenidos/boletín_revista/ihitza_16/es_ihitza/adjuntos/16es_izaki.pdf)

Con esta y otras orientaciones, elaboren su propia encuesta y decidan el número y tipo de encuestados a quienes se la van a aplicar. Luego de realizado su trabajo de campo, con la ayuda de su docente procesen la información recabada. Hagan tablas y gráficos. Interpreten sus resultados. Discutan sobre la posición de las personas acerca del tema. ¿Cuál es la opinión de ustedes sobre la problemática? Saquen conclusiones. Es positivo incluir también recomendaciones de acuerdo a lo investigado. Expongan su investigación a sus compañeras y compañeros. De ser posible, háganla del conocimiento de las y los encuestados.



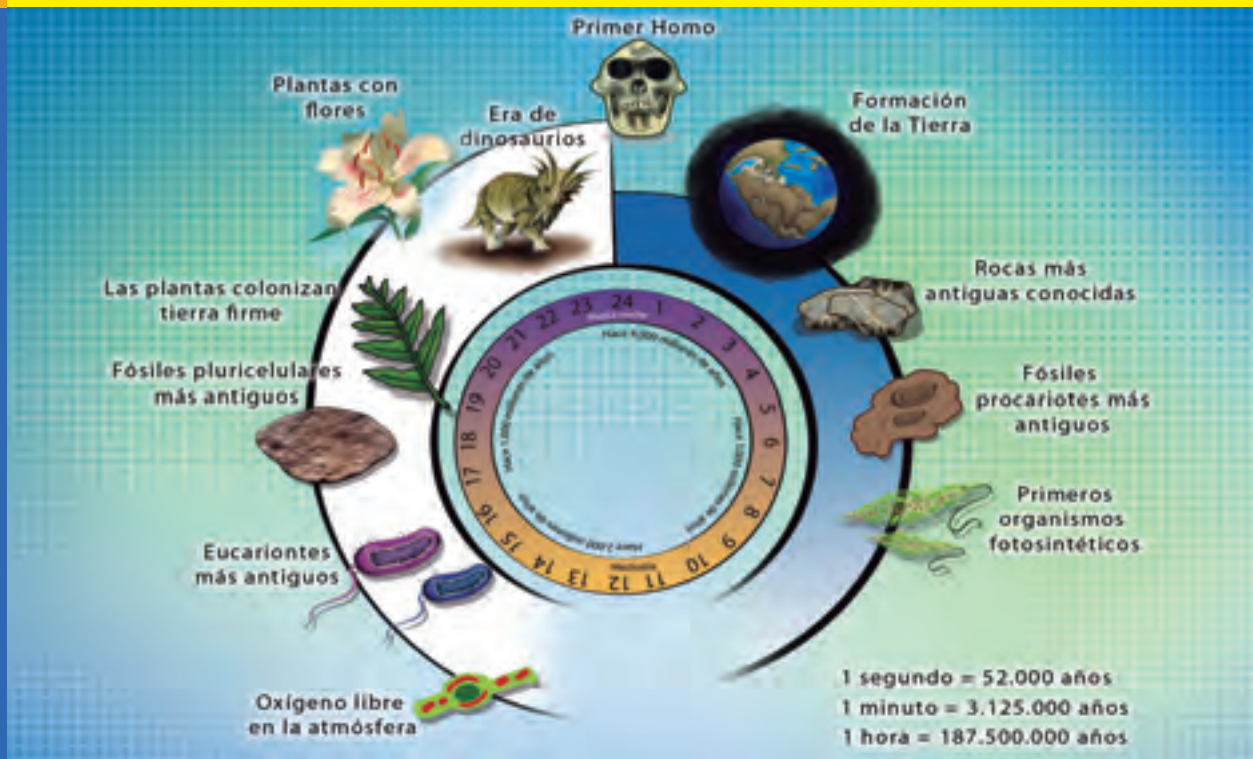
## Actividades de autoevaluación

**1.** Realiza un cuadro donde se evidencien las diferencias y semejanzas entre los grupos de organismos tratados en esta lectura. Realiza una exposición a tus compañeras y compañeros con los principales resultados de este trabajo. Discutan sobre los acuerdos y desacuerdos acerca de las diferencias y semejanzas detectadas.

**2.** ¿Es “malo” que los hongos echen a perder el pan? Explica tu respuesta.

**3.** Escoge un ser vivo que conozcas directamente de cada uno de los reinos presentados en esta lectura. Señala sus principales rasgos, según lo que puedes observar y lo que no puedas observar pero consultes en fuentes confiables. ¿Cuál es la relación de estos seres vivos con los humanos? ¿Cuál es su relación con otros seres vivos y los factores abióticos en el ambiente donde habitan?

**4.** ¿Hay seres vivos perjudiciales?



¿Cómo se puede explicar la inmensa variedad de seres vivos que habitan actualmente la Tierra? ¿Qué procesos han intervenido para producirla? A lo largo de la historia de nuestro planeta muchas son las especies que han sufrido modificaciones y otras que han desaparecido, ¿conoces alguna especie que se haya extinguido? Seguro recuerdas a los dinosaurios, los mamuts, los pájaros dodos. En Venezuela también se han extinguido especies, incluso recientemente, como la danta de montaña y el sapito arlequín amarillo. Y, hace miles de años, la pereza gigante y el llamado tigre dientes de sable, entre otros.

En la diversidad del mundo biológico se pueden observar las diferencias y similitudes entre las especies, lo que permite establecer comparaciones y saber si han cambiado y de qué manera. Esto se explica por la **evolución biológica**, la cual consiste en el cambio de las características hereditarias de grupos de organismos específicos a través de las generaciones, de forma progresiva, más o menos lenta y gradual.

Hoy día los conocimientos sobre genética permiten un mejor análisis del concepto de evolución, pero históricamente no surgió así, sino que se construyó gracias a investigaciones de importantes naturalistas como Charles Darwin y Alfred Russel Wallace, quienes establecieron la **teoría de la evolución por selección natural**.

En esta lectura, se explicarán los planteamientos de distintos científicos y sus aportes que permiten comprender los procesos evolutivos. Daremos un vistazo a la teoría propuesta por Darwin y Wallace. Conoceremos los mecanismos que generan evolución y cómo surge una nueva especie, entre otros aspectos.

## Primeras ideas de evolución: del Lamarckismo al Neo-Darwinismo

Vamos a reflexionar sobre cómo se ha visto la evolución de las especies a lo largo de la historia y cómo los diversos enfoques generados llevaron a muchos investigadores por el mundo, con el fin de tratar de dar respuesta a las preguntas relacionadas con el origen de las especies.



**Figura 18.1.** *La creación de Adán* (1510), fresco del artista Miguel Ángel en la Capilla Sixtina, Ciudad del Vaticano, Italia.

La corriente de pensamiento más común entre los humanos al inicio de las grandes sociedades fue la constituida por el fijismo y el creacionismo. El fijismo planteaba que ninguna especie variaba a lo largo del tiempo: bastaba con la simple observación para establecer patrones entre las especies y concluir que eran fijas. Por su parte el creacionismo añadía a este pensamiento que las especies provenían de la mano de un creador o ser supremo.

Los aportes del naturalista y observador francés Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) fueron importantes para el pensamiento evolucionista, porque él es quien realiza la primera recopilación de ideas y crea un cuerpo de conocimientos que intenta explicar los procesos evolutivos de forma coherente. En su obra titulada *Filosofía zoológica* de 1809 expone:

1. El ambiente: los cambios ambientales generan nuevas exigencias a los seres vivos y estos deben ajustarse a ellas.
2. La fuerza interior: la vida tiende a ir de lo simple a lo complejo impulsada por un sentimiento interior.
3. Uso y desuso de los órganos: Lamarck planteó que algunos órganos se fortalecían más que otros debido a la influencia del ambiente, el uso y el desuso. Las partes fortalecidas se mantenían y las partes debilitadas tendían a desaparecer.
4. Herencia de los caracteres adquiridos: Lamarck señaló que las características adquiridas o perdidas por influencia del entorno se transmiten de padres a hijos.



**Figura 18.2.** Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829).

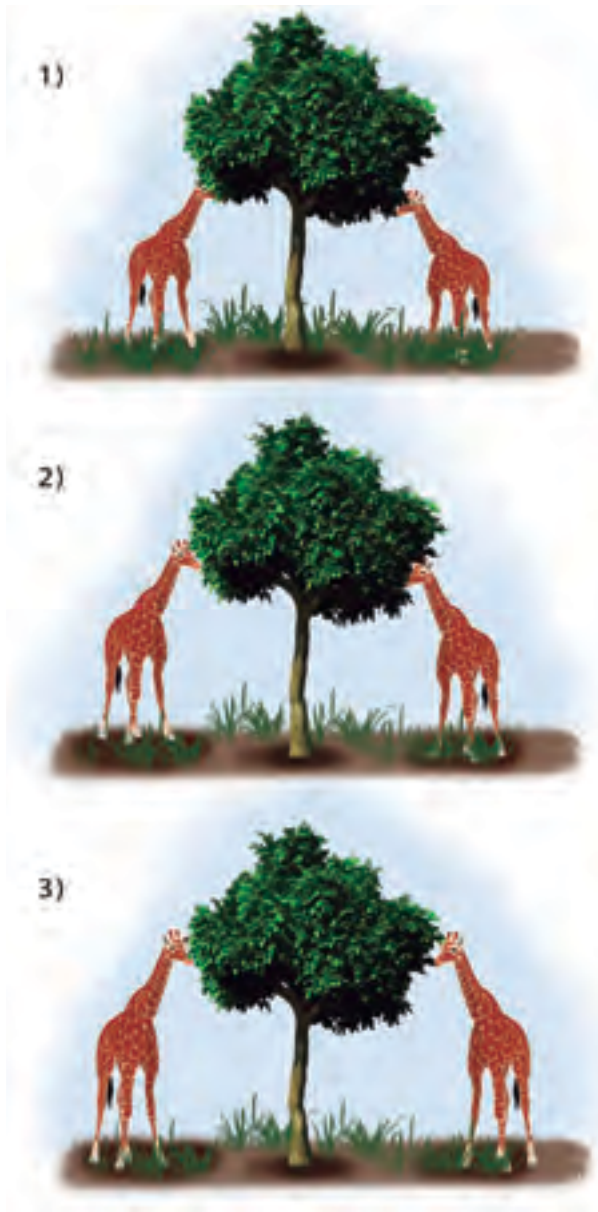


Figura 18.3. Ejemplo del lamarckismo.

Un ejemplo de la teoría de Lamarck, refutada cincuenta años después, es este:

1. Las jirafas primitivas se alimentaban de árboles bajos en la sabana.
2. Cuando el alimento disminuía en la parte baja de los árboles, las jirafas necesitaban estirar el cuello y las patas para poderse alimentar, debido a esto los órganos se iban alargando.
3. Las características adquiridas por las jirafas se transmitían a la descendencia.

Charles Darwin (1809-1882) y Alfred Russel Wallace (1823-1913), fueron dos grandes naturalistas que de manera independiente encontraron una misma respuesta sobre el posible origen de las especies, y esa respuesta es la selección natural. Ellos trabajaron en distintas regiones del mundo, observaron durante mucho tiempo a la naturaleza, reflexionaron sobre sus observaciones y coincidieron al proponer el fundamento teórico que explica el mecanismo que permite la evolución de las especies.

Los estudios de estos hombres de ciencia fueron controversiales. A mediados del siglo XIX, después de la publicación de sus trabajos, Darwin y Wallace fueron muy criticados por sus investigaciones, en sus planteamientos sobre el origen de las especies y en especial sobre la especie humana, ya que refutaban las ideas creacionistas y fijistas.

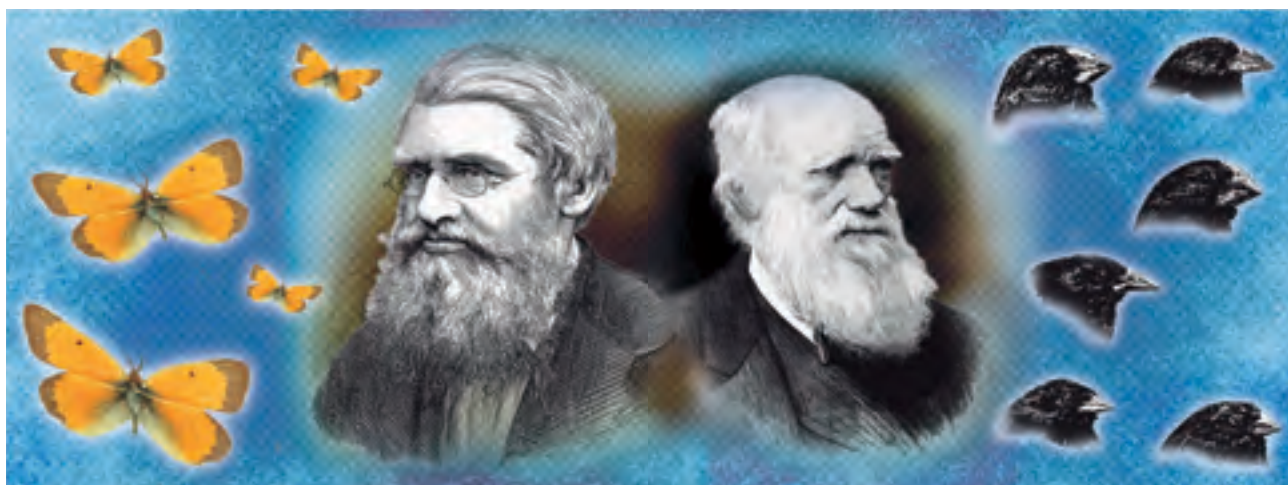


Figura 18.4. Alfred Wallace y Charles Darwin, los padres de la Teoría sobre la Selección Natural.

Para poder Darwin llegar a sus conclusiones fue clave un viaje que realizó por todo el mundo entre los años de 1831 y 1836, dedicándose a observar, anotar y recoger muestras sobre la variedad de la vida, las diversas formas que tenían las especies, y como sobrevivían a las condiciones del ambiente, incluyendo a los fósiles de vida ya extinguida.

Darwin recorrió todo el sur del planeta en su expedición y se concentró específicamente en el archipiélago de las Galápagos. En estas islas, observó las características de las aves y cómo diferían en el tamaño y la forma del pico. Cada isla tenía especies particulares y eso incluía a una gran variedad de pinzones, aves a las que prestó especial atención. De sus observaciones y reflexiones, Darwin pudo concluir que todas las especies de pinzones tenían un ancestro común pero, al quedar separadas en diferentes islas, con el tiempo se adaptaron a las distintas condiciones de su entorno para sobrevivir. Otros ejemplos de adaptación los observó en las tortugas y las iguanas que allí habitaban.



*Figura 18.5. Variedad de pinzones encontrados en las islas Galápagos, que difieren en la forma y tamaño del pico según su tipo de alimentación.*

El proceso que permitió la adaptación de las especies en estas islas era, según Darwin, la selección natural. Esta se basa en que los organismos con características que mejor se adapten a las condiciones ambientales sobrevivirán, y se reproducirán con mayor facilidad, logrando así tener descendientes que heredarán esas características que permiten sobrevivir. Por el contrario, aquellos miembros de la población con características que no se ajusten a ese ambiente en específico, se reproducirán en menor cantidad o morirán tempranamente sin reproducirse.

Darwin concluyó que la diversidad de especies en las islas se debía a las adaptaciones que estos animales desarrollaban, y que el aislamiento geográfico entre las especies promovió la diversificación encontrada, además afirmó que estas adaptaciones particulares se transmitían a las siguientes generaciones, es decir, que estas particularidades promovían la supervivencia del más apto.

Es importante tener presente que las condiciones ambientales presionan sobre las especies, pero ¿cómo lo hacen?, es el entorno el que determina la disponibilidad de alimento, el clima, los posibles lugares de cría, las relaciones con otras especies, entre otros factores. Esto influye en la competencia entre los organismos de una misma especie por los recursos, por ello el ambiente favorece o dificulta la reproducción de los individuos de una misma población.

Mientras que Darwin viajaba por el mundo en el navío llamado Beagle, por su parte Wallace trabajaba de forma independiente en el Archipiélago Malayo entre 1854 y 1862, observando la vegetación, la fauna y los fósiles de las numerosas islas de Indonesia.



*Figura 18.6. Recorridos de Darwin y Wallace en distintos archipiélagos, que les permitieron llegar a similar conclusión sobre la Teoría de la Selección Natural.*

En 1858 Wallace envió desde Asia su trabajo a Darwin para que este como experto le ayudara a mejorar su obra. Estos evolucionistas pioneros habían llegado a similares conclusiones y Darwin decidió publicar juntos sus trabajos ese mismo año ante los científicos de Londres en la Sociedad Linneana.

En la actualidad, el pensamiento darwiniano parece a primera vista no reflejar los logros de Wallace, pero quizás el aporte más significativo de su obra fue el apoyar las conclusiones que desde años anteriores Darwin ya poseía sobre este mecanismo de la evolución, y que no se había atrevido aún a develar por su afán de organizar más evidencias y quizás por temor a la crítica de la sociedad científica y otros grupos importantes de su entorno. Darwin y Wallace estudiaron la biodiversidad y llegaron a parecidas conclusiones: es el ambiente a través de la selección natural la fuerza que está detrás de esa variedad de la vida.





## Observando la vida tanto en la naturaleza como en casa, así como Darwin y Wallace lo hicieron

Las estrategias de supervivencia de un organismo dependen de las adaptaciones estructurales, fisiológicas y genéticas que posea, y si las logra transmitir a la siguiente generación favorecerá que tales estrategias se mantengan. El propósito de esta actividad es observar la importancia de dichos procesos de supervivencia, para lo cual te sugerimos realizar el siguiente trabajo de campo.

### ¿Qué necesitas?

Una cámara fotográfica, una libreta de notas, lápiz y goma de borrar.

### ¿Cómo lo harás?

1.- Organiza junto con tu grupo una salida a un parque en su comunidad, acompañados de su docente. Realiza una observación detallada de las estructuras corporales que tienen algunos animales como: el pico y las alas en las aves, la cola y las patas en los monos, las alas y las patas en algunos insectos, entre otros, así como la forma en que utilizan esas estructuras para encontrar comida, defenderse y otras actividades. Recuerda tomar notas y fotografiar cada aspecto que sea de utilidad para una futura discusión.

2.- Recuerda que la competencia entre las especies promueve la selección del más apto según el Darwinismo. Estando en casa y al frente del televisor, observa un juego deportivo y realiza una comparación entre ambos equipos, determina cuál de los dos es más competente para poder ganar y por qué.

### ¿Cómo lo interpretas?

¿Qué explicaciones le puedes dar a lo observado? ¿Qué estructuras pudiste observar en los distintos animales? ¿Cómo fueron usadas las estructuras por estos animales para lograr sobrevivir? ¿Qué crees que pasaría si la comida comienza a escasear en el parque por una sequía? ¿Cómo puedes predecir el posible triunfo de un equipo deportivo? ¿Cuál es el comportamiento que tienen los equipos deportivos mejor preparados? ¿Cómo se pueden comparar tus observaciones con los postulados del Darwinismo?



*Figura 18.7. Parque Generalísimo Francisco de Miranda, en Caracas.*

## ¿Cómo actúa la selección natural propuesta por Darwin?

¿Alguna vez has escuchado hablar sobre los criadores de caballos que eligen a los padres más veloces y los cruzan entre sí, para obtener potros con las mismas características de velocidad? ¿O sabes cómo se originaron algunas de las razas de perros que se comercializan en la actualidad? La respuesta a estas preguntas se centra en la llamada selección artificial, en la cual el criador o agricultor elige a los individuos con las características deseadas (frutas más dulces y grandes, caballos más veloces, perros con pelo más largo o más corto y así sucesivamente), para luego reproducirlos y obtener los beneficios.

Darwin reflexionó que en la naturaleza se daba un proceso similar llamado selección natural, que en la actualidad es la base de la teoría evolucionista. Sin que intervenga criador o agricultor alguno, aquí es el medio ambiente el que selecciona a los individuos, que sobreviven gracias a sus adaptaciones (rasgos o características que les permiten a los organismos ajustarse a su ambiente, sobrevivir y reproducirse), y los transforma en los progenitores de la siguiente generación. De esta manera, a lo largo del tiempo la población acumulará una serie de rasgos favorables, e irán disminuyendo en ella los rasgos desfavorables, luego de muchas generaciones este proceso puede dar origen a una nueva especie.

La evolución por selección natural, según Darwin, se basa en que las especies son capaces de producir más descendientes de los que sobreviven y se reproducen con el tiempo. Por ejemplo, de las decenas de huevos que produce una tortuga marina, sólo unos pocos tortuguillos llegarán a la edad reproductiva y dejarán descendientes.

Todos los individuos provienen de otros similares a ellos. Y las variaciones entre los integrantes de una población tienen su origen en el azar. Pero sucede que algunas de estas variaciones, dadas unas condiciones ambientales determinadas, les confieren a los individuos que las poseen una mayor capacidad de sobrevivir y reproducirse, transmitiendo sus características a la siguiente generación. De esta forma, los organismos menos aptos no llegan a reproducirse o, si se reproducen, su descendencia es menos numerosa o menos competitiva.

La interacción entre el ambiente y las variaciones heredables determinan la sobrevivencia y la reproducción de los organismos. La limitación de recursos necesarios para la vida de los seres vivos los lleva a competir por ellos, lo que trae como consecuencia que algunos no sobrevivan e incluso no lleguen a reproducirse (lo que se llama la lucha por la existencia). Por último, la selección natural puede dar origen a nuevas especies a partir de poblaciones de una misma especie, gracias a la acumulación de cambios de generación en generación.



*Figura 18.8. Distintas razas de perros.*

## Pruebas o evidencias científicas que sustentan la evolución

Los resultados de la actividad de científicas y científicos nos han permitido acumular una cantidad de pruebas o evidencias que apoyan a la teoría de la evolución de Darwin, entre estas podemos mencionar las que siguen.

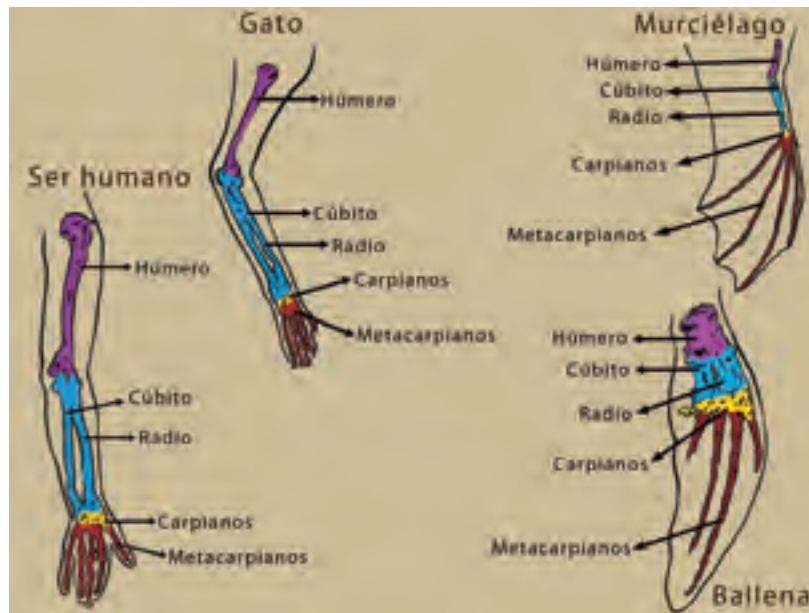
El registro fósil o paleontológico: Las evidencias provenientes de los organismos fosilizados permiten a las investigadoras y los investigadores conocer cómo eran algunas especies extintas, su hábitat y la relación que tienen con los organismos que existen en la actualidad. Los fósiles (significa "algo desenterrado" en latín) pueden ser marcas dejadas por la actividad de algún organismo, una parte de este o el individuo entero. Esta evidencia tan importante ha permitido conocer, en parte, la línea o relación evolutiva del ser humano y sus antecesores. La evolución del caballo y de las ballenas, son ejemplos bien conocidos gracias a los aportes del registro fósil.



*Figura 18.9. Puedes observar el proceso de fosilización de Ammonites.*

**Características homólogas u homologías:** Un común origen evolutivo entre especies se puede evidenciar en las características homólogas presentes en estas. Por ejemplo, los huesos que van desde el hombro hasta los dedos en las personas tienen un patrón similar en otros animales como la ballena y los murciélagos, entre muchos. Se piensa que un ancestro común, del cual surgieron todas estas especies, tenía el mismo patrón de huesos que se transmitió por generaciones y que también fue adquirido por las nuevas especies que surgieron en el tiempo.

No sólo las estructuras corporales pueden tener patrones similares, también pueden observarse en aspectos bioquímicos como la glucólisis y sus procesos, rasgos celulares como la doble membrana de lípidos, en la función de los ribosomas, o en la función de algunas proteínas como el citocromo C. Son ejemplos de homologías entre organismos totalmente distintos, como plantas, animales, seres humanos y unicelulares.



**Figura 18.10.** Homologías entre gatos, ballenas, murciélagos y humanos. Observa la correspondencia entre los huesos de estos organismos.

**Observación directa:** Darwin pensaba que la evolución por selección natural no podía ser observada directamente por el ser humano, debido a la lentitud en el tiempo con que se daba. Algunas investigadoras e investigadores han demostrado por observación directa y experimentación, que la evolución se da constantemente, mientras lees esta lectura, duermes o ves la televisión, y que en ocasiones es bastante rápida. Un ejemplo clásico que demuestra esta afirmación es el de la polilla moteada de color claro (*Biston betularia*). Esta se mimetiza: adaptación en la que un organismo se parece a otro, o a un objeto, logrando así protección o algún otro tipo de ventaja. La polilla se mimetiza con los árboles y rocas cubiertas por líquenes, y así logra impedir ser devorada por los predadores, como pájaros.



**Figura 18.11.** *Biston betularia*, polilla moteada.

Con la extensión y el desarrollo de las industrias en Europa, los líquenes fueron desapareciendo de los lugares habitados por la polilla, debido a la contaminación con humo u hollín que cubría las rocas y árboles. Bajo esta situación, la polilla de color claro comenzó a ser blanco fácil de los depredadores. Después de un tiempo se encontraron cada vez mayor número de polillas negras, que se mimetizaban con el nuevo aspecto del lugar, mientras que las otras se encontraban en menor cantidad. La polilla de color negro es parte de unos cuantos individuos mutantes ya existentes anteriormente en la población de *Biston betularia*, y que en este caso fueron favorecidos por las nuevas condiciones ambientales, en las cuales el color negro los hacía menos visibles a los depredadores en comparación con los individuos claros.

## Un nuevo concepto de evolución

¿Recuerdas cuáles son las leyes de Mendel y cómo se da la transmisión de los caracteres? Este conocimiento que tú y yo tenemos hoy sobre cómo es que se da la herencia de un ser a otro, fue una de las interrogantes que Darwin no pudo contestar.

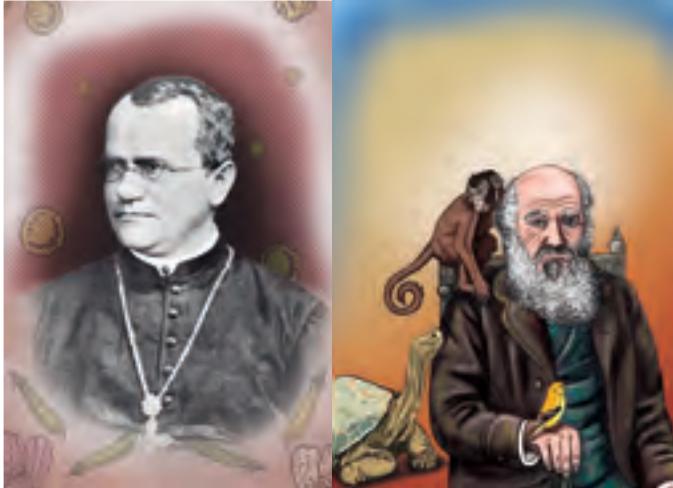


Figura 18.12. Mendel y Darwin.

Los avances de Darwin en el pensamiento evolucionista fueron grandiosos, pero con los años algunas críticas fueron apareciendo y el Darwinismo perdió popularidad entre los científicos, por diversas interrogantes que no tenían respuesta, como por ejemplo: ¿cómo ocurría la herencia de las características entre las especies?, ¿cuáles eran los mecanismos que otorgaban variabilidad a una población?, ¿por qué los caracteres hereditarios no se mezclaban? Gregorio Mendel publicó sus investigaciones sobre la herencia en 1866, en una revista poco difundida, y sus avances no fueron considerados por los científicos de la época. Se cree que Darwin nunca los conoció.

Fue a principios del siglo XX cuando los trabajos de Mendel fueron retomados, la genética avanzó y se dio respuesta a estas interrogantes. De la conciliación entre la genética y el darwinismo surge la moderna teoría sintética de la evolución.

Recordemos algunos conceptos importantes antes de formular uno nuevo para la evolución:

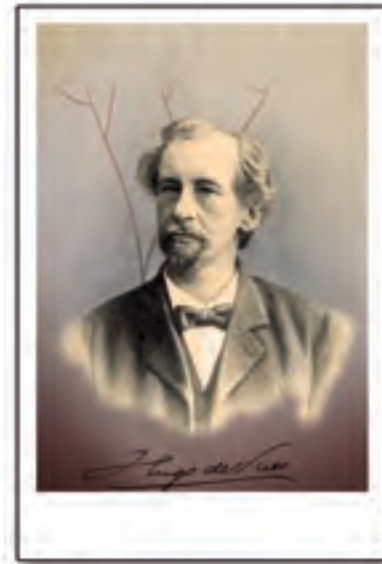
- Una población es un conjunto de individuos de la misma especie que habitan en un espacio y tiempo dados.
- Las poblaciones poseen un acervo génico o fondo común (poza o reservorio génico), donde están representados todos los genes de los individuos que la forman.
- Los alelos de un gen están representados por una cantidad relativa o frecuencia específica dentro de la población (frecuencia alélica). Estas frecuencias pueden ser modificadas por distintos procesos.

A partir de esta nueva concepción podemos plantearnos un concepto de evolución más preciso. La evolución la podemos entender como el cambio en la frecuencia o cantidad relativa de genes o el cambio en el acervo genético en una población de una generación a otra, debido a procesos como la selección natural, las mutaciones, la deriva genética, el apareamiento selectivo, entre otros. De este concepto podemos concluir que la evolución no ocurre en un individuo sino en la población de la cual es parte este. Tomando en cuenta el concepto de evolución antes planteado, una población sería un conjunto de genes y no un conjunto de individuos, estos últimos son simplemente los depositarios de dichos genes.

## Un salto grandioso, el mutacionismo del siglo XX

Gregorio Mendel fue uno de los científicos olvidados en la historia, desde 1866 hasta inicios de 1900, pero bien oportunas fueron sus palabras al afirmar “Ya llegará mi tiempo”, y su tiempo llegó en 1900. Los científicos Hugo de Vries, C. Correns y E. Tschermak redescubren las leyes de Mendel, que explicaban la transmisión de los caracteres a la descendencia, y estos hombres del nuevo siglo las utilizan para proponer el saltacionismo o el mutacionismo, como una nueva teoría de la evolución.

Esencialmente, los mutacionistas cuestionaron la selección natural como el único proceso de la evolución, pensaban que la evolución no era gradual sino, todo lo contrario, se daba en saltos y más rápido. Según estos autores hay variaciones ordinarias que se pueden observar de forma simple entre los individuos de una especie y no tienen consecuencias en la evolución, pero hay otras variaciones que surgen por mutación genética y producen grandes modificaciones en los organismos y tal impacto puede dar lugar a diferentes especies. De esta manera, una nueva especie se origina de forma inmediata: es producida a partir de una especie preexistente, pero sin ninguna preparación visible y sin transición.



*Figura 18.13. Hugo De Vries (1848-1935) fue uno de los científicos que rescató del olvido los trabajos de G. Mendel para así proponer el saltacionismo.*

La polémica entre mutacionistas y darwinistas se solucionó en la década de los 30, cuando se demostró que las mutaciones importantes dependían de la herencia mendeliana para pasar de una generación a otra y que la selección natural podía afectarlas, actuando de forma acumulativa sobre las pequeñas variaciones y solo así llegando a producir cambios importantes. A partir de esta década se inicia una nueva visión de la evolución que incorpora aportes de Mendel, Darwin y otros pioneros de la genética, evolución, geología y antropología, entre otras ramas de la ciencia.

## La teoría sintética de la evolución, un pensamiento fundamentado en lo ecléctico

El siglo XX se inicia con una serie de descubrimientos en la ciencia que permiten gestar una nueva visión del pensamiento evolutivo. Recordemos que los enfrentamientos entre Mutacionistas y Darwinistas no cesaron hasta la década de los 30 y, mientras que esto sucedía, otros investigadores buscaban respuestas sobre el mecanismo de la evolución entre las especies, así surge la teoría Sintética de la Evolución o Neodarwinismo.



*Figura 18.14. Theodosius Dobzhansky, uno de los pioneros en postular la Teoría Sintética de la Evolución.*

El primer aporte en este sentido fue el de los científicos S. Hardy (1877-1947) y W. Weinberg (1862-1937) en 1908, ellos demuestran que las poblaciones y no los individuos son las unidades de análisis en los procesos evolutivos, es decir, un individuo no evoluciona sino es una población la que lo hace: la selección natural puede eliminar a un solo miembro de una población y esto no importará. Es al estudiar las poblaciones bajo el pensamiento mendeliano, y las frecuencias de las variaciones genéticas en forma constante, como se podrán notar evidencias de evolución.

Al final de la década de los 40 se presenta una nueva teoría de la evolución que de forma ecléctica considera los aportes de los científicos J. Huxley (1887-1975), T. Dobzhansky (1900-1975), G. Simpson (1902-1984) y E. Mayr (1904-2005). Esta teoría plantea que las migraciones o flujo genético en las poblaciones, las mutaciones, la deriva genética, la selección natural y el aislamiento, son los factores responsables de modificar las frecuencias genéticas y ciertos caracteres en una población y así promover la evolución.

## Los planteamientos del Neo-Darwinismo y su visión ecléctica para la explicar la evolución

La capacidad de analizar cada avance científico y considerar los aportes del darwinismo, del mutacionismo y de la genética de poblaciones y otras disciplinas científicas, gestó una de las propuestas que desde 1950 ha dado una explicación más certera a los procesos de evolución, este modelo teórico ha sido llamado Neo-Darwinismo. La teoría considera que la evolución es gradual, y que las especies pueden sufrir mutaciones y la selección natural, como mecanismo de evolución, generará nuevas especies.

Podemos precisar los planteamientos que establece el NeoDarwinismo así:

- Los procesos evolutivos son graduales, y sin importar el mecanismo que los promueva, aún dependen del factor tiempo para ser observados.
- Son las poblaciones las que evolucionan al variar sus frecuencias genéticas y no los individuos de forma aislada.
- Las variaciones entre generaciones están motorizadas por las mutaciones y la recombinación de los genes, que dan lugar a nuevas combinaciones genéticas.
- La selección natural favorece a los individuos mejor adaptados en cada caso, permitiendo a las poblaciones conseguir los recursos necesarios para transmitir sus capacidades a la siguiente generación.
- Las migraciones o flujo genético incorporan nuevos genes en una población, promoviendo la diversidad e incorporando diversas adaptaciones que pueden ser seleccionadas.
- La separación de las poblaciones por barreras físicas o no físicas puede promover nuevas especies.

## La Teoría Sintética promueve al Puntualismo, el Neutralismo y otros aportes importantes para explicar la evolución

En 1972, los paleontólogos estadounidenses Niles Eldredge y Stephen Jay Gould plantearon el Puntualismo o Teoría del Equilibrio Puntuado, como respuesta a los procesos evolutivos de especies que en su registro fósil presentan saltos debido a la ausencia de formas intermedias.

El Puntualismo plantea que existen periodos largos cuando hay equilibrio en el ambiente y por esto no hay cambios significativos en las especies, sin embargo, entre estos periodos pueden aparecer eventos puntuales que dan lugar a procesos evolutivos rápidos.



*Figura 18.15. Niles Eldredge y Stephen Jay Gould, los paleontólogos que proponen el Puntualismo como una alternativa para explicar procesos evolutivos rápidos, que contradicen el gradualismo del NeoDarwismo.*

Los defensores del Puntualismo plantean que durante la mayor parte del tiempo una especie puede permanecer estable o puede presentar cambios menores, es decir, un estasis evolutivo. Sin embargo, tras la aparición de macromutaciones, en conjunto con cambios bruscos en el ambiente que favorezcan las características asociadas a dichas mutaciones (como cambios climáticos, catástrofes volcánicas y otros), se puede propiciar la aparición de nuevas especies, en lo que los expertos llaman una explosión evolutiva.

Una población que ha evolucionado por dicho proceso queda aislada del resto de los organismos de su especie por los cambios en las frecuencias genéticas (deriva genética, mutaciones, otros) y la selección natural, convirtiéndose en una especie que es competitivamente superior a la especie antecesora.

Así pues, las modificaciones que propone el Equilibrio Puntuado a la Teoría Sintética afectan fundamentalmente a dos aspectos: por un lado el ritmo evolutivo, frente al Gradualismo continuo, el Puntualismo propone largos periodos de estasis y cortos periodos de explosión evolutiva. Por otro lado, el modo de especiación, donde en lugar de la especiación lineal o filogenética, se postula una especiación ramificada que origina numerosas especies diferentes en un corto espacio de tiempo y sin registro fósil previo.





*Figura 18.16. Motoo Kimura, padre del Neutralismo, otra teoría evolucionista de finales de los años 60 y que evidencia el deseo humano por entender la evolución.*

Otro aporte para explicar los procesos evolutivos lo proponen de forma independiente Motoo Kimura (1968), y Thomas Jukes y Jack L. King (1969), quienes formularon la Teoría del neutralismo en evolución molecular o Neutralismo. Dicha teoría negaba la acción de las mutaciones como un generador constante de nuevas especies, sobre la base de que a nivel molecular la mayoría de las mutaciones son neutras, es decir, no confieren ventajas ni desventajas a los organismos, y por tanto no son favorecidas ni son eliminadas por la selección natural.

La selección natural como mecanismo evolutivo no puede entonces ejercer presión sobre las variantes que pueden ocurrir a nivel molecular, por lo que sería la deriva genética el único fenómeno que supondría una fuerza de cambio a nivel molecular. De esta forma, el aumento o disminución de determinados alelos en la población se debería exclusivamente al azar, en forma de la llamada deriva genética, y no a la presión selectiva.

A pesar de sus cuarenta años de existencia, y a la dura controversia a la que ha sido sometida por los defensores de la selección natural a nivel molecular, la teoría sigue teniendo consideración en el ámbito científico debido a que a lo largo de estos años diversas pruebas parecen sustentarla.

## Procesos que generan evolución

Podemos resumir en cinco procesos a los mecanismos que generan cambio evolutivo de una generación a otra:

**1. Las mutaciones:** cambios en la información genética, que en algunos casos pueden ser heredables (al afectar los gametos). Son la fuente de nuevas variaciones, se producen al azar y son la base para el cambio evolutivo. Otro aspecto genético importante que es responsable de promover la variabilidad, aparte de las mutaciones, es la recombinación: cuando los cromosomas se aparean en la meiosis e intercambian material.



*Figura 18.17. Variaciones en la coloración de patos, producto de las mutaciones y la recombinación génica. Foto: Juan Linares.*

**2. La deriva genética:** esta consiste en cambios al azar que modifican el acervo génico de una población de una generación a otra. Dichas modificaciones son más acentuadas en poblaciones pequeñas, en las que los alelos están contenidos en un menor número de individuos. Comparemos la deriva con lo siguiente: en una sala de un banco tenemos una persona A y una B. La persona A tiene una bolsa con 10.000 monedas, de las cuales 9.000 son venezolanas y 1.000 son de otro país. Por un accidente la bolsa se rompe y se le caen las monedas, al recogerlas y contarlas se da cuenta de que le faltan 20 monedas venezolanas y 20 monedas del otro país. Mientras que a la persona B le sucede una situación similar, con la diferencia de que dicha persona solo tiene 20 monedas, de las cuales 17 son venezolanas y 3 extranjeras. Al recuperar las monedas verifica que le faltan 3 de cada grupo. De las dos personas, ¿a cuál se le modificaron las cantidades de monedas con mayor significación? Esta pregunta es sencilla y claramente podemos responder que a la persona B.

A las poblaciones pequeñas les ocurre algo similar a lo que le pasó a la persona B, en ellas el acervo genético puede cambiar de modo notable por un evento al azar. Podemos citar dos ejemplos importantes de deriva genética:

- El primero es el denominado cuello de botella genético, en el que un evento o fluctuación drástica puede provocar la reducción del número de individuos en una población, y como consecuencia se produce una deriva genética. Las causas de los cuellos de botella pueden ser variados, por ejemplo: enfermedades, agotamiento del alimento, influencia de las personas con la caza excesiva, entre otras. Cuando una población que ha experimentado un cuello de botella se recupera, en esta se reduce la variabilidad genética y fenotípica. Comparada la nueva población con la población madre, es diferente.



*Figura 18.18. Esquemización del cuello de botella genético. Observa cómo cambia en la nueva población la frecuencia en la coloración de las esferas.*

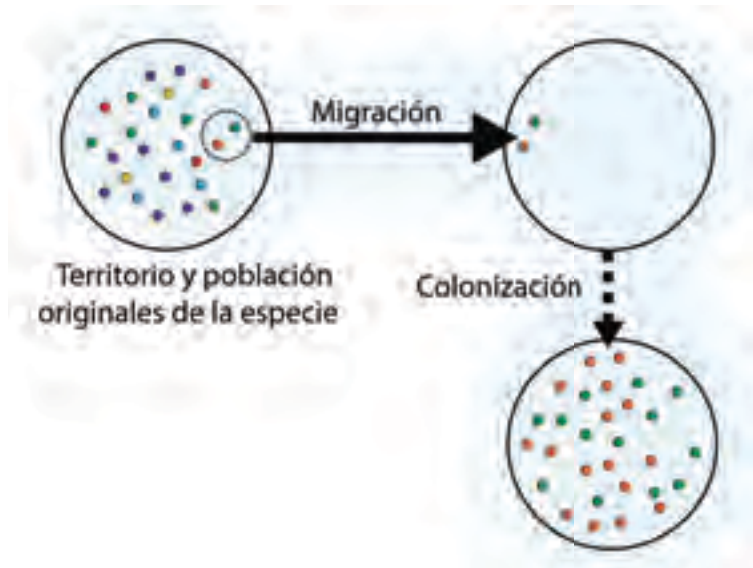


Figura 18.19. Representación del efecto fundador en evolución.

- El segundo puede denominarse el **efecto fundador** y señala que cuando una parte de la población se separa o es separada de la totalidad del grupo y forma una nueva colonia, a medida que pasa el tiempo esta fracción de la población comienza a aumentar en número, y es probable que ocurran cambios en sus frecuencias alélicas generados por el aumento de individuos con variantes poco comunes o, al contrario, por la desaparición de estos.

**3. Flujo de genes:** el movimiento de individuos de una población a otra genera, a su vez, movimiento de alelos y como consecuencia aumenta la variabilidad en la población receptora y disminuye en la de origen. Si el flujo de genes es constante y recíproco entre las poblaciones, se harán homogéneas manteniendo a las dos poblaciones consolidadas como una única especie. Pero si no hay reciprocidad, con el tiempo ello puede determinar nuevas especies.

**4. Apareamiento no aleatorio:** consiste en la reproducción por elección del fenotipo, es decir, la elección de pareja y posterior reproducción no se da al azar. Por ejemplo, cuando un ave elige a su pareja por sus colores o por el rito del cortejo estamos ante la presencia de un apareamiento no aleatorio.



Figura 18.20. A la izquierda, ejemplar macho de pavo real. Sus colores y su cola son vistosos y atraen a la hembra (a la derecha) que es menos llamativa. Machos con más atractivos rasgos tendrán ventaja a la hora de reproducirse.



Figura 18.21. Selección normalizadora. Presta atención a las mariposas azules del centro. Para el rasgo "color de las alas".

- **Selección estabilizadora o normalizadora:** esta selección favorece a aquellos individuos con características intermedias en una población, mientras que los individuos con fenotipos extremos son desfavorecidos. Por ejemplo, un tipo de ave amarilla normalmente coloca entre 4 y 8 huevos, esta cantidad le permite llevar con éxito la cría de sus polluelos. Cuando estas aves tienen menos de 4 huevos, las diferentes presiones que normalmente pueden enfrentar, como la depredación, hacen que la crianza termine muchas veces sin éxito. Por el contrario, las aves con más de 8 huevos tienen problemas para alimentar y mantener a sus crías, perdiendo la totalidad o la mayoría de los polluelos. La selección estabilizadora selecciona de manera favorable a las nidadas con cantidad de huevos intermedia.

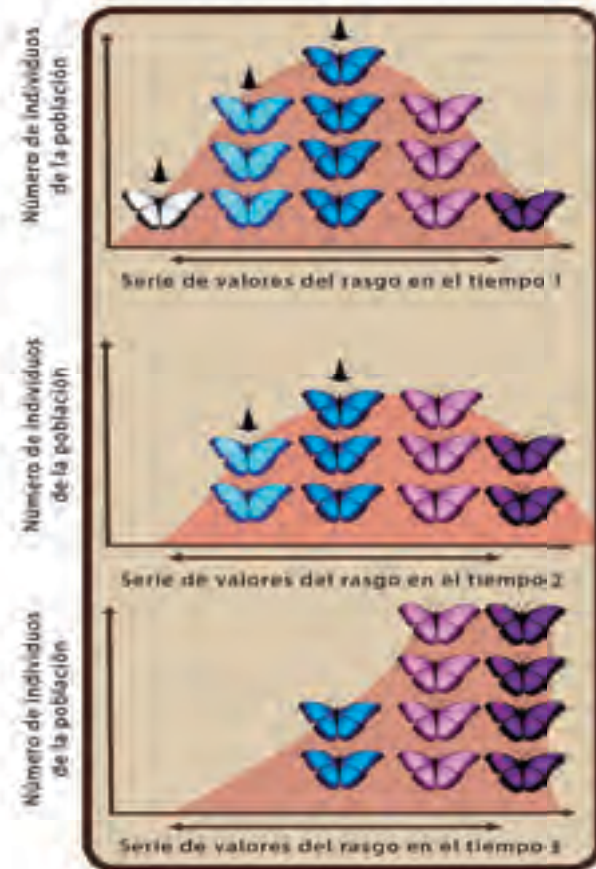
**5. La selección natural:** Es el mecanismo postulado por Darwin, gracias al cual los más adaptados a su ambiente son los que tienen mayor posibilidad de sobrevivir y en consecuencia de reproducirse, transmitiendo sus características positivas a las siguientes generaciones. Hoy sabemos que ello se logra a través de sus genes, sus alelos favorables, lo que trae como consecuencia un aumento en la frecuencia de dichos alelos en la población. La selección natural permite la adaptación al medio, favorece los cambios, y de este modo explica la diversidad de organismos.

El mecanismo actúa sobre los fenotipos, que en la mayoría de los casos son reflejo de la expresión de un genotipo, es decir, se selecciona el genotipo a través del fenotipo.

Podemos distinguir varios tipos de selección natural, como precisamos a continuación.

- *Selección direccional*: es aquella que favorece a uno de los extremos y desfavorece a los individuos promedio y al extremo contrario. Un ejemplo de esta selección es el de la polilla moteada (*Biston betularia*) que comentamos en párrafos anteriores. Las polillas totalmente negras, que se encontraban como fenotipo extremo y no promedio, pasaron a ser por presiones selectivas el fenotipo favorecido.

Figura 18.22. Selección direccional. Presta atención a las mariposas de color púrpura.



- *Selección disociadora o disruptiva*: esta selección favorece a los fenotipos extremos, que al inicio son menos frecuentes, y desfavorece a los individuos que están en el promedio. El propio Darwin observó este caso en las islas Galápagos. Los pinzones de las diferentes islas eran suficientemente similares como para haber descendido de una sola especie. Pero formaban diferentes especies que diferían, entre otros rasgos, en el tamaño de su pico. Al parecer, ello estaba relacionado con el tipo de semillas disponibles en diferentes islas: los picos grandes permitían comer semillas grandes y los picos pequeños semillas pequeñas. Un pico de tamaño mediano haría difícil manejar las semillas pequeñas y, a la vez, no gozaría de suficiente fuerza para romper semillas grandes. Esta variación desventajosa no estaba presente en los pinzones comedores de semillas.

Figura 18.23. Selección disociadora. Presta atención a las mariposas blancas y púrpuras.

- *Selección sexual*: es aquella basada en la reproducción no aleatoria. Los individuos seleccionan por el fenotipo a su pareja (selección intersexual) o luchan entre sí para poder acceder a reproducirse con el sexo opuesto (selección intrasexual).

## ¿Cómo se origina una nueva especie?

¿Sabes qué es una especie? ¿Pertenece a alguna especie? ¿Cómo se llama? ¿Por qué somos una especie? Para responder estas preguntas debemos definir qué es una especie. A lo largo de la historia de la biología, el concepto de especie ha cambiado. Tratar de llegar a un consenso sobre lo que es una especie ha generado no pocas discusiones.

En la actualidad, una especie se define como un grupo de individuos que pueden reproducirse entre sí, generando descendientes capaces a su vez de reproducirse, y que están aislados reproductivamente de poblaciones distintas (que conforman así especies distintas). Este concepto es aplicado a aquellos seres vivos que se reproducen sexualmente.

De este concepto podemos extraer lo concerniente al aislamiento reproductivo, que se refiere a los mecanismos que impiden el cruzamiento entre individuos de dos poblaciones, aunque sean similares, y que determinan así su diferenciación en especies separadas. Los mecanismos de aislamiento reproductivo pueden ser de dos tipos: barreras precigóticas y barreras poscigóticas.

Mecanismos que actúan antes de la fecundación (barreras precigóticas). Son mecanismos que impiden la fecundación y no permiten la formación del cigoto. En el siguiente cuadro se explican algunos de ellos.

*Cuadro 1. Barreras precigóticas del aislamiento reproductivo.*

Barreras precigóticas	Característica
Aislamiento temporal	Las especies se reproducen en distintas temporadas o momentos del año, lo que imposibilita su intercrucamiento.
Aislamiento gamético	Las especies similares no se pueden cruzar porque químicamente sus gametos no son compatibles, o no lo son las sustancias para atraerse.
Aislamiento conductual	Los cortejos (comportamiento previo al apareamiento) entre las especies no son similares, lo que lleva al rechazo de una especie por la otra.
Aislamiento mecánico	Los órganos copuladores de las especies son diferentes en forma, tamaño u otro rasgo.

*Mecanismos que actúan después de la fecundación (barreras poscigóticas). Son mecanismos que reducen la viabilidad del cigoto o del embrión, o afectan la fertilidad de los híbridos en la primera o segunda generación. En el siguiente cuadro se explican algunos de ellos.*

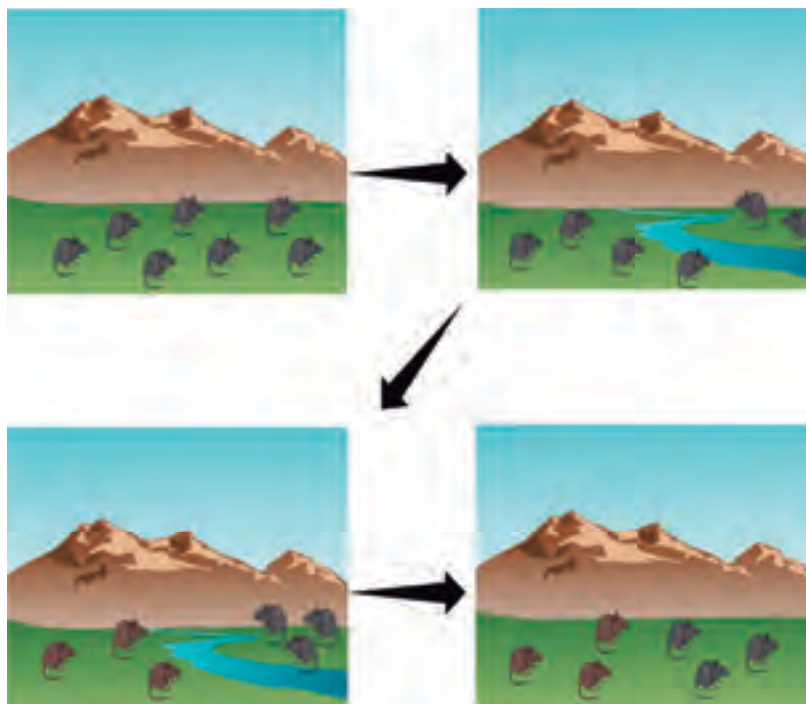
*Cuadro 2. Barreras poscigóticas del aislamiento reproductivo.*

Barreras precigóticas	Característica
Esterilidad de los híbridos	Los híbridos llegan a la adultez pero son estériles.
Inviabilidad de los híbridos	Los híbridos son abortados en fases tempranas del desarrollo o nacen pero no llegan a la adultez.
Colapso o deterioro de los híbridos	Los híbridos de F2 presentan una reducción significativa o total de su fertilidad. Recuerda que esta segunda generación proviene de una primera generación híbrida.

## La especiación

¿Cómo aparece una nueva especie? Llamamos especiación al surgimiento de una nueva especie a partir de otra pre-existente. La poza génica de una población queda aislada reproductivamente de la otra a la cual pertenecía o que le dio origen, no se da flujo genético, y poco a poco las variaciones entre las dos poblaciones se van acentuando, hasta aislarse reproductivamente. Ello da origen a una nueva especie y, así, a un cambio evolutivo.

Distinguimos diversos mecanismos que pueden llevar a la especiación. Es importante resaltar, sin embargo, que entre las investigadoras y los investigadores todavía surgen discusiones y dudas sobre la posibilidad de que algunos de estos mecanismos en verdad existan.



*Figura 18. 24. Especiación alopátrica.*

**Especiación alopátrica o geográfica.** En la figura contigua, siguiendo las flechas, puedes observar a una población que sufrió aislamiento geográfico por una barrera, en este caso un río. También puede ser el surgimiento de unas montañas o hasta una estructura construida por los humanos. Las especies aisladas evolucionan por separado, bien sea por selección natural o por deriva genética, entre otros caminos. A medida que pasa el tiempo, las diferencias se acentúan más, aparece el aislamiento reproductivo, y si estas poblaciones llegan a estar nuevamente en contacto, no podrán reproducirse y podremos decir que estamos ante la presencia de dos especies diferentes.

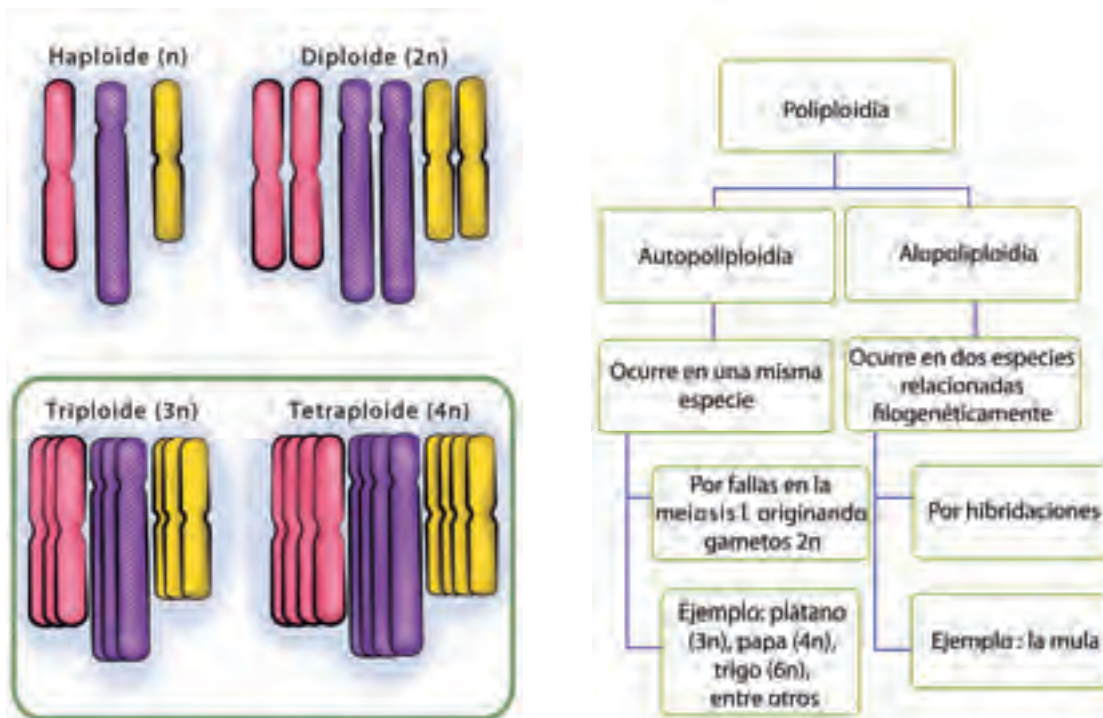
**Especiación simpátrica.** La especiación simpátrica se da en un mismo espacio y sin aislamiento geográfico. Son varios los mecanismos que producen especiación simpátrica, hablaremos aquí de la hibridación y la poliploidía.

Un híbrido desciende de padres que pertenecen a especies diferentes. Pueden producirse híbridos entre animales (por ejemplo la mula), pero es más común entre plantas. Los híbridos frecuentemente son estériles pues, al no existir homólogos, sus cromosomas no se aparean en la meiosis.

La poliploidía tiene su origen en organismos normales diploides ( $2n$ ), con frecuencia a partir de errores en la primera etapa de la meiosis cuando, por falta de disyunción (falta de separación de los dos juegos de cromosomas), se forman gametos  $2n$  en vez de los normales gametos  $n$ . Si una planta con tales gametos diploides se autofecunda, dará origen a organismos tetraploides ( $4n$ ). Estos pueden tener descendencia pues producen gametos viables, ya que cada cromosoma tiene su pareja. Los gametos resultantes serán diploides ( $2n$ ).

El aumento en el número de cromosomas se traduce en nuevas características de los organismos. El fenómeno es bastante común en la naturaleza, sobre todo entre plantas y algas, aunque también está presente en animales.

En el caso donde la población poliploide se origina de la misma especie, se denomina autopoliploidía. También es posible que los organismos poliploides se originen mediante hibridación entre especies muy relacionadas filogenéticamente; en este caso el proceso es la alopoliploidía. En el siguiente esquema se resumen estas situaciones:



*Figura 18.25. A la izquierda puedes ver el aumento sucesivo en el número de cromosomas, lo que lleva a la poliploidía. A la derecha, se describen las poliploidías.*



En la siguiente figura puedes observar dos especies de plantas relacionadas, una población con flores rojas y otra con flores amarillas. Dos grupos de estas plantas forman híbridos que son estériles pero pueden reproducirse de manera asexual. En algún momento de la historia evolutiva, estas plantas híbridas se vuelven poliploides, es decir, sufren duplicación de su juego de cromosomas, logrando de esta manera reproducirse sexualmente. Al final tendremos tres nuevas especies.



*Figura 18.26. Especiación simpátrica.*

## Las presiones causadas por las actividades humanas

Mucho has escuchado sobre los problemas ecológicos por los que está pasando el planeta Tierra. En la radio, en la televisión, en los periódicos, se escucha hablar del cambio climático, la deforestación, la contaminación, entre otras situaciones, y también de medidas para aliviar al planeta donde vivimos de los problemas que lo deterioran.

Sin darnos cuenta o conscientemente, estamos generando presiones, activando procesos evolutivos y de extinción de especies. El caso del elefante marino septentrional ocurrido en el siglo XIX, es un ejemplo de cómo la caza indiscriminada llevó a estos animales a un cuello de botella genético que redujo su población a 100 o quizás menos individuos. En la actualidad las poblaciones protegidas han aumentado hasta 175.000 individuos aproximadamente.

Podemos seguir mencionando casos en los que se ven los efectos perjudiciales de nuestras actividades. A partir de esto es bueno hacernos varias preguntas: ¿cuántas especies se están extinguiendo en la actualidad?, ¿qué especies están siendo presionadas o están sufriendo cambios en su acervo genético debido a la sobreexplotación, reducción de su hábitat, u otros factores?, ¿conoces la importancia que tienen los otros seres vivos para el mundo y para nuestra propia sobrevivencia?

Se cree que cada 24 horas se extinguen decenas o centenas de especies, la mayoría de estas ni siquiera conocidas por los científicos o por el común de las personas. La cantidad de especies que no conocemos es incalculable, se cree que pueden ser millones o decenas de millones. Hasta la fecha sólo tenemos catalogadas menos de 2 millones.

¿Recuerdas el caso de la polilla moteada? Las actividades industriales presionaron sobre la población de este animal e influyeron sobre ella. Piensa por un instante: ¿qué posibles presiones se están ejerciendo sobre las especies del lugar donde vives? ¿Algún insecto, ave, mamífero, reptil, planta u hongo en tu comunidad se ha hecho menos visible o ha desaparecido por completo? ¿El aspecto de los espacios naturales que te rodean ha cambiado? ¿Cuál es la causa?

### ¿Sabías que...?

Los embriones de aves, tortugas, cerdos y humanos son similares en las primeras etapas del desarrollo embrionario y esto ha permitido conocer las homologías. Una de las características más resaltantes es la presencia de una cola en todos los embriones, que en el caso del ser humano desaparece a medida que avanza el desarrollo.



## El largo esfuerzo de explicar la variedad de la vida

Te invito a construir, organizándote en equipo, una línea de tiempo sobre el pensamiento evolutivo desde el Creacionismo hasta el Neo-Darwinismo, plasma en la línea a las personas que dieron algún aporte para explicar la evolución, organízalas por fecha y destaca en forma resumida sus ideas. Puedes completar tu información consultando otras fuentes además de esta lectura.

Te recomiendo que uses fotos, imágenes, dibujos hechos por ustedes mismos, colores, papel bond, lápiz y goma de borrar.

Después de creada la línea de tiempo y conociendo los aportes más importantes en este campo, te invito a discutir los siguientes casos con tus compañeras y compañeros y profesora o profesor de aula.



## La evolución en pleno desarrollo

A continuación se presentan una serie de casos en los que el proceso evolutivo está actuando, para que puedan reflexionar y discutir al respecto.

**Caso 1.** El grupo religioso tradicionalista Old Order Amish fue fundado en Pennsylvania hace 200 años. En este grupo existe una altísima frecuencia de un alelo recesivo, que es poco frecuente en la población mundial y que en estado homocigótico ocasiona enanismo y polidactilia. El grupo se mantuvo aislado y descende de unos pocos individuos, de modo que, por accidente, uno de ellos debió ser portador del alelo. Todos los miembros que actualmente forman la comunidad Amish descienden de esos pocos individuos.  
¿Qué proceso de cambio evolutivo se está dando? ¿Por qué?

**Caso 2.** La iguana marina (*Amblyrhynchus cristatus*) es endémica de las islas Galápagos, en Ecuador. Estas iguanas están separadas en poblaciones en las islas, y no se encuentran en ninguna otra parte del mundo en libertad. En total, su área de ocupación real es menor de 500 km<sup>2</sup>.

Las iguanas marinas cuentan actualmente con siete subespecies clasificadas en base a su morfología, siendo unas de diferentes colores o tamaño que otras, es decir, que ha ocurrido una radiación adaptativa desde que los primeros ancestros llegaron a las islas. Los científicos creen que iguanas terrestres podrían haber viajado desde tierra firme a través del mar, atrapadas en ramas o troncos, llegando a las islas Galápagos. Una vez allí se reprodujeron, adaptándose a las nuevas condiciones ambientales de las islas. Las iguanas marinas divergieron de las terrestres hace millones de años. Casi 1000 km de heladas aguas del Pacífico han mantenido a estas iguanas aisladas de sus congéneres terrestres, por lo que no se aparean y no hay flujo genético entre las poblaciones de las islas con las de tierra firme, ni tampoco entre sí, dadas las distancias entre las mismas islas. Las iguanas terrestres de América y las marinas proceden todas de un ancestro común.



- ¿Qué tipo de evolución identificas en este caso?
- ¿Qué tipo de patrón de especiación representa el caso?
- ¿Qué tipo de especiación está ocurriendo?
- ¿Qué tipo de Selección Natural actúa en este caso?
- ¿Podría decir que hay polimorfismos en estas subespecies?



Caso 3. Un caso interesante resulta el del salmón *Oncorhynchus kisutch*. Cuando la hembra desova, los machos se acercan al nido que ella excava entre las piedrecillas del fondo, y vierten su esperma fecundando los huevos. Los que logran hacerlo son, por un lado, los machos más grandes que luchan entre sí por acercarse, ganando generalmente el de mayor tamaño y con mandíbulas más desarrolladas; y, por el otro, los más pequeños, que logran llegar ocultándose entre las rocas, evitando así ser vistos (y pelear, ya que pueden ser heridos o devorados por los de mayor tamaño). De esta manera se observa dentro de la población una gran proporción de los dos tamaños extremos de machos.

¿Qué tipo de selección actúa en el caso de los salmones?

¿En qué consiste este tipo de selección?

¿Cuáles fenotipos están siendo seleccionados favorablemente?

¿Qué ocurrirá con la población de machos en un largo periodo de tiempo, respecto a estos fenotipos y a los intermedios?

Caso 4. En el caso del ciervo rojo o común (*Cervus elaphus*), los machos que obtienen una mayor descendencia son aquellos que reúnen unas características físicas determinadas y que adoptan un comportamiento de vigilancia de sus rebaños de hembras; esto significa que entre varios machos sexualmente maduros, sólo aquellos que exhiban una cornamenta llamativa y que, además, salgan victoriosos en los enfrentamientos con otros ciervos, serán aceptados por las hembras para aparearse. Sin embargo, también hay algunos machos que no pueden llegar a tener su propio harén y desarrollan una estrategia oportunista consistente en cubrir hembras aprovechando descuidos o descansos del macho dominante. Esta estrategia es adaptativa desde el punto de vista de los machos peor dotados, si bien la estrategia normal y de mayor eficacia es la adoptada por los machos dominantes.

¿Qué tipo de selección actúa en el caso de los ciervos rojos?

¿En qué consiste este tipo de selección?

¿Cuál fenotipo está siendo seleccionado favorablemente?

¿Por qué este fenotipo sigue siendo muy frecuente en las poblaciones de ciervos, pese a que los machos de grandes cornamentas mueren más frecuentemente a causa de depredadores o accidentes?

¿Se podría pensar en una selección disruptiva? ¿Por qué?





## Actividades de autoevaluación

1. ¿Puedes distinguir las causas que modifican el acervo genético en una población?

2. Actualmente, se evidencia que diversas poblaciones de bacterias que infectan a los humanos ya no se pueden combatir con los antibióticos tradicionales. Hace cuarenta años, esos antibióticos mataban a la mayoría de ellas y las personas sanaban. Ahora no es así. ¿A qué crees que se deba este fenómeno? ¿Puedes explicarlo con la teoría de la evolución?

3. Una población de saltamontes formada por mil individuos posee diferentes alelos para el rasgo de color de tegumentos. En esa población, el color verde oscuro lo representa un alelo dominante (V) y el color verde claro está determinado por el alelo recesivo (v). ¿Qué color predomina en la población, en condiciones estables? ¿Qué ocurriría en el acervo genético de la población original si por escasez de alimento la mitad de los saltamontes emigrara a otro lugar, de manera aleatoria respecto al color? Y luego, ¿qué le ocurriría a la población que emigró, si los saltamontes de color verde oscuro tienen problemas para sobrevivir a las condiciones ambientales de esa nueva región, por ser más visibles para los depredadores? ¿Qué pasa con el color que domina en esa población? ¿Cambiaría la proporción de alelos dominantes y recesivos? ¿Por qué?

4. ¿Por qué el redescubrimiento de las leyes de Mendel significó también un impulso para la teoría evolutiva?

5. ¿Cómo sucedió que en una población de polillas las de color oscuro, antes minoría, llegaran a hacerse las más abundantes? Consulta este caso real en la siguiente página interactiva y selecciona el juego de la evolución sobre la *Biston betularia*. También puedes consultar allí otros artículos y noticias de tu interés:

[http://www.recercaenaccio.cat/agaur\\_reac/AppJava/es/interactiu/20091218-betularia.jsp](http://www.recercaenaccio.cat/agaur_reac/AppJava/es/interactiu/20091218-betularia.jsp)



*El venenoso sapito minero de Guayana  
(Dendrobates leucomelas)*

6. El camuflaje no es la única causa de que prevalezca un color en un organismo a lo largo de la evolución. Muchos seres vivos que tienen predadores en su ambiente y que han desarrollado la capacidad de producir potentes venenos (ciertos sapitos, insectos, serpientes...), presentan llamativos colores. ¿Se te ocurre alguna razón por la cual esta característica les ha resultado ventajosa, y ha sido favorecida por la selección natural?



Al iniciar la historia evolutiva de los humanos, vamos a ubicarnos en el tiempo. Para ello podemos hacer un sencillo ejercicio que propuso el investigador Carl Sagan, partiendo de que la edad del Universo se estima en unos 13.700 millones de años. Imaginemos que toda la existencia del Universo se resume en un calendario de pared, es decir, en un año. Los primeros representantes del género *Homo* surgieron hace algo más de 2 millones de años, entonces en el ejercicio propuesto los más antiguos *Homo* aparecen el 31 de diciembre a las 10:45 de la noche. Y nuestra especie *Homo sapiens* el mismo 31 pero cuando apenas faltan 10 minutos para el fin de año. Lo que nos propone el autor es que somos una especie muy reciente en la historia del Universo, pero hemos avanzado muy rápido en nuestro proceso evolutivo.

La historia joven de nuestra especie nos lleva a reflexionar sobre cómo eran nuestros antepasados todavía no humanos, sobre los hechos que ocurrieron, sobre los distintos cambios que hicieron posible nuestra existencia. Las diferentes evidencias nos explican que los seres humanos somos producto de modificaciones sufridas por antecesores, gracias a distintos mecanismos evolutivos. Queda preguntarnos entonces, ¿cómo serían anatómicamente los seres que antecedieron a los humanos?, ¿cuál sería su comportamiento?, ¿qué características tenemos en común?, ¿qué características nos diferencian de nuestros ancestros y nos permiten afirmar que somos humanos?

En esta lectura se plasman las respuestas a algunas de estas preguntas y se explica cómo el ser humano, un recién llegado al Universo, ha desarrollado un conjunto de habilidades haciéndolo quizás una de las especies mejor adaptadas a su ambiente, pero que incluso por sus propias particularidades posee un futuro incierto, si bien en construcción.

## Nuestra ubicación entre los seres vivos

Los humanos en la clasificación taxonómica nos ubicamos en el género *Homo* y nuestro epíteto específico es *Homo sapiens*, lo que significa literalmente que somos una especie “sabia”, pero, claro, ese calificativo nos lo pusimos nosotros mismos... Sí es cierto que, entre los seres vivos hoy existentes en la Tierra, poseemos características únicas que evolutivamente nos ubican como una especie peculiar, compleja e inteligente.

Como puedes observar en la tabla, los homínidos incluyen a todos los primates que conforman los antecesores más directos del ser humano, junto a nosotros y los grandes simios actuales (gorila, orangután, chimpancé y bonobo). Esta clasificación obedece a que compartimos elementos genéticos en común, que se manifiestan en rasgos de la anatomía, la fisiología y algunas conductas. En el grupo de los homininos solo estamos nosotros y nuestros antepasados, junto a otros seres de ramas muy cercanas, todos ya extintos. Hemos diferenciado unas 19 especies de homininos que en algún momento vivieron sobre la Tierra, pero cuáles son las de nuestro linaje directo es cosa todavía en discusión.

*Tabla 19.1. Clasificación de los humanos entre los seres vivos.*

Categoría	Taxón	Descripción
Reino	Animalia	Organismos heterótrofos eucariotas, sin pared celular y pluricelulares.
Filo	Cordados	Organismos, primitivamente, con notocordio.
Clase	Mamíferos	Organismos con glándulas mamarias, funcionales en las hembras, que secretan leche para la nutrición de la cría. Homeotermos y con pelo.
Orden	Primates	Ojos frontales, pulgar oponible (lémures, monos, simios).
Familia	Hominidae	Cerebro relativamente grande, porte vertical, organización social, destreza manual. Incluye orangutanes, gorilas, chimpancés, bonobos y sus ancestros y los humanos y sus ancestros.
Tribu	Hominini	Espina dorsal curvada, posición bípeda permanente. Incluye Australopitecinos y otros “pre-humanos”, entre ellos nuestros ancestros.
Género	Homo	Cerebro desarrollado, especialmente áreas prefrontales y temporales. Producción sistemática de herramientas. Entre ellos: <i>Homo habilis</i> , <i>Homo erectus</i> , <i>Homo neanderthalensis</i> , todos ya extintos. Junto a nosotros.
Especie	<i>Homo sapiens</i>	Huesos craneales delgados, capacidad vocalizadora, amplio desarrollo cerebral.
Subespecie	<i>Homo sapiens sapiens</i>	Simbolización, organización social compleja.

## Cambios que promovieron la evolución de los homínidos

Hace unos 6 millones de años, los densos bosques africanos se fueron reduciendo porque el clima se hizo más seco y empezaron a proliferar las sabanas arbóreas y arbustivas. La reducción de los bosques promovió entre los homínidos que allí habitaban y entre ellos y otros seres vivos una mayor competencia: el espacio, los alimentos y otros recursos disminuyeron e implicaron la lucha por la supervivencia. Se piensa que algunos homínidos no pudieron afrontar tal tensión competitiva, y sus poblaciones migraron de los bosques a la conquista de nuevos hábitats, en las grandes sabanas.

La selección natural y el aislamiento geográfico son de los principales mecanismos que causan la evolución de una especie. En su nuevo hábitat nuestros ancestros iniciaron su carrera evolutiva, para lograr adaptarse a los espacios recién colonizados. No es fácil imaginarse las condiciones encontradas, pero las sabanas ofrecen un nicho diferente que exige adaptaciones anatómicas, fisiológicas y del comportamiento que deben ser pioneras, pues ya no se tienen los grandes árboles para la protección contra los depredadores, ni hay tal abundancia de frutos y semillas.



*Figura 19.1. Caminar en dos pies permitió a nuestros ancestros alcanzar frutos de los árboles de la sabana y ver mejor a los depredadores.*

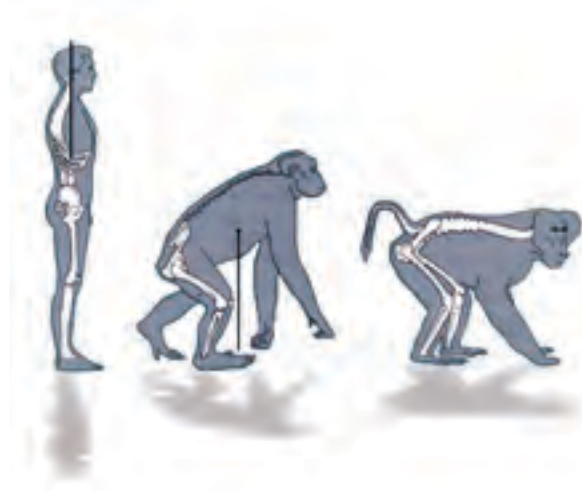
Las modificaciones anatómicas y fisiológicas en una especie son el resultado de diferentes mecanismos evolutivos, como **mutaciones y recombinaciones genéticas**, junto a la presión de la **selección natural** a través del tiempo.

La **bipedación** fue un cambio trascendental y de los primeros en aparecer. Nuestros ancestros de hace 6 millones de años no eran más grandes que un chimpancé y sus cerebros tenían similar tamaño al de este simio, pero caminaban completamente erguidos. Se estima que la bipedación resultó una ventaja evolutiva porque permitió ver más lejos entre las altas hierbas de la sabana, ubicando alimento y depredadores. También, al caminar sobre dos extremidades en vez de cuatro, se recibía menor radiación solar en el desprotegido ambiente sabanero. Y, muy importante, las manos quedaron libres para cargar alimento recogido, ramas, piedras y las propias crías. Más tarde, permitió el transporte y manejo de herramientas.

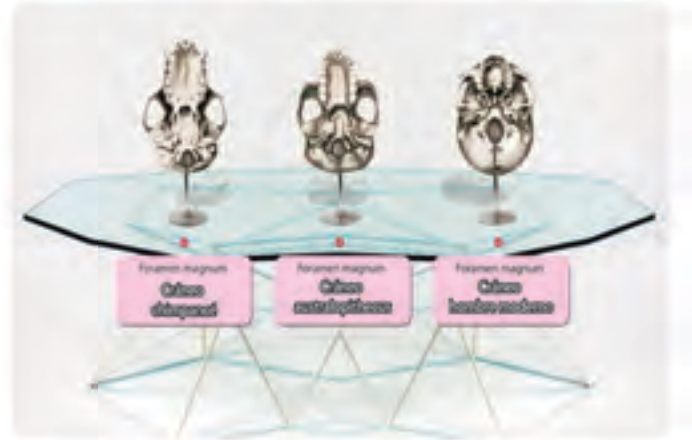
Caminar en dos pies exigió **cambios en la columna vertebral**, que ya no es recta como en los simios sino que presenta curvaturas en forma de S, que permiten a las vértebras soportar mejor el peso que ahora cae sobre ellas. En la **pelvis** las palas de los huesos ilíacos se hacen más anchas y cortas, para ganar estabilidad al caminar, pero de resultas el **canal pélvico** se estrecha. Esto último hace más difícil el parto y derivó en crías cuyo crecimiento cerebral debe completarse después del nacimiento, para que su cabeza no sea tan grande al nacer. Una aparente desventaja con el tiempo se transformó en ventaja, porque la **larga crianza** estimula el desarrollo cognitivo y social de las y los pequeños, y cohesiona a los grupos de adultos.



**El pie** se modifica, el pulgar se alinea junto a los otros dedos y ya no es oponible como el de un simio, perdiendo flexibilidad pero facilitando el equilibrio y el impulso hacia adelante al caminar o correr. Por su parte, el agujero por donde pasa la médula espinal fuera del cráneo (**foramen magnum**) cambia de posición y se desplaza hacia la base de esta caja ósea. Por eso, simplemente viendo el pedazo de la base de un cráneo muy antiguo se puede saber si el individuo caminaba erguido o no.



*Figura 19.2. La bipedación trajo cambios en la columna vertebral, la pelvis, las piernas y los pies.*



*Figura 19.3. Comparación del cráneo de un primate, un australopiteco y un ser humano. Vista inferior.*

La posición bípeda, permitió **liberación y nuevos usos de las manos**. Todos los primates, de los cuales proviene la línea evolutiva de los homínidos, poseen pulgares oponibles y la pinza formada con los dedos les resulta útil en los bosques. Pero nuestros ancestros y los otros homínidos experimentaron cambios en los huesos y músculos de las manos, ganando en **destreza**. Con el transcurrir de los milenios, ello llevó a crecientes capacidades en la **fabricación de herramientas**. Se postula que el uso de herramientas pudo a su vez haber estimulado la expansión cerebral, al permitir una mejor alimentación.

El **cambio en la dieta** fue importante, pues los homínidos dejaron de alimentarse solamente de frutas, nueces duras y raíces corchosas y empezaron a incluir el consumo de carne, primero aprovechando carroña y mucho más tarde también cazando. La carne ofreció más energía y permitió el desarrollo de **cerebros más grandes**, pues el cerebro es un órgano que demanda mucha energía. En nuestra especie, el cerebro ha alcanzado un volumen de 1350 cc, muy grande en relación al tamaño de nuestro cuerpo. Las transformaciones en la dieta fueron implicando también cambios en la forma de las mandíbulas y los dientes y en toda la estructura de la cara. Se piensa que en algún momento hace unos dos millones y medio de años, pudo ocurrir una mutación que debilitó los músculos de las mandíbulas y dejó más espacio en la cara para el crecimiento del cerebro. Mucho tiempo después, hace quizás 700.000 años, el uso del fuego para cocinar facilitó aun más la digestión y el mayor aprovechamiento de la carne, tubérculos y otros alimentos.

Al aumentar el tamaño y la estructura del cerebro se fue disfrutando de mayor **inteligencia**. El cerebro no creció uniformemente, sino que se desarrollaron más los lóbulos temporales, donde se encuentran centros para el procesamiento del lenguaje, así como la corteza prefrontal, moderadora de la conducta social e involucrada en la toma de decisiones y el pensamiento estratégico. Con el tiempo, esto fue traducándose en mayores capacidades para organizarse en grupos sociales cohesionados y estables, con individuos de un pensamiento más potente, y de este modo se pudo responder mejor a las exigencias del ambiente: cazando juntos, construyendo espacios de abrigo, cuidando a las y los pequeños. El ejercicio de todas estas actividades, a su vez, fue incrementando paulatinamente las habilidades cognitivas y de comunicación.

La **conducta social se fue complejizando** cada vez más. Entre los otros primates extintos y actuales ya existen los grupos sociales estables, especialmente en el caso de los grandes simios. Pero las exigencias de la vida en la sabana y el progresivo desarrollo cerebral fueron favoreciendo selectivamente la mayor capacidad de organizarse: para la búsqueda de alimento, la atención a las crías, la defensa frente a depredadores, etcétera. Esto se hizo cada vez más significativo y se fueron estableciendo lazos afectivos cada vez más intensos. Es de notar que Homo sapiens es el único primate cuya hembra es fértil todo el año, lo cual se cree ayudó a la estabilidad de las parejas y el cuidado de la descendencia.



*Figura 19.4. Las adaptaciones desarrolladas por los primeros homínidos desataron un proceso de dramáticos cambios. En la recreación, australopitecinos en la sabana.*

Finalmente, y se estima que mucho más tarde, al menos hace 700.000 años, la aparición del **lenguaje** generó un aumento en las capacidades de interacción promoviendo el uso de símbolos y signos. No sabemos con precisión cuándo surgió esta capacidad pero, en relación al lenguaje oral que es el más importante, los cambios en la estructura de cara y cuello de nuestros ancestros fueron moviendo la laringe hacia abajo lo que permite a las cuerdas vocales producir sonidos variados. También favorable fue una bóveda del paladar más alta. Simultáneamente se desarrollaron las áreas especializadas en el lenguaje dentro del cerebro.

Es claro que el proceso de hominización fue gradual y se desconoce el orden preciso de los desarrollos cumplidos. Sin embargo, de forma dinámica e interactiva cada uno de estos rasgos permitió el cambio a lo largo de millones de años, hasta llegar al *Homo sapiens sapiens*. Desde 1829, cuando se encontraron los huesos de lo que mucho más tarde se supo era un antiguo homínido, hemos ido avanzando en el descubrimiento y estudio de restos y huellas de la trayectoria de nuestro grupo sobre la Tierra. En la actualidad, es posible incluso analizar el ADN de algunos de estos vestigios de nuestros antepasados y otros homínidos; así como comparar el ADN nuclear y mitocondrial de distintas poblaciones humanas actuales y tratar de trazar su trayectoria evolutiva. Es un trabajo donde intervienen la arqueología, la genética, la antropología física, la estratigrafía, entre otras disciplinas, en un esfuerzo por contar la historia que nos llevó hasta donde estamos hoy.

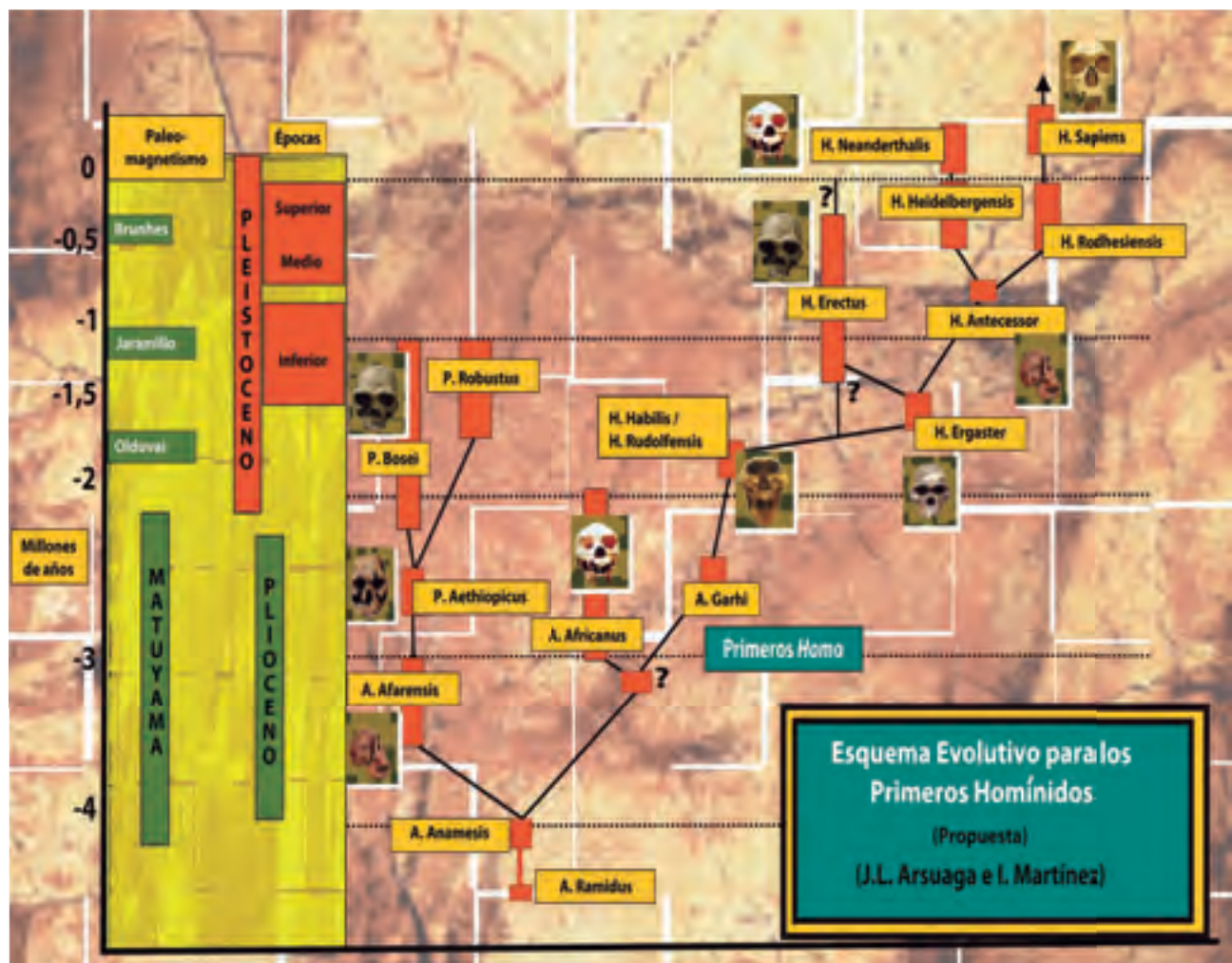


Figura 19.5. Modelo reciente del proceso evolutivo de los homínidos (por algunos todavía llamados homínidos), elaborado por los investigadores Juan Arsuaga e Ignacio Martínez.

## Primeros eslabones de la humanidad

Nuestro pariente vivo más cercano es el chimpancé, con quien compartimos alrededor del 98% del ADN, pero los estudios indican que nuestras líneas evolutivas se separaron hace unos 7 millones de años. Posiblemente, los primeros homínidos bípedos sean *Sahelanthropus tchadensis* (con una antigüedad de 6 ó 7 millones de años), *Orrorin tugenensis* (unos 6 millones de años) y *Ardipithecus* (entre 5,5 y 4,5 millones de años), todos africanos. Sin embargo, los fósiles de estos individuos son escasos y consisten casi todos apenas en fragmentos, de modo que las científicas y los científicos no se han puesto de acuerdo acerca de si eran totalmente bípedos.



Figura 19.6. Cráneo de *Ardipithecus ramidus*.

Más recientemente, el descubrimiento de un esqueleto casi completo de un *Ardipithecus* mostró una pelvis y una espalda de bípedo, aunque con un pie de pulgar dirigido hacia adentro y no paralelo: su caminar debía ser lento y apoyándose en la parte externa de los pies. *Ardipithecus* era omnívoro y sus caninos, comparados con lo del chimpancé actual, eran pequeños y sin mucha diferencia entre los de macho y hembra, sugiriendo poca violencia intragrupo. ¿Fue un cambio en conducta social que precedió al posterior aumento del cerebro entre los homínidos? Se han avanzado hipótesis al respecto.

## Los australopitecinos empiezan a caminar

Los primeros homínidos de los que se tiene la certeza que fueron completamente bípedos son los del género *Australopithecus*, las pruebas están en la forma de sus huesos y en las huellas de pisadas que dejaron y que se fosilizaron. Existen cientos de restos de esqueletos de los australopitecinos, el más famoso es el primero que se encontró en muy buen estado, en 1974, correspondiente a un individuo de sexo femenino a quien los investigadores llamaron Lucy, porque cuando lo hallaron se encontraban escuchando la canción de los Beatles *Lucy in the sky with diamonds*. Lucy no medía más de 1,1 metros y su cerebro apenas alcanzaba 400 cc, pero caminaba en sus dos pies muy decidida, recorriendo las sabanas arboladas del este de África.



Figura 19.7. El esqueleto de Lucy, bastante completo y bien conservado, ha sido uno de los hallazgos fósiles más importantes.

Los australopitecinos resultaron exitosos, vivieron desde hace unos 4 millones de años hasta 2,3 millones de años atrás, se dispersaron por varias regiones del continente africano, y se ramificaron en al menos cinco especies distintas. Con sus brazos más largos que los nuestros, podían también seguramente subir a los árboles cuando había peligro y para buscar alimento. Su estatura era entre 1 a 1,5 metros y pesaban entre 18 kg a 30 kg.

Se cree que desaparecieron debido a un cambio climático que comenzó hace unos 2,8 millones de años y que provocó la desertificación de las sabanas y así la escasez de alimento. Las circunstancias llevaron a algunos australopitecinos a irse especializando cada vez más en el consumo de productos vegetales duros y secos, desarrollando poderosos músculos masticadores, mandíbulas muy grandes y molares de anchas coronas, y dando origen a un nuevo género: *Paranthropus*. Su camino evolutivo mostró ser poco recomendable: aun con su capacidad de triturar los más recios tubérculos o las más fibrosas raíces, *Paranthropus* se extinguió. En cambio, otros australopitecinos se hicieron cada vez más carnívoros, ingiriendo carroña, insectos y pequeños reptiles, logrando así sobrevivir a las duras condiciones de la sabana abierta, y evolucionando hacia los primeros *Homo*.



**Figura 19.8.** Este cráneo, de un niño de la especie *Australopithecus africanus* ("El niño de Taung"), fue descrito por Raymond Dart en Suráfrica en 1924. Fue el primer fósil de nuestros ancestros encontrado en la cuna de la humanidad, África.

## Surgen los Homo

### *Homo habilis*: fabricante de herramientas



**Figura 19.9.** Reconstrucción de la apariencia de *Homo habilis* a partir de sus huesos fosilizados. Westfälisches Museum für Archäologie, Herne, Alemania.

No se conoce claramente cuál especie de australopitecinos evolucionó hacia el nuevo género *Homo*, el género al cual pertenecemos, pero lo cierto es que hace unos 2,4 millones de años apareció en África un homínido de mayor estatura y peso, como dos tercios de nuestro tamaño y unos 50 kg, y con una capacidad craneal más grande, de alrededor de 600 cc. Por primera vez, se encuentran sistemáticamente herramientas al lado de sus restos, aunque es posible que algunos australopitecinos y australopitecinas pudieran haber fabricado también útiles rudimentarios. De hecho, nuestros primos los grandes simios actuales lo hacen, aunque de manera ocasional. A estos antiguos *Homo* se les ha dado el nombre de *Homo habilis*. Vivieron hasta hace 1,2 millones de años, aproximadamente.

Las herramientas que nos quedaron de ellas y ellos son todas de piedra, material que se conserva mejor, pero es muy posible que usaran también la madera y el hueso. Su técnica era rudimentaria: golpeaban unas treinta veces una piedra con otra más dura, para conseguir extraer lascas cortantes, que podían usar para cavar y cortar, junto al núcleo que quedaba. De hecho, las y los *Homo habilis* estuvieron un millón de años trabajando la piedra prácticamente de la misma manera, en lo que se conoce como Modo 1 o industria olduvayense, nombre dado por las sabanas de Olduvai en la actual Tanzania, donde habitaron. ¡Los comienzos humanos fueron lentos! Hacer y usar herramientas ofreció ventajas evolutivas, particularmente en la procura y procesamiento de alimentos. Se especula que parte del éxito evolutivo de *Homo habilis* pudo estar en su capacidad de organizarse y trabajar en equipo, gracias a su mayor cerebro.



**Figura 19.10.** Cantos tallados al estilo olduvayense.  
Foto: Didier Descouens, original, colección privada.



**Figura 19.11.** Garganta de Olduvai en Tanzania, donde se han encontrado grandes yacimientos de fósiles de *Homo* y cantos tallados de modo primitivo.

## **Homo ergaster: una apariencia como la nuestra**

Hace aproximadamente 2 millones de años apareció en África *Homo ergaster*, un homínido con una apariencia mucho más cercana a nosotros, llevaba la cabeza erguida y no tenía los largos brazos de los anteriores, incluso es posible que fuera más esbelto que nosotros, como de 1,90 m y un gran corredor (¡y corredora!) de largas distancias. Algunos estudiosos piensan que *Homo ergaster* fue el primer homínido con poco pelo en el cuerpo y con glándulas sudoríparas; también, su pelvis estrecha es similar a la humana. Sin embargo, conservaba un arco ciliar bastante grueso y su capacidad craneal era menor a la nuestra: entre 800 cc y 900 cc. Se piensa que quizás desarrolló un protolenguaje.



**Figura 19.12.** *Homo ergaster*, un homínido más parecido a nosotros.  
Dibujo a partir de recreación de Raul Martin, Science Photo Library.



**Figura 19.13.** Herramientas de piedra del llamado Modo 2. Compáralas con las del más antiguo Modo 1.

Es de notar que, hace unos 1,6 millones de años, este *Homo* empezó a fabricar herramientas de piedra usando una técnica diferente a la olduvayense, y que resultaba en útiles más grandes, mejor tallados, más diferenciados: hachas de mano, picos, raspadores, cortadores... Es la llamada tradición achelense o Modo 2, dominante hasta hace unos 300.000 años.

Es posible que *Homo ergaster* haya sido el primer homínido en salir de África, según unos restos encontrados en Georgia, en el Cáucaso.

## Los homínidos se expanden por el mundo: *Homo erectus*

No hay duda de la capacidad migratoria de *Homo erectus*: es el primer *Homo* cuyos fósiles se encuentran en muchos lugares fuera de África. Supo viajar, incluso a través del mar y supo adaptarse a muy diferentes ambientes, tanto en África como en Asia y Europa. Se estima que el crecimiento de las poblaciones en sus lugares de origen lo llevaron a moverse, llegando incluso hasta las islas de la actual Indonesia, donde en 1891 se bautizaron unos restos suyos como los del "Hombre de Java".

Al parecer, fueron los primeros homínidos que aprendieron a dominar el fuego, hace unos 700.000 años, lo que les permitió cocinar sus alimentos y así aprovecharlos mejor, también el fuego les ayudó a defenderse de predadores e iluminar cuevas usadas como abrigo. Quizás también fueron capaces de levantar refugios, y hay evidencias de que supieron dedicarse a la caza de mamuts y caballos salvajes de manera socialmente organizada. Tenían una capacidad craneana de 1000 cc.

*Homo erectus*, sin embargo, no es un probable antepasado nuestro sino que pertenece a una rama diferente, derivada de *H. ergaster* y que se desarrolló principalmente en Asia. Surgió hace 1,8 millones de años atrás y desapareció hace unos 300.000 años.



**Figura 19.14.** Cráneo de *Homo erectus* encontrado en Francia.



**Figura 19.15.** Al parecer, *Homo erectus* fue el primero que aprendió a dominar el fuego.

## Hombres y mujeres del frío: los primeros europeos

En España se han encontrado los europeos más antiguos, de hace 780.000 años, a quienes se ha bautizado como *Homo antecessor*, mientras que otros fósiles más recientes de individuos que parecen derivar de los anteriores, han recibido el nombre de *Homo heidelbergensis*. Las y los *Homo antecessor* eran fuertes y de buena altura, unos 1,75 m y 90 kg de peso, con un cráneo de 1.000 cc o más de capacidad. Su aparato fonador tenía capacidad de emitir un lenguaje oral bastante articulado, aunque no podemos asegurar que lo hicieran. Por ciertas evidencias, al parecer en el posterior *Homo heidelbergensis* el aparato auditivo era lo suficientemente complejo como para captar las sutiles variaciones del lenguaje humano, pero si hablaban o no, tampoco lo sabemos. Se piensa que *H. antecessor* desciende de poblaciones de *Homo ergaster*.



**Figura 19.16.** Imagen recreada de una mujer de la especie *Homo antecessor*. Aprovechar la proteína de los semejantes fallecidos ha sido común en muchos *Homo*, incluido *Homo sapiens*.  
Imagen de José Luis Martínez Álvarez (Asturias, España).

Probablemente del *Homo heidelbergensis* surgió en Europa una especie que convivió con nosotros: *Homo neanderthalensis*, el hombre de Neanderthal, así llamado porque unos de sus primeros restos fosilizados se encontraron en el valle de Neander en Alemania, en 1856. Las y los neandertales aparecieron hace unos 400.000 años. Eran individuos muy fuertes, robustos y compactos, de menor estatura que nosotros; y estaban muy bien adaptados al frío de la última era glacial, que imperaba entonces en las regiones europeas. Muy probablemente eran de piel blanca, ventajosa para aprovechar la radiación solar en sus helados ambientes, y tenían una nariz grande quizás útil para calentar el aire de sus fríos hábitats antes de que llegara a sus pulmones. Incluso, sus cerebros eran más grandes que los nuestros, con una capacidad craneana en promedio de 1.550 cc y más, aunque su frente escasa indica poco desarrollo de la corteza prefrontal. Quizás lo único que nos llamaría la atención de ellas y ellos si los viéramos caminando por la calle serían sus pronunciados arcos ciliares.

Sabemos que maduraban a una edad como la nuestra y que tenían buena habilidad manual: elaboraban herramientas refinadas con pedernal y cosían pieles con agujas de hueso para fabricarse vestimentas. Aunque no conocemos si poseían lenguaje lo cierto es que la anatomía de su cabeza se los permitía. Por otra parte, tenemos evidencias de que enterraban a sus muertos con ofrendas, poseían estrategias de caza complejas como espantar a sus presas hacia precipicios, y creaban arte.





*Figura 19.17. Representación de un hombre neandertal en el museo dedicado a ellos en Neandertal, Alemania, donde en 1856 se encontraron sus fósiles.*

Hace 30.000 años, luego de convivir con nosotros por unos 10.000 años, los neandertales se extinguieron. ¿Tuvimos algo que ver con ello? Se piensa que quizás los desplazamos de los mejores hábitats. Si hubieran perdurado, hoy tendríamos interlocutoras e interlocutores, otra especie inteligente con quien conversar y compartir. Aunque, quién sabe, es tristemente posible que estuviéramos enfrentados. En casi todos los no-africanos modernos, de 2% a 4% de su ADN parece derivar del *Homo neanderthalensis*. ¿Nos cruzamos con ellos? Se discute al respecto. También es

de notar que recientemente se han encontrado en Siberia restos de otros homínidos, los denisovianos. Las investigaciones revelan que en los modernos habitantes de Melanesia se consigue hasta un 6% de carga genética de tal origen. Estudios sugieren que los denisovianos descienden de los grupos de *H. erectus* que dos millones de años atrás ya habían dejado África para incursionar en los ambientes asiáticos.

## Nuestro surgimiento en la madre África

Nuestra especie, *Homo sapiens*, surgió en África hace unos 200.000 años, probablemente de *Homo rhodesiensis*, a su vez quizás descendiente de *Homo heidelbergensis*. En África evolucionamos con las características que conocemos: capacidad craneana de unos 1.350 cc, cerebro bastante complejo, cráneo más redondeado, cara más chata y con mentón (único *Homo* que lo posee), buena destreza manual, desarrollo del lenguaje y, desde hace unos 50.000 años, creación de una cultura más sofisticada, con elaboración de herramientas de piedra y hueso (hachas, cuchillos, agujas, anzuelos, botones...), construcción de refugios, disposición de trampas para cazar, elaboración de vestimenta con pieles de animales, simbolización, rituales, joyería, arte, ceremonias funerarias, intercambios con otras poblaciones de humanos, etcétera. El lento avance de los milenios anteriores se aceleró por esa época, quizás vinculado a avances en el lenguaje, que incrementan las posibilidades de comunicar aprendizajes.

Partiendo de África nos hemos desparramado por todo el mundo: llegamos hace 90.000 años a Asia, y hace ya 60.000 años habíamos cruzado mares para poblar Australia y otras islas de Oceanía. Un poco más tarde, arribamos a Europa. Los diferentes climas y hábitats no fueron una barrera para nosotras y nosotros, nos adentramos en la fría tundra siberiana, llegamos al Ártico y en varias oleadas atravesamos el estrecho de Bering cuando toda la zona estaba helada, y fuimos luego bajando por el continente americano para poblarlo hace unos 20.000 años, siendo nosotros el primer homínido en llegar allí; quizás también alcanzamos sus costas navegando por el océano Pacífico.

Cuando se examina el ADN de las mitocondrias de gente de diferentes partes del mundo, se encuentra que es muy similar. Recordemos que el ADN mitocondrial lo heredamos de nuestras madres, cuando el óvulo se une al gameto masculino. Esta similitud indica que los más de 7.000 millones de personas que habitamos hoy en el planeta descendemos todas y todos de una pequeña población africana ancestral.

¿Seguimos evolucionando hoy? Algunos piensan que no, puesto que los avances médicos permiten que vivan e incluso se reproduzcan personas que en otras épocas no hubieran podido hacerlo, por sus problemas genéticos. Es decir, no sólo las y los más aptos genéticamente sobreviven, sino que todos lo hacen. Además, no hay deriva genética, porque las personas se desplazan por todo el mundo, no hay grupos aislados. No obstante, las investigaciones destacan que miles de genes han cambiado en *Homo sapiens sapiens* en los últimos 50.000 años.

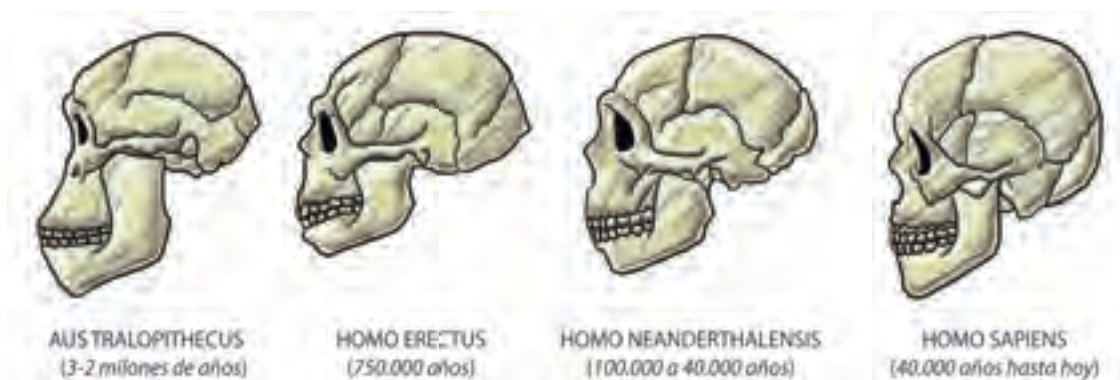


Figura 19.18. ¿Qué diferencias y semejanzas encuentras entre los cráneos de estos homínidos?

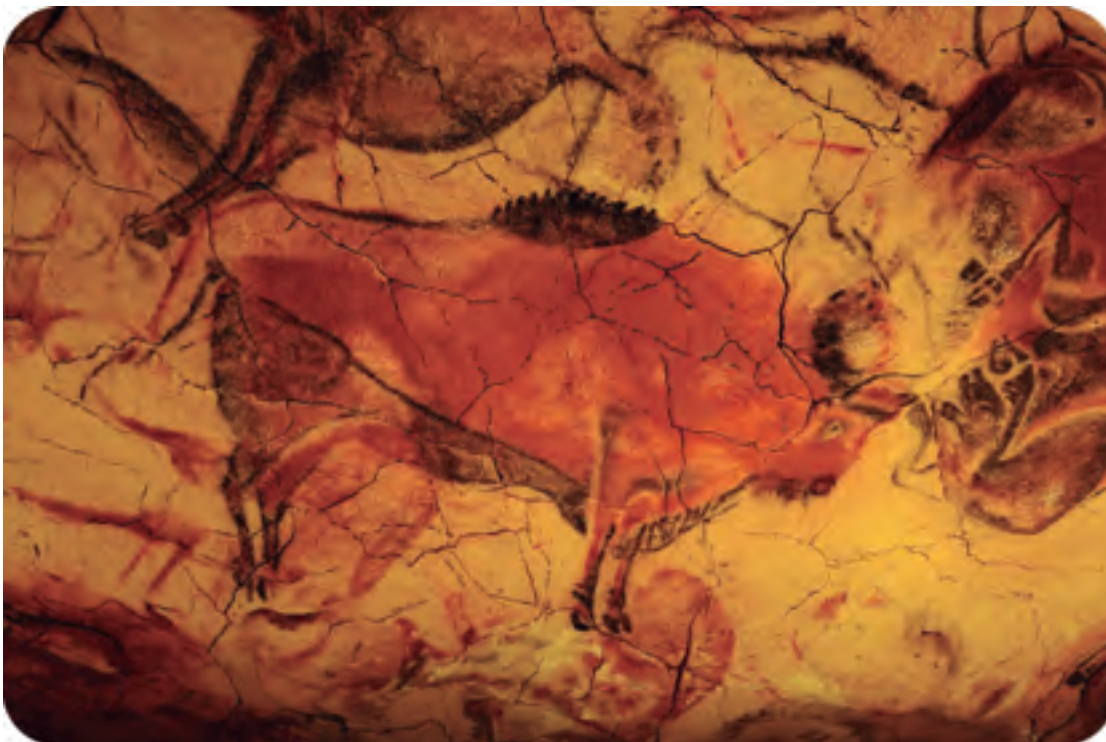


Figura 19.19. Bisonte pintado por *Homo sapiens sapiens* hace unos 14.000 años. Cuevas de Altamira, España.

## El homínido de hoy y el humano del mañana

En pleno siglo XXI, las y los *Homo sapiens* somos los homínidos de mayor expansión geográfica, ubicándonos en todos los extremos terrestres del planeta, desarrollando complicadas interacciones sociales a partir de gran variedad de idiomas, y contando con una creación cultural rica y dinámica, en campos muy diferentes: música, pintura, literatura, ciencia, filosofía... Así mismo, desde las sencillas lascas de piedra de los primeros *Homo*, hemos generado gran variedad de productos y sistemas tecnológicos, cada vez más complejos.

Sin embargo, la especie humana parece tener un futuro incierto, pues enfrenta graves problemas como la pobreza extrema entre millones de personas, las guerras, el cambio climático, la pérdida de la biodiversidad, problemas que además se relacionan unos con otros.

Afrontar los retos planteados exige capacidad de pensar a largo plazo tomando en cuenta multiplicidad de factores en interacción y deponiendo conveniencias particulares inmediatas. Ello indica la necesidad de la participación decisiva de millones y millones de personas en todo el mundo, sólo así será posible romper los límites miopes impuestos por intereses minoritarios hoy predominantes, como los de grandes corporaciones, élites gobernantes de las potencias, y conglomerados de medios de comunicación.

Nuestro crecimiento en el último siglo ha resultado explosivo, y un porcentaje apreciable de la población mundial consume un exceso de recursos naturales, gracias a tecnologías poderosas, se agotan así agua, suelos fértiles, biodiversidad, minerales... Quemamos ingentes cantidades de combustibles para fabricar una gran variedad de productos y desplazar materia prima y bienes a lejanos destinos, arrojando así a la atmósfera un exceso de gases con efecto invernadero.



Hace falta construir nuevos estilos de vida, menos depredadores de la naturaleza y menos explotadores de seres humanos, basados en originales estilos tecnológicos, que nos brinden una vida digna y fructífera sin poner en riesgo al planeta. Todo el camino recorrido hasta aquí por las y los *Homo* debería ser nuestra base para la construcción de un futuro mejor.



## Creando un museo de la evolución humana

El largo recorrido evolutivo de nuestra especie se puede describir en el aula de clase, diseñando un museo sobre la evolución de los humanos y sus antecesores que permita destacar los cambios sufridos y reflexionar sobre ellos.

### **¿Qué necesitan?**

Materiales de desecho como telas, cajas, plástico, papel y otros para que construyan las réplicas o representaciones de cada homínido, sus restos, sus útiles, sus alimentos y su hábitat. Pueden usar también plastilina, acuarela, creyones y tizas de colores.

### **¿Cómo lo harán?**

Para este museo te sugerimos trabajar en conjunto con tus compañeras y compañeros y si fuera posible con tus representantes, para el mayor éxito de la iniciativa. Organicen la información apoyándose en esta lectura y en otras fuentes. Repártanse el trabajo por equipos. Cada equipo debe planificar cómo será su parte del museo y debe presentar su plan al resto de la clase, de esta manera su exhibición total será coherente y completa.

Decidan en su equipo qué pueden elaborar de manera tridimensional y qué resolverán gracias a pinturas o dibujos. Recuerden que no se trata de fantasear, sino de contar lo que la investigación ha establecido. Hay que incluir breves textos que complementen la exhibición en cada caso, traten de que sean amenos y veraces.

Planifiquen un recorrido interpretativo para la presentación de su museo, donde cada equipo explique a los demás su área de exhibición. Pueden realizar guías de observación, preguntas que llamen la atención, fichas de datos morfológicos, trípticos y cualquier otro material útil. Además, es posible incluir al final del recorrido la visualización de películas o videos, o secciones de los mismos.

Es buena idea mantener la exhibición un tiempo para que pueda ser visitada por otros estudiantes del plantel, padres, docentes y miembros de la comunidad. Quizás puedan elaborar algunos afiches y/o volantes invitando a las y los visitantes.

### **¿Qué reflexiones extraen de su trabajo?**

- ¿Qué aspectos positivos tuvo su diseño del museo?
- ¿Qué cosas podrían mejorarse?
- ¿Qué preguntas o comentarios fueron más comunes entre las y los visitantes?
- ¿Qué fue lo que más les llamó la atención a las y los visitantes?
- ¿Qué aspectos sobre nuestra evolución todavía son dudosos o presentan incógnitas?
- ¿Ha cambiado la visión que ustedes tienen de nuestra especie y su evolución a partir de su trabajo en el museo?



## Reportaje de un fósil

Por equipos, escojan cada uno un fósil de los que han sido más importantes en el estudio de la evolución humana. Indaguen sobre la historia de su descubrimiento y qué se pudo aclarar gracias al examen de esta evidencia.

Luego, actúen como periodistas y escriban un reportaje que informe a los demás sobre el hallazgo que han conocido. Recuerden incluir imágenes. También es necesario ponerle un titular llamativo y un buen encabezamiento. Fíjense en reportajes de prensa recientes que les parezcan buenos. En su papel de periodistas, pueden ubicarse como si ustedes vivieran en la época cuando ocurrió el hallazgo que narran.

Monten una cartelera o exhibición con todos los reportajes elaborados, o bien publíquenlos en alguna opción cibernética que tengan disponible.

Entre los fósiles más notables (incluido un fraude) les sugerimos: El hombre de Neandertal (1856); el yacimiento de Krapina (1899); el yacimiento de Shanidar (1953); Atapuerca 5 (1992); el niño de Turkana (1984); D2700 (2001); el hombre de Heidelberg (1907); el hombre de Tautavel (1971); Neandertal de Saint-Cesaire (1979); "Toumai", *Sahelanthropus tchadensis* (2001); el hombre de Cro-Magnon (1868); el "hobbit", *H. floresiensis* (2003); el hombre de Pilt down (1908); "Ardi" (1994); "Lucy" (1974); "La primera familia" (1975); huellas de Laetoli (1978); el niño de Taung (1924); el hombre de Java (1891); KNM-ER 1470 (1972); *Homo habilis* descubiertos por los Leakey en los años sesenta; el hombre cascanueces, *Paranthropus boisei* o *A. boisei* (1959).



## Actividades de autoevaluación

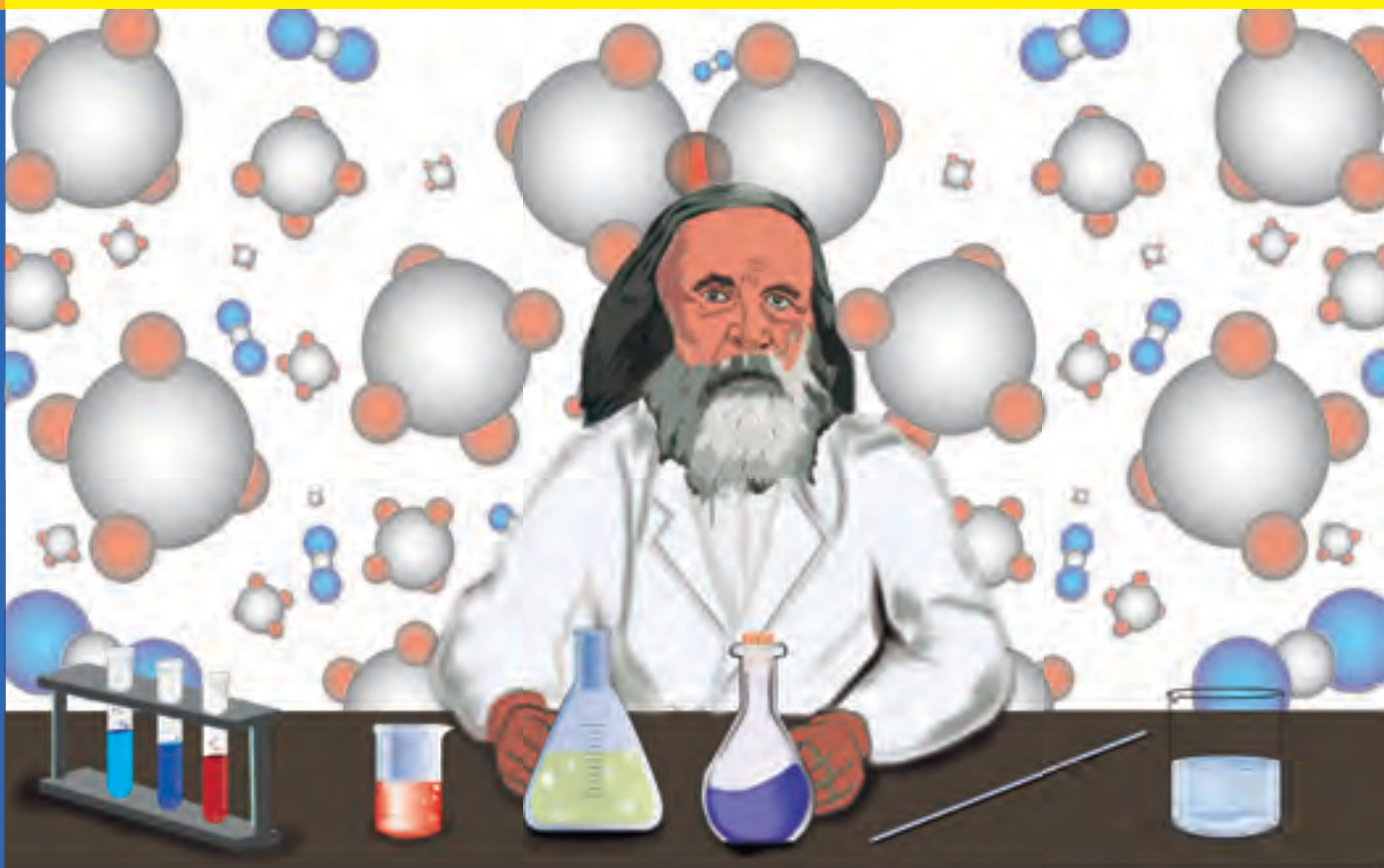
1. ¿La bipedación fue un cambio evolutivo focalizado? ¿O a su vez desencadenó otros cambios?

2. ¿Qué ventajas adaptativas pudo traer el desarrollo del lenguaje al género *Homo*?

3. Aplica los conceptos de la lectura anterior sobre mecanismos de la evolución para explicar cómo fueron posibles los cambios desde una especie de primates que vivía en los árboles de bosques hasta nuestro antepasado *Homo ergaster*.

4. Elabora una línea de tiempo con los principales eventos en la historia de nuestra evolución.

## ¿Hasta cuándo ocurren las reacciones químicas?



El equilibrio químico es fundamental para el estudio de gran parte de las reacciones químicas, además estamos rodeados por muchos de ellos haciendo que esté presente en nuestro día a día, tanto en nuestro entorno como en nuestro propio cuerpo. Por ejemplo, en la reacción mediante la cual la hemoglobina reacciona con el oxígeno disuelto en la sangre, para su transporte a los diferentes órganos del cuerpo se establece un equilibrio químico que gobierna el proceso, pero éste depende de factores como la temperatura, la presión, los requerimientos de oxígeno, entre otros. Además, tenemos las bebidas gaseosas que tienen una cantidad de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) disuelto, su disolución dependerá entre otras cosas de la presión dentro y fuera del recipiente, cuando está cerrado posee una cantidad determinada de  $\text{CO}_2$  disuelto en equilibrio, en el momento que se abre hay un cambio de presión que permite mantener el equilibrio químico en la disolución, la cantidad de  $\text{CO}_2$  disuelto disminuye y parte pasa al ambiente en forma gaseosa; estas son las burbujas que vemos en este tipo de bebidas.

Así como estos ejemplos, podemos encontrar otros en la naturaleza, en la industria y en los seres vivos; el estudio de ellos permite su manipulación para determinados fines, por ello la importancia en adquirir conocimientos y comprensión de estos fenómenos que nos rodean y, si alguna vez necesitamos interactuar con ellos, podremos entender su comportamiento así como explicar a las personas que lo necesiten.

## Tipos de equilibrio químico

Cuando vemos una ecuación química denotamos una posible combinación de reactivos para la formación de productos, se representa con una flecha que va desde los reactivos hasta los productos, por ejemplo:



Las reacciones de este tipo, que van en un solo sentido, se denominan **reacciones irreversibles**, en este tipo de reacciones los productos no pueden volver a convertirse en reactivos, una de las reacciones más comunes de este tipo, son las reacciones de combustión. Por ejemplo, cuando ocurre un proceso de combustión y reacciona un compuesto como el metano ( $\text{CH}_4$ ) con oxígeno ( $\text{O}_2$ ) se da una reacción irreversible que produce dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), además de la energía que se desprende en forma de luz y calor, la reacción inversa es muy poco probable que ocurra, se puede denotar la reacción de la siguiente manera:

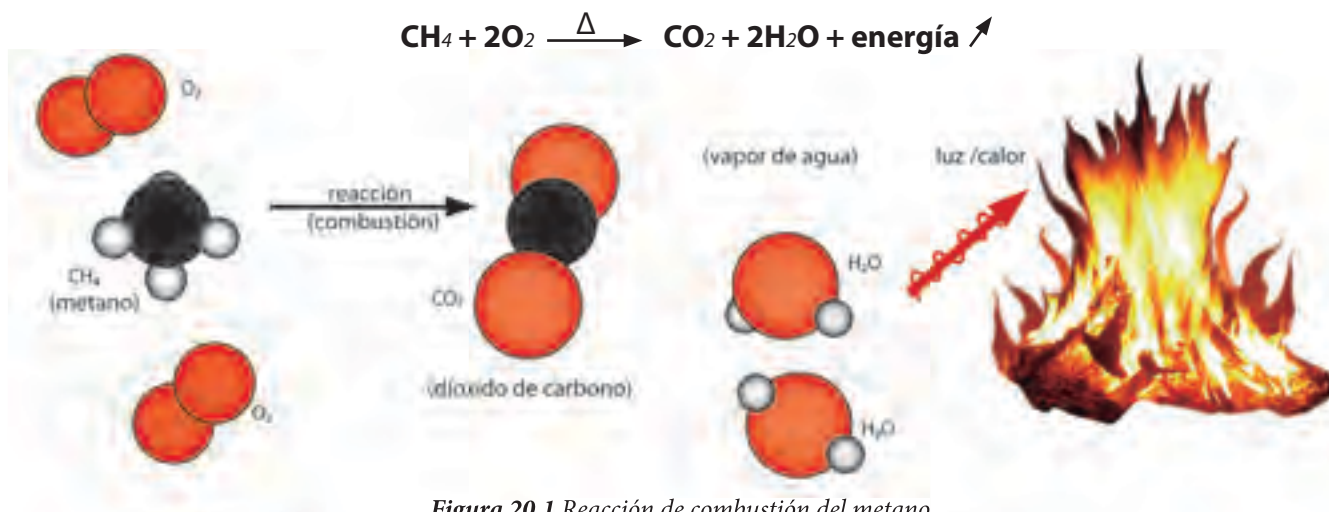
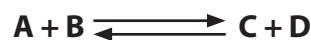


Figura 20.1 Reacción de combustión del metano

En los estados de equilibrio las reacciones químicas se dan en dos direcciones, una en sentido de los productos (reacción directa) y otra en el sentido de los reactivos (reacción inversa o indirecta), este tipo de reacciones se denotan con flechas en ambos sentidos de la siguiente manera:



Las reacciones de este tipo, que van en dos sentidos, se denominan **reacciones reversibles**, en estas los productos también reaccionan para formar los reactivos originales, mientras la rapidez con la que se forman los productos sea mayor a la rapidez de formación de reactivos, el resultado neto apreciable es la formación de productos. Un ejemplo de estas reacciones puede ser la oxidación del magnesio ( $\text{Mg}$ ) con oxígeno ( $\text{O}_2$ ) para producir óxido de magnesio ( $\text{MgO}$ )



Llega un punto en la reacción química donde la rapidez de formación de productos es igual a la rapidez de formación de reactantes, en este momento se dice que el sistema está en **equilibrio químico**. El conocimiento de estas condiciones de equilibrio nos proporciona información muy importante acerca de la reacción respondiendo a la interrogante ¿hasta cuándo ocurren las reacciones químicas?, sencillamente las reacciones irreversibles ocurren hasta que se agoten los reactivos mientras que las reacciones reversibles ocurren hasta el momento donde llegan al equilibrio.

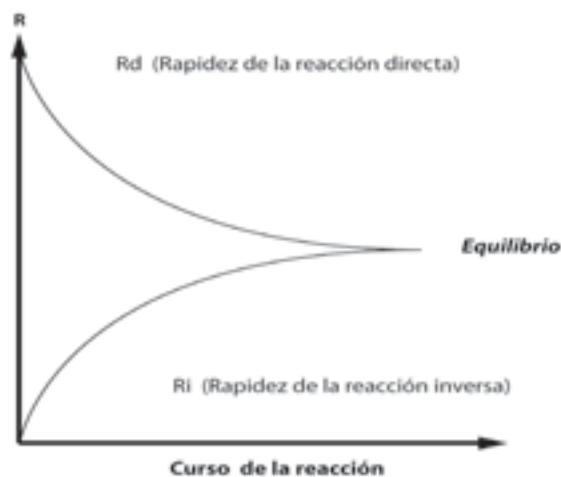
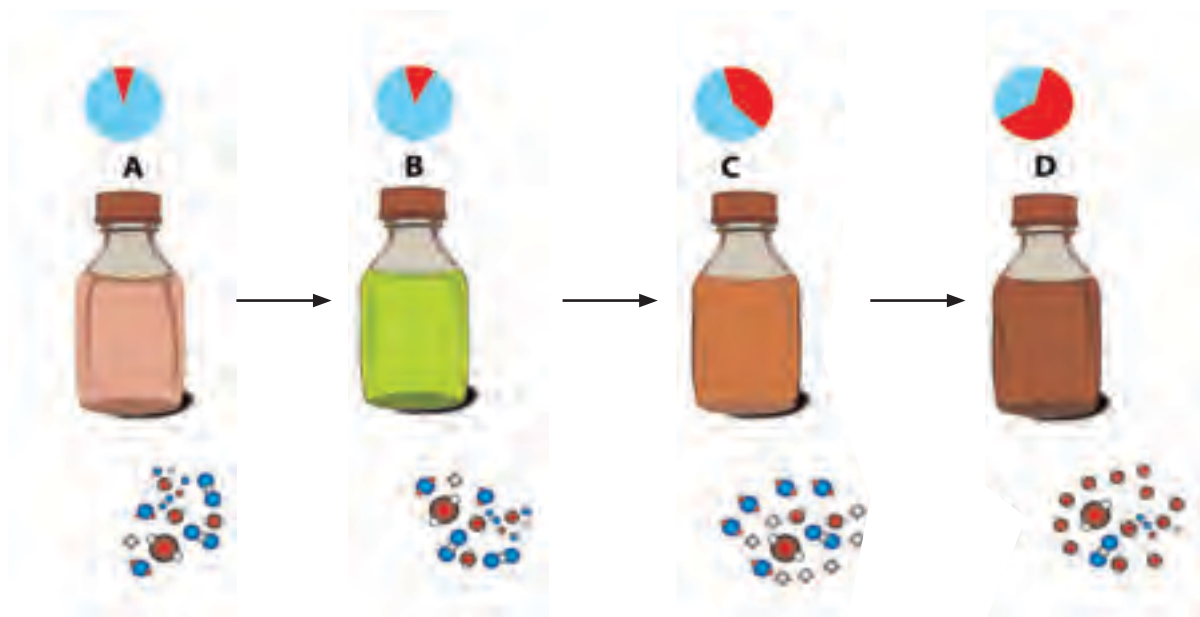


Figura 20.2. Representación del equilibrio químico.



Para clasificar a los equilibrios químicos de manera sencilla se usan los términos **equilibrio homogéneo** y **equilibrio heterogéneo** tal y como su nombre lo indica; en los equilibrios homogéneos las especies involucradas están en un mismo estado físico, mientras que si el equilibrio es heterogéneo las especies involucradas están en distintos estados



Figura 20.3. Equilibrios homogéneo (a) y heterogéneo (b).



Dentro de esta clasificación podemos mencionar varios tipos de equilibrios importantes, por ejemplo, los equilibrios ácido-base presentes en el cuerpo humano, equilibrios en reacciones de óxido-reducción como los que alcanzan las pilas cuando se agotan o equilibrios químicos de precipitación presentes en cualquier disolución saturada, donde la rapidez con la que el soluto pasa a disolución es la misma con la que el soluto dentro de la disolución vuelve a su estado inicial.

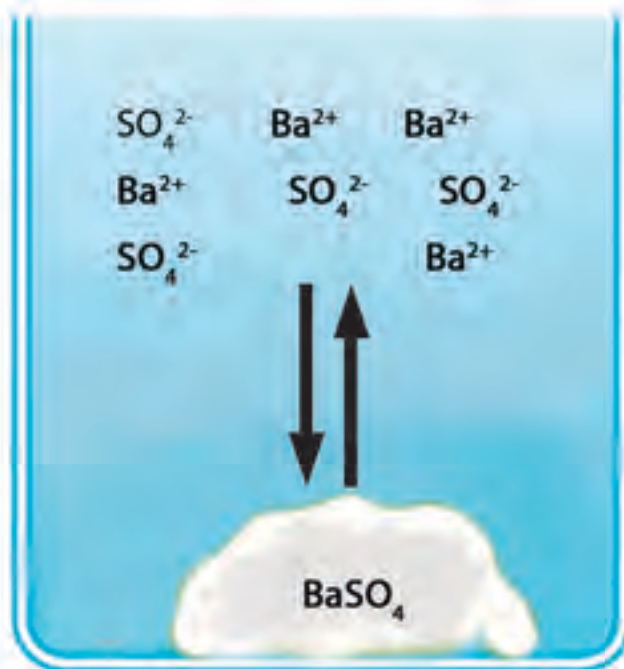


Figura 20.4. Equilibrios heterogéneo de precipitación

El conocimiento de estos equilibrios mencionados anteriormente es muy importante en la industria química, muchas veces se deben manipular para tener el resultado deseado, haciendo que se favorezca la formación de productos.

El equilibrio químico depende de variables como la concentración, la presión y la temperatura, estas son manipuladas para llevar la reacción a resultados esperados, por ejemplo, en la industria cuando se produce amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) para utilizarlo como fertilizante se debe trabajar a altas presiones para favorecer la formación de productos; la explicación a esto la veremos más adelante con el principio de Le Chatelier.

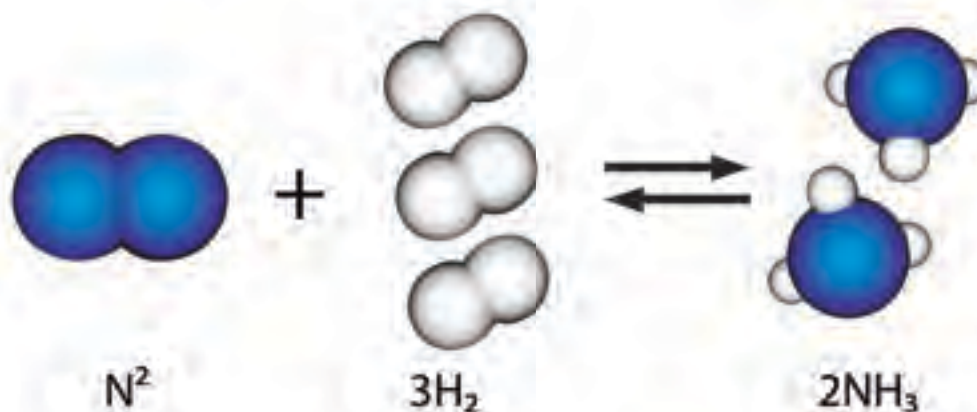


Figura 20.5. Síntesis de amoníaco

### ¿Sabías que...?

El cuerpo humano segrega ácido y órganos como los riñones se encargan de eliminar sus excesos del cuerpo, manteniendo el equilibrio ácido-base del mismo.

## La constante de equilibrio

Para el estudio del equilibrio químico es útil el uso de un valor que se denomina **constante de equilibrio (K)**, esta constante nos indica si la reacción se encuentra favorecida a la formación de productos o a la formación de reactivos, para una reacción del tipo:  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ , podemos calcular la constante de equilibrio con la siguiente ecuación:

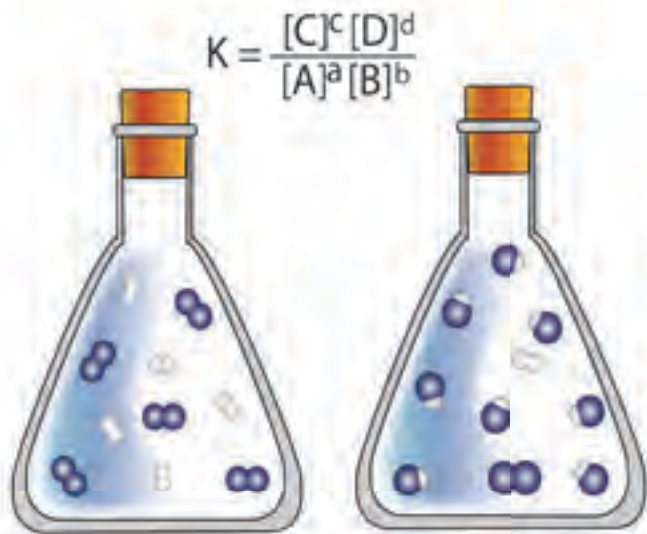
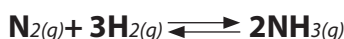


Figura 20.6. Sistema en equilibrio

En consecuencia, esta constante es igual a la multiplicación de las concentraciones de los productos elevados a sus coeficientes estequiométricos entre los productos de las concentraciones de los reactivos también elevados a sus coeficientes estequiométricos, es un número invariable para cada temperatura y solo puede tener signo positivo. Dependiendo de su valor podemos saber el comportamiento de la reacción, por ejemplo, si la constante es mayor a uno la reacción esta favorecida a la formación de productos mientras que si es menor a uno estará favorecida la formación de reactivos.

Cuando tenemos reactivos y productos en forma gaseosa podemos considerar la ecuación de gas ideal ( $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ ) que nos indica que a temperatura constante la presión de un gas esta en relación directa con su concentración molar ( $P = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T$ ); entonces, podemos expresar la constante de equilibrio sustituyendo la concentración por las presiones parciales de cada gas. Por otra parte, las sustancias puras en estado líquido o sólido, no intervienen en la constante de equilibrio.



$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$$

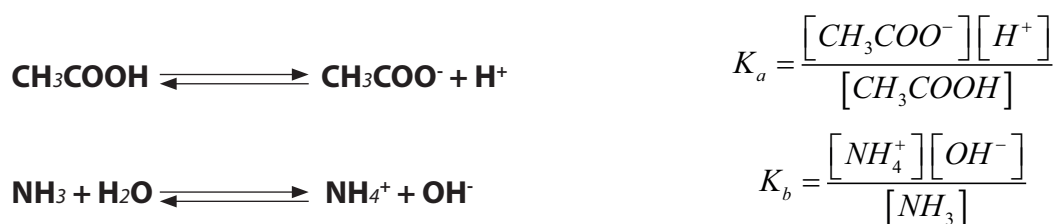
$$K_p = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} P_{H_2}^3}$$

$$K_c = \frac{1}{[H_2]^3}$$

Como vimos en las expresiones anteriores, cuando estas constantes están referidas a concentraciones la denotamos como  $K_c$  y cuando están referidas a presiones parciales de gases será  $K_p$ , estas constantes a su vez están relacionadas por la siguiente ecuación:

$$K_c = K_p (R \cdot T)^{\Delta n} \quad \text{Donde: } \Delta n = n_{\text{gas productos}} - n_{\text{gas reactivos}}$$

Además, según la reacción que tengamos podemos definir la constante de equilibrio de varias maneras, por ejemplo, el equilibrio que tienen los ácidos con sus iones cuando se disocian en disolución, como el ácido acético que se disocia en disolución en protones ( $H^+$ ) e iones acetato ( $CH_3COO^-$ ). El equilibrio de disociación de los ácidos se calcula de manera similar a los vistos anteriormente pero se denotan como  $K_a$ . De la misma manera, cuando el que se disocia en disolución es una base, la constante se conoce como  $K_b$ .



En el caso de la disociación del agua, la constante se denomina  $K_w$  y cuando se trata de un equilibrio de solubilidad, presente en disoluciones saturadas se denota como  $K_{ps}$  y se conoce como producto de solubilidad. Cuando vemos los valores de  $K_{ps}$  para una sal poco soluble nos damos cuenta que el valor es mucho menor que uno, lo que quiere decir que el equilibrio está desplazado a los reactantes, mientras que para una sal muy soluble, el valor de la constante será mucho mayor que uno, por ejemplo el cloruro de plata ( $AgCl$ ) tiene aproximadamente un  $K_{ps}=1,8 \cdot 10^{-10}$  mientras que el cloruro de sodio ( $NaCl$ ) tiene un  $K_{ps}>30$ ; por eso cuando tenemos disoluciones en equilibrio de estas sales, las concentraciones de los iones en disolución del  $NaCl$  son mucho mayores que los del  $AgCl$  que prácticamente no se disuelve

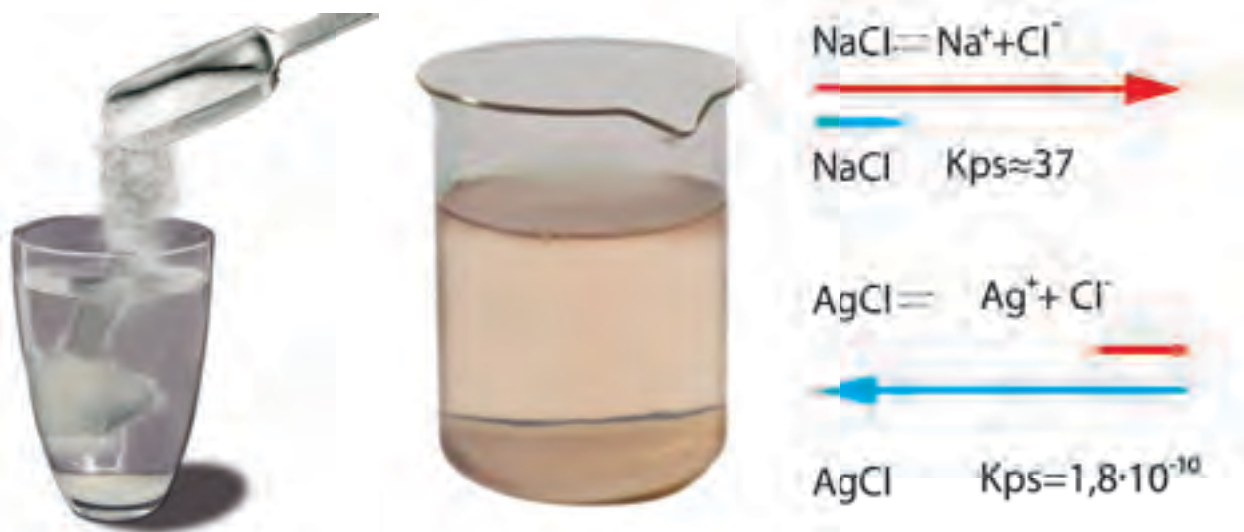


Figura 20.7. Productos de solubilidad

Lo mismo ocurre con cualquier reacción química, si el valor de la constante de equilibrio es mayor que uno, cuando la reacción llegue al equilibrio las concentraciones de productos van a ser mayores que las de reactantes, por ende el equilibrio está desplazado a la derecha favoreciendo a la reacción directa. En cambio, cuando la constante es menor que uno entonces en el equilibrio la concentración de reactivos será mayor que la de productos y entonces el equilibrio está desplazado a la izquierda favoreciendo la reacción indirecta.



Figura 20.8. Investigaciones para la optimización de los procesos.

Industrialmente, la labor de muchos científicos es buscar la manera de modificar las condiciones de la reacción para favorecer la formación de productos. Las variables que modifican el equilibrio son la presión, la temperatura y la concentración; la manera como afectan estas variables va a depender de cada reacción. Por ejemplo, si la reacción es endotérmica o exotérmica, si está en fase gaseosa o líquida, si reactivos y productos están en la misma fase, la rapidez de la reacción se puede llevar sin comprometer el equilibrio.

El mundo que habitamos está lleno de procesos y productos químicos, naturales, industriales y biológicos, el conocimiento de ellos nos ayuda a entender con mayor facilidad muchos de estos y servirán como una motivación para las personas que decidan formarse y especializarse en el área científica, tanto en el área de procesos químicos como en el área de investigación y desarrollo de nuevas y más eficientes tecnologías.

## ¿Cuál es el principio Le Chatelier?

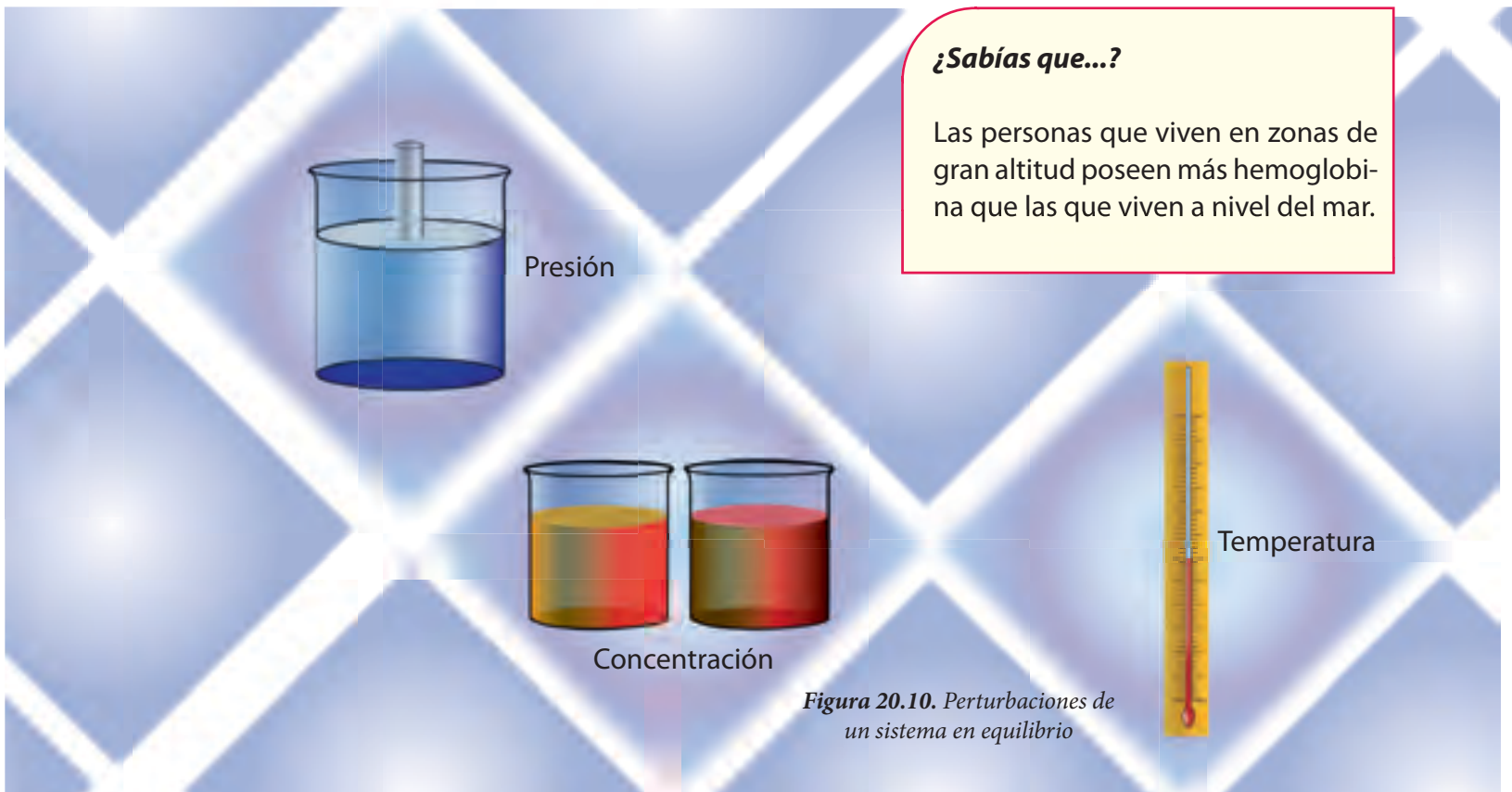
Henry Le Chatelier fue un famoso científico francés (1850-1936), que enunció lo que conocemos como el **principio de Le Chatelier** que podemos resumirlo así: "Si en un sistema en equilibrio se modifica alguna variable como presión, temperatura o concentración, el sistema evolucionará en el sentido que tienda a oponerse al cambio al cual fue sometido".



Figura 20.9. Henry Le Chatelier

Cuando tenemos un sistema en estado de equilibrio y este se perturba, el sistema va a tender a buscar un nuevo estado de equilibrio, las variables más importantes que perturban el estado de equilibrio son: temperatura, concentración y presión. En la industria estas variables se manipulan para desplazar el estado de equilibrio hacia donde se requiera y el cuerpo humano también responde a cambios en el estado de equilibrio de manera de buscar un nuevo equilibrio. Un ejemplo de esto lo encontramos en las personas que practican montañismo, cuando se someten a alturas considerables la concentración de oxígeno en la sangre es baja causando dolores de cabeza, cansancio y hasta la muerte en los casos extremos; el cuerpo humano, en un proceso lento, responde a este cambio de concentración produciendo más hemoglobina que es la responsable de distribuir el oxígeno por todo el cuerpo, contrarrestando así la baja de oxígeno.

Es por ello que los montañistas necesitan un tiempo de aclimatación para adaptarse a las bajas concentraciones de oxígeno, llevando de nuevo el proceso de distribución al equilibrio. De igual manera, cuando vuelven a nivel del mar y la concentración de oxígeno aumenta, el resultado es un mayor rendimiento físico por la mayor cantidad de hemoglobina y la mejor distribución de oxígeno en el cuerpo, esto llegará a la normalidad a medida que el cuerpo responda al aumento de concentración y vuelva a llegar al estado de equilibrio.



Ahora vamos a estudiar específicamente qué pasa cuando modificamos una de las variables y por ende el estado de equilibrio. Para comenzar, veamos qué pasa con la concentración, imagínate que tienes la siguiente reacción química:



Y resulta que el reactivo **A** es de color rojo en disolución, mientras que el reactivo **B** es amarillo y el **C** es incoloro, el sistema inicialmente en equilibrio será una disolución roja clara por la presencia de **A** y **B**. Ahora si agregamos **C**, el equilibrio se va a desplazar a la izquierda resultando una disolución de color rojo intenso por la presencia mayoritaria de **A**. De igual manera si agregamos **B**, ocurrirá exactamente lo mismo. Ahora si lo que agregamos es **A**, el equilibrio se desplazara a la derecha aclarándose la disolución por el aumento de las concentraciones de **B** y **C** que son de color amarillo e incoloro respectivamente.

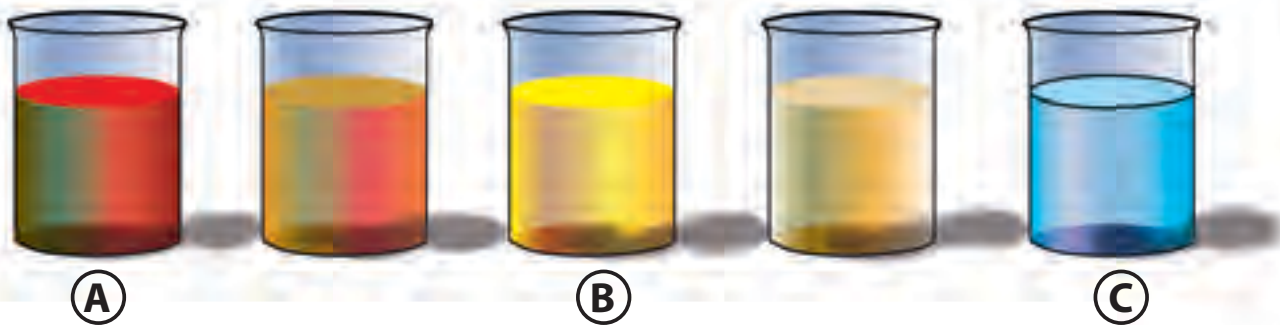


Figura 20.11. Cambio de concentración

Con respecto a la presión, si consideramos la misma reacción anterior podemos decir que un mol de A produce un mol de B y uno de C, un aumento de la presión del sistema va a desplazar el equilibrio hacia la izquierda debido a que en ese sentido hay menor cantidad de materia respondiendo así al aumento de presión; si en vez de aumentar disminuyera la presión el sistema se desplazaría en el sentido que aumente la presión para así contrarrestar el cambio, ese sentido será el que produce más materia, en este caso se desplazaría a la derecha.

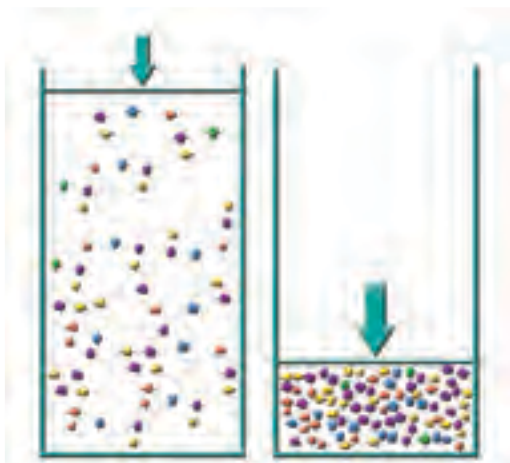


Figura 20.12. Variación de presión en el sistema

Con respecto a la temperatura, hay reacciones químicas que absorben energía del medio para llevarse a cabo denominándose reacciones endotérmicas, mientras que hay otras que producen energía como producto de la reacción denominadas reacciones exotérmicas. Esta energía que el sistema puede intercambiar con su entorno se denomina entalpía ( $\Delta H$ ) y su variación entre el estado final e inicial de la reacción tendrá un valor positivo para las reacciones endotérmicas y negativo para las exotérmicas. De esta idea dependerá el efecto de la temperatura en el equilibrio.

Para ejemplificar lo que ocurre, imagínate por un momento a la energía en forma de calor como una especie involucrada en la reacción, en el caso de reacciones exotérmicas podemos verlo como un producto y en el caso de las reacciones endotérmicas lo veremos como un reactivo, entonces:



Figura 20.13. Reacciones exotérmicas (a) y endotérmicas (b).

Entonces si tenemos una reacción exotérmica, un aumento de temperatura ( $T$ ) va a desplazar el equilibrio hacia los reactivos, mientras que una disminución de  $T$  favorecerá la formación de productos. Para el caso de reacciones endotérmicas sucede lo contrario, cuando aumentamos  $T$  el equilibrio se desplazará hacia la formación de productos mientras que si la temperatura disminuye el equilibrio se desplazará a los reactantes.

## La escala de pH

En cuanto la acidez se refiere, al agua se define como una sustancia neutra, debido a que la concentración de los protones o iones hidronios ( $H^+$ ) es igual a la concentración de iones oxidrilo o hidroxilo ( $OH^-$ ); es decir,  $[H^+] = [OH^-]$ . El agua pura se ioniza de la siguiente manera en disolución.



Según esta ecuación, se puede expresar una constante de equilibrio que se conoce como la constante del producto iónico de agua ( $K_w$ ), podemos expresarla como  $K_w = [H^+][OH^-]$ , fíjate que esta ecuación no tiene denominador debido a que el agua pura en estado líquido no interviene en el valor de la constante de equilibrio. Además, la constante tiene un valor de  $K_w = 1,0 \cdot 10^{-14}$ . Entonces el producto de las concentraciones de estos iones  $H^+$  y  $OH^-$  en disolución va a ser  $1,0 \cdot 10^{-14}$  en el equilibrio. Cuando tenemos disoluciones donde la concentración de protones es mayor que la de iones hidroxilo tenemos una disolución ácida, mientras que cuando son los iones hidroxilo los que están en mayor proporción tendremos entonces una disolución básica.

Entonces para clasificar a una disolución según su acidez o basicidad, usaremos la medida de pH que es un valor adimensional que se define como el logaritmo negativo de la concentración de protones, si te fijas la concentraciones de protones y de hidroxilo pueden estar en equilibrio en un rango de concentraciones que va desde  $1 \cdot 10^{-14}$  hasta  $1 \cdot 10^0$ , por ende el pH puede tomar valores que van desde cero hasta catorce, entonces mientras más ácida sea la disolución menor será su pH y viceversa, en el caso de una disolución neutra su pH tiene un valor de siete.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$



Figura 20.14. Escalas de pH y pOH en algunas sustancias de uso cotidiano.

Similar al desarrollo anterior ocurre con el valor de pOH, si sustituimos la concentración de protones por la de iones oxidrilo el resultado se denomina pOH, este valor también nos indica la acidez o basicidad de la disolución, contrario al pH, mientras mayor es el valor de pOH más ácida será la disolución. Ambos valores pueden ser usados para la clasificación de disoluciones, sin embargo el uso del pH es mayor y tienen una relación entre sí que indica que la suma de ellos debe ser igual a catorce.

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$



Existen varias sustancias que cambian de color según el nivel de acidez o basicidad de la disolución y son utilizadas para la medición de pH, estas sustancias se denominan **indicadores ácido-base**, en la tabla siguiente podemos ver alguno de ellos.

Indicador	Color en medio ácido	Color en medio básico
Fenolftaleína	Incoloro	Rosado
Azul de bromotimol	Amarillo	Azul
Anaranjado de metilo	Rojo	Amarillo
Rojo de metilo	Rojo	Amarillo
Amarillo de alizarina	Amarillo	Violeta

También hay indicadores impregnados en papel que son muy fáciles de utilizar, simplemente mojamos el papel con la disolución a la cual queremos conocer su pH, el papel cambiará de color y según la escala de colores del papel podemos conocer el pH de la disolución.



Figura 20.15. Escala de pH en el papel indicador universal.

## El equilibrio y la vida en el planeta

Por medio de las reacciones químicas podemos ver cómo el término equilibrio está presente en todo, vimos cómo las reacciones en muchos de los casos suceden en el sentido de formación de productos y de reactivos al mismo tiempo hasta llegar a su punto de equilibrio, es decir, mientras se están consumiendo también se están generando las sustancias involucradas en el proceso.

Esta forma de funcionamiento de las reacciones químicas puede servir de ejemplo para la manera como nos conducimos frente a nuestro planeta, has escuchado en numerosas ocasiones que el ser humano está destruyendo su único hogar que es la Tierra, pero esto está ocurriendo porque no existe un equilibrio entre lo que tomamos del planeta y lo que le regresamos, no permitimos que la naturaleza logre su autodepuración o limpieza que representa su equilibrio natural.



Ciertamente, no podemos vivir sin hacer uso de ciertas bondades de la Tierra pero debemos respetar el equilibrio de todas las cosas, no debemos contaminar los mares, lagos y toda fuente de agua, acabar con los árboles, usar todas las fuentes de energía renovables y no renovables hasta acabarlas. Se debe conseguir un equilibrio entre el uso de todos estos recursos y la continuidad de la vida en nuestro planeta.

Las reacciones químicas nos han demostrado que es posible coexistir reactivos y productos en una misma reacción, algo similar nos ocurre a nosotros como humanos, entonces ¿por qué no aplicamos este comportamiento en nuestra relación con el agua, ambiente, animales, en general con nuestro planeta Tierra?



## Desplazamiento del equilibrio

Con esta actividad vamos a ver un ejemplo sencillo del equilibrio y cómo se desplaza cuando cambiamos las condiciones para las cuales se estableció.

### ¿Qué necesitan?

Necesitan dos botellas pequeñas de bebida gaseosa de cualquier marca o sabor, un envase donde puedas introducir una de las botellas (puede ser una jarra con agua), agua caliente y dos globos de fiesta.

### ¿Cómo lo harán?

En cada botella se presenta el siguiente equilibrio químico  $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ , el experimento se basa en someter este equilibrio a cambios de presión y temperatura y observar lo que sucede.

Toma las botellas e introdúcelas en la nevera hasta que estén bien frías, ten cuidado que no se congelen, ponlas una al lado de otra y observa bien el líquido, en ambas botellas se da el equilibrio químico que mencionamos anteriormente. Para disminuir la presión en una de las botellas simplemente la abrimos, trata de responder las siguientes interrogantes ¿qué pasa con el equilibrio en ese momento?, ¿qué diferencias observas entre la botella abierta y la cerrada?, según el principio de Le Chatelier ¿por qué se favorece la producción de  $\text{CO}_2$ ?

Para la segunda parte coloca los globos en las botellas de refresco, agrega agua caliente al envase e introduce una de las botellas de refresco dentro del envase con agua caliente, sabiendo que la solubilidad del  $\text{CO}_2$  disminuye a medida que aumenta la temperatura, explica lo que observas, ¿qué pasa con el equilibrio en este caso?

Según los resultados que obtengan elaboren una lista de recomendaciones para evitar la pérdida de  $\text{CO}_2$  en este tipo de bebidas.





## Indicadores ácido-base

Esta actividad nos permitirá familiarizarnos con los indicadores ácido-base mediante el uso de un indicador natural y de fácil adquisición como lo es el repollo morado

### **¿Qué necesitan?**

Necesitas un pedazo de repollo morado, varias disoluciones ácidas y básicas que encuentren en sus casas, como vinagre, limón, limpia hornos, leche de magnesia, bicarbonato de sodio, refrescos, agua, etc.

### **¿Cómo lo harán?**

Con la ayuda de un adulto pica el repollo y colócalo en una olla, agrega agua hasta que apenas tapes el repollo y llévalo al fuego hasta que hierva unos 10 minutos, luego espera que se enfríe y usa un colador para obtener el líquido morado que te servirá como indicador ácido-base.

En recipientes de vidrio o plástico transparente vierte pequeñas cantidades de la disolución indicadora que preparaste, luego a cada una agrega pequeñas cantidades de las disoluciones que encuentres en tu casa, observa los resultados y comprueba la acidez o basicidad de las sustancias elegidas, investiga previamente si las sustancias que seleccionaste son ácidas o básicas.

Investiga qué otras sustancias naturales pueden servir como indicadores; con la ayuda del indicador que preparaste escojan una de las sustancias ácidas y neutralícela con una de las bases, ¿cómo lo harían? Discutan y expliquen los procedimientos hechos.





## Actividades de autoevaluación

1. Explica con tus propias palabras el concepto de equilibrio químico.
2. Escoge cinco ejemplos de la vida diaria o de algún proceso químico específico y, en función del fenómeno que se esté dando, elabora un cuadro donde se pueda evidenciar cómo se ve afectado el equilibrio químico cuando varían la presión y la temperatura, utiliza este cuadro como referencia:

Proceso seleccionado	Usos del proceso	Ecuación química	Aumento de temperatura	Disminución de temperatura	Aumento de Presión	Disminución de presión

Para cada una de las ecuaciones químicas seleccionadas, expresa la ecuación química ajustada, determina la constante de equilibrio y explica cómo variaría este valor si cambia la concentración de alguno de sus componentes.



La electricidad juega un papel muy importante dentro de la vida del ser humano, actualmente somos dependientes de esta energía. En nuestro país la principal fuente energética es la hidroeléctrica impulsada por la fuerza del agua, seguida de la termoeléctrica mediante el uso de combustibles fósiles y finalmente, a una escala menor, la producida por reacciones químicas, con las que se genera la electricidad que necesita un vehículo para encender, una linterna para que funcione, o un teléfono celular, computadoras y muchos otros.

Entonces, hay un tipo de reacciones químicas donde la electricidad forma parte fundamental, en ellas están estrechamente relacionadas la energía eléctrica y la energía química; la rama de la ciencia que estudia estas relaciones se llama **electroquímica**, las reacciones que ocurren son reacciones de óxido-reducción o comúnmente llamadas reacciones redox. Aunque la electroquímica no proporciona una fuente de energía a gran escala, el estudio e implementación de celdas solares, energía eólica, entre otras, está en aumento por ser fuentes limpias de energía. Con el paso del tiempo y el desarrollo de nuevas tecnologías este tipo de energía será de gran importancia y utilidad en el mundo, donde los daños ambientales nos obligan a usar tecnologías amigables con el ambiente para reemplazar el consumo de combustibles fósiles para la producción de energía.

Cuando un compuesto es separado en elementos químicos mediante la aplicación de la electricidad, este proceso se denomina **electrólisis**, siendo primordial en muchos procesos industriales, como por ejemplo, la electrólisis del agua donde se separan sus componentes formando hidrógeno y oxígeno gaseoso o la producción de aluminio, donde se aplica una gran cantidad de energía a reactivos para obtener productos de alta pureza. En esta lectura podrás encontrar información importante referente a todos estos procesos estudiados por la electroquímica y así podrás conocer el tema y ponerlo en práctica.

## Reacciones de óxido-reducción

Cada elemento químico tiene la capacidad de aceptar o ceder electrones para formar compuestos, por ejemplo, en una molécula de sal común (NaCl) tenemos un ion de sodio ( $\text{Na}^+$ ) que es capaz de aceptar un electrón y por eso lo denotamos con una carga positiva, y un ion de cloro ( $\text{Cl}^-$ ) es capaz de ceder un electrón y lo denotamos con una carga negativa; de allí, el sodio acepta el electrón disponible del cloro y forma el cloruro de sodio; esta capacidad de aceptar o ceder electrones se denomina **estado de oxidación**, entonces en la NaCl el estado de oxidación del sodio es 1+ y el del cloro 1-, mientras que el de la molécula completa será eléctricamente neutra y tendrá un valor igual a cero (0), por otro lado también los elementos libres en estado neutro tienen estado de oxidación igual a cero.

Cuando tenemos sal común en estado sólido tenemos moléculas de NaCl eléctricamente neutra, pero si disolvemos esta sal en agua se separaran en **iones**, los cuales son átomos o moléculas cargadas eléctricamente, en este caso sus iones son  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$ . Los iones que son capaces de aceptar electrones y por ende están cargados positivamente se denominan **cationes**, mientras que los capaces de ceder electrones y por ende están cargados negativamente se denominan **aniones**.

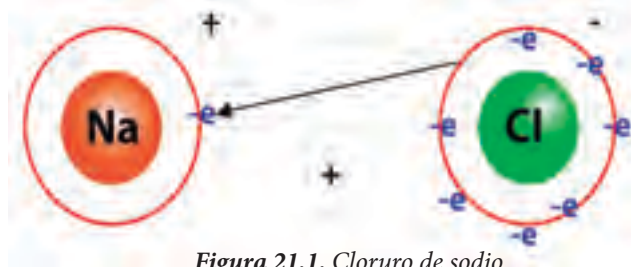


Figura 21.1. Cloruro de sodio

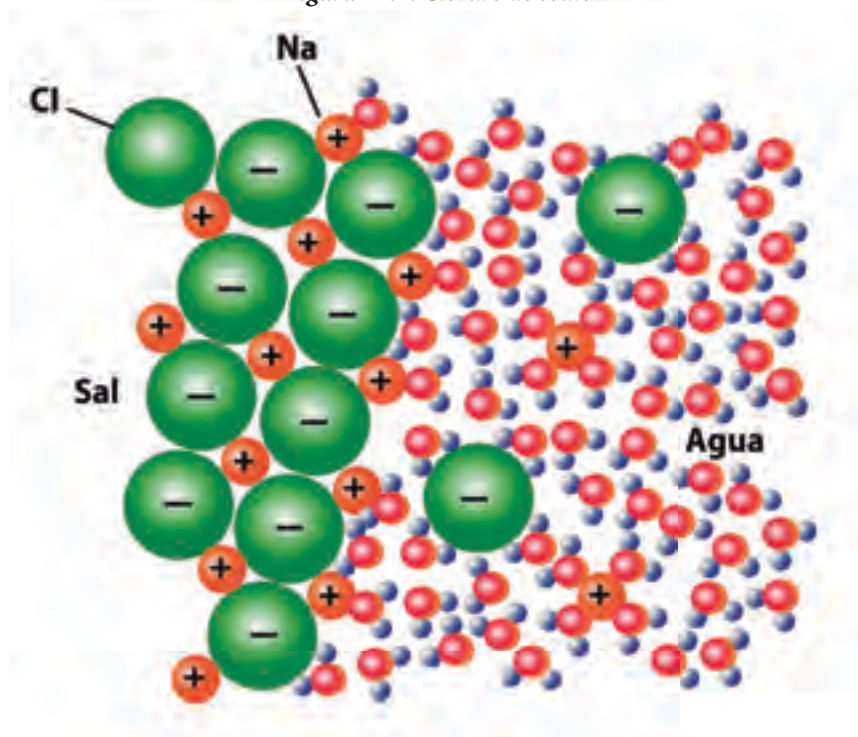


Figura 21.2. Ionización del cloruro de sodio

Cada elemento tiene uno o varios estados de oxidación, por ejemplo, el cloro tiene estados de oxidación 1-, 1+, 3+, 5+ y 7+, pero en la formación del cloruro de sodio solo utiliza el 1- debido a que solo toma un electrón del sodio. Las reacciones de óxido-reducción se basan en el cambio de estos valores durante la reacción química, por eso es muy importante que conozcas los estados de oxidación de los elementos más comunes, la mayoría te lo presentamos en la siguiente tabla, aquí puedes verificar que el estado de oxidación del sodio es 1+ y el del cloro 1-.

*Tabla 21.1. Estados de oxidación*

Elemento	Símbolo	Estado de oxidación	Elemento	Símbolo	Estado de oxidación
Litio	<b>Li</b>	1+	Platino	<b>Pt</b>	2+, 4+
Sodio	<b>Na</b>	1+	Plomo	<b>Pb</b>	2+, 4+
Potasio	<b>K</b>	1+	Estaño	<b>Sn</b>	2+, 4+
Rubidio	<b>Rb</b>	1+	Iridio	<b>Ir</b>	2+, 4+
Cesio	<b>Cs</b>	1+	Bismuto	<b>Bi</b>	3+, 5+
Plata	<b>Ag</b>	1+	Vanadio	<b>V</b>	2+, 3+, 5+
Berilio	<b>Be</b>	2+	Cromo	<b>Cr</b>	2+, 3+, 6+
Magnesio	<b>Mg</b>	2+	Molibdeno	<b>Mo</b>	2+, 3+, 6+
Calcio	<b>Ca</b>	2+	Manganeso	<b>Mn</b>	2+, 3+, 4+, 6+, 7+
Estroncio	<b>Sr</b>	2+	Uranio	<b>U</b>	3+, 4+, 5+, 6+
Bario	<b>Ba</b>	2+	Plutonio	<b>Pu</b>	3+, 4+, 5+, 6+
Zinc	<b>Zn</b>	2+	Hidrógeno	<b>H</b>	1+, 1
Cadmio	<b>Cd</b>	2+	Flúor	<b>F</b>	1-
Aluminio	<b>Al</b>	3+	Cloro	<b>Cl</b>	1-, 1+, 3+, 5+, 7+
Galio	<b>Ga</b>	3+	Bromo	<b>Br</b>	1-, 1+, 3+, 5+, 7+
Lantano	<b>La</b>	3+	Yodo	<b>I</b>	1-, 1+, 3+, 5+, 7+
Titanio	<b>Ti</b>	4+	Oxígeno	<b>O</b>	2-, 1-
Circonio	<b>Zr</b>	4+	Azufre	<b>S</b>	2-, 2+, 4+, 6+
Torio	<b>Th</b>	4+	Selenio	<b>Se</b>	2-, 2+, 4+, 6+
Germanio	<b>Ge</b>	4+	Teluro	<b>Te</b>	2-, 2+, 4+, 6+
Cobre	<b>Cu</b>	1+, 2+	Boro	<b>B</b>	3-, 3+
Mercurio	<b>Hg</b>	1+, 2+	Nitrógeno	<b>N</b>	3-, 3+, 5+
Oro	<b>Au</b>	1+, 3+	Fósforo	<b>P</b>	3-, 1+, 3+, 5+
Talio	<b>Tl</b>	1+, 3+	Arsénico	<b>As</b>	3-, 1+, 3+, 5+
Hierro	<b>Fe</b>	2+, 3+	Antimonio	<b>Sb</b>	3-, 1+, 3+, 5+
Cobalto	<b>Co</b>	2+, 3+	Carbono	<b>C</b>	2+, 4+
Níquel	<b>Ni</b>	2+, 3+	Silicio	<b>Si</b>	4-, 4+



Cuando tenemos una reacción química donde se dan cambios en los estados de oxidación de los elementos presentes, estamos en presencia de una **reacción de óxido-reducción**. Para este tipo de reacciones es de vital importancia determinar el estado de oxidación de las especies involucradas para así identificar cuáles son las que están cambiando; cuando un elemento pierde electrones durante la reacción química decimos que se está oxidando, esta pérdida de electrones se conoce como **oxidación**, mientras que cuando gana electrones decimos que la especie se está reduciendo y esa ganancia de electrones se conoce como **reducción**. En las reacciones químicas un proceso de oxidación siempre va acompañado por un proceso de reducción, por esto este tipo de reacciones se denominan **reacciones de óxido-reducción**. En la figura 21.3 podemos apreciar cómo la especie A gana dos electrones para pasar de 2+ a 0, es decir se está reduciendo, mientras que la especie B está perdiendo dos electrones indicando que se está oxidando.

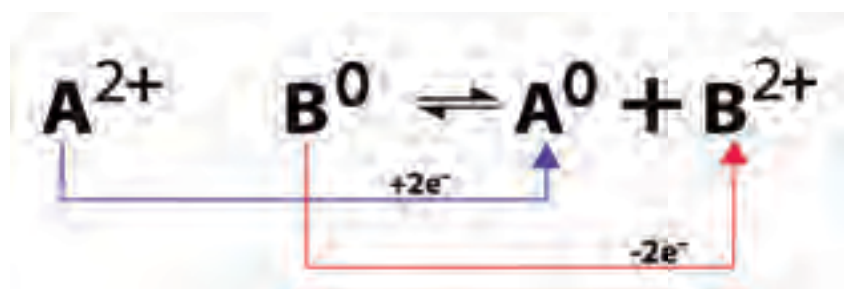


Figura 21.3. Reacción de óxido-reducción

Una reacción como la anterior podemos separarla en dos reacciones, una de oxidación y otra de reducción, a estas las llamaremos **semi-reacciones**. Para plantear las semi-reacciones debemos identificar las especies que ganan y pierden electrones; cuando sumamos las semi-reacciones el resultado es la reacción global de óxido-reducción, en este tipo de reacciones se denotan a los electrones con el símbolo  $e^-$ . Para el ejemplo anterior las semi-reacciones serían:

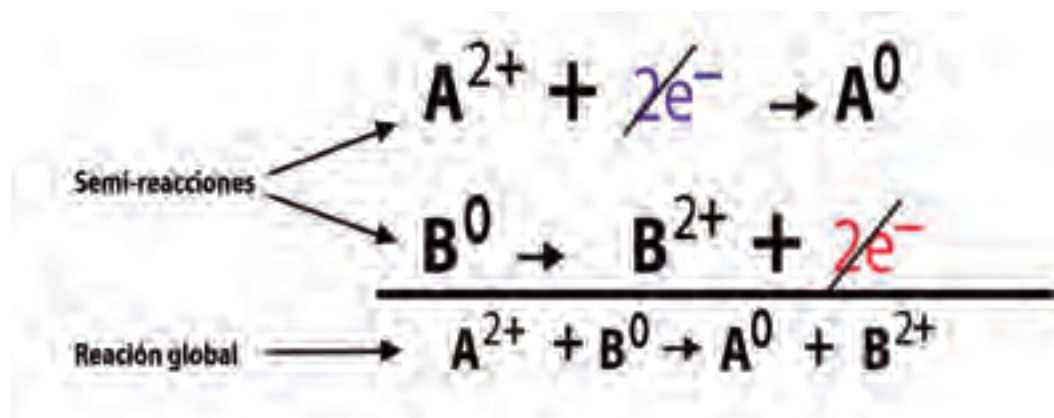


Figura 21.4. Semi-reacciones y reacción global de óxido-reducción

En las reacciones de óxido-reducción tenemos moléculas eléctricamente neutras reaccionando, pero debemos determinar el cambio en los estados de oxidación de los elementos que la conforman para poder identificar las especies que se reducen y oxidan respectivamente, con esto podrás plantear las semi-reacciones correspondientes.

Cuando las moléculas son eléctricamente neutras, entonces la suma de los estados de oxidación de sus componentes debe ser igual a cero, por ejemplo, la molécula de dióxido de carbono está compuesta por un átomo de carbono y dos de oxígeno, si vemos la tabla anterior podemos observar que el estado de oxidación del oxígeno es 2-, mientras que el carbono puede ser 2+ ó 4+, en la molécula de CO<sub>2</sub> ¿cuál debe ser el estado de oxidación del carbono? Para responder esta interrogante debes saber que el estado de oxidación del oxígeno es 2-, como la molécula de CO<sub>2</sub> tiene dos átomos de oxígeno entonces 2.(-2) = -4, para que la molécula sea neutra y la suma de sus cargas sea cero, el estado de oxidación del carbono debe ser 4+, entonces la cantidad de átomos de carbono multiplicado por su estado de oxidación, más la cantidad de átomos de oxígeno multiplicado por su estado de oxidación debe ser igual a cero.

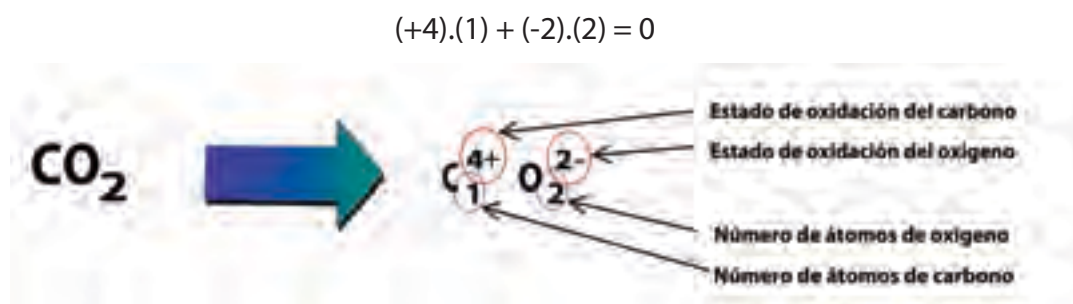


Figura 21.5. Determinación de estados de oxidación para una molécula neutra

Para seguir con el ejemplo anterior, si ahora el dióxido de carbono lo hacemos reaccionar con hierro metálico el resultado puede ser una mezcla de monóxido de carbono más óxido de hierro (II) u óxido ferroso.



Ahora debemos determinar los estados de oxidación de todas las especies involucradas en la reacción, para identificar las especies que se reducen y se oxidan, ayúdate con la tabla que se mostró anteriormente

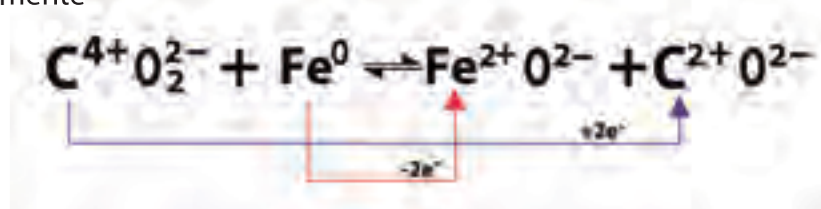


Figura 21.6. Determinación de los estados de oxidación

En esta ecuación se puede ver que el carbono se está reduciendo, ganando dos electrones para pasar de 4+ a 2+, mientras que el hierro se está oxidando, perdiendo dos electrones para pasar de 0 a 2+.

**¡Plantea las semirreacciones de esta reacción y verifica cuál especie se está reduciendo y cuál se está oxidando!**

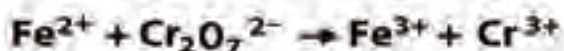
## ¿Cómo balanceamos una reacción de óxido-reducción?

Así como todas las reacciones químicas, las reacciones de óxido-reducción deben estar balanceadas, la diferencia es que ahora tenemos además de los elementos sus cargas, entonces las ecuaciones deben balancearse tanto en número de átomos como en cargas, para esto debemos plantear las semi-reacciones correspondientes y sumarlas para obtener la reacción global.

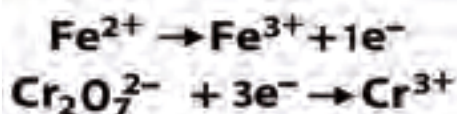
Como se dijo anteriormente hay compuestos que se disocian en disolución formando iones, que son especies cargadas; por ejemplo, el sulfato de cobre se ioniza en fase acuosa para formar cationes de  $\text{Cu}^{2+}$  y aniones de  $\text{SO}_4^{2-}$ , así como cuando teníamos moléculas eléctricamente neutras la sumatoria de las cargas de los elementos multiplicada por la cantidad de cada uno debía ser igual a cero. En el caso de los iones la misma sumatoria debe ser igual a la carga del ión, entonces para el ión sulfato, sabiendo que la carga del oxígeno es  $2^-$ , el azufre debe tener una carga igual a  $6^+$  para que todo el ión tenga una carga de  $2^-$ . Podemos trabajar con ecuaciones escritas en forma global o ecuaciones en su forma iónica.



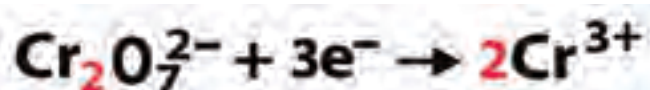
Luego de haber determinado los estados de oxidación de cada especie, se deben plantear las semi-reacciones correspondientes, identificando las especies que se oxidan y reducen en la reacción, por ejemplo, en medio ácido:



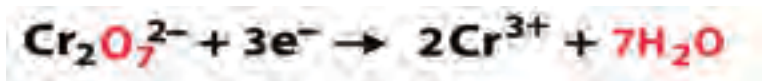
En esta reacción sin balancear podemos ver que el hierro se está oxidando de  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$ , mientras que el cromo se está reduciendo de  $\text{Cr}^{6+}$  a  $\text{Cr}^{3+}$ , las semi-reacciones de esta ecuación se pueden plantear de la siguiente manera:



Antes de sumar las semi-reacciones debemos balancearlas, tanto en el número de átomos como en la carga de cada uno. Si vemos la primera, podemos ver que está balanceada, tiene un átomo de hierro y dos cargas positivas de cada lado de la ecuación; con respecto a la segunda podemos ver que no lo está, ni en el número de átomos ni en cargas, lo primero que debemos hacer es balancear el número de átomos presentes de cada especie, en este caso tenemos dos átomos de cromo en el lado izquierdo y solo uno en el lado derecho de la ecuación, por eso debemos colocar un 2 para el  $\text{Cr}^{3+}$ , quedando la ecuación de la siguiente manera:



Luego se observa que hay siete átomos de oxígeno del lado izquierdo de la reacción y ninguno del lado derecho, como se dijo que el sistema está en medio ácido; se balancea la cantidad de átomos de oxígeno agregando moléculas de agua en el lado derecho, entonces si se agregan siete moléculas de agua quedaría la semi-reacción de la siguiente manera:



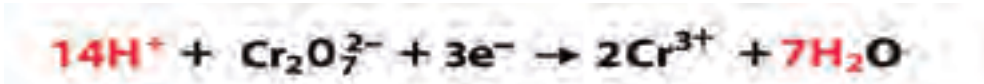
Ahora vemos que tenemos balanceados los átomos de cromo y los de oxígeno, como agregamos agua ahora tenemos que balancear también los átomos de hidrógeno. Se tienen 14 átomos de hidrógeno del lado derecho de la ecuación, por lo cual se deben agregar 14 H<sup>+</sup> del lado izquierdo quedando la ecuación balanceada.



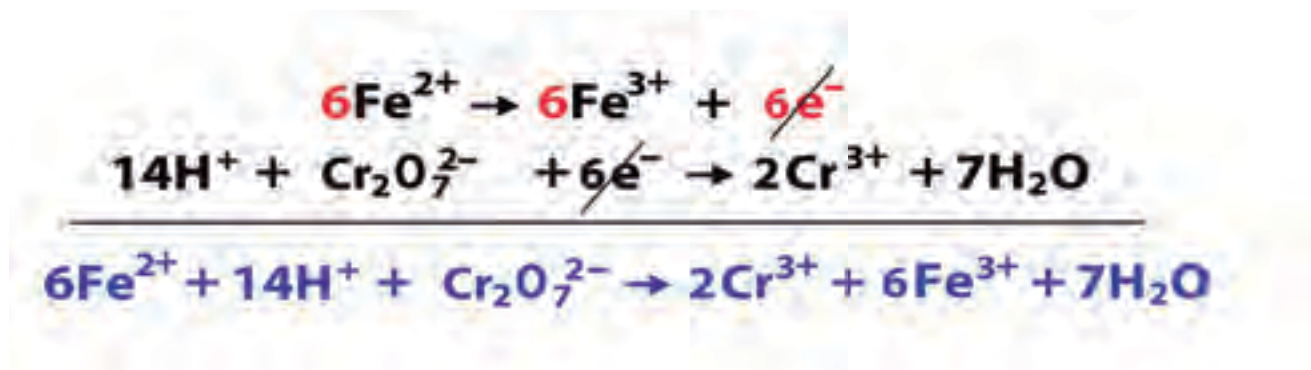
En medio básico completamos con moléculas de agua y protones

**H<sub>2</sub>O y H<sup>+</sup>**

En cuanto a materia la ecuación está balanceada, ahora podemos revisar las cargas: del lado izquierdo de la ecuación química se tienen nueve cargas positivas mientras que del lado derecho sólo seis cargas positivas, en este caso cada átomo de Cr<sup>6+</sup> pierde tres electrones para pasar a Cr<sup>3+</sup>. Entonces como se tienen dos átomos de Cr<sup>6+</sup> pasando a Cr<sup>3+</sup>, la cantidad de electrones transferidos son seis, tres por cada átomo, si colocamos seis electrones en vez de tres del lado derecho, la semi-reacción queda totalmente balanceada.



Teniendo las dos semi-reacciones balanceadas podemos sumarlas para obtener la reacción global, sin embargo el número de electrones transferidos en cada semi-reacción debe ser igual para que se cancelen cuando sumamos las ecuaciones, por esto la primera ecuación debemos multiplicarla por seis, quedando listas para sumarlas



Se puede verificar que la ecuación está totalmente balanceada, tanto en el número de átomos de cada especie como en las cargas en ambos lados de la ecuación química, cuando la reacción se lleva a cabo en medio básico o alcalino el procedimiento es similar, exceptuando que en vez de tener hidronios ( $H^+$ ) y  $H_2O$  vamos a tener iones hidroxilo ( $OH^-$ ) y  $H_2O$ .



Estas ecuaciones deben estar balanceadas para poder usarlas en el estudio de la electroquímica, si no lo hacemos la ecuación no describirá el fenómeno que estamos estudiando. Además, se tienen dos grandes vertientes: la que aprovecha la energía de las reacciones químicas para producir energía eléctrica, como las pilas y baterías que todos conocemos y la que requiere energía eléctrica para que se lleven a cabo las reacciones químicas.

Ambas son usadas ampliamente, la pila de un celular por ejemplo, es una celda donde se dan reacciones químicas que producen electricidad, cuando estas reacciones llegan al equilibrio la reacción no se sigue dando y decimos que la pila esta descargada, en ese momento aplicamos energía para llevar a la celda a las condiciones iniciales para que la reacción empiece nuevamente. Entonces, en el proceso de descarga obtenemos electricidad mediante las reacciones químicas mientras que en el proceso de carga se producen reacciones químicas mediante la aplicación de energía eléctrica, este proceso ocurre en todas las que conocemos como **pilas recargables**.

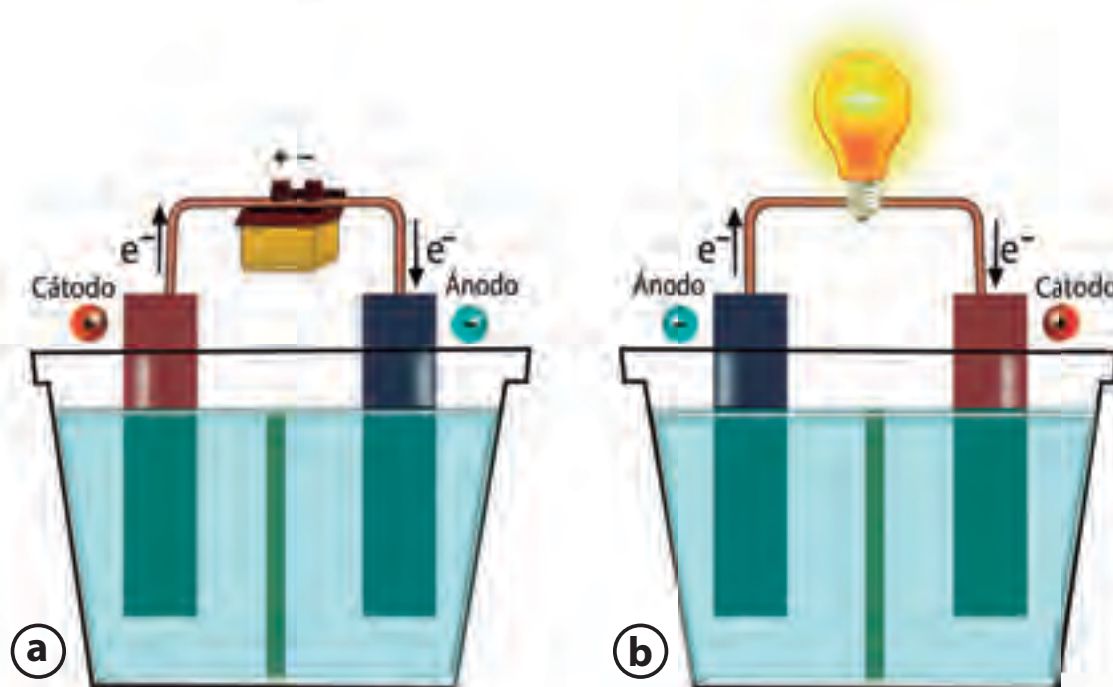


Figura 21.7. Celdas electroquímicas. (a) Celda electrolítica, (b) celda galvánica.

## ¿Cómo producimos energía eléctrica con reacciones químicas?

Hemos visto que cuando tenemos reacciones de óxido-reducción hay una cantidad de iones que se desplazan por la disolución y se transfieren electrones, durante la reacción, la especie que se oxida pierde electrones y la especie que se reduce gana la misma cantidad de electrones. Cuando en tu casa enciendes un bombillo hay un flujo de electrones que viene en uno de los cables de cobre, pasa por el bombillo y se devuelve por el otro cable, en este caso el flujo de electrones se da a través del metal. Supongamos que tenemos por un lado un recipiente con una disolución de sulfato de zinc y le introducimos un electrodo de zinc metálico y, por el otro, un recipiente con sulfato de cobre; y un electrodo metálico de cobre, el zinc se oxida más fácilmente que el cobre por ende en una reacción de óxido-reducción que involucre a los dos, el zinc se oxida y el cobre que se reduce, las semi-reacciones en este caso son:

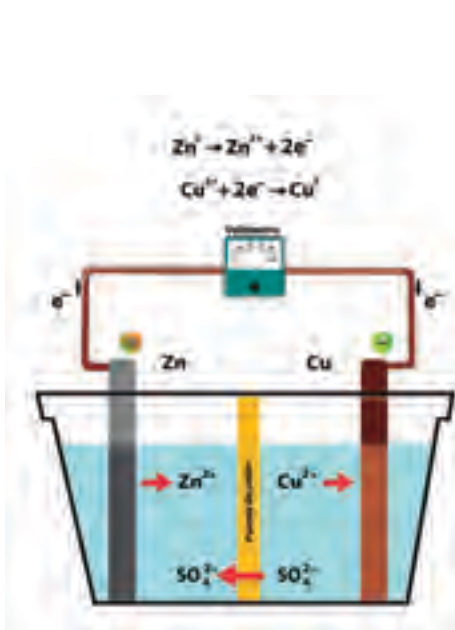


Figura 21.8. (a) Celda galvánica

Metal	Reacción de oxidación
Litio	$\text{Li(s)} \rightarrow \text{Li}^{+}(\text{ac}) + 1\text{e}^{-}$
Potasio	$\text{K(s)} \rightarrow \text{K}^{+}(\text{ac}) + 1\text{e}^{-}$
Bario	$\text{Ba(s)} \rightarrow \text{Ba}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Calcio	$\text{Ca(s)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Sodio	$\text{Na(s)} \rightarrow \text{Na}^{+}(\text{ac}) + 1\text{e}^{-}$
Magnesio	$\text{Mg(s)} \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Aluminio	$\text{Al(s)} \rightarrow \text{Al}^{3+}(\text{ac}) + 3\text{e}^{-}$
Manganeso	$\text{Mn(s)} \rightarrow \text{Mn}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Zinc	$\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Cromo	$\text{Cr(s)} \rightarrow \text{Cr}^{3+}(\text{ac}) + 3\text{e}^{-}$
Hierro	$\text{Fe(s)} \rightarrow \text{Fe}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Cobalto	$\text{Co(s)} \rightarrow \text{Co}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Níquel	$\text{Ni(s)} \rightarrow \text{Ni}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Estaño	$\text{Sn(s)} \rightarrow \text{Sn}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Plomo	$\text{Pb(s)} \rightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Hidrógeno	$\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}^{+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Cobre	$\text{Cu(s)} \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Plata	$\text{Ag(s)} \rightarrow \text{Ag}^{+}(\text{ac}) + 1\text{e}^{-}$
Mercurio	$\text{Hg(l)} \rightarrow \text{Hg}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Platino	$\text{Pt(s)} \rightarrow \text{Pt}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{e}^{-}$
Oro	$\text{Au(s)} \rightarrow \text{Au}^{3+}(\text{ac}) + 3\text{e}^{-}$

Aumenta facilidad de oxidación ↑

Figura 21.8. (b) Facilidad de oxidación de algunos metales.

Mientras los recipientes están separados no ocurre nada, pero sí en el momento en que se unen por medio de un puente que permita indirectamente el paso de los iones en la disolución, entonces átomos de zinc metálico del electrodo se van a oxidar pasando a cationes zinc ( $\text{Zn}^{2+}$ ) esto genera una carga eléctrica de dos electrones que van a ser aceptados por los cationes de  $\text{Cu}^{2+}$  que están en disolución y se van a reducir a cobre metálico depositándose sobre el electrodo, estas reacciones generan un flujo de electrones que pueden ser medidos con un voltímetro y es el principio de las pilas que usamos diariamente, este sistema que describimos se denomina **pila o celda de Daniell** en honor a su inventor **John Daniell**.

Si se pudiera medir la masa de los electrodos de la celda anterior, al inicio y luego de la reacción, verificaríamos que el electrodo de zinc pierde masa debido a que parte del Zn metálico ( $Zn^0$ ) se oxida pasando a la disolución como  $Zn^{2+}$ , mientras que el electrodo de cobre aumentaría su masa debido a que los iones de  $Cu^{2+}$  que estaban en la disolución ganaron la misma cantidad de electrones que cedió la reacción del Zn para reducirse a cobre metálico ( $Cu^0$ ) y depositarse sobre el electrodo, en la siguiente figura se puede observar más detallada la **celda de Daniell**.

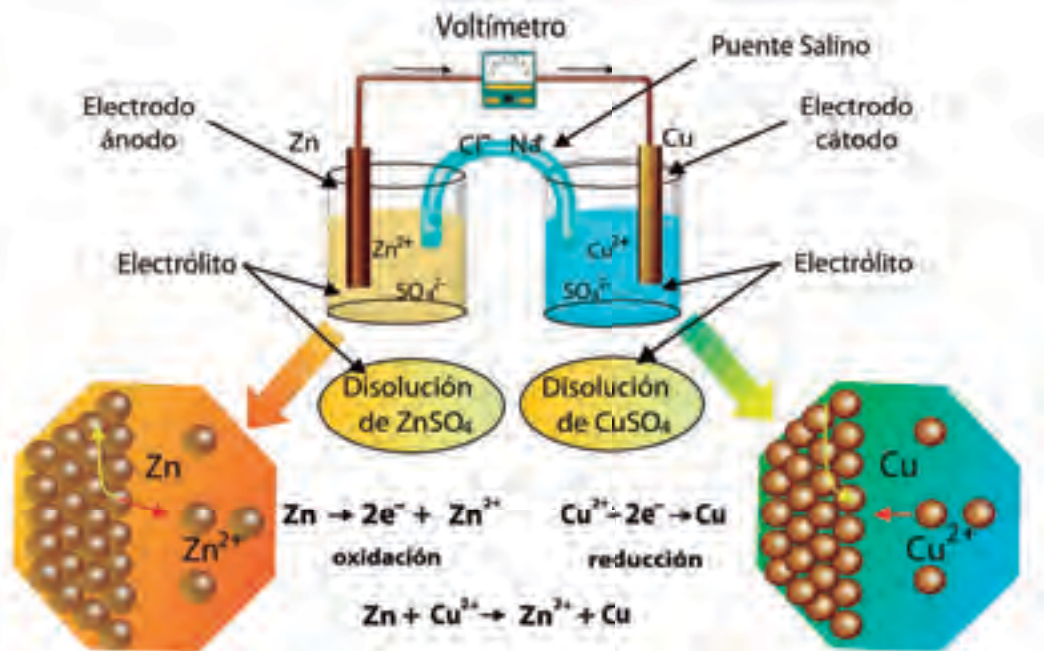


Figura 21.9. Celda de Daniell detallada.

La disolución que permite el paso de electrones de un electrodo a otro se denomina **electrólito**, está compuesto por iones que están cargados eléctricamente y se mueven para transportar carga y materia, en el caso de la celda anterior los electrolitos son los iones de  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  y  $SO_4^{2-}$ . En las baterías de plomo que usan los vehículos el electrolito usado es ácido sulfúrico y las pilas alcalinas que utilizamos comúnmente requieren una pasta de hidróxido de potasio (KOH) como electrolito.

Este tipo de celdas donde se produce energía mediante reacciones químicas se denominan **celdas galvánicas**, en ellas se dan reacciones de óxido-reducción. En el ejemplo anterior dijimos que el Zn se oxidaba mucho más fácil que el cobre (figura 21.8. (b)) esto lo hace un agente reductor mejor que el cobre, de alguna manera él hace que el cobre se reduzca, de la misma manera el cobre será mejor agente oxidante que el zinc y hace que este se oxide; por ende, en una reacción de óxido-reducción la especie que se oxida será el **agente reductor** y la especie que se reduzca será el **agente oxidante**.

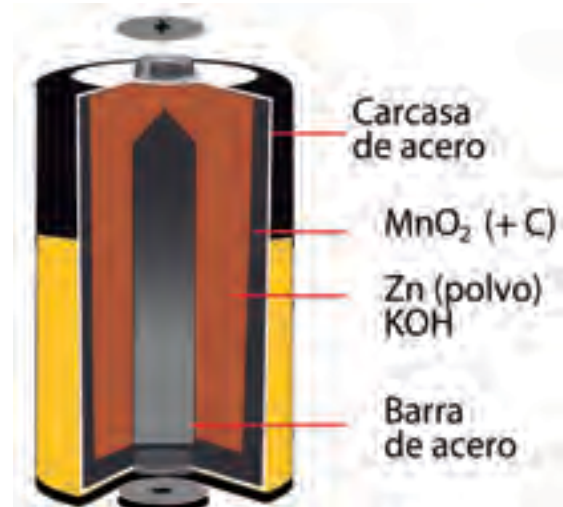


Figura 21.10. Pila alcalina

## ¿Cómo producimos reacciones químicas con energía eléctrica?

Cuando en una reacción química se aplica una diferencia de potencial (energía eléctrica) y se disocian sus especies, a este proceso se denomina electrólisis. **Michael Faraday**, físico y químico inglés del siglo XVIII, es conocido como el padre de la electroquímica y fue el que promulgó las dos leyes de la electrólisis que llevan su nombre. **La primera** de ellas dice que *la cantidad de masa de una sustancia liberada o depositada de los electrodos de una celda por electrólisis, va a ser proporcional a la cantidad de electricidad que se le aplique al sistema*, mientras que **la segunda** dice que *si se aplica la misma cantidad de electricidad a varias sustancias para su electrólisis la masa que se obtiene va a ser proporcional a los equivalentes químicos de cada sustancia*.

Este tipo de celdas donde se producen cambios químicos mediante energía eléctrica se denominan **celdas electrolíticas**, en la industria es usada para la producción de varios metales como el cobre, el aluminio, el titanio, entre otros; también es muy utilizado para bañar piezas metálicas por metales más resistentes, como baños de plata o baños de oro. Imagina una celda donde coloques un electrodo de plata y otro de cobre en un electrólito de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), la plata es mejor agente oxidante que el cobre (figura 21.8.(b)) por ende esta se va a reducir, mientras que el cobre que es mejor agente reductor se va a oxidar, las semi-reacciones de la celda serían:

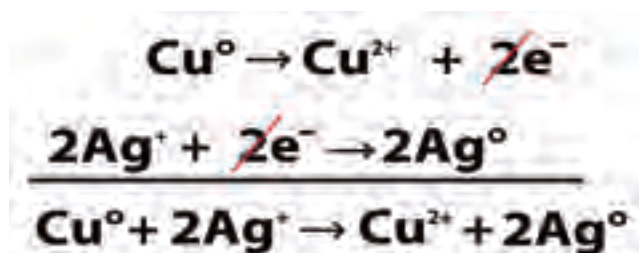


Figura 21.11. Semi-reacciones y reacción global balanceada

Entonces la plata que estaba en disolución en forma iónica, se va a reducir en el electrodo a su forma metálica, por ende este electrodo va a estar recubierto por una capa de metal que proviene de la disolución. De la misma manera, el cobre metálico del otro electrodo se va a oxidar y va a pasar a la disolución como  $\text{Cu}^{2+}$ , por eso este electrodo va a perder masa durante la electrólisis; como se dijo antes, la cantidad de masa perdida o depositada en los electrodos va a depender de la cantidad de electricidad que se le suministre a la celda.

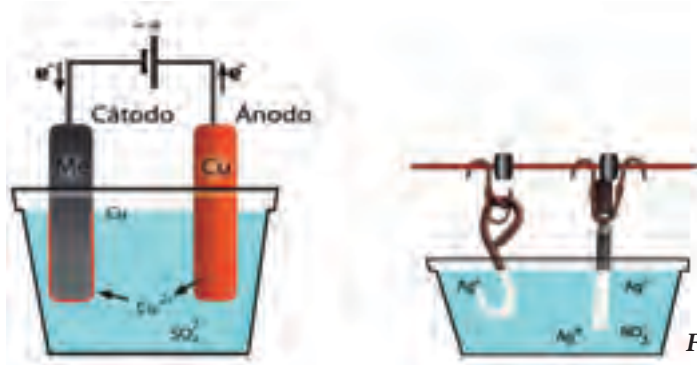


Figura 21.12. Electrólisis de varios metales



## La corrosión y su prevención

Uno de los efectos indeseables de la electroquímica es la corrosión, este es el principal problema en las instalaciones industriales, el hierro metálico se oxida fácilmente en presencia de agua y oxígeno para formar óxido de hierro.



Figura 21.13. Corrosión

En las celdas electrolíticas el electrodo que se carga negativamente y atrae a los cationes que están en disolución se denomina **cátodo**, en él se da la reacción de reducción de esos cationes; como vimos en los ejemplos anteriores, este electrodo tiende a aumentar su masa debido a la cantidad que se deposita sobre él. Por otro lado, el electrodo que se carga positivamente y atrae a los aniones que están en disolución se denomina **ánodo** y en él ocurre la reacción de oxidación, estos electrodos tienden a perder masa debido a que parte de ella se oxida pasando a la disolución.

Entonces los materiales que contienen hierro como las tuberías, coraza de barcos, herramientas, etc., pueden sufrir corrosión. El hierro que las compone se comporta como una celda electroquímica donde una región será el cátodo y otra el ánodo; en esta última se da la reacción de oxidación, debilitando el material hasta que tiene que ser reemplazado. En los procesos industriales las tuberías, equipos y tanques son susceptibles a este fenómeno y es el principal problema en cualquier instalación industrial.

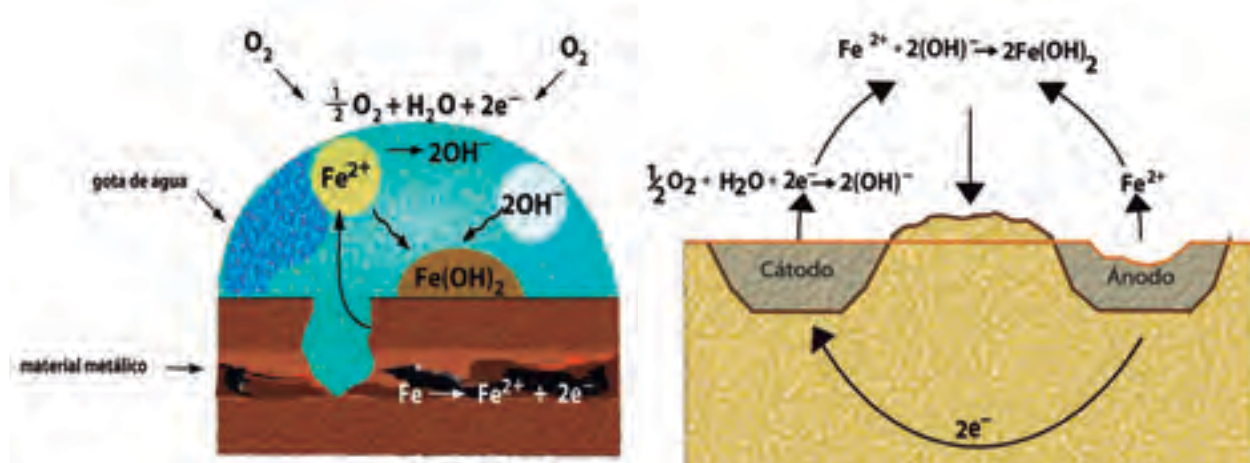


Figura 21.14. Mecanismo de corrosión

Hay varias maneras de prevenir y de hacerle frente a la corrosión, lo principal es evitar el contacto del material con el medio corrosivo, para esto se usan capas protectoras de otros materiales menos sensibles a la corrosión, esta capa puede ser una pintura especial anticorrosiva, plásticos y hasta de otro metal menos activo como cromo, zinc, etc.

Otra de las técnicas más usadas es hacer una celda con la tubería que queremos proteger para que se comporte como cátodo y un electrodo externo de otro metal se comporte como ánodo, cuando ocurre esto el proceso de oxidación se dará en el ánodo externo que se coloque y no en la tubería, este electrodo externo recibe el nombre de **ánodo de sacrificio**, generalmente es de magnesio por ser un metal que se oxida fácilmente, la condición que debe tener es que sea mejor agente reductor que el material de la tubería, en tuberías enterradas en el suelo y las sales que hay en él sirven como electrólito; mientras que si se usan en el mar, como es el caso de los puentes y barco donde el electrólito es el agua de mar, el resultado entonces es que la corrosión acabe con el ánodo de sacrificio antes de llegar al material que estamos protegiendo, cuando esto sucede se debe reemplazar el ánodo por uno nuevo.

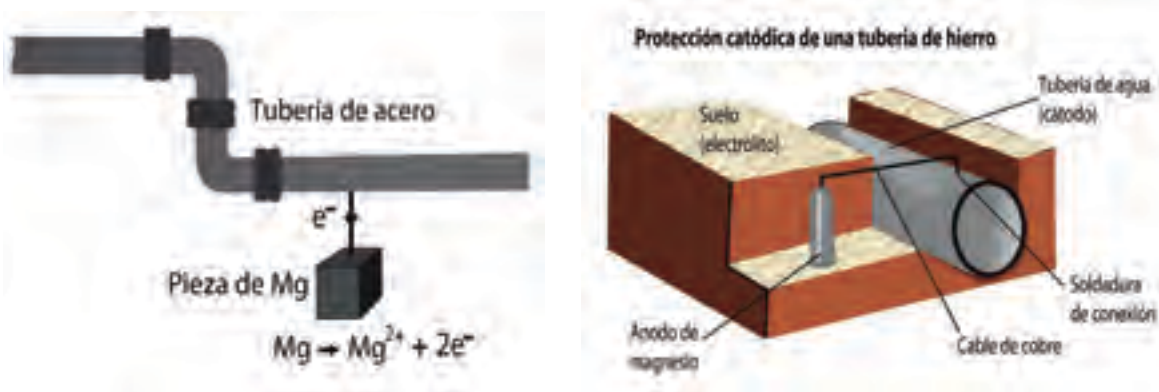


Figura 21.15. Formas para evitar corrosión

A nivel industrial la electroquímica esta presente en varios procesos importantes como la producción de aluminio que es uno de los metales más utilizados por la industria, mediante la electrólisis del óxido de aluminio, también se produce hidróxido de sodio y cloro por vía electrolítica mediante la electrólisis de una disolución concentrada de cloruro de sodio, se produce hidrógeno mediante la electrólisis del agua y muchos otros procesos donde esta involucrada la electroquímica, además de todas las celdas que producen la energía que necesitamos para el funcionamiento de muchos artefactos que usamos a diario.

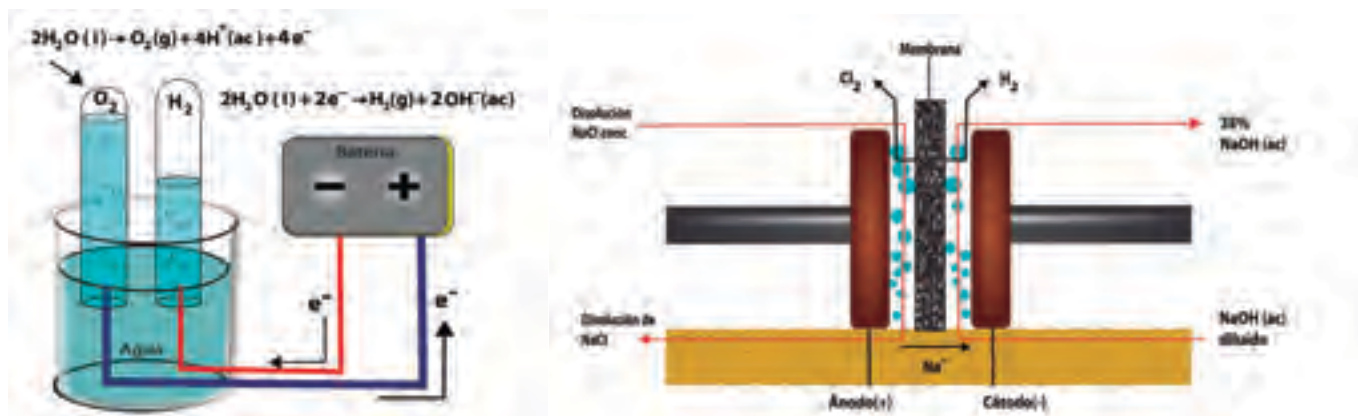


Figura 21.16. Procesos electroquímicos de producción de cloro y electrólisis del agua.

## La energía siempre en el plano principal

A lo largo de nuestra vida, la energía ha jugado un papel muy importante; en estos tiempos somos dependiente de la energía eléctrica que además de iluminarnos en las noches hace posible el funcionamiento de aparatos que nos permiten sentir más cómodos, como neveras, cocinas, planchas, licuadoras y muchos otros artefactos eléctricos. En el campo de la comunicación posibilitan el uso de teléfonos celulares, computadoras, Internet, en fin; en estos tiempos no podemos vivir de la forma que lo hacíamos hace algunos años, sin energía eléctrica, por esto la importancia que tienen las fuentes de energía en el mundo.

La electroquímica ha estudiado la relación existente entre la energía química y la energía eléctrica buscando la manera de producir electricidad mediante reacciones químicas estables y seguras, la necesidad de electricidad a baja escala para aparatos que así lo requieran pueden ser cubiertos por esta vía, así pues el desarrollo de celdas cada vez más eficientes que nos brinden energía eléctrica, es de gran importancia. Del mismo modo, uno de los usos de la electricidad es para la producción y manufactura de productos que utilizamos en nuestra vida, muchos de estos productos se obtienen mediante reacciones químicas que requieren electricidad, como la producción de varios metales. Por otro lado existen aspectos negativos como la corrosión, que es un problema común tanto en la industria como en la vida diaria por el deterioro por oxidación de objetos metálicos. Por esto el estudio de las bases de la electroquímica nos ayudará a entender estos procesos y en un futuro poder contribuir con su desarrollo y mejoramiento.

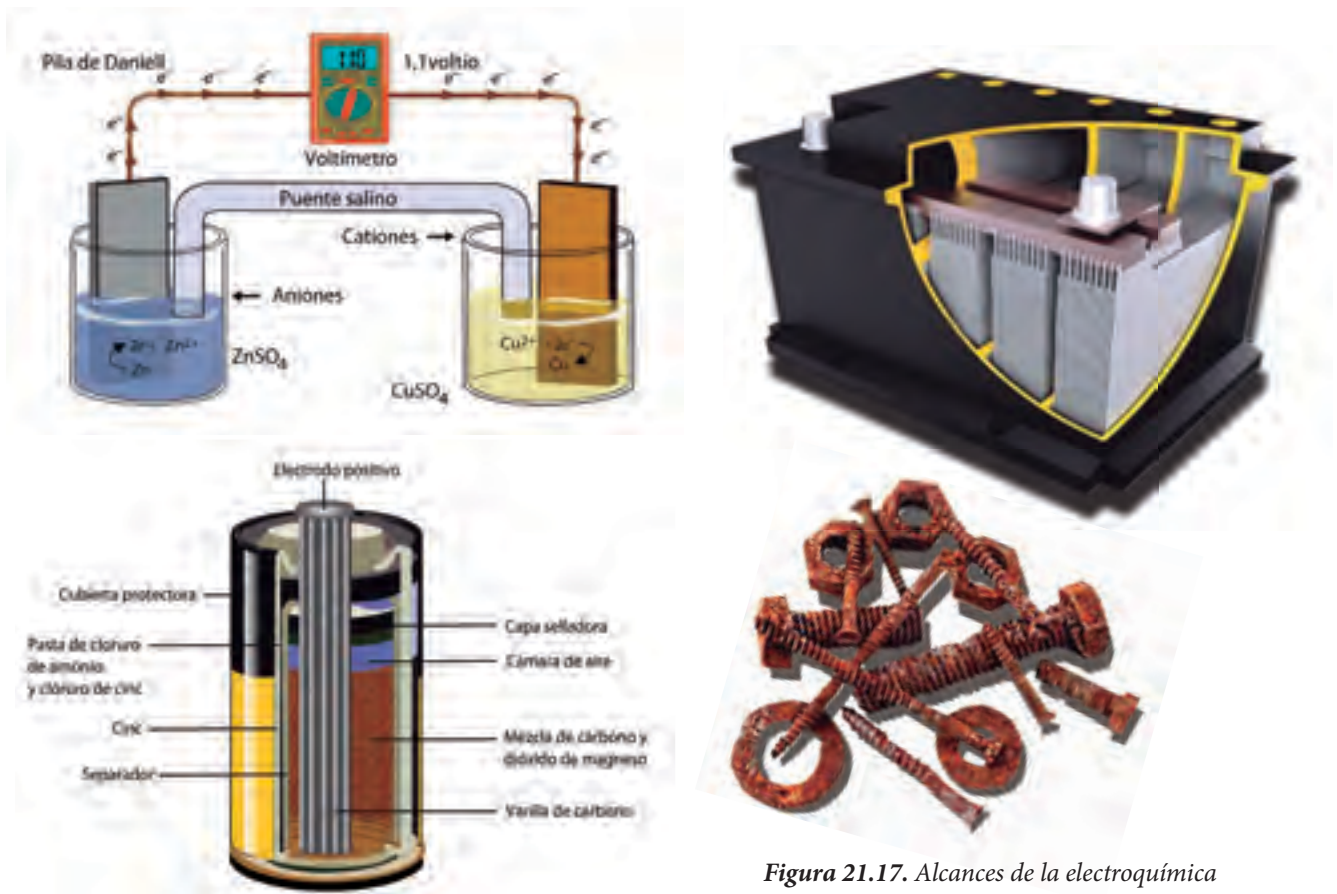


Figura 21.17. Alcances de la electroquímica



## Celdas galvánicas caseras

En esta actividad vamos a construir una pila con materiales sencillos que puedes encontrar en tu casa, con esto debemos detallar cuál es el comportamiento de los electrodos y del electrólito dentro de la pila

### ¿Que necesitan?

Necesitas dos limones, dos papas, alambre de cobre, papel de aluminio, un lápiz, un bombillo pequeño de circuito, clavos de acero, vinagre y sal.

### ¿Cómo lo harán?

- Debes construir celdas galvánicas probando varios electrólitos y electrodos, para esto toma uno de los limones, córtalos a la mitad y conéctalos en serie introduciendo por un lado uno de los clavos de acero y por el otro un pedazo de alambre de cobre, tal y como se muestra en la figura 21.18, conecta cada lado al bombillo y observa. Repite lo mismo ahora con la papa, luego cambia los electrodos, utiliza aluminio en vez del clavo para varios electrólitos, observa lo que ocurre. Haz todas las combinaciones que puedas y compara cada una de las celdas, toma como ejemplo la siguiente tabla.

- Basa tus observaciones y comparaciones en la intensidad con la que enciende el bombillo y en la apariencia de los electrodos, luego de un funcionamiento durante unos 5 minutos (si pueden conseguir un voltímetro para medir el voltaje que produce cada pila mucho mejor)

Electrodo A	Electrodo B	Electrólito	Observaciones
Clavo	Cobre	Limón	
Clavo	Cobre	Papa	
Clavo	Cobre	Vinagre	
Clavo	Cobre	Agua salada	
Clavo	Aluminio	Limón	
Clavo	Aluminio	Papa	
Clavo	Aluminio	Vinagre	
Clavo	Aluminio	Agua salada	
Clavo	Grafito	Limón	
Clavo	Grafito	Papa	
Clavo	Grafito	Vinagre	
Clavo	Grafito	Agua salada	

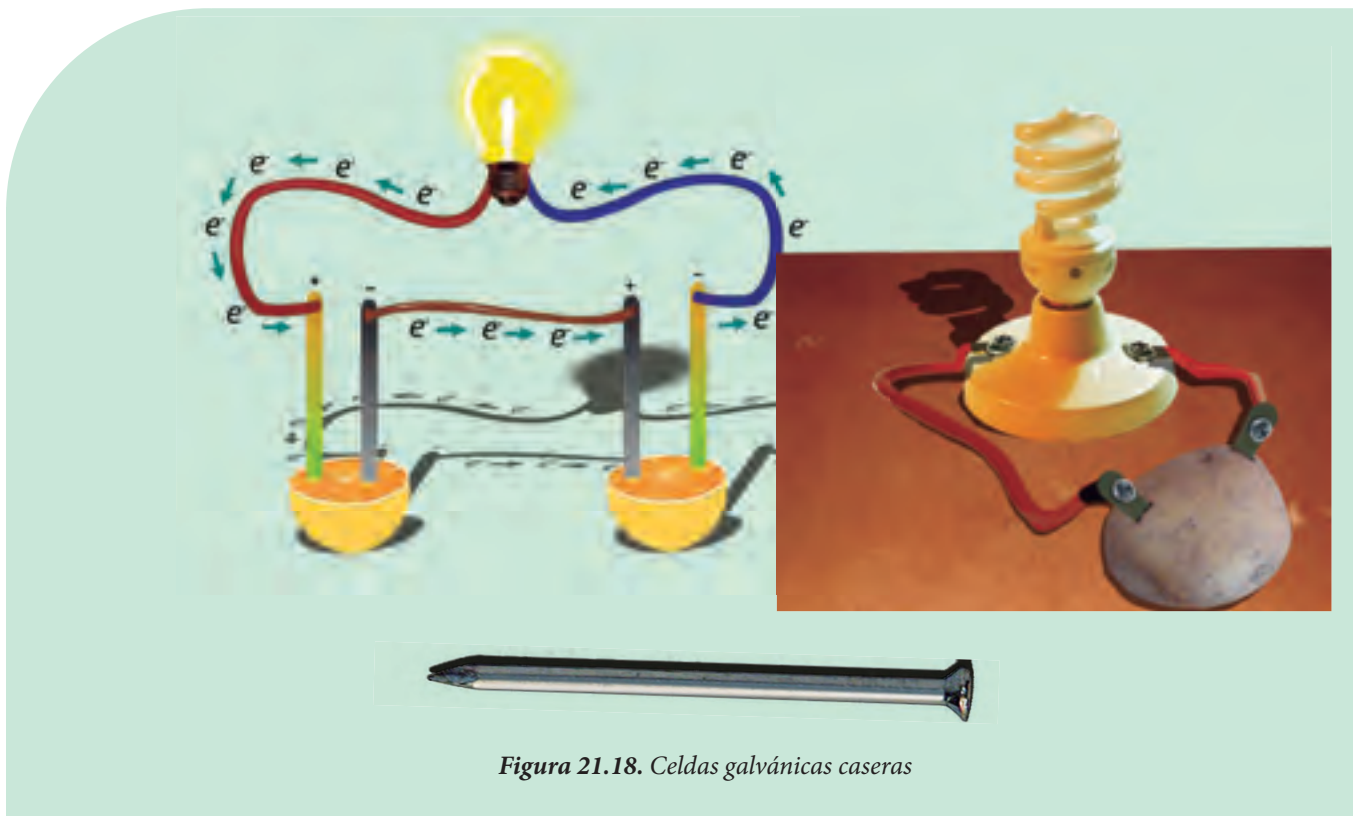


Figura 21.18. Celdas galvánicas caseras



## Electrólisis del agua

En esta actividad vamos a ver cómo podemos obtener un cambio químico mediante la electricidad, para esto vamos a someter al agua a un proceso de electrólisis donde podamos ver los cambios ocurridos en la celda.

### ¿Que necesitas?

Necesitas dos lápices, agua, sal común, recipientes transparentes (vidrio o plástico), una pila de 9 voltios, alambre fino de cobre y un limón.

### ¿Cómo lo harás?

Con la ayuda de un adulto deja al descubierto un tramo largo de grafito en cada extremo del lápiz, estos serán los electrodos de tu celda, en el recipiente agrega agua y unas gotas de limón, une los electrodos a la pila de 9 voltios con el alambre de cobre y observa.

### ¿Cómo puedo analizarlo?

Investiga las reacciones correspondientes a la electrólisis del agua en medio ácido, anota las diferencias de lo que ocurre en cada electrodo e identifica los elementos que se desprenden. Según las reacciones que encuentres, responde el porqué de las diferencias en cada electrodo e identifica cuál electrodo se comporta como cátodo y cuál como ánodo.



### Reciclemos pilas...

Investiga sobre el proceso de reciclado de pilas, como materiales y pasos a seguir. Diseña una propuesta comunitaria (para ser aplicada en tu escuela, comunidad y hogar) y ejecútela con la ayuda de tus profesores, familiares, vecinos, amigos y otras personas interesadas en participar; invítalos a contribuir a buscar pilas dañadas y colocarlas en recipientes de refresco vacío y dale el "mejor tratamiento" según tu investigación e imaginación.

Comparte tu experiencia con personas que no conocen estos procedimientos y su importancia para el ambiente. Intenta continuar con este proyecto muy importante para mejorar la calidad de vida al reducir la contaminación.





## Actividades de autoevaluación

Luego de esta lectura podrás discutir con propiedad los temas estudiados, las siguientes incógnitas y actividades te ayudarán a afianzar los conocimientos así como crear dudas que, con la ayuda de tus compañeros, podrás responder.

1.- Busca todas las pilas que estén presentes en tu día a día e identifica los componentes de los cuales están hechas (celulares, linternas, computadoras, cámaras fotográficas, etc.) ¿De qué dependerá la diferencia entre ellas? Investígalo.

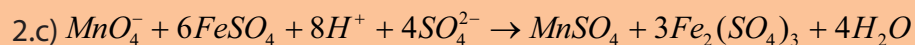
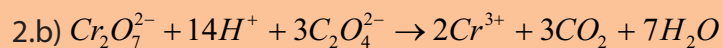


Figura 21.19. Tipos de pilas

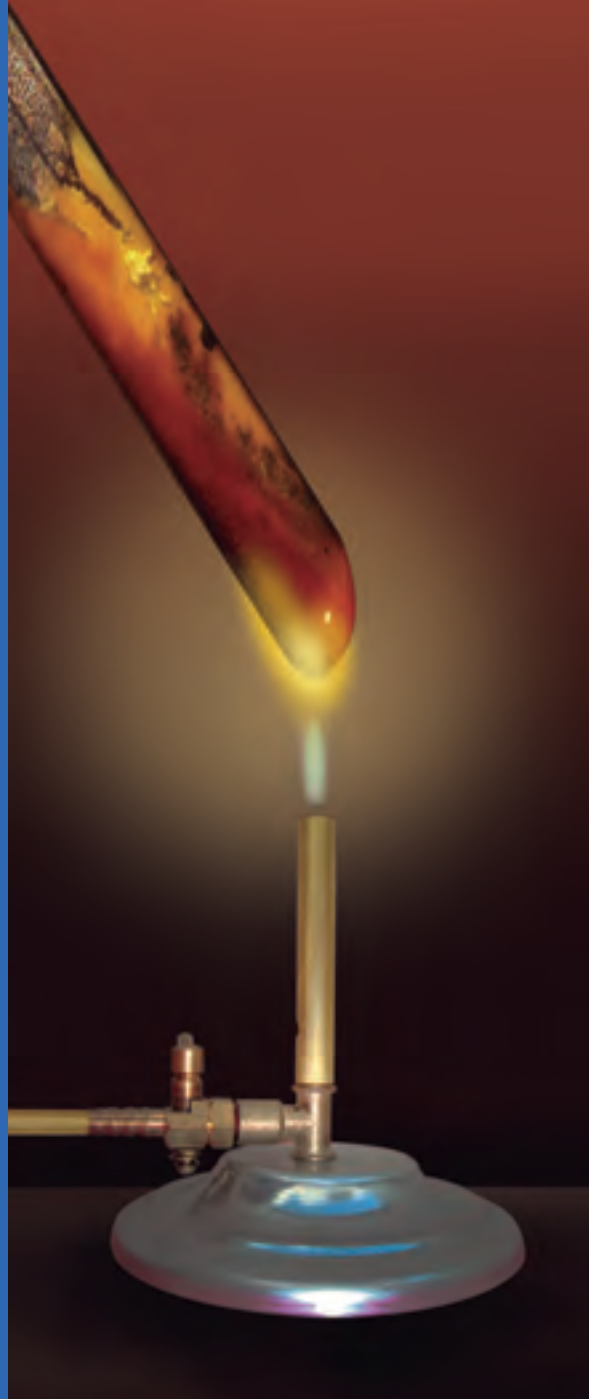
2.- Identifica las especies que se reducen y se oxidan, la cantidad de electrones involucrados, las semi-reacciones y reacción global así como la reacción balanceada, para las siguientes ecuaciones:

- $Cu + H^+ + NO_3^- \rightarrow Cu^{2+} + NO + H_2O$
- $Cr_2O_7^{2-} + H^+ + C_2O_4^{2-} \rightarrow Cr^{3+} + CO_2 + H_2O$
- $MnO_4^- + FeSO_4 + H^+ + SO_4^{2-} \rightarrow MnSO_4 + Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$
- $Br_2 + OH^- \rightarrow BrO_3^- + H^+ + Br^-$
- $Bi(OH)_3 + SnO_2^{2-} \rightarrow Bi + OH^- + SnO_3^{2-} + H^+$

Algunas respuestas:



3.- Investiga sobre un proceso electroquímico de tu preferencia y realiza un resumen detallado explicando el proceso escogido con los términos aprendidos en esta. Comparte esta información con tus compañeros, amigos y familiares.



A lo largo de las diferentes lecturas de los libros de Ciencias Naturales has visto la presencia de la palabra energía y su influencia en Venezuela; muchos procesos químicos, biológicos y físicos necesitan energía para que se lleven a cabo, pero ¿qué pasa con esa energía después que se realiza el proceso? De igual manera, hemos visto que existen procesos que desprenden y absorben energía pero ¿cómo ocurre esto?, ¿podemos medir la energía absorbida o emitida en una reacción química?, ¿será posible que ocurra una reacción química? Estas interrogantes podrás responderlas luego de que leas las próximas páginas.

La energía se hace imprescindible en la vida diaria, todos los alimentos tienen un valor energético, es decir, aportan una cierta cantidad de energía al organismo convirtiéndose en el combustible del cuerpo humano, además existen ciertos combustibles que permiten el movimiento de los carros, los aviones, los trenes, y otros tipos de combustibles para cocinar, calentar agua, entre otros. De igual manera, las reacciones químicas ocurren con cierta transferencia energética, incluso la materia contiene diversas formas de energía pudiendo ser transformada.

Es tan amplio el estudio de las transformaciones energéticas en química que se creó una rama en esta ciencia, denominada **termoquímica**, que se encarga de explicar las relaciones existentes entre la energía y los cambios químicos. De esta manera te invitamos a descubrir el espectacular mundo de la química que permite explicar, entre otras cosas, la existencia y el desarrollo de la humanidad.



## Energía, tipos y transformaciones

En los libros anteriores de esta colección hemos abordado el tema energético, igualmente se ha ejemplificado lo referente a la energía y sus tipos. En esta primera parte de la lectura vamos a repasar y ampliar este tema, para ello imagina que es tarde para entrar al liceo y aún estamos a cinco cuadras de distancia ¿qué hacemos?, posiblemente correr porque no podemos perder las clases. Para realizar esta actividad física nuestro cuerpo necesita quemar la energía acumulada de este día y los anteriores, adquirida a través de los alimentos; de allí, la energía se transformará en trabajo útil evidenciándose en la llegada al lugar de destino, un poco cansados, sofocados y sudados.

La transformación de la energía parte de un principio: **la primera ley de la termodinámica o ley de la conservación de la energía** la cual señala que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma, es decir, la energía puede modificarse en dos formas: **calor (q)** y **trabajo (w)**, la primera se refiere a que un cuerpo más caliente cede su energía a otro cuerpo que se encuentra a menor temperatura. La direccionalidad de la energía en forma de calor siempre será de un cuerpo más caliente a otro más frío; no estaría bien pensarlo de forma contraria, que el calor se dirija de un cuerpo frío a uno caliente haciéndose más frío. Este es otro principio termodinámico: **la ley cero de la termodinámica**, su descripción se hizo luego de haberse establecido la primera ley pero resulta ser fundamental para la comprensión de los cambios de energía, por eso fue llamada de esa manera. Fíjate que la transformación energética en forma de calor se evidencia por un cambio de temperatura ( $\Delta T$ ), es decir la relación entre la temperatura final ( $T_2$ ) e inicial ( $T_1$ ), podemos expresarla como  $\Delta T = T_1 - T_2$

La otra forma de conversión de energía es el trabajo, fuerza que realiza un cuerpo para cambiar de posición. Como en el ejemplo anterior, si una persona realiza una actividad física la energía acumulada y proporcionada por los alimentos se transforma en las diversas actividades que realiza durante el día y la noche. En química, el trabajo se evidencia por un cambio de presión, volumen y temperatura.

Según el Sistema Internacional de Unidades, se recomienda utilizar el joule (J) como unidad para los diversos tipos de energía, esto en honor a su descubridor el físico inglés **James Prescott Joule**, aunque también suele emplearse la unidad caloría (cal), sus relaciones son:

$$\begin{aligned} 1 \text{ cal} &= 4,184 \text{ J} \\ \text{Además, } 1 \text{ kcal} &= 1000 \text{ cal y} \\ 1 \text{ kJ} &= 1000 \text{ J} \end{aligned}$$



Figura 22.1. James Prescott Joule

### ¿Sabías que...?

Cuando una habitación tiene un aire acondicionado encendido es incorrecto decir que cierran las puertas y ventanas porque sale el frío. Realmente el frío no es quien se desplaza, es el calor externo que entra a la habitación, siendo esta energía la que hace que la temperatura de la habitación se incremente y sentimos que se calienta.



Si nos detenemos a analizar la interconversión de la energía en forma de calor, podemos destacar las siguientes: **radiación**, **conducción** y **convección**. El primero de ellos, la **radiación** lo observamos diariamente con el Sol, esta estrella emite mucha energía en forma de calor, tanta que nuestro cuerpo siente ese calor (aumenta la temperatura de la Tierra). El Sol irradia energía, es decir, emite energía en forma de calor en todas las direcciones.



Figura 22.2. Interconversión de la energía en forma de radiación (a), conducción (b) y convección (c).

En cambio, la **conducción** podemos observarla cuando calentamos una compresa de agua o bolsa con gel, muy útil para aliviar los dolores musculares. Si este gel se coloca sobre la piel conduce la energía calórica a nuestro cuerpo y, posteriormente, llegará al músculo por conducción energética. Luego la temperatura de la bolsa con gel disminuye y la piel tratada aumenta, allí decimos que hubo un flujo de calor desde un cuerpo más caliente (mayor temperatura) a otro más frío (menor temperatura). Con esto se cumple la ley cero de la termodinámica.

¿Has notado que cuando vas a la playa en la mañana el agua está fría y en las tardes se torna tibia? Esto se debe a la **convección** de la energía, primero el Sol calienta el aire durante el día y el agua está fría producto de su enfriamiento ocurrido en la noche, lo que sentimos como agua fría. Posteriormente, en horas de la tarde, toda la energía calórica del aire fluye al agua del mar, tratando de igualar la temperatura del aire y el mar, esto es lo que sentimos como agua tibia. Finalmente, en la noche cuando se oculta el Sol, el aire se torna frío porque el calor se dirigió a la Tierra y los mares, por ello sentimos que a primeras horas de la noche el agua marina está tibia.



**Figura 22.3.** Ubícate en estos tres puntos y piensa sobre la conversión de energía potencial en cinética y viceversa.

Recordando el concepto de **energía** tenemos que ésta es la capacidad que tienen los cuerpos para realizar trabajo. Podemos describir varios tipos de energía, entre algunas de ellas tenemos la **energía cinética** y **potencial**, la primera referida al movimiento de los objetos y la segunda a su posición.

Para ejemplificar estos dos tipos de energía piensa que te encuentras sentado en una bicicleta, sobre una patineta o en lo alto de un tobogán, esta sería la energía potencial que te ubica en estos tres puntos; si ahora te desplazas tanto con la bicicleta como con la patineta o simplemente dejas que la gravedad actúe y te desplazas a través del tobogán, la energía potencial se transformó en energía cinética. La energía potencial se puede convertir en energía cinética y ésta, a su vez, se puede convertir en potencial.

La unión de todos los tipos de energía (cinética, potencial, gravitatoria, vibracional, entre otras) conforma la **energía interna (U)**, los cambios o transformaciones de la energía interna la podemos definir como **variación de la energía interna ( $\Delta U$ )**, es decir  $\Delta U = U_2 - U_1$ . Pero también este cambio energético está referido a los cambios de calor y trabajo, de allí que:  $\Delta U = q - w$

## Energía en los alimentos y su posible transformación

Como se ha presentado en otras lecturas de esta serie, gracias a la energía química acumulada en los alimentos y los debidos procesos enzimáticos, los seres humanos al alimentarse, ingieren esta energía para realizar las diversas actividades cotidianas, de allí que la energía química se transforma en calor y trabajo.

Cada persona tiene un requerimiento energético diferente, de hecho los bebés consumen alimentos diferentes a un adulto; una persona de tercera edad realiza actividades diferentes a la de un joven deportista, por consiguiente requieren diferentes contenidos energéticos y consumen alimentos diferentes según sus necesidades.



**Figura 22.4.** Personas con diferentes requerimientos energéticos.

Estos alimentos son transformados en el organismo por medio de diferentes procesos, en la mayoría químicos, los cuales generan como resultado energía, en otras lecturas has visto esta transformación química, ahora vamos a indagar sobre los requerimientos energéticos y sus posibles transformaciones.



## Clasifiquemos la energía de los alimentos

En esta actividad vamos a estimar cómo puede transformarse la energía, para ello busca diversos empaques de alimentos que tengan tablas nutricionales, como la mostrada en la figura 22.5, por ejemplo: chocolate, leche, avena, bebidas instantáneas, etc.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL	por 100 G.	por ración 30 G.
VALOR ENERGÉTICO	399 kcal	120 kcal
HIDRATOS CARBONO	71 g	22 g
- azúcares	36 g	8 g *
- almidón	46 g	14 g
GRASAS	7 g	2 g
- saturadas	4 g	1 g
FIBRA	4 g	1 g *
SODIO	0,35 g	0,1 g
SAL	0,9 g	0,3 g

Figura 22.5. Información nutricional de un alimento

Ahora clasifica el tipo de alimento y la energía (calorías) que aporta al ingerir una porción, transforma estas unidades en joule (J). Luego, imagina cómo podría transformarse esa energía en calor o trabajo, cuando hay diferencias en la edad de las personas: de 0 a 10 años, de 10 a 30 años, de 30 a 60 años y mayor de 60 años. Describe esta transformación energética de acuerdo a las raciones ingeridas, finalmente comparte tu análisis con tus compañeros, amigos y familiares.

## Cambios físicos y energía

Antes de adentrarnos a evidenciar cómo ocurren los cambios físicos y su asociación con la energía, es importante definir al **universo** como todo aquello que pueda ser estudiado, **sistema** representará una parte del universo pero es el centro de estudio y **entorno** como lo más próximo al sistema que permite distinguirlo del universo. El sistema y el entorno están separados por una pared que puede ser real o imaginaria, fija o movable, adiabática (que no permite el paso de energía) o diatérmica (que permite el paso de energía).

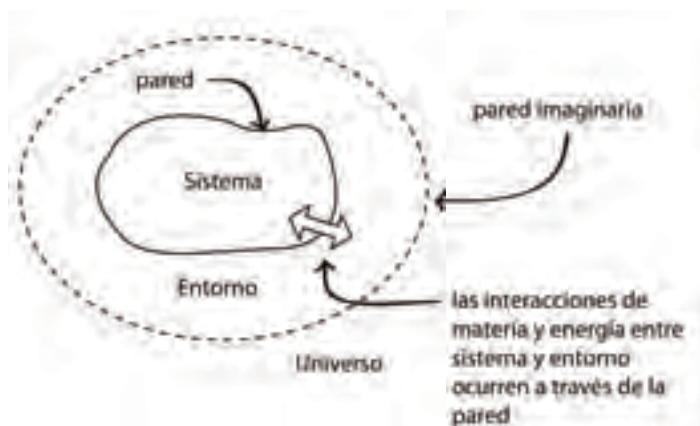


Figura 22.6. Distinción entre sistema, entorno y universo

Por otra parte, podemos distinguir tres tipos de sistemas: **abiertos, cerrados y aislados**. En los sistemas abiertos puede haber intercambio de materia y energía con el entorno, por ejemplo un recipiente abierto de alcohol isopropílico (alcohol medicinal) que a las horas vemos que se ha evaporado parte del alcohol. Los sistemas cerrados, pueden intercambiar energía con el entorno pero no materia, por ejemplo una pequeña botella con agua mineral cerrada. Y los sistemas aislados son aquellos en donde no hay intercambio ni de energía ni de materia con el entorno, por ejemplo un termo que permite mantener la temperatura del líquido, frío o caliente, por un tiempo determinado.



Figura 22.7. Distinción entre los diversos tipos de sistemas. (a) Sistema cerrado, (b) sistema abierto y (c) sistema aislado.

Si observas el proceso del ciclo del agua y lo estudiamos con detenimiento, podrás notar que el agua cambia de estado físico. Durante el proceso de evaporación el agua líquida se transforma en vapor de agua; en la condensación el vapor de agua se transforma en líquida; en la sublimación en vapor de agua cambia a agua sólida y viceversa; en la solidificación el agua líquida se modifica en sólida y en la fusión ocurre el proceso contrario, el agua sólida se transforma en agua líquida. En todos estos procesos no hay un cambio químico porque en los tres estados de la materia –sólido, líquido y gaseoso– siempre hay agua, no hubo un cambio de su estructura molecular. Este cambio físico del agua se debe a la transferencia energética.

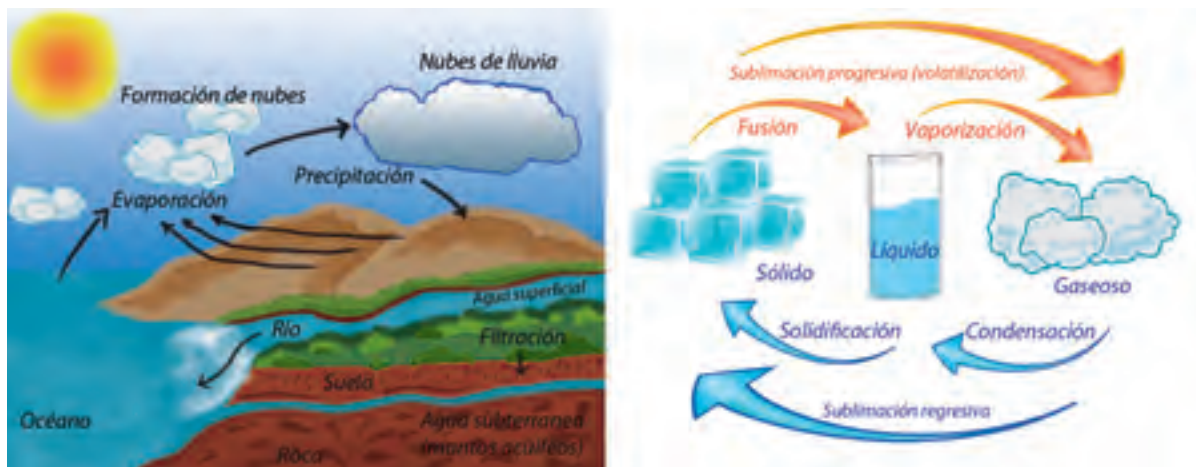
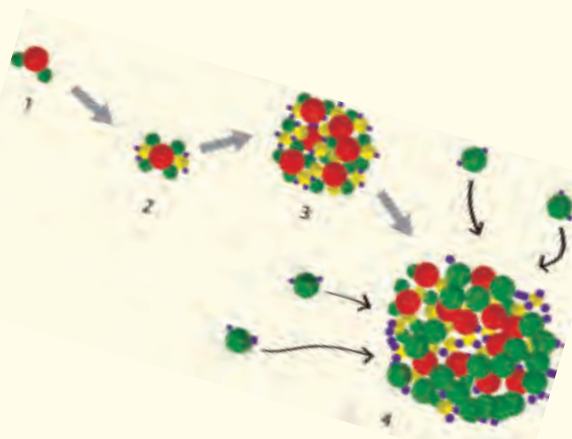


Figura 22.8. Ciclo hidrológico del agua (a) y cambio físico del agua (b).

### ¿Sabías que...?

Las nubes se forman gracias a las partículas atmosféricas de muy pequeño diámetro aerodinámico. Se les denominan núcleos de condensación de nubes cuya composición química es muy variable, ya que depende de la fuente de origen –natural o antrópica-. Debido a la afinidad que tienen estas partículas al agua (sustancias hidróscopias) muchas moléculas de agua se pueden unir formando las nubes.



Si observas la figura 22.8 puedes notar que el cambio físico del agua –sólido, líquido y gaseoso- se puede lograr gracias a la absorción y desprendimiento de energía en forma de calor, es decir, para que el sólido se convierta en líquido y este último en gas el sistema debe absorber cierta cantidad de energía. En cambio, cuando el gas se convierte en líquido y luego el líquido a sólido, el sistema debió desprender energía en forma de calor.

En definitiva los procesos que absorben energía en forma de calor se denominan **procesos endotérmicos** y los que desprenden energía en forma de calor **procesos exotérmicos**. Si descomponemos estas dos palabras, decimos **endo** hacia dentro, **exo** hacia afuera y **térmico** calor; de allí que los procesos endotérmicos absorben calor –el calor entra al sistema-, en cambio en los procesos exotérmicos se desprende calor –el calor sale del sistema-, y ¿de dónde el sistema toma calor y hacia dónde sale esta energía?, del entorno, lo más próximo al sistema.

Otro ejemplo que podríamos mencionar, entre muchos, es que si tenemos agua caliente sobre la cocina y apagamos la hornilla a las pocas horas notarás que dicho líquido se enfría ¿por qué?, simplemente porque la energía en forma de calor del agua caliente salió al entorno (ambiente) tratando de igualar su temperatura con el medio externo. Y si luego colocamos el agua a temperatura ambiente dentro de la nevera, este líquido va a adquirir la temperatura del medio externo –en este caso dentro de la nevera- y para ello debe desprender calor; en este caso estamos hablando de procesos exotérmicos. Si analizamos el caso contrario, el agua de la nevera la sacamos y/o la calentamos, la energía externa entra al líquido igualando la temperatura, aquí estaríamos hablando de un proceso endotérmico.



*Figura 22.9. Medios en donde se transfiere energía (a) agua dentro de la nevera, (b) agua a temperatura ambiente y (c) agua caliente.*

Para identificar los procesos endotérmicos y exotérmicos, existe un parámetro termodinámico que nos permite medir la cantidad de calor que entra o sale del sistema, dicho parámetro se denomina **entalpía (H)**. En los sistemas lo que realmente medimos es la **variación de entalpía estándar ( $\Delta H^\circ$ )** es decir la resta entre la entalpía final y la entalpía inicial:

Si  **$\Delta H^\circ$  es positivo** decimos que el proceso es **endotérmico**, es decir absorbe calor y cuando  **$\Delta H^\circ$  es negativo** el proceso es **exotérmico** el cual desprende calor.



## ¿Procesos endotérmicos o procesos exotérmicos?

### ¿Qué vas a hacer?

Vamos a determinar la variación de temperatura y entalpía en algunos procesos de disolución.

### ¿Qué necesitas?

Agua, una sustancia sólida o líquida de tu casa, como azúcar (sacarosa,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), sal de mesa (NaCl) o vinagre (ácido acético,  $CH_3COOH$ ) y una sustancia del laboratorio como ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), ácido clorhídrico (HCl) o ácido nítrico ( $HNO_3$ ) u otra que te proporcione tu profesor.

También necesitaremos pipetas o cilindros graduados para tomar las sustancias líquidas, espátulas o cucharitas para tomar las muestras sólidas, removedores, vasos de precipitado u otro tipo de recipiente transparente de vidrio.

**Precauciones:** trabaja con mucho cuidado, los ácidos son corrosivos y puedes sufrir quemaduras, evita oler sus vapores. Utiliza bata de laboratorio, lentes de seguridad y guantes de protección para estos tipos de ácidos.

### ¿Cómo lo vas a hacer?

Con cada una de las sustancias vamos a preparar disoluciones, para ello mide  $50\text{ cm}^3$  de agua, determina su temperatura que será la inicial ( $T_1$ ). Luego escoge una de las sustancias que trajiste de tu hogar y agrega una porción pequeña al agua, agita y mide su temperatura rápidamente, esta será la temperatura final ( $T_2$ ). Determina  $\Delta T$  con la ecuación discutida previamente en esta sección.

Repite este procedimiento con la sustancia del laboratorio, así estarás preparando una disolución distinta. Identifica cuál de ella es exotérmica y cuál endotérmica, estima el signo que debe tener  $\Delta H^\circ$ . Representa las ecuaciones químicas implicadas con los estados de agregación de cada sustancia.

## Cambios químicos y energía

Los cambios químicos, a diferencia de los físicos, implica una transformación de la materia, estos cambios llevan consigo una interconversión energética, por ejemplo los procesos de combustión –reacción en donde un compuesto orgánico reacciona con oxígeno para formar dióxido de carbono y agua, los procesos de formación en donde se forma un mol de sustancia a través de sus elementos constituyentes, entre otros procesos que implican una reacción química.

Una reacción de combustión muy común es la de la gasolina en los vehículos en donde el octano, uno de los componentes de la gasolina, al reaccionar con el oxígeno del aire se transforma en dióxido de carbono y agua. Una de las reacciones que ocurre es la siguiente:



Otra forma de expresarla es:

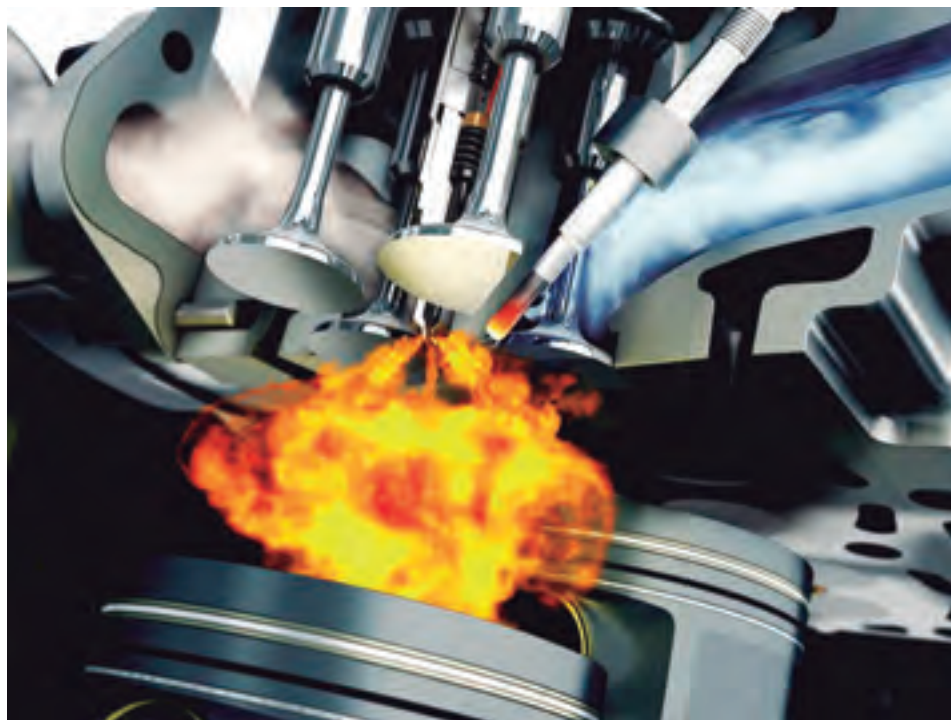
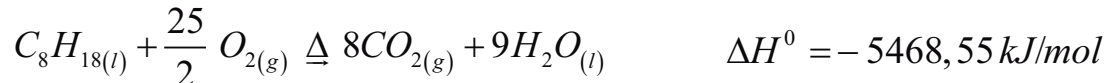


Figura 22.10. Explosión que ocurre dentro del motor debido a la reacción de combustión de la gasolina.



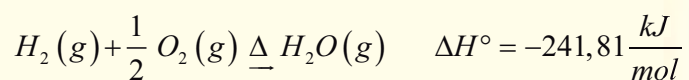
Esta última ecuación se la denomina **ecuación termoquímica** debido a que se especifican los reactivos y productos –con sus estados de agregación- y un valor energético, en este caso el valor de la entalpía, del cual podemos decir que es exotérmico porque su signo es negativo. De allí notamos que la reacción de combustión del octano es muy exotérmica, tanto que impulsa los pistones del motor y coloca al vehículo en marcha. Esta reacción es explosiva, es decir, muy rápida. Resulta interesante aprender sobre el funcionamiento de los vehículos con motor de inyección y carburación, te propongo que busques y comprendas este tema.



Figura 22. 11. Algunos elementos necesarios para hacer funcionar el motor de un vehículo. Los pistones ubicados dentro del motor (a) y la batería que permite generar la chispa en las bujías (b).

### ¿Sabías que...?

El hidrógeno resulta ser un mejor combustible que la gasolina. La combustión del hidrógeno forma vapor de agua, sustancia inofensiva para los seres humanos. La reacción que ocurre es:



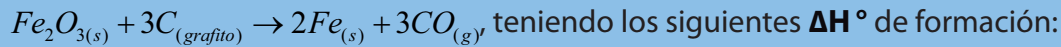
Es decir, que para formar un mol de vapor de agua a partir de los elementos constituyentes, se desprende 241,81 kJ.



## ¿Cómo podemos obtener el valor de la entalpía?

Hay varias formas de hallar el valor del  $\Delta H^\circ$  en una reacción química, una de ellas es a través de los valores tabulados de entalpía de formación de los compuestos.

Supongamos que deseamos determinar el  $\Delta H^\circ$  en la siguiente reacción química:



$$\Delta H^\circ_{Fe_2O_3(g)} = -824,2 \frac{kJ}{mol} ; \Delta H^\circ_{C(grafito)} = \Delta H^\circ_{Fe(s)} = 0 \frac{kJ}{mol} ; \Delta H^\circ_{CO(g)} = -110,53 \frac{kJ}{mol}$$

Para ello aplicamos la siguiente fórmula:

$$\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ \text{ productos} - \sum \Delta H^\circ \text{ reactivos}$$

En este caso sería:

$$\Delta H^\circ = [2\Delta H^\circ_{Fe(s)} + 3\Delta H^\circ_{CO(g)}] - [\Delta H^\circ_{Fe_2O_3(s)} + 3\Delta H^\circ_{C(grafito)}]$$

Fíjate que se deben considerar las relaciones estequiométricas. Sustituyendo los valores de los datos tenemos:

$$\Delta H^\circ = [2(0) + 3(-110,53)] - [1(-824,2) + 3(0)] = [0 - 331,59] - [-824,2]$$

$$\Delta H^\circ = +492,61 \frac{kJ}{mol} \text{ Esta es una reacción } \mathbf{endotérmica}.$$

Su reacción inversa:  $2Fe(s) + 3CO(g) \rightarrow Fe_2O_3(s) + 3C(grafito)$ , tendrá un valor de entalpía de  $\Delta H^\circ = -492,61 \frac{kJ}{mol}$ ; es decir, será **exotérmica**.

De este ejercicio podremos apreciar que una reacción química puede absorber o desprender la misma cantidad de energía si se invierte el proceso; de allí que en la figura 22.12 se puede observar el progreso de una reacción química con sus cambios energéticos. En el caso (a) los productos tendrán una energía superior que los reactivos, esta diferencia es el  $\Delta H^\circ$  cuyo valor será positivo porque la reacción prosiguió con una absorción de energía (proceso endotérmico); en cambio, en el caso (b) los productos tendrán una energía inferior que los reactivos, entonces el  $\Delta H^\circ$  será negativo debido a que la reacción tuvo que desprender energía en forma de calor (proceso exotérmico).

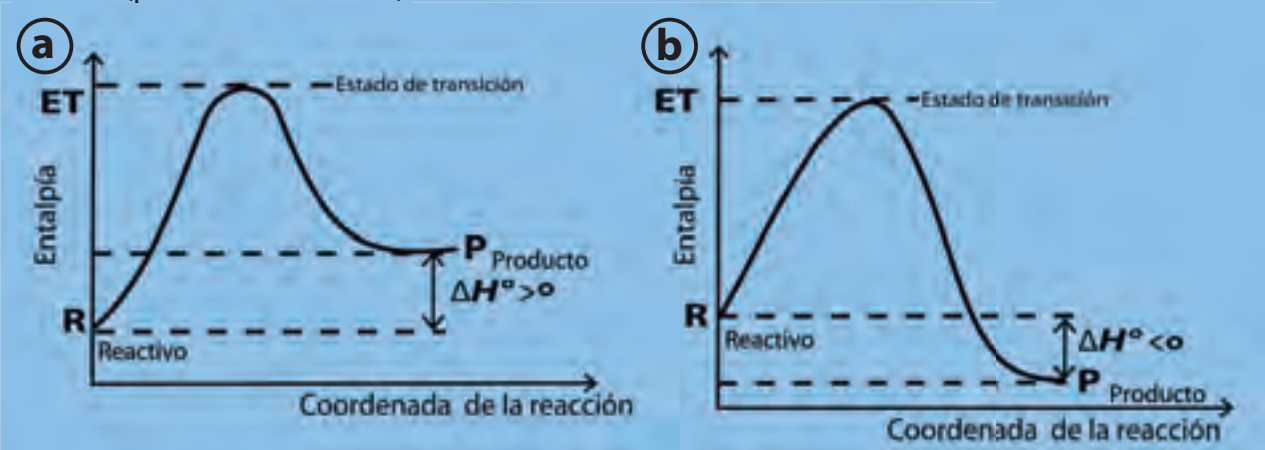


Figura 22.12. Diagrama de reacción en los procesos endotérmicos (a) y exotérmicos (b).



## Veamos la calorimetría en una reacción química

### ¿Qué vas a hacer?

Con este experimento podrás observar los cambios energéticos en una reacción química.

### ¿Qué necesitas?

Un vaso de Beaker o vaso de precipitado de capacidad 100 cm<sup>3</sup> (puedes utilizar cualquier vaso de vidrio transparente), 50 cm<sup>3</sup> de ácido clorhídrico a una concentración de 0,5 mol/dm<sup>3</sup>, un trozo de papel de aluminio (tráelo de tu casa con una dimensión de 1cm de ancho x5 cm de largo).

**Precauciones** trabaja con mucho cuidado, el ácido clorhídrico es muy corrosivo y puedes sufrir quemaduras, evita oler sus vapores. Utiliza bata de laboratorio, lentes de seguridad y guantes de protección para este tipo de ácido.

### ¿Qué vas a hacer?

En el frasco de vidrio seco coloca los 50 cm<sup>3</sup> del ácido clorhídrico, mide la temperatura de esta disolución y anota tus observaciones. Ahora agrega el trozo de papel de aluminio y mide la temperatura final de esta reacción. Determina  $\Delta T$  a través de la siguiente ecuación:  $\Delta T = T_1 - T_2$ . Por otra parte investiga cómo obtener el calor de reacción a través de la fórmula:

$q = m \times Ce \times \Delta T$  en donde:

*m: masa de las sustancias; Ce calor específico y  $\Delta T$ : variación de temperatura*

Y la fórmula  $\Delta H = \frac{q}{\Delta T}$

Si puedes, repite el procedimiento en una bomba calorimétrica (o termo de reacción) e investiga cómo y para qué se debe determinar la constante calorimétrica. Finalmente, discute los resultados obtenidos con tus compañeros.



## Imaginemos transferencias energéticas

Hemos visto cómo la materia puede transformarse física y químicamente por la conversión de la energía, ahora observa la figura 22.13 e identifica los cambios físicos y químicos que se deben a la transferencia energética en forma de calor



Figura 22.13. Ciclo de la energía.

### ¿Sabías que...?

En la Av. Bolívar ubicada en la ciudad de Caracas, hay alumbrado público cuya energía es adquirida a través de celdas solares. Estos postes tienen la dualidad de funcionamiento tanto con energía solar como con energía eléctrica. Las celdas solares captan la energía solar y la almacenan en unos acumuladores para poder ser utilizada cuando se necesita.

Investiga cómo funciona una celda solar e imagina cómo podría instalarse en tu residencia.



## Estabilidad de las reacciones químicas

Hasta el momento hemos visto que las reacciones químicas pueden absorber o desprender energía - procesos endotérmicos y exotérmicos -, pero no especifica la posibilidad de que dicha reacción química pueda llevarse a cabo de forma natural. Los procesos que ocurren de forma natural - de forma espontánea - requieren menos consumo energético; es conveniente aclarar que los procesos espontáneos no se refieren a los procesos rápidos sino a los que ocurren de acuerdo a las leyes de la naturaleza.

Por ejemplo ¿por qué el agua de una cascada cae y no sube de forma natural?, ¿por qué la germinación de una planta ocurre de una forma y no de la contraria?, ¿por qué los seres vivos nacen, crecen y mueren y no ocurre el proceso contrario? Estas preguntas pueden responderse a través de la **segunda ley de la termodinámica**, la cual nos permite predecir la posibilidad de ocurrencia de una reacción química a través de otro parámetro termodinámico: **la entropía (S)**, o bien, **la variación de entropía estándar ( $\Delta S^\circ$ )**, en donde  $\Delta S^\circ = S_2 - S_1$ . Esta nos dirá si un proceso - físico o químico - puede ocurrir de forma natural, para ello se parte de este principio: *todos los sistemas tienden a su máxima entropía o bien alcanzar su estabilidad*, es decir, los procesos que ocurren de forma natural tendrán máxima entropía, máxima estabilidad y menor consumo energético.



Figura 23.14. Entropía de los sistemas: caída del agua en una cascada (a) y el proceso de germinación (b).

Determinando el valor de la entropía, se pueden conocer los procesos que ocurren de forma natural (que requieren menos energía) y los que no ocurren de esta forma (que requieren más energía). Para ello se hace conveniente determinar este parámetro cuya fórmula es la siguiente:

$$\Delta S^\circ_{\text{universo}} = \Delta S^\circ_{\text{sistema}} + \Delta S^\circ_{\text{entorno}}$$

Si  $\Delta S^\circ_{\text{universo}}$  tiene un **signo positivo** decimos que el proceso es **espontáneo**, el proceso es estable y ocurre naturalmente; en cambio, si  $\Delta S^\circ_{\text{universo}}$  tiene un **signo negativo** decimos que el proceso es **no espontáneo**, no ocurre de forma natural, su dirección de cambio no es estable.

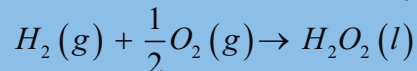
Por ejemplo, la caída del agua en una cascada tendrá un  $\Delta S^\circ_{universo}$  con signo positivo; en cambio, el proceso contrario –la subida del agua en una cascada– tendrá un  $\Delta S^\circ_{universo}$  con signo negativo. De esta forma ocurre con las reacciones químicas, para ejemplificarlo resolvamos un problema:



## Entropía en la fabricación del agua oxigenada

El peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), tradicionalmente conocida como agua oxigenada, es una sustancia muy utilizada en los tintes para el cabello, en muchas ocasiones se necesita conocer si su producción a nivel industrial requiere menos consumo energético –a las industrias les conviene que las reacciones requieran menos energía porque así ahorran dinero–. Conociendo esta relación  $\Delta S^\circ_{universo} = \Delta S^\circ_{sistema} + \Delta S^\circ_{entorno}$  diga si es posible su fabricación con el menor consume energético.

Para resolver este problema, vamos a establecer la ecuación química de la formación de un mol de peróxido:



Si nos dicen que  $\Delta S^\circ_{sistema} = 109,6 \frac{J}{K.mol}$  y supongamos que se pudo evaluar la entropía del entorno dando  $\Delta S^\circ_{entorno} = -98,6 \frac{J}{K.mol}$

¿Será entrópicamente posible?, aplicando la fórmula tenemos:

$$\Delta S^\circ_{universo} = \Delta S^\circ_{sistema} + \Delta S^\circ_{entorno} = 109,6 \frac{J}{K.mol} + \left( -98,6 \frac{J}{K.mol} \right) = 11,0 \frac{J}{K.mol}$$

Como  $\Delta S^\circ_{universo}$  fue **positivo**, es posible que esta reacción se dé de forma natural, **el proceso es espontáneo** en esta dirección. Su descomposición o reacción contraria:

$H_2O_2(l) \rightarrow H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g)$ , tendrá un valor de entropía de  $\Delta S^\circ_{universo} = -11,0 \frac{J}{K.mol}$ , es decir será **no espontánea** porque el  $\Delta S^\circ_{universo}$  fue **negativo**.



Figura 22.15. Uno de los usos del peróxido de hidrógeno es en la fabricación de tintes para el cabello.

## Otro parámetro termodinámico que nos habla de estabilidad en las reacciones químicas

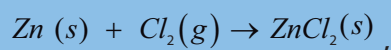
Si analizas la determinación de la entropía, la espontaneidad de un proceso se puede hallar si conocemos la entropía del sistema y la del entorno, sin embargo, en muchas ocasiones resulta difícil obtener la energía contenida en el entorno; para subsanar esta debilidad surge un tercer parámetro termodinámico **la Energía Libre de Gibbs (G)**, o bien, la **variación de Energía Libre de Gibbs estándar ( $\Delta G^\circ$ )** como alternativa que permita evaluar la probabilidad de ocurrencia de las reacciones químicas, pero considerando sólo las variables del sistema. La variación de energía libre de Gibbs tiene la siguiente relación matemática:

$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$ , y sólo se puede determinar cuando la temperatura y presión son constantes. Veamos cómo se aplica:



### Determinemos la Energía Libre de Gibbs en reacciones químicas

El cloruro de zinc ( $ZnCl_2$ ) es muy utilizado en la fabricación de textiles, veamos si es posible que se forme con el menor consumo energético. Si la reacción es:



y conociendo los valores de  $\Delta H^\circ = -415,05 \frac{kJ}{mol}$ ;  $\Delta S^\circ = -415,05 \frac{kJ}{mol}$  a la temperatura de  $25^\circ C$  ( $298 K$ ) ¿esta reacción será espontánea?, veamos:

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ = \left[ -415,05 \frac{kJ}{mol} \right] - \left[ (298 K) \left( -0,15 \frac{kJ}{mol} \right) \right] = -370,35 \frac{kJ}{mol}$$

Como el valor de  $\Delta G^\circ$  es **negativo** la reacción es **espontánea** (puede ocurrir de forma natural); el proceso contrario,  $ZnCl_2(s) \rightarrow Zn(s) + Cl_2(g)$  tendría una  $\Delta G^\circ$  **positiva** ( $\Delta G^\circ = 370,35 \frac{kJ}{mol}$ ), es decir, sería **no espontánea**.



## Visitemos a las industrias

Programa una visita guiada para alguna industria, si queda cercana a tu residencia mucho mejor. Busca personas que te expliquen el proceso de control de calidad y los tipos de análisis químicos que se hacen. Pide que te proporcionen las reacciones químicas que puedan generarse en esta industria y complétalas con lo que estás aprendiendo en estas lecturas de Ciencias Naturales. Identifica las reacciones exotérmicas y endotérmicas, así como las espontáneas y no espontáneas. Discute con los miembros de tu comunidad los productos de esta industria así como su utilidad social e impacto ambiental.



*Figura 22.16. Planta termoeléctrica más grande de Venezuela. Una de las industrias venezolanas*



## Construyamos un vehículo

Busca información sobre todos los elementos, aparatos y mecanismo de funcionamiento de los vehículos, puedes consultarles a tus familiares y amigos. Luego imagina y diseña un pequeño vehículo que utilice energía alternativa como material orgánico, solar, viento, etc. para su funcionamiento, pensando siempre en que los residuos que se emitan resulten ser menos dañinos al ambiente. Si encuentras todos los materiales, intenta hacerlo funcionar.

Para hacer este trabajo busca ayuda, consulta a los miembros de tu comunidad, personas que trabajen en la industria automotriz, choferes, expertos en la mecánica automovilística, etc. pregúntales ¿cómo lo harían ellos y por qué?

Finalmente, busca las posibles reacciones químicas que puedan estar implicadas en tu pequeño modelo, plantea las reacciones químicas balanceadas y señala si estos procesos son exotérmicos o endotérmicos, espontáneos o no espontáneos.



*Figura 22.17. Vehículo que podrías construir a escala*





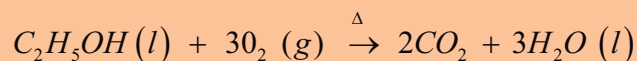
## Actividades de autoevaluación

Para finalizar esta lectura, afianza tus conocimientos respondiendo a estas situaciones:

1.- ¿Consideras importante el estudio de la termodinámica en los procesos químicos?, ¿por qué? Ejemplifica las diversas áreas laborales en que se pueda aplicar.

2.- ¿Será posible la existencia de la vida sin la energía? Explica.

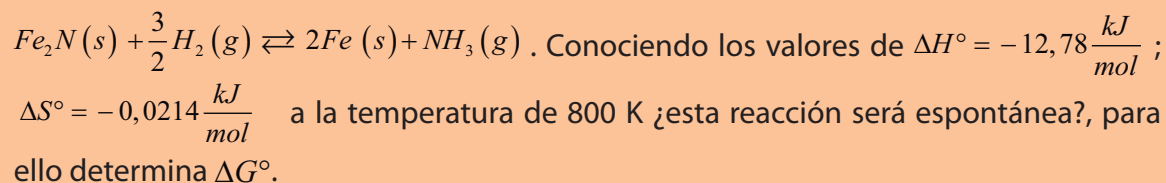
3.- Determina la variación de entalpía ( $\Delta H^\circ$ ) de la combustión del etanol ( $C_2H_5OH(l)$ ), la reacción química que ocurre es la siguiente:



Considerando estas entalpías de formación:

$$\Delta H_{f, C_2H_5OH(l)}^\circ = -277,7 \frac{kJ}{mol}; \Delta H_{f, O_2(g)}^\circ = 0 \frac{kJ}{mol}; \Delta H_{f, CO_2(g)}^\circ = -393,51 \frac{kJ}{mol}; \Delta H_{f, H_2O(g)}^\circ = -285,83 \frac{kJ}{mol}$$

4.- El amoníaco gaseoso puede formarse a través de la siguiente reacción:





¿Has observado con detenimiento los cambios lunares?, cuando la Luna gira alrededor de la Tierra presenta varios aspectos visuales que dependen de su posición respecto al Sol. Cuando la Luna está entre la Tierra y el Sol, su cara no se ilumina porque está orientada hacia la Tierra; después de una semana la Luna ha dado  $\frac{1}{4}$  de vuelta presentando media cara iluminada (decimos que está en Cuarto Creciente); luego de otra semana la Luna se encuentra en una posición alineada con el Sol y la Tierra observándose totalmente iluminada (Luna Llena); a la tercera semana vuelve a alinearse de tal forma que se observa el Cuarto Menguante y, finalmente, a la cuarta semana observamos la Luna Nueva. Culminada estas cuatro fases, se repite el ciclo y cada mes vemos el reflejo entre la luz y la sombra a través de los cambios lunares. A esta repetición de secuencias la denominamos **periodicidad**.

La periodicidad también la observamos en los 7 días de la semana, las 24 horas que conforman un día, para citar algunos ejemplos. Cuando se descubrieron los elementos y se fueron obteniendo sus propiedades, se notó que entre ellos existe cierta periodicidad; por lo tanto era conveniente organizarlos por grupos semejantes, de esta manera, y si existía cierta secuencia, se podría predecir alguna de sus propiedades. Con esta lectura podrás introducirte al estudio de los átomos, partículas extraordinariamente pequeñas que diferencian a los materiales, así como sus propiedades periódicas.

## Imaginando la existencia de los átomos

En las diversas lecturas de Ciencias Naturales has podido apreciar que todo lo observable es materia, por ejemplo una mesa, un espejo, un libro, etc. así como otras sustancias que no podemos ver pero sabemos que existen porque tienen masa y ocupan un volumen en el espacio, como el aire. Estos materiales están constituidos por millones de partículas muy pequeñas que no podemos observar denominadas **átomos**, pero ¿de qué están hechos los átomos?, ¿son iguales todos los átomos de los diferentes materiales? Preguntas que podrás responder con esta sección.

Como se ha mencionado con anterioridad, los diferentes materiales están constituidos por átomos específicos, por eso podemos ver diferente un trozo de madera y una lámina de hierro, acero o aluminio, sus diferencias son producto de la estructura a nivel submicroscópico; una lupa sería un instrumento insuficiente para observar a los átomos, de hecho aún no se han logrado observar pero podremos realizar ciertos experimentos que nos den idea de su estructura y forma. En búsqueda de dar explicaciones a la conformación de los materiales, el químico francés **Antoine Lavoisier** (1743-1794) realizó diversas mediciones a los cambios químicos en recipientes sellados, de esta forma observó que la masa contenida en los reactivos, antes de una reacción química, resultaban ser igual a la masa de los productos; de sus conclusiones se postuló la **ley de la conservación de la masa**.

Posteriormente, **John Dalton** (1766-1844) - químico inglés - estudió los resultados de Lavoisier y de muchos otros científicos, concluyendo que sólo una teoría atómica de la materia podría explicar las pruebas experimentales. De allí, y manteniendo la idea de la ley de la conservación de la masa, la única explicación posible es que la materia esté constituida por átomos indivisibles - que no se puede dividir en partículas más pequeñas -, por consiguiente, durante una reacción química ocurre una reestructuración de los átomos, de esta forma no hay una formación ni pérdida de ellos. Por otra parte, cada átomo estaría constituido por una proporción de masa invariable, es decir, que cada átomo tiene una masa definida; de esta forma también era consona con la **ley de las proporciones definidas**.



Figura 23.1. John Dalton

### ¿Sabías que...?

Los átomos no se crean ni se destruyen, comportándose como un sistema de reciclaje. No es posible que los átomos se pierdan en el ambiente, ellos pueden combinarse químicamente con otros elementos formando nuevos materiales, de esta manera ocurren las reacciones químicas. Primero los átomos están en una forma - combinados con determinados átomos -, posteriormente se reestructuran con otros átomos formando nuevos materiales, de esa manera se hace cíclica la combinación y ruptura de uniones entre átomos.



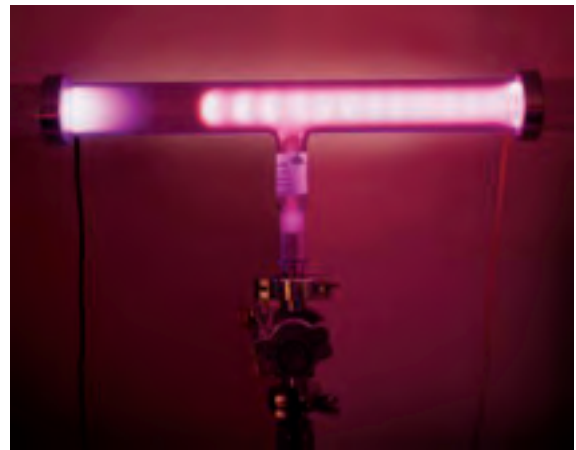
En definitiva, Dalton concluyó lo siguiente: que la materia está constituida por átomos; que los átomos son indestructibles y no se pueden dividir en partículas más pequeñas; y, que todos los átomos de un elemento son exactamente iguales, pero difieren de los átomos de otros elementos. Con la teoría atómica de Dalton los químicos tendrían a la mano un modelo que explica la naturaleza de las partículas de la materia; aunque también trajo nuevas interrogantes, como ¿por qué hay átomos diferentes?, ¿cuál es su diferencia? A finales del siglo XIX se realizaron diversos experimentos que indicaban que los átomos estaban formados por partículas aun más pequeñas, veamos cuáles son estas partículas:

## Estructura atómica

La teoría de Dalton es casi verdadera: a finales del siglo XIX y principios del XX, estudios demostraron que los átomos están conformados por partículas aún más pequeñas y que no todos los átomos de un mismo elemento son exactamente iguales. Estos descubrimientos nos conllevan a la teoría atómica moderna que explica la constitución atómica por tres partículas fundamentales: **protones, neutrones y electrones.**

El físico británico **Joseph John Thomson**, demostró en 1897 que no era correcto el modelo atómico como una esfera sólida; su experimento consistió en un tubo al vacío con dos electrodos a los extremos conectados con un metal externo; cuando se conectan los dos extremos metálicos con una fuente de poder de alto voltaje, los electrodos se cargan de energía y un rayo de color viaja a través del tubo, desde el electrodo negativo (ánodo) hacia el electrodo positivo (cátodo), por eso se les dio el nombre de **tubos catódicos**. Thomson también descubrió que los rayos podían desviarse con las polaridades, si se les aproximaba un polo positivo los rayos se dirigían hacia él y si se les acercaban un polo negativo se desviaba hacia otra dirección; de esta forma demostró que en los tubos catódicos existen partículas cargadas negativamente, llamándolos **electrones** que provienen de la materia, en este caso del electrodo negativo.

Entre las conclusiones de los experimentos de Thomson se tiene que los átomos no son esferas neutras, sino que están constituidas por otras partículas con carga eléctrica; de esta forma los átomos están formados por partículas subatómicas. Por otra parte, la materia no está cargada negativamente, deben existir partículas con carga positiva con una masa superior a la del electrón para darle una connotación de neutralidad.



*Figura 23.2. Tubo catódico*

Con el descubrimiento de los **electrones** en los tubos catódicos, también pudo observarse que existían otras partículas que se dirigían hacia la dirección inversa, es decir, hacia el ánodo, demostrándose que los rayos estaban también constituidos por partículas subatómicas con carga positiva que llamaron **protones**. De esta forma se concluyó que los átomos estaban formados por partículas con cargas y masas diferentes, los protones tienen mayor tamaño que los electrones.

Hasta el momento se creía que los átomos estaban constituidos sólo con protones y electrones, pero fue en 1910 cuando Thomson igualmente descubrió que dos átomos de neón (Ne) tenían masas diferentes. De allí que cuando se tienen átomos que son químicamente iguales pero difieren de sus masas se les denominan **isótopos** del elemento. Actualmente se han descubierto tres isótopos del neón, el tercero era muy escaso para que Thomson lo descubriera.

Luego del descubrimiento de los isótopos, los científicos mantuvieron la hipótesis de que los átomos deben estar constituidos por una tercera partícula: el **neutrón** para poder explicar la diferencia de masas. A través de los cálculos se demostraba que el *neutrón* tenía la misma masa que el protón y cuando difiere el número de neutrones se tiene un isótopo.

Hay que considerar que la cantidad de protones presentes en el núcleo atómico indica las características de un solo tipo de elemento, si cambia el número de protones entonces se está hablando de otro elemento. Los átomos que no son isótopos tienen la misma cantidad de protones y neutrones en su núcleo, cuando la cantidad de neutrones varía - ya sea mayor o menor - se está en presencia de un isótopo.

## Los isótopos y la radiactividad

Las discusiones de la teoría atómica de Dalton a principio del siglo XIX convencieron a los científicos que los elementos no podrían transformarse, es decir, que un átomo se convierta en otro tipo de átomo diferente; hasta que **Henri Becquerel** en 1896 descubriera los “**rayos radiactivos**” del uranio, basado en una radiactividad natural de este elemento. Posteriormente, se demostró que las reacciones nucleares podían iniciarse a través del bombardeo de los núcleos con partículas subatómicas aceleradas (con aceleradores de partículas) y en donde se liberaban grandes cantidades de energía, este tipo de proceso se denomina radiactividad inducida.

En definitiva, las **reacciones nucleares** se llevan a cabo en el núcleo del átomo, estos procesos se acompañan de la liberación de grandes cantidades de energía y el cambio o **transmutación** del elemento, además la rapidez de la reacción no depende de factores externos. Por otra parte, cuando se habla del desdoblamiento de un núcleo más pesado en otros más ligeros se habla de **fisión nuclear**; y cuando se unen núcleos más ligeros para producir uno más pesado tenemos una **fusión nuclear**. Ambos procesos ocurren con la liberación de grandes cantidades de energía debido a la liberación de partículas aún más pequeñas como alfa, beta y gamma.

La humanidad ha utilizado la energía nuclear tanto para su beneficio como para su destrucción; se han diseñado y empleado para la construcción de bombas nucleares, así como para las actividades agrícolas, médicas, arqueológicas e industriales, en estas última se tiene la generación de plantas termoeléctricas que además de proporcionar esta energía se deben desechar grandes cantidades de sustancias radiactivas extremadamente peligrosas y cuya degradación requiere millones de años -incluso superior a la degradación de una bolsa de plástico-, además de sus efectos perjudiciales a los ecosistemas naturales.

### ¿Sabías que...?

Se han empleados isótopos del carbono ( $^{14}\text{C}$ ) para descubrir la edad de obras artísticas. El conocimiento de los isótopos del carbono ha permitido determinar con gran exactitud la antigüedad de las pinturas con óleo, este proceso se aplica para estimar el valor económico que tienen las obras de arte -mientras mayor es su edad mayor es su valor-.



Investiga minuciosamente los usos que tiene la energía nuclear, analiza su impacto ambiental y social y, con esta información, realiza un debate con tus compañeros.

## Agrupando a los pequeños

En 1869 el químico ruso **Dimitri Mendeleiev** y el químico alemán **Lothar Meyer** organizaron a los elementos desde sus propiedades químicas y físicas respectivamente, posteriormente publican sus trabajos de forma independiente; la organización de los elementos que ellos utilizaron es muy parecidas a la que se utiliza actualmente. Mendeleiev se basó en la **masa atómica** creciente, disponiendo a los átomos de menor a mayor tamaño, para ello colocó en columnas verticales el orden ascendente de las masas atómicas, luego comenzaba una nueva columna cuando encontraba que un elemento tenía propiedades similares a otro elemento que ya había ubicado, de esta forma se generaban nuevos grupos de elementos.

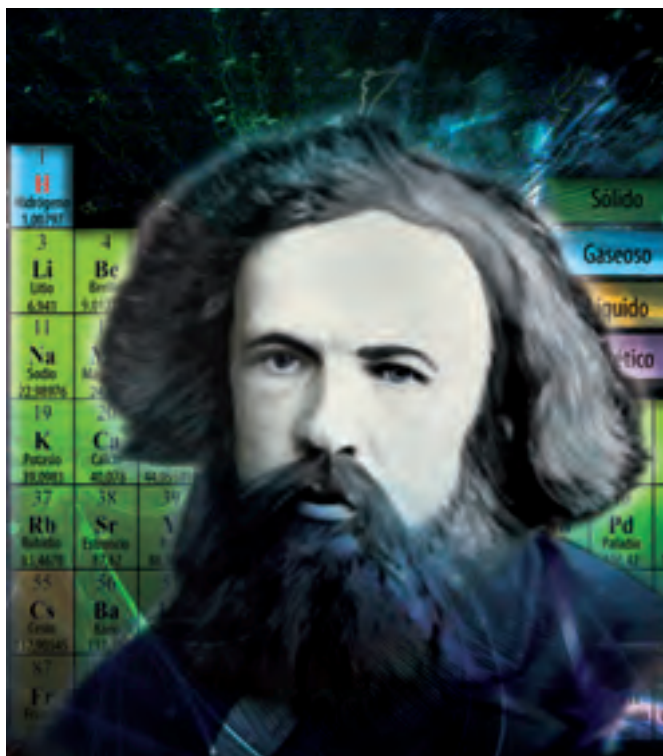


Figura 23.3. De izquierda a derecha Dimitri Mendeleiev y Lothar Meyer.

Mendeleiev colocó al H, Li, Na y K como el "Grupo I", sabía que podía combinarse con F, Cl, Br y I del "Grupo VII" produciendo compuestos con similares fórmulas químicas ( $\text{HF}$ ,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{NaBr}$  y  $\text{KI}$ ) siendo, además, sustancias que al disolverse en agua conducen la electricidad. Por otra parte, los elementos del "Grupo II" formaban compuestos como  $\text{BeCl}_2$ ,  $\text{MgBr}_2$  y  $\text{CaCl}_2$  y cuando se combinaban con el O y S (del "Grupo VI") obtendría compuestos como  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgS}$  y  $\text{CaS}$ . Estas y otras propiedades químicas fueron utilizadas para distribuir a los elementos en la tabla periódica; sin embargo, la tabla periódica diseñada por Mendeleiev tenía espacios vacíos prediciendo la periodicidad de los elementos a descubrir.

Como los elementos fueron organizados a partir de sus masas atómicas, había inconsistencia con algunos que quedaban fuera de lugar, se tuvo que esperar al desarrollo del **número atómico** para que estas inconsistencias se solucionaran, lo que constituye el parámetro de organización actual de los elementos.

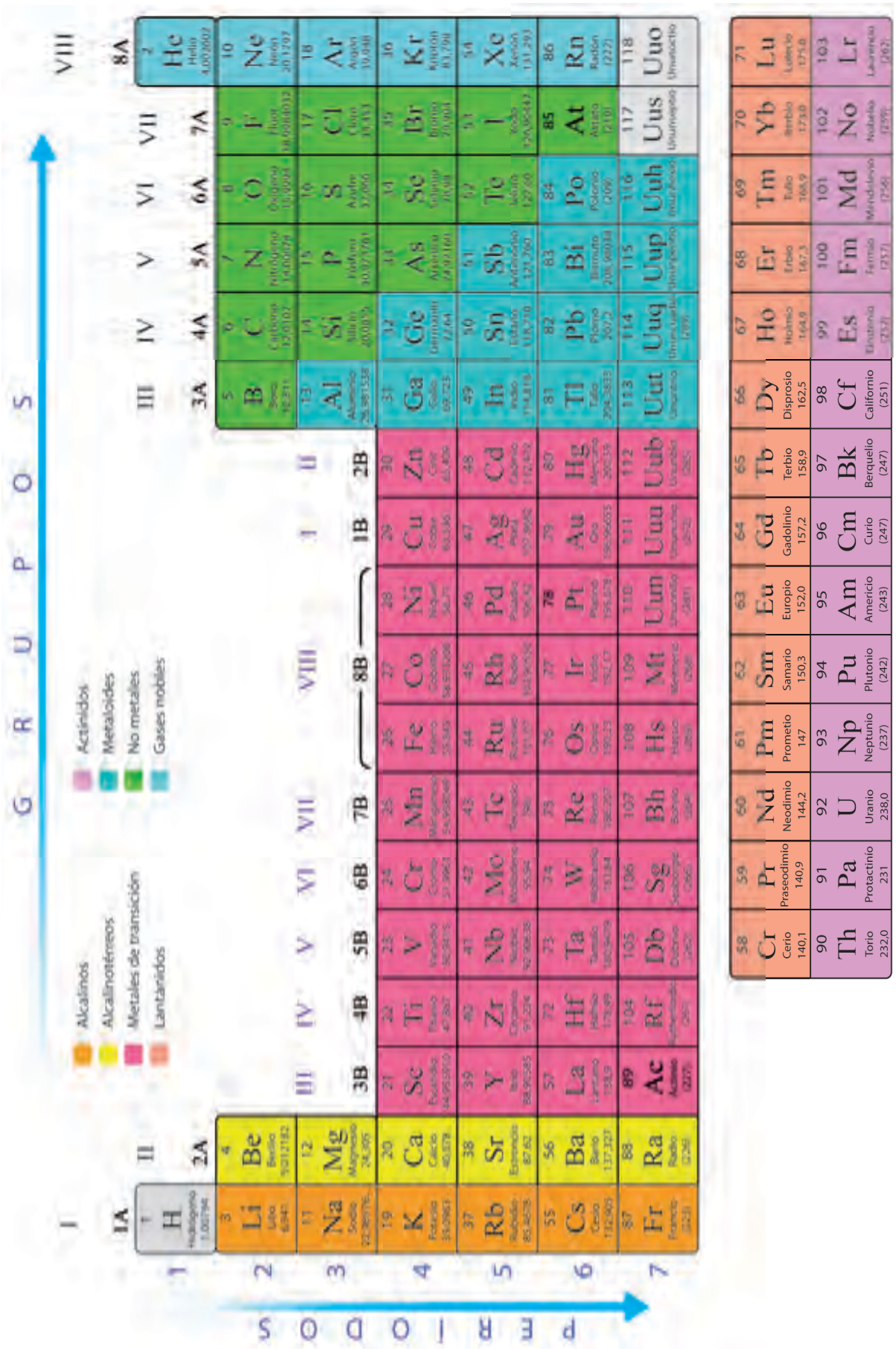
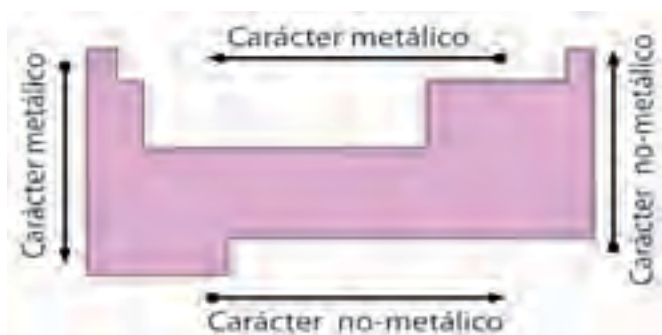


Figura 23.4. Tabla periódica actualizada.



De la tabla periódica actual (figura 23.4) puede observarse que los elementos se organizan en columnas verticales denominados **grupos o familias** y columnas horizontales o **períodos**. Los elementos que conforman un grupo tienen propiedades físicas y químicas similares, en cambio los organizados en períodos tienen propiedades que varían progresivamente a lo largo de toda la tabla. Varios grupos de elementos tienen propiedades muy similares, por ejemplo los del Grupo IA, excepto el H, se denominan **metales alcalinos** y los del Grupo IIA **metales alcalinotérreos**; los del Grupo B (del IB al VIIB) **metales de transición**; los del Grupo VIIA **halógenos** que significa “formadores de sales”; algunos que se ubican entre los Grupos que van desde el IVA al VIA **no metales** y algunos que se ubican entre los Grupos IIIA al VIIA **metaloides**; finalmente los del Grupo 0 denominados **gases nobles** debido a su baja reactividad.



En la figura 23.6 se sintetiza la periodicidad del carácter metálico que, aumenta de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda; en cambio, el carácter no metálico aumenta de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha.

Figura 23.5. Carácter metálico en la tabla periódica

Es conveniente estudiar la notable distinción que hay entre las propiedades de los metales y no metales, algunas de ellas se pueden sintetizar en la tabla 23.1:

Metales	No metales
Brillo	Opaco
En estado sólido	En estados sólidos, líquidos y gaseosos
Pueden laminarse (maleables)	Frágiles
Pueden formar hilos (dúctiles)	No pueden formar hilos (no dúctiles)
Alta conductividad eléctrica	Baja conductividad eléctrica
Alta conductividad térmica	Baja conductividad térmica (aislantes del calor)
	

Tabla 23.1. Algunas propiedades de los metales y no metales.

Los metaloides presentan propiedades características de los metales y no metales, así tenemos al silicio, germanio y antimonio que pueden actuar como **semiconductores**, siendo aislantes a bajas temperaturas y conductores a temperaturas altas. Por ejemplo, el silicio parece un metal, es sólido y muy brillante pero no es dúctil y maleable sino quebradizo, por mucho tiempo los metaloides fueron un grupo de elementos muy poco utilizados hasta que llegó la era de la computación y se comenzaron a utilizar como semiconductores eléctricos, así como para construir los circuitos integrados de las computadoras, video juegos, televisores, equipos médicos y de sonido.

### ¿Sabías que...?

Las lámparas LED (diodos emisores de luz) están construidas con un material semiconductor que es el diodo. Un diodo es un semiconductor que permite que la electricidad circule en una sola dirección, uno de los más utilizados son los diodos emisores de luz (LED), estos al no tener filamento tienen una duración mucho mayor que los bombillos tradicionales, debido a que la emisión de calor es mínima.



## Números cuánticos y las configuraciones electrónicas

Estudiando cada elemento y sus partículas constituyentes se demostró que los electrones giran alrededor del núcleo y fueron los experimentos de **Ernest Rutherford** que demostraron que entre el núcleo y los electrones hay espacios vacíos, es decir, que los electrones se encuentran girando alrededor del núcleo. De esta forma, son los electrones quienes pueden moverse entre las órbitas (llamados **orbitales atómicos**) que constituyen al átomo.

Analizando esta situación podrías decir: si el núcleo tiene carga opuesta a los electrones ¿por qué no se unen permitiendo la caída del electrón al núcleo?, ¿por qué se quedan girando? El estudio de los números cuánticos responde esta pregunta ya que describe la distribución electrónica de todos los átomos. En este estudio, y basado en la hipótesis de que cada átomo tiene igual número de electrones y protones, se describen cuatro números cuánticos: **el número cuántico principal, número cuántico secundario, número cuántico magnético y el número cuántico de espín.**

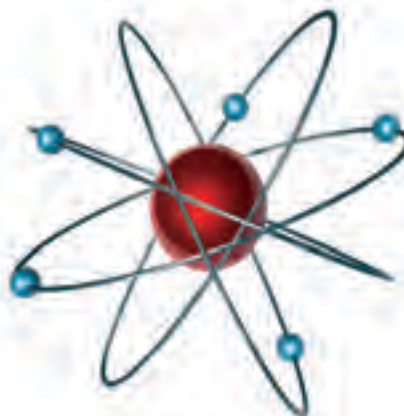


Figura 23.6. Giro de los electrones alrededor del núcleo.

**1.-Número cuántico principal ( $n$ ):** son números enteros que describen el nivel de energía principal que tiene un electrón. Puede ser:  $n=1, 2, 3, 4, \dots$

**2.- Número cuántico secundario ( $\ell$ ):** designa el subnivel o clase específica de orbital atómico que puede ocupar un electrón, es decir, denota la forma de la región espacial que ocupa el electrón, tomando valores desde 0 hasta  $(n-1)$ . Puede ser:  $\ell = 0, 1, 2, 3, \dots (n-1)$

El primer nivel de energía ( $\ell=0$ ) nos dice que hay un solo subnivel ( $s$ ), el segundo nivel de energía ( $\ell=1$ ) nos dice que hay dos subniveles de energía ( $s$  y  $p$ ) y, el tercer nivel de energía ( $\ell=2$ ) denota tres subniveles de energía ( $s, p$  y  $d$ ) y el cuarto nivel de energía ( $\ell=3$ ) contiene cuatro subniveles de energía, ( $s, p, d$  y  $f$ ).

**3.- Número cuántico magnético ( $m_\ell$ ):** nos dice cómo es la orientación espacial que ocupa un electrón, es decir, el orbital atómico. Puede ser desde  $(+\ell)$  hasta  $(-\ell)$ , ambos inclusive:  $m_\ell = (-\ell), \dots, 0, \dots, (+\ell)$

Por ejemplo: cuando  $\ell=0$ ;  $m_\ell=0$ ; es decir hay una sola región espacial que corresponde al subnivel de energía ( $s$ ). Cuando  $\ell=1$ ;  $m_\ell = (-1), 0, (+1)$ ; hay tres regiones espaciales correspondiente al subnivel de energía ( $p$ ), es decir ( $p_x, p_y$  y  $p_z$ ) que corresponde al espacio tridimensional (eje  $x, y$  y  $z$ ). Cada una de estas orientaciones espaciales y el giro del electrón alrededor del núcleo conforma una nube de probabilidad para encontrar al electrón. En la figura 23.10 se presenta la forma espacial de los subniveles de energía ( $s$ ) y ( $p_x, p_y$  y  $p_z$ ), como los subniveles  $d$  y  $f$  son más complejas no se representan aquí.

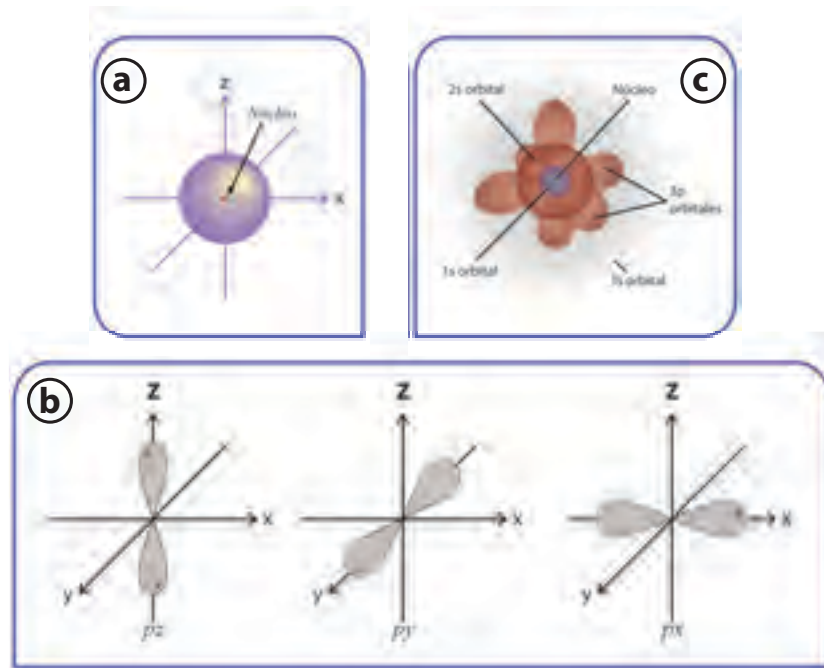


Figura 23.7. Distribución espacial de los orbitales atómicos: orbital  $s$  (a), orbital  $p$  (b) y superposición de los orbitales  $s$  y  $p$  en el espacio (c).

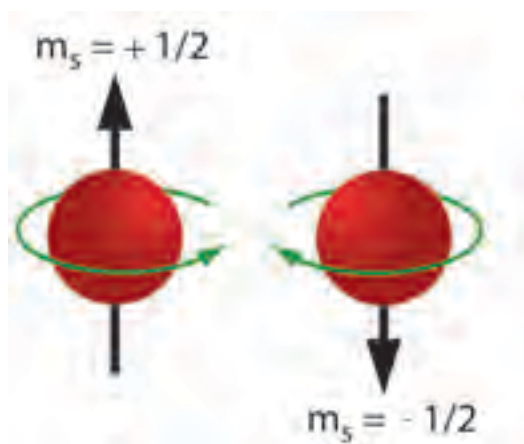


Figura 23.8. Movimiento de un electrón sobre su propio eje. Espín diferente.

**4.- Número cuántico de espín ( $m_s$ ):** como todos los electrones tienen carga negativa sería lógico pensar que todos ellos se repelen, así que cabe la pregunta ¿cómo pueden permanecer juntos todos los electrones en un solo subnivel? La respuesta más lógica sería afirmar que los electrones giran de forma distinta existiendo dos posibilidades: una en un sentido y otra en el sentido contrario formando un campo magnético opuesto que favorezca su proximidad. De allí que  $m_s$  puede tener solo los valores de  $+1/2$  ó  $-1/2$ ; esto quiere decir que cada orbital atómico sólo puede acomodar a los electrones en dos formas: uno con  $m_s = +1/2$  y el otro con  $m_s = -1/2$

## Estructuras electrónicas

Ahora vamos a revisar las configuraciones electrónicas de los elementos, para ello utilizaremos como guía el **Principio de Aufbau** que permite construir las configuraciones electrónicas del estado fundamental o estado que requiera el mínimo consumo energético, para ello seguiremos estos dos pasos:

1.- El núcleo atómico está constituido por un determinado número de protones y neutrones, dato que lo proporciona el número atómico ( $z$ ) y el número de masa respectivamente.

2.- El número total de electrones es igual al número de protones, de esta forma el átomo quedará neutro, la distribución de los electrones se realizará de acuerdo a los niveles energéticos, desde el nivel más bajo hasta el más alto (número cuántico principal ( $n$ ) desde el 1 al 7).

Pero ¿cómo se ubican los electrones en el orbital atómico?, siguiendo el **Principio de Pauli**, veamos:

1.- El primer nivel energético tiene solo un orbital atómico  $1s$ , este puede tener como máximo dos electrones unidos pero con espines diferentes. Si el orbital atómico se designa como  $\underline{\quad}$ , un electrón desapareado sería  $\uparrow$  y dos electrones apareados  $\uparrow\downarrow$ .

2.- Los elementos que tienen números atómicos ( $z$ ) de 3 a 10, se encuentran ubicados en el período 2 de la tabla periódica (observa la tabla periódica) por consiguiente los electrones estarán distribuidos de acuerdo al segundo nivel energético, y así sucesivamente hasta llegar al período 7. De esta forma tenemos 7 niveles energéticos y los electrones se ubicarán desde el nivel energético inferior hasta el superior. Para ubicar a los electrones de acuerdo a su orbital utilizaremos el diagrama de la figura 23.9. De esta figura puede concluirse que del primer nivel energético sólo puede haber 2 electrones, en el segundo nivel energético 8 electrones, en el tercer nivel energético 18 y así sucesivamente.

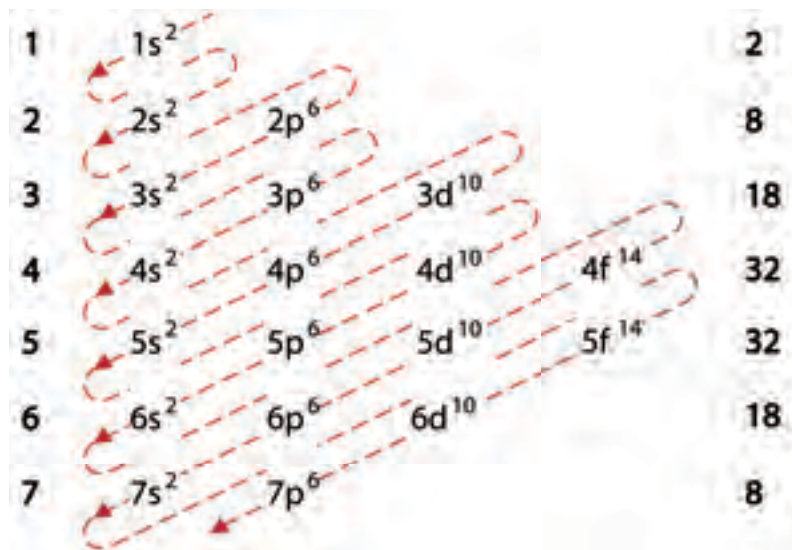


Figura 23. 9. Niveles energéticos y su distribución en los subniveles de energía



## ¡Representemos configuraciones electrónicas!

Supongamos que queremos representar las configuraciones electrónicas de los elementos cuyo número atómico ( $Z$ ) son: 2, 6 y 13. Veamos los pasos:

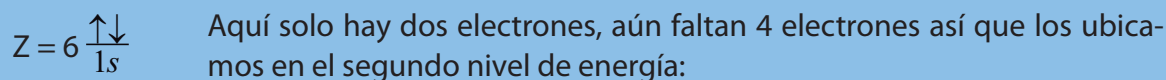
Para el elemento  $Z=2$ :

- 1.- Como en su núcleo tiene dos protones, entonces tendrá dos electrones.
- 2.- Primero lo ubicamos en el primer nivel de energía (1), allí tenemos el subnivel  $1s^2$  que tiene capacidad para dos electrones ¡lo que necesitamos!
- 3.- Se distribuyen los electrones de acuerdo al principio de Pauli de la siguiente manera:

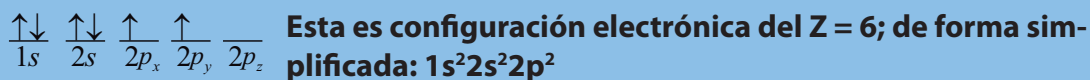


Para el elemento  $Z = 6$ :

Primero llenamos el orbital de menor energía ( $1s$ ):



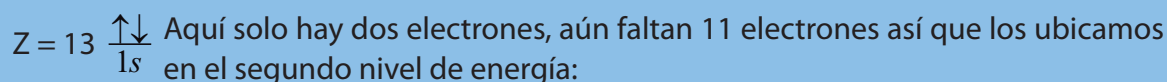
$\uparrow\downarrow_{1s} \quad \uparrow\downarrow_{2s}$  Ahora tenemos 4 electrones, faltan 2 electrones que los ubicaremos en el orbital p:



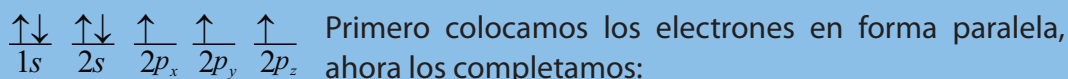
Fíjate que los electrones en el orbital p se colocan separados, para ello se aplica la **Regla de Hund** en donde *los electrones deben ocupar todos los orbitales en el subnivel antes de empezar a aparearse*, en este caso se tienen espines paralelos.

Vamos ahora a ubicar al elemento  $Z = 13$

Primero llenamos el orbital de menor energía ( $1s$ ):



$\uparrow\downarrow_{1s} \quad \uparrow\downarrow_{2s}$  Ahora tenemos 4 electrones, faltan 9 electrones que los ubicaremos en el orbital p:



$\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$  Aquí tenemos 10 electrones, faltan 3 que vamos a  
 $1s$   $2s$   $2p_x$   $2p_y$   $2p_z$  ubicarlos en el tercer nivel de energía:

$\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$  Primero llenamos el subnivel s, luego el subnivel p  
 $1s$   $2s$   $2p_x$   $2p_y$   $2p_z$   $3s$  de esta forma:

$\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow\downarrow$   $\uparrow$   $\underline{\quad}$   $\underline{\quad}$  **Esta es la configuración electrónica del Z = 13 de forma simplificada:**  
 $1s$   $2s$   $2p_x$   $2p_y$   $2p_z$   $3s$   $3p_x$   $3p_y$   $3p_z$   **$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$**

## Explorando las propiedades periódicas

Hemos visto cómo se puede lograr la distribución electrónica de los átomos, en la figura 23.10 se puede observar que los subniveles *s*, *p*, *d* y *f* se encuentran agrupados en la tabla periódica. Esta es una información muy valiosa a la hora de realizar las configuraciones electrónicas porque nos permite predecir la ubicación de los electrones en el espacio.



Figura 23. 10. Diferentes subniveles electrónicos en la tabla periódica

Otra de las propiedades periódicas es la que permite predecir el tamaño de los átomos, conocido como **radio atómico**. Recuerda ¿cuál es el radio de una esfera? es la distancia que hay entre el centro o núcleo de un círculo hasta el punto más externo; pero el radio de los átomos no puede medirse como si fuera el radio de una pelota de fútbol ya que tiene la interacción del átomo vecino, por ello se toma como la mitad de la distancia que hay entre el núcleo de un átomo hasta el núcleo del átomo vecino en una molécula homonuclear –que tienen en mismo tipo de átomo-. Por ejemplo en el átomo de hidrógeno su radio atómico es la mitad de la distancia que hay entre el núcleo de uno de los átomos hasta el núcleo del otro átomo como puede observarse en la figura 23.11.

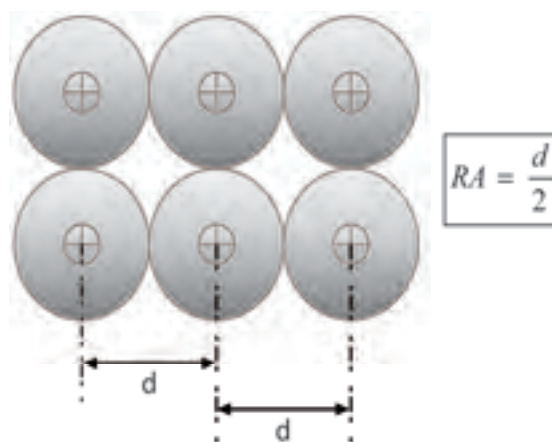


Figura 23. 11. Radio atómico del hidrógeno.

El radio atómico tiene una secuencia periódica, aumenta cuando pasamos de un elemento a otro desde arriba hacia abajo y disminuye de izquierda a derecha, observa la figura 23.12 y nota que es posible predecir el valor de los radios atómicos. Por ejemplo, en el grupo IA, de arriba hacia abajo, encontramos al hidrógeno (0,37Å), litio (1,52 Å), sodio (1,86 Å), potasio (2,31Å), rubidio (2,44 Å) y cesio (2,62 Å), este último elemento con el mayor radio atómico; con esta secuencia los radios atómicos aumentan de arriba hacia abajo. Ahora cuando nos desplazamos de izquierda a derecha en el primer período, observamos al hidrógeno (0,50 Å) y helio (0,37 Å), este último átomo tiene el menor radio atómico; en el sentido de izquierda a derecha los radios atómicos disminuyen. Las diferencias de radios atómicos se deben al incremento de protones al núcleo que conlleva a un aumento de electrones y la distribución de esta última partícula en un nivel energético particular.

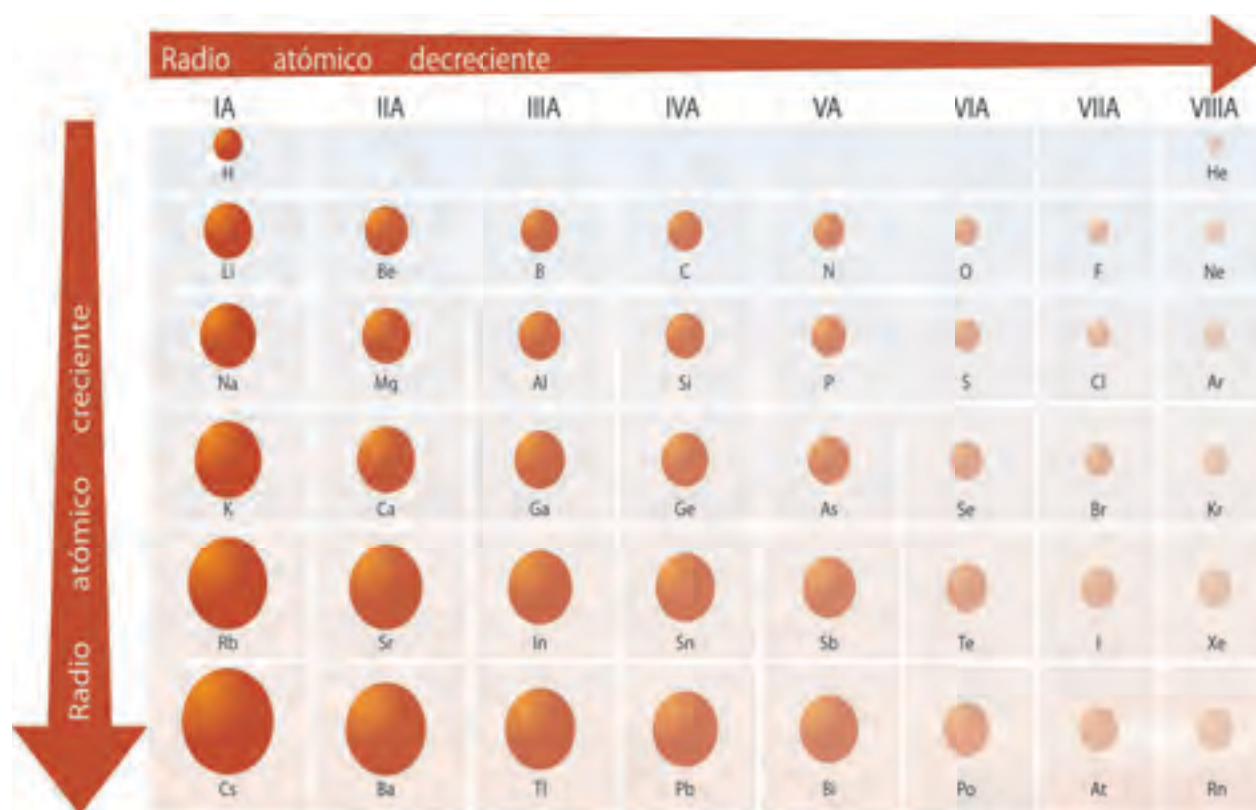


Figura 23.12. Variación del radio atómico en el sistema periódico

Ahora veamos ¿que ocurre si le quitamos un electrón a un átomo? el electrón que puede salir debe estar ubicado en el último nivel energético porque se encuentra menos impedido que los de niveles energéticos más bajos. Los elementos que puede perder su último electrón con mayor facilidad tienen una **energía de ionización (EI)** más baja, la pérdida de dicho electrón permite formar un **catión** –especie cargada positivamente-. En el caso contrario, los elementos que ganan un electrón deben incorporarlo en el último nivel energético, se dice que incrementa su energía de ionización formando un **anión** –especie cargada negativamente-. Fíjate que los electrones son las partículas que pueden moverse en el átomo (se gana o pierde) no son los protones, si hay un cambio en el número de protones ya estaríamos hablando de otro tipo de elemento.

Cuando un átomo gana un electrón para formar aniones, dicho átomo aumenta su energía; en cambio cuando el átomo pierde un electrón para formar cationes hay una disminución energética. La **afinidad electrónica (AE)** es la energía asociada cuando un átomo gana o pierde un electrón; si tiene la tendencia de ganar electrones su AE es más negativa, si por el contrario tiene la tendencia de perder electrones tiene una AE más positiva. En la tabla periódica podemos apreciar que si pasamos de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba tenemos átomos con AE más negativa.

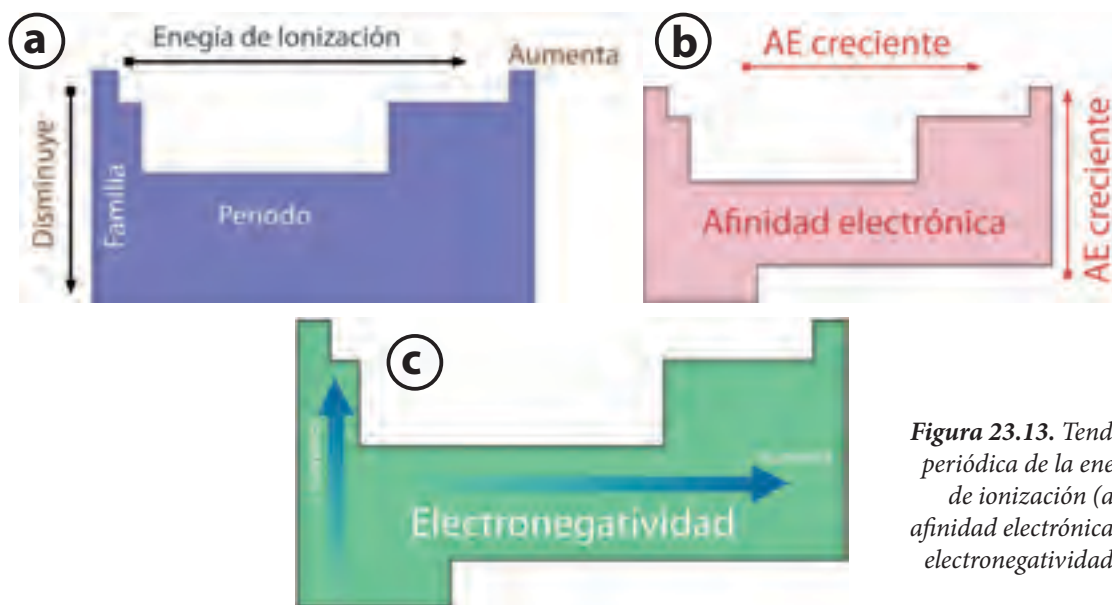


Figura 23.13. Tendencia periódica de la energía de ionización (a), afinidad electrónica (b) y electronegatividad (c).

En la figura 23.13 puedes observar una síntesis de la tendencia de la energía de ionización (EI), afinidad electrónica (AE) y electronegatividad (EN) cuando nos desplazamos a lo largo y ancho de la tabla periódica. Esta última, la **electronegatividad (EN)**, está referida a la tendencia que tiene un elemento en atraer electrones para formar un anión; de esta forma los no metales tienen más tendencia de atraerlos, en cambio los metales disminuyen esta tendencia. En la tabla periódica podemos observar que un átomo se torna más electronegativo cuando nos desplazamos de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba. En la figura 23.14 podemos observar los valores de electronegatividad para algunos elementos.



Figura 23.14. Electronegatividad de los elementos.





## ¡Construyamos una tabla periódica!

Imagina que se han descubierto y estudiado las propiedades de algunos elementos, las observaciones se resumen a continuación:

Nombre del elemento	Símbolo	Número atómico	Masa atómica	Último número de la configuración electrónica
Frendio		3		$2s^1$
Buio		43	98	
Koliu		46		$4d^8$
Demau		25	55	
Diwas			65	$3d^{10}$
Prafe		80		$5d^{10}$
Wertia		48	112	
Quiotu		11		$3s^1$
Nudahi		78	195	

Diseña una tabla periódica que favorezca la organización de esos elementos, asígnale símbolos y predice los valores que no se han descubierto. Comparte esta actividad con tus compañeros.



## Descubramos de qué están hechos los materiales

Como has podido observar a lo largo de esta lectura, existe diversidad de elementos descubiertos, muchas veces es importante estudiar sus propiedades porque nos permite predecir su reactividad con otras especies. Con esta actividad experimental y tus observaciones, podrás clasificar algunos materiales como metales y no metales.

### ¿Qué vas a hacer?

Busca diversos materiales y observa sus propiedades físicas de acuerdo a la tabla 23.1, así como su reactividad al quemarlos, es decir comprobar si contienen el elemento carbono (no metal).

### ¿Qué necesitas?

Trozos pequeños de los siguientes materiales: papel bond y de aluminio, hierro, un alambre de cobre, uñas y cabello. Además necesitarás un yesquero, una pinza para sujetar las piezas que van a quemar, hoja y papel para tus anotaciones.

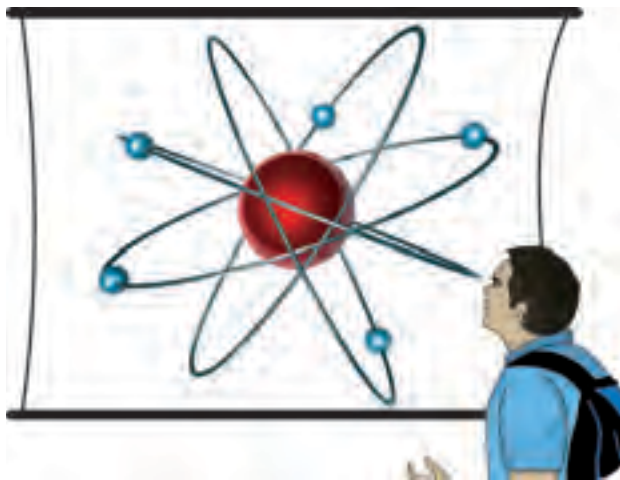
**Precauciones** Trabaja con mucho cuidado ya que puedes quemarte o quemar a otra persona, además utiliza bata de laboratorio para proteger tu ropa, lentes de seguridad y cabello recogido. No inhales los vapores que puedan generarse.

### ¿Cómo lo harás?

Busca un área despejada, con poca brisa y libre de sustancias que puedan quemarse (separa los objetos que puedan ocasionar un incendio), observa cada material y clasifícalo como metal o no metal, con la pinza sujeta el aluminio y quémalo ¿qué observas? Explica lo que ocurre. Luego repite el procedimiento con cada uno de los materiales restantes y da explicaciones a lo observado.

## ¿Por qué es importante estudiar a los átomos?

Con esta lectura nos hemos paseado por lo inobservable: el átomo y sus partículas constituyentes, pero muy importante por proporcionar información sobre los materiales y sus características. El descubrimiento de la estructura atómica permitió explicar y dar respuesta a innumerables preguntas que tenían los científicos, esto permite conocer realmente de qué están hechos los diversos materiales y su posible transformación.



Posiblemente te preguntarás ¿para qué me sirve este conocimiento? ¡Por supuesto! para saber de qué están hechos los objetos que manipulas a diario. Por otra parte, estudiamos la radiactividad, una potente fuente energética que utilizándola para el beneficio social ha permitido alargar la vida de los seres humanos, al tratarse determinadas enfermedades puntualizando las anomalías; en la agricultura ha permitido controlar la reproducción de insectos, entre muchas otras aplicaciones. También es importante que analices sobre su uso como energía termoeléctrica, la energía nuclear no es una “energía alternativa limpia”, genera grandes cantidades de desechos radiactivos (mucho más nocivos que los producidos diariamente en nuestros hogares), y cuyos depósitos podrían traer efectos perjudiciales a las presentes y futuras generaciones.



## Reciclemos materiales

¡Definitivamente la naturaleza sabe reciclar!, te invito a que tú también aprendas. Busca información sobre el reciclaje de materiales como papel, latas de aluminio, plásticos, vidrio, pilas, material orgánico y otros que se te ocurran; luego diseña y ejecuta un pequeño centro de reciclaje en tu escuela o comunidad. Pide que te acompañen familiares, amigos, compañeros de escuela y personas interesadas en el tema.



## Actividades de autoevaluación

Luego de haber analizado esta lectura, afianza tus conocimientos con las siguientes actividades:

1. Explica con tus propias palabras la estructura atómica y las partículas subatómicas que la constituye. Dibuja un modelo.
2. Investiga sobre la transformación del núcleo atómico (decaimiento nuclear), la cantidad de energía asociada y los posibles usos. También plantea los mecanismos de seguridad necesarios para evitar el daño ambiental.
3. Analiza y responde: ¿en dónde podrían colocarse los desechos radiactivos? Explica por qué unos lugares son más seguros que otros y qué ocurriría si se desecharan como lo hacemos con las sustancias que usamos a diario.
4. Realiza la distribución electrónica para los siguientes elementos: Mg, Cu, N, O, C, Br, Pt y Cs. Y predice sus propiedades periódicas (radio atómico, afinidad electrónica y electronegatividad).
5. Se tienen la siguiente información de elementos imaginarios:

Elemento imaginario	Número atómico (z)	Último número de la configuración electrónica
Hujai	22	3d <sup>2</sup>
Ketu	11	3s <sup>1</sup>
Tharei	43	4d <sup>5</sup>
Maneto	80	5d <sup>10</sup>

Establece toda su configuración electrónica y predice sus propiedades periódicas (radio atómico, afinidad electrónica y electronegatividad).



En la vida diaria podemos observar la gran diversidad de materiales, por ejemplo; al comenzar nuestra mañana nos encontramos usando jabón, pasta dental, champú, entre otros; continuamos con una taza de té o café, leche o jugo, y así sucesivamente. Sin embargo, te has preguntado en algún momento ¿cómo están constituidos estos materiales? la gran mayoría de los que utilizamos a diario no son elementos puros, sino agrupaciones organizadas de átomos que se unieron para dar origen a compuestos esenciales como la sal de mesa.

A nuestro alrededor encontramos una gran variedad de compuestos que se han formado por la unión entre los átomos, los cuales se pueden extraer en la industria y la minería. Además muchos de estos compuestos forman parte de la composición de los seres vivos y de la propia naturaleza.

Es por esto que te invitamos a seguir leyendo esta lectura, para lograr responder las siguientes interrogantes: ¿por qué se unen los átomos?, ¿cómo pueden unirse?, ¿quienes son los responsables de estas uniones o enlace? Así como también la relación de los **enlaces químicos** con las diversas propiedades de los materiales; conductores de electricidad, solubilidad en agua, entre otros. Por último, se presentará una de las teorías que ha permitido explicar los diferentes modelos de enlace.

## Los átomos se unen: Enlace químico

La idea de enlace químico se ha venido trabajando en la lectura de tercer año, donde has podido conocer que todos los materiales que nos rodean están conformados por agrupaciones o uniones de átomos a través de enlaces, y esto se debe a que en la naturaleza son pocos los átomos que se encuentran de forma aislada, solamente los gases nobles como el helio, neón, xenón y argón, mientras que el resto se encuentran unidos por dos o más átomos. *¿Por qué se unen los átomos?*

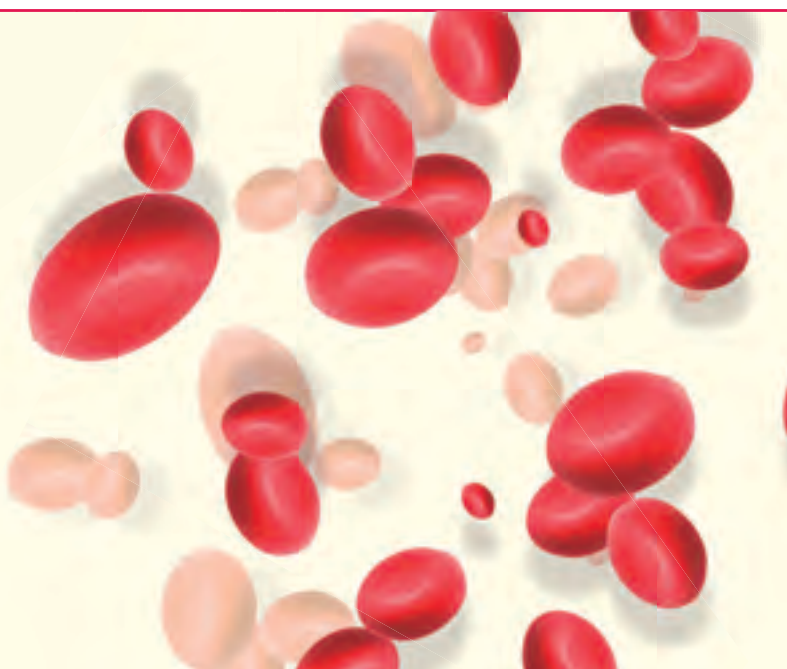
Esto se debe a que la energía de la unión de dos o más átomos de cualquier tipo de enlace estable, es menor que la suma de la energía de esos átomos aislados; por lo tanto, cuanto mayor sea la disminución de energía, como consecuencia de la unión entre átomos, mayor será la estabilidad del enlace formado.

En la formación de un enlace químico entre dos o más átomos, se desprende cierta cantidad de energía llamada **energía de enlace**. Esta energía liberada es de gran utilidad en nuestra sociedad, ya que la misma es la fuente de energía más utilizada en la actualidad en el planeta Tierra *¿Cómo se unen los átomos?, ¿quiénes son los responsables en un enlace?*

Para entender cómo se forma un enlace químico, es importante recordar que los **electrones de valencia**, son los responsables en formar enlaces y determinar la estructura de las moléculas resultantes. En un enlace químico intervienen las interacciones electrostáticas atractivas entre las partículas subatómicas; protones (cargas positivas) en el núcleo y los electrones de valencia (cargas negativas). Así como también interacciones electrostáticas de repulsión, tanto entre los electrones de los átomos como entre los protones de los núcleos. Por lo tanto, cuando las fuerzas eléctricas atractivas, sean lo suficientemente grandes para mantener unidos los átomos, se dice que se ha formado un **enlace químico**.

### *¿Sabías que...?*

La manera en que los átomos se enlazan ejerce un efecto profundo sobre las propiedades físicas y químicas de las sustancias. Por ejemplo, al respirar monóxido de carbono (CO), estas moléculas tienden a enlazarse más fuertemente a las sustancias presentes en los glóbulos rojos de la sangre, haciendo que estos queden como mineralizados, incapaces de transportar oxígeno y perdiendo así sus propiedades vitales.



## Atracción por los electrones: Electronegatividad

La electronegatividad (EN) es una de las propiedades periódicas que permite medir la tendencia de un átomo para atraer hacia sí a los electrones, por consiguiente, un enlace químico depende de esta ya que cada elemento químico tiene un determinado valor de electronegatividad.

**Linus Carl Pauling** propuso que la electronegatividad se determina a partir de las energías de enlace entre los átomos. Este científico, basado en datos experimentales, asignó valores en una escala arbitraria denominada *escala de Pauling*. Su escala va desde 0,7 para el elemento menos electronegativo francio (Fr) y 4,0 para el flúor (F), elemento más electronegativo y reactivo.

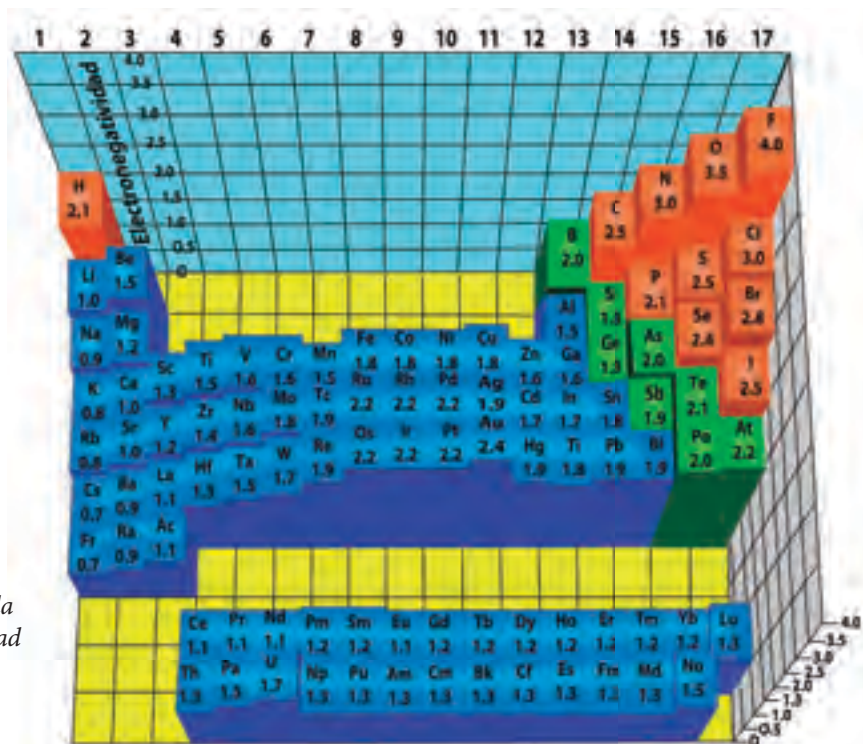


Figura 24.1. Escala de electronegatividad de Pauling.

En la escala de electronegatividad de Pauling (Figura 24.1), se puede observar el cambio en la altura de las columnas a través de cada período y cómo disminuye en cada grupo, por ejemplo el berilio tiene un valor de electronegatividad de 1,5 mientras que el radio su valor disminuye a 0,9.

## Modelos de enlace

En la naturaleza existen una gran diversidad de sustancias de gran importancia para los seres vivos, por ejemplo, el oxígeno que respiramos es una molécula compuesta por dos átomos del mismo elemento; en un trozo de hierro existen millones de átomos de hierro unidos entre sí; la sal de mesa es un aglomerado de una multitud de iones sodio con iones cloruro, perfectamente ordenados; el ADN en los núcleos de nuestras células, tienen un enorme número de átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre, principalmente enlazados de una manera vistosa, semejante a una doble hélice.

De acuerdo con esto, se ha hecho indispensable la construcción de modelos que permitan explicar y predecir cómo se enlazan los átomos, así como las propiedades que presentan los materiales, para ello se utilizan los **modelos de enlace**, los cuales permiten representar las interacciones electrostática entre los átomos enlazados. Debes recordar que los modelos que se usan en ciencia permiten representar la realidad y son adecuados en tanto permitan explicar o predecir un fenómeno. Los modelos que se utilizan para explicar los diferentes modelos de enlaces entre los átomos son: **modelo de enlace iónico, modelo de enlace covalente y modelo de enlace metálico.**

## Modelo de enlace iónico

El modelo de enlace iónico se presenta cuando un metal que tiene baja electronegatividad, se une con un no metal con alta electronegatividad, produciendo una apreciable diferencia de electronegatividad. Este enlace se forma cuando la diferencia de electronegatividad es igual o mayor a 2,0 lo cual se puede predecir que el electrón del átomo menos electronegativo le transfiere los electrones de valencia al átomo más electronegativo. Debido a ello, uno de los átomos pierde electrones formando un catión y el otro gana electrones formando un anión, estableciéndose una fuerza electrostática que los enlaza y da origen a los **compuestos iónicos.**

El ejemplo más común y cotidiano que podemos encontrar respecto a la formación del enlace iónico y, en consecuencia, de un compuesto iónico es el cloruro de sodio (NaCl) o sal de mesa, el cual utilizamos para condimentar los alimentos.

### Ejemplo 1. Enlace químico presente en la sal de mesa (NaCl)

Esta sal esta conformada por el metal sodio que tiene una electronegatividad de 0,9 y el no metal cloro cuya electronegatividad es 3,0; esto nos indica que el átomo de cloro tiene una tendencia mayor que el sodio para ganar electrones. Por lo tanto, el sodio cede su electrón de valencia y se convierte en un ion positivo (catión) y el cloro, al aceptar el electrón, se convierte en un ion negativo como se muestra a continuación:



Es por ello, que en el ejemplo anterior se forman iones de sodio y cloruro (Na⁺ y Cl⁻), los cuales se atraen de acuerdo a la ley de Coulomb. El origen de este modelo de enlace se basa principalmente en interacciones electrostáticas.

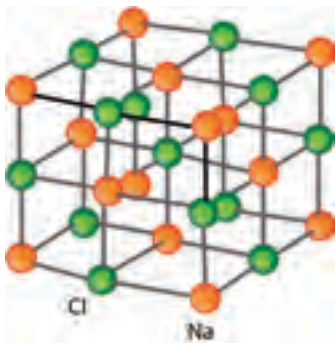
## Propiedades de los compuestos iónicos

Los compuestos iónicos forman redes cristalinas constituidas por iones, que tienen cargas opuestas favoreciendo su unión por interacciones electrostáticas, este tipo de atracción determina las propiedades observadas. Por ejemplo, si la atracción es fuerte, se forman sólidos cristalinos con elevado punto de fusión e insolubles en agua; mientras que si la atracción es menor, como en el caso del cloruro de sodio (NaCl), el punto de fusión también será menor y, por lo general, aumenta su solubilidad en agua.

De acuerdo con la interacción electrostática que se establece entre los iones formados en un enlace iónico, sus compuestos presentan las siguientes características:

- Altos valores en el punto de ebullición y fusión.
- En estado sólido no conducen electricidad, sin embargo suelen actuar como buenos conductores eléctricos, cuando están fundidos o disueltos en agua (en disolución acuosa).
- Tienen la facilidad de romperse en estado sólido.
- Pueden disolverse en agua fácilmente a temperatura ambiente.
- Forman estructuras tridimensionales (redes cristalinas) y son clasificadas como sales sólidas.

Siguiendo con el ejemplo anterior de la sal de mesa (NaCl), la red cristalina es la siguiente:



**Figura 24.2.** Estructura de los cristales de cloruro de sodio (NaCl). Red cristalina (lado izquierdo) y estructura tridimensional (lado derecho).



La estabilidad de estos compuestos iónicos, se debe a la atracción entre los iones con carga diferente. Esta atracción permite que los iones se unan, liberando energía y formando una matriz sólida o red, como se muestra en la figura 24.2. La medida de estabilidad que alcanzan los iones con cargas opuestas en un sólido iónico está dada por la **energía de red**, la cual se define como la energía necesaria para separar totalmente un compuesto iónico sólido en sus iones gaseosos.

### ¿Sabías que...?

Las soluciones fisiológicas que se emplean en clínicas y hospitales para lavar heridas, aplicar tratamientos por vía endovenosa, realizar hidrataciones al organismo cuando la vía oral no es propicia y hasta para limpiar las fosas nasales. Se preparan haciendo una dilución de la sal cloruro de sodio (compuesto iónico) a una concentración de 0,9%.





## Modelo de enlace covalente

Muchas de las sustancias químicas, que encontramos en la naturaleza y con la cual tenemos mayor contacto diariamente, no poseen las características de los materiales iónicos antes mencionadas. Por ejemplo: el agua se puede encontrar en estado gaseoso, líquido o sólido, con puntos de fusión bajos; la gasolina, que se vaporiza fácilmente; las bolsas de plástico y la parafina que son flexibles a temperatura ambiente; entre otros. De acuerdo con esto, existen una gran variedad de sustancias que no tienen características de los compuestos iónicos, por ello, es necesario un modelo diferente para comprender el enlace químico entre los átomos, y por ende, las características y propiedades de estos compuestos, este modelo se conoce como **modelo de enlace covalente**.

El modelo de enlace covalente, se produce por compartición de pares de electrones entre átomos de elementos no metálicos, los cuales tienen electronegatividades iguales o similares, produciendo una diferencia de electronegatividad ( $\Delta EN$ ) que puede ser igual o superior a cero pero menor a 1,7. De esta manera, a diferencia del enlace iónico, no se forman iones, debido a que los electrones no se transfieren de un átomo a otro, por el contrario, se comparten.

Por ejemplo, cuando dos átomos de hidrógeno forman una molécula de hidrógeno ( $H_2$ ), la diferencia de electronegatividad es cero, lo cual significa que comparten de forma equitativa los electrones de valencia. Este tipo de enlace entre dos átomos de un mismo elemento no metálico, se le conoce como **enlace covalente puro** (Figura 24.3).

Existen otros casos donde el enlace se forma con elementos no metálicos diferentes, los cuales presentan valores de electronegatividades similares. Por ejemplo, el metano ( $CH_4$ ) componente principal del gas natural, está conformado por átomos de carbono e hidrógeno que tienen una electronegatividad de 2,5 y 2,1 respectivamente. La diferencia de electronegatividad es 0,4 lo que significa que comparten de forma desigual los electrones. Cuando  $\Delta EN$  es menor de 0,5 el enlace se considera covalente con electrones sin compartir.

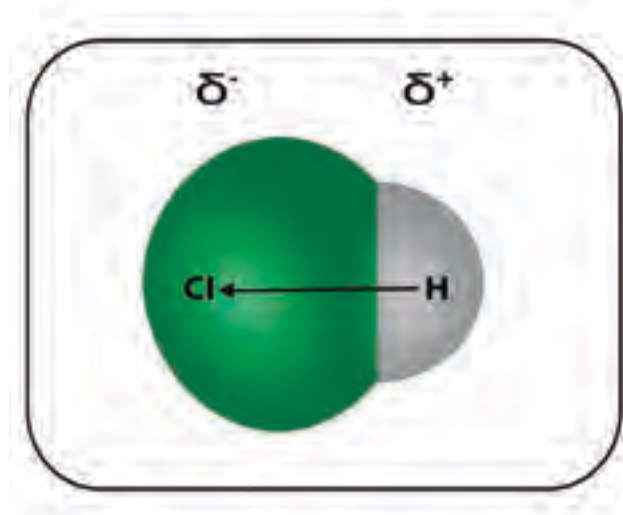


**Figura 24.3.** Representación del modelo de enlace covalente puro de la molécula de hidrógeno. La diferencia de electronegatividad es cero, permitiéndole compartir electrones equitativamente.

Es importante destacar, que cuando la diferencia de electronegatividad entre los átomos en un enlace está entre un rango de 0,5 y 2,0, la desigualdad con que se comparten los electrones no es tan grande como para que produzca una transferencia completa de electrones. Por esto se produce una transferencia parcial de los electrones compartidos hacia el átomo más electronegativo, aunque el átomo menos electronegativo aún tiene cierta atracción por los electrones compartidos.

El enlace que se forma cuando los electrones no se comparten de forma equitativa, se le conoce con el nombre de **enlace covalente polar**. Este enlace covalente se le denomina polar, debido a que al compartir de forma desigual los electrones generan dos polos a través del enlace, donde el polo positivo está centrado en el átomo menos electronegativo.

Por lo tanto, cuando no hay una transferencia completa de electrón, las cargas en los polos no son  $1^+$  y  $1^-$ , sino más bien  $\delta^+$  y  $\delta^-$ . Estos símbolos delta más y delta menos respectivamente, se utilizan para representar la distribución de cargas parciales positivas y negativas, siendo esta separación de cargas lo que le confiere al enlace covalente polar un cierto carácter iónico.



Por ejemplo, al formarse el cloruro de hidrógeno (HCl), la diferencia de electronegatividad es 0,9, lo suficientemente grande como para que del lado del cloro se forme un **polo parcialmente negativo ( $\delta^-$ )** y del lado del hidrógeno otro **polo parcialmente positivo ( $\delta^+$ )**, ya que el cloro atrae con más fuerza a los electrones del enlace (Figura 24.4).

*Figura 24.4. Representación del enlace covalente polar del ácido clorhídrico. Los símbolos  $\delta^+$  y  $\delta^-$  (delta más y delta menos), representan la carga parcial negativa para el cloro y la carga parcial positiva para el hidrógeno. La flecha apunta la dirección electrónica hacia el extremo negativo del enlace.*

## Propiedades de los compuestos covalentes

Los compuestos covalentes están constituidos por sustancias moleculares que, dependiendo de su masa molecular y la intensidad de las fuerzas intermoleculares, se pueden encontrar en estado sólido, líquido y gaseoso. Además presentan las siguientes características:

- Puntos de fusión y ebullición bajos.
- Malos conductores de la energía eléctrica y térmica.
- Solubles en agua cuando son polares y prácticamente insolubles cuando son apolares.
- Baja resistencia mecánica.

Algunos ejemplos de sustancias moleculares son: el oxígeno, dióxido de carbono, agua, azúcar y alcohol etílico (Figura 24.5).



*Figura 24.5. Algunas sustancias moleculares de uso cotidiano, como el agua, azúcar y alcohol etílico.*

Por otra parte, existen **sustancias reticulares** que están constituidas por un número indefinido de átomos iguales o diferentes, unidos a través de un enlace covalente. En este sentido, no se puede hablar de moléculas sino de red o cristal covalente, la estructura de esta red consiste en cadenas de enlaces covalentes que presentan las siguientes características:

- Se encuentran sólo en estado sólido.
- Presentan punto de fusión y ebullición elevados.
- Son solubles en cualquier tipo de sustancia.
- No conducen la electricidad.

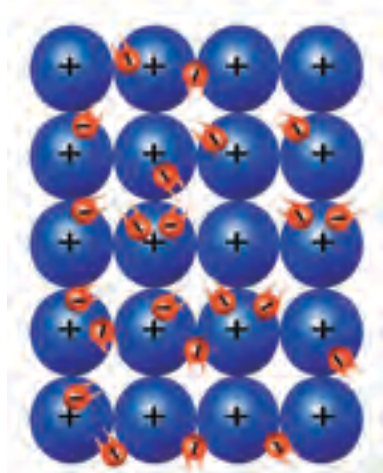
Algunos ejemplos de sustancias reticulares son: el diamante, grafito y cuarzo (Figura 24.6).



*Figura 24.6. Algunas sustancias reticulares de uso cotidiano, como el diamante, grafito y cuarzo.*

## Modelo de enlace metálico

El modelo de enlace metálico permite explicar las propiedades particulares de los metales, que son conductores de electricidad y energía térmica, maleables, dúctiles y, por lo general, presentan altos puntos de ebullición y fusión. En este modelo se considera que el enlace químico no es entre átomos, sino más bien entre cationes metálicos, los que fueron sus electrones de valencia. Pero ¿cómo es posible que iones positivos (catión) no produzcan repulsión?



*Figura 24.7. Representación de la red en el enlace metálico*

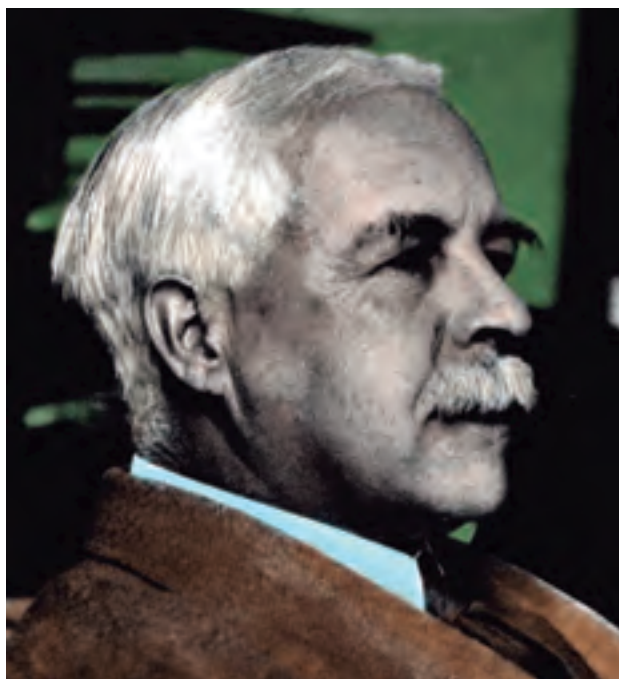
Esto se debe a que los electrones de valencia se encargan de contrarrestar las repulsiones electrostáticas, al actuar como una nube negativa que se desplaza a través de todo el sólido metálico. Por ejemplo, el metal sodio es un conjunto ordenado de iones  $\text{Na}^+$  y un "mar" de electrones distribuidos entre ellos. En el enlace metálico los electrones pueden moverse en todos los sentidos. Esta movilidad de los electrones de valencia, a través de toda la estructura metálica, es lo que permite explicar la elevada conductividad eléctrica y térmica. Este tipo de enlace se representa mediante esferas positivas que forman una red metálica, como se muestra en la figura 24.7.

Algunas de las características de los elementos metálicos son producto de la naturaleza del enlace metálico, entre ellos tenemos:

- Se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente, con excepción del mercurio.
- Los puntos de fusión y ebullición varían notablemente entre los metales, existiendo diferencias entre las fuerzas de atracción de la nube electrónica en los distintos metales.
- La conductividad térmica y eléctrica son muy elevadas, lo cual se explica por la gran movilidad de sus electrones de valencia. Por esta razón, se utiliza el metal cobre en la conducción de la corriente eléctrica.
- Presentan brillo, son dúctiles y maleables.
- Tienen la tendencia a perder electrones en sus últimas capas de valencia cuando reciben cuantos de luz (fotones), fenómeno que se conoce con el nombre de efecto fotoeléctrico.

## Teorías que explican un enlace químico

Durante el período comprendido entre 1916 y 1919, dos fisicoquímicos estadounidenses **Gilbert Newton Lewis** e **Irving Langmuir**, así como el físico alemán **Walter Kossel**, propusieron esquemas muy similares para explicar el enlace entre los átomos. Estos científicos establecieron que los átomos interactúan para modificar el número de electrones en sus niveles electrónicos externos, en un intento de lograr una estructura electrónica similar a la de un gas noble, sustancia muy poco reactiva.



*Figura 24.8. Gilbert Newton Lewis (1875-1946)*

Esta teoría que se desarrolló a partir de este modelo, estuvo especialmente ligada a la de G. N. Lewis conociéndose como **teoría de Lewis**. En cuanto a las ideas básicas de esta teoría se destacan las siguientes: 1. Los electrones que se encuentran en el nivel de energía más externo al núcleo del átomo son los que participan en el enlace químico y se les conoce como **electrones de valencia**; 2. Los electrones se transfieren (enlace iónico) o se comparten (enlace covalente), con la finalidad de que los átomos alcancen una configuración electrónica especialmente estable, en particular adquirir la configuración de los gases nobles de ocho electrones en el nivel de energía más externo, con excepción del helio en los que el nivel completo consiste sólo en dos electrones. En general, la tendencia de los átomos por adquirir la configuración estable de ocho electrones en nivel de energía más externo, se le conoce como la **regla del octeto**.

## ¿Cómo se representa un enlace con la teoría de Lewis?

Lewis desarrolló un modelo para su teoría, el cual consistía en un símbolo químico que representa el núcleo y los electrones internos del átomo, y alrededor de éste se encuentran unos puntos que constituyen los electrones de valencia, a esto se le conoce como **símbolo de Lewis**. En la figura 24.9, se presentan los símbolos de puntos de Lewis, para los elementos representativos y los gases nobles, donde se puede evidenciar que, a excepción del helio, el número de electrones de valencia de cada átomo es igual al número de grupo del elemento, en la tabla periódica.

Por ejemplo, el sodio (Na) es un elemento que pertenece al grupo 1A y el mismo tiene un punto que indica un electrón de valencia; el carbono (C) un elemento del grupo 4A tiene cuatro electrones de valencia (cuatro puntos), y así sucesivamente.

1 1A	2 2A											13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	18 8A
·H	·Be											·B	·C	·N	·O	·F	·Ne
·Li	·Mg	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 9B			10 1B	12 2B	·Al	·Si	·P	·S	·Cl	·Ar
·K	·Ca											·Ga	·Ge	·As	·Se	·Br	·Kr
·Rb	·Sr											·In	·Sn	·Sb	·Te	·I	·Xe
·Cs	·Ba											·Tl	·Pb	·Bi	·Po	·At	·Rn
·Fr	·Ra																

Figura 24.9. Tabla periódica con símbolos de Lewis para algunos elementos y gases nobles. El número de puntos desapareados corresponde al número de enlaces que un átomo del elemento puede formar en un compuesto.

Por consiguiente, los elementos de un mismo grupo tienen similares configuraciones electrónicas externas, por lo tanto se asemejan sus símbolos de Lewis. En el caso de los metales de transición, lantánidos y actínidos, tienen capas internas incompletas y en general no es posible escribir símbolos sencillos de Lewis con puntos. De acuerdo con esto, una **estructura de Lewis** es una combinación de símbolos de Lewis **-con puntos-** que representa la transferencia o compartición de electrones en un enlace químico.

## ¡Vamos aprender a construir estructuras de Lewis!

La estructura de Lewis nos da una visión completa del enlace covalente, siendo de gran utilidad para representar los enlaces en muchos compuestos y predecir las propiedades y reacciones de las moléculas; por esta razón, es conveniente practicar la escritura de las estructuras de Lewis, para ello debemos seguir algunas recomendaciones que nos facilitarán la representación de los enlaces:

**1. Escribe** el esqueleto estructural del compuesto, mediante símbolos químicos para mostrar qué átomos están unidos entre sí. En general, el átomo menos electronegativo ocupa la posición central.

**2. Cuenta** el número total de electrones de valencia presentes en la estructura, para ello puedes consultar la figura 24.9.

**3. Dibuja** un enlace sencillo entre el átomo central y cada uno de los átomos que lo rodean. Completa los octetos de los átomos enlazados al átomo central (ten presente que la capa de valencia del átomo de hidrógeno se completa solo con dos electrones). Los electrones pertenecientes al átomo central o a los átomos que lo rodean deben quedar representados como pares libres (electrones sin compartir) si no participan en el enlace. El número total de electrones empleados es el que se determinó en el paso 2.

**4. Finalmente**, si el átomo central tiene menos de ocho electrones, trate de formar enlaces dobles o triples entre el átomo central y los átomos que lo rodean, utilizando los pares libres de los átomos circundantes, para así completar el octeto del átomo central.

**Ejemplo 1:** representación de la estructura de Lewis de la molécula de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), esencial para los seres vivos.

1. En la molécula de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), el átomo de oxígeno es menos electronegativo que el hidrógeno, por lo tanto la estructura básica del  $\text{H}_2\text{O}$  quedaría:



2. Los electrones de valencia para el átomo de oxígeno (O) y el hidrógeno (H) son 6 y 1 respectivamente. Por lo tanto,  $6 + (1 \times 2) = 8$  electrones de valencia para el  $\text{H}_2\text{O}$ .

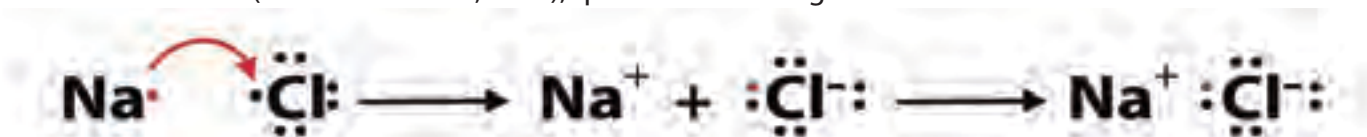
3. Se dibuja un enlace covalente sencillo entre el oxígeno y cada hidrógeno, en el caso del hidrógeno tiene completo sus dos electrones de valencia, por lo tanto los electrones que restan se colocan en el oxígeno:



4. De acuerdo con la estructura de la molécula del  $\text{H}_2\text{O}$ , el átomo central cumple con la regla del octeto, por lo tanto no es necesario este paso.

Es importante resaltar que los trabajos desarrollados por G. N. Lewis, se centraron principalmente en el enlace covalente; sin embargo, la estructura planteada por este científico puede ser aplicada a los modelos de enlaces iónicos.

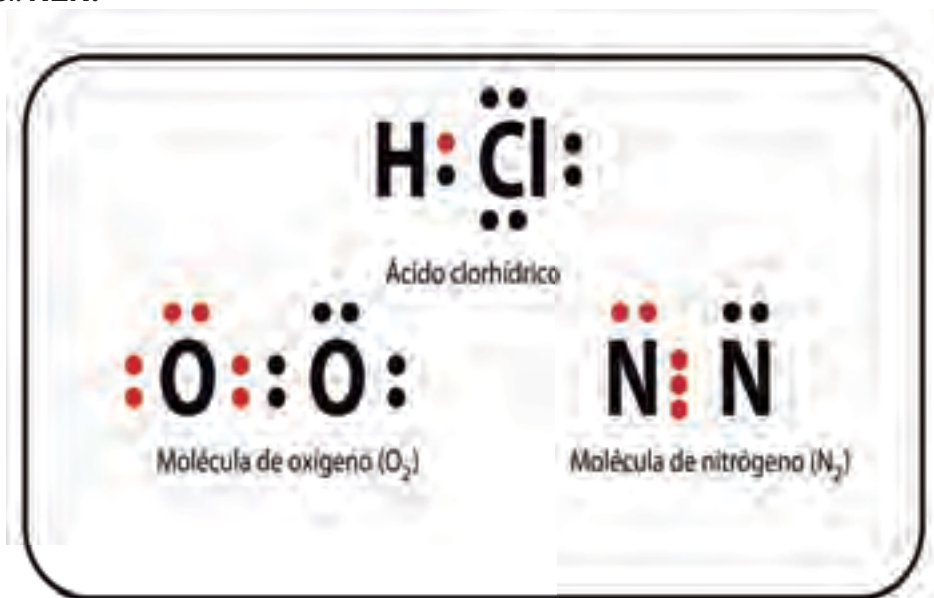
**Ejemplo 2:** Representación de la estructura de Lewis, para el modelo de enlace iónico en la sal de mesa (cloruro de sodio, NaCl), quedando de la siguiente manera:



*Figura 24.10. Representación del enlace iónico del cloruro de sodio (NaCl), a través de las estructuras planteadas por G. N. Lewis .*

Entre otros ejemplos de la representación de enlaces químicos a través de las estructuras de Lewis, se encuentran los siguientes: el ácido clorhídrico (HCl), una de las sustancias que participan en el proceso digestivo de los alimentos; la molécula del oxígeno (O<sub>2</sub>), que interviene en las reacciones de óxido-reducción y en la respiración; la molécula de nitrógeno (N<sub>2</sub>), principal componente del aire en la atmósfera (aproximadamente el 78%) (Figura 24.11).

Como puede observarse en la figura 24.11, muchos átomos comparten más de un electrón de valencia, para alcanzar la configuración de los gases nobles. En los ejemplos antes mencionados, podemos representar los pares de electrones a través de estructuras de líneas por enlaces o "estructuras de rayas", que fue planteada por **Friedrich Kekulé**. De esta manera, la estructura para el ácido clorhídrico sería: H-Cl. Mientras que las moléculas de oxígeno, por compartir dos pares de electrones, su enlace covalente se le denomina **enlace doble**, siendo: **O=O**. En cuanto a la molécula de nitrógeno, que comparte tres pares de electrones, forma un **enlace triple** quedando así: **N≡N**.



*Figura 24.11. Representación del enlace covalente con estructura de Lewis para el ácido clorhídrico (HCl), y las moléculas de oxígeno (O<sub>2</sub>) y nitrógeno (N<sub>2</sub>).*

## ¿Qué relación existe entre los enlaces químicos y la producción de nuevos materiales?

En la naturaleza se han identificado una gran diversidad de materiales que han permitido al ser humano mejorar su calidad de vida, entre los más comunes encontramos: la madera, el plástico, el vidrio, el aluminio, el cobre, entre otros. Sin embargo, para la producción de nuevos materiales, es indispensable el conocimiento que nos brinda la estructura interna de la materia, en particular las agrupaciones o uniones entre los átomos (enlace químico), debido a que ésta información nos permite conocer y explicar las diferentes propiedades que han sido de gran utilidad para la perfección y elaboración de los diversos materiales de uso cotidiano.

Por ejemplo, los materiales sintéticos a veces ofrecen más ventajas que los naturales, como es el caso del cloruro de polivinilo (PVC), plástico que sustituye a las antiguas tuberías de hierro y cobre por ser más durable y ligero. Por otra parte, la industria del vestido utiliza productos naturales como el algodón, lino, lana o materiales sintéticos derivados del petróleo, como poliéster, rayón, o el nailon; también usa una combinación de ambas, por ejemplo, algunas prendas de vestir están elaboradas a través de las combinaciones de algodón y rayón o algodón y poliéster, con la finalidad de mejorar alguna propiedad de la prenda. En el campo de la medicina, la creación de plásticos biológicos permite fabricar huesos artificiales, reconstruir cartílagos y válvulas para el corazón, estos plásticos biológicos impiden el rechazo a los implantes, lo cual ha sido un triunfo científico de gran utilidad.

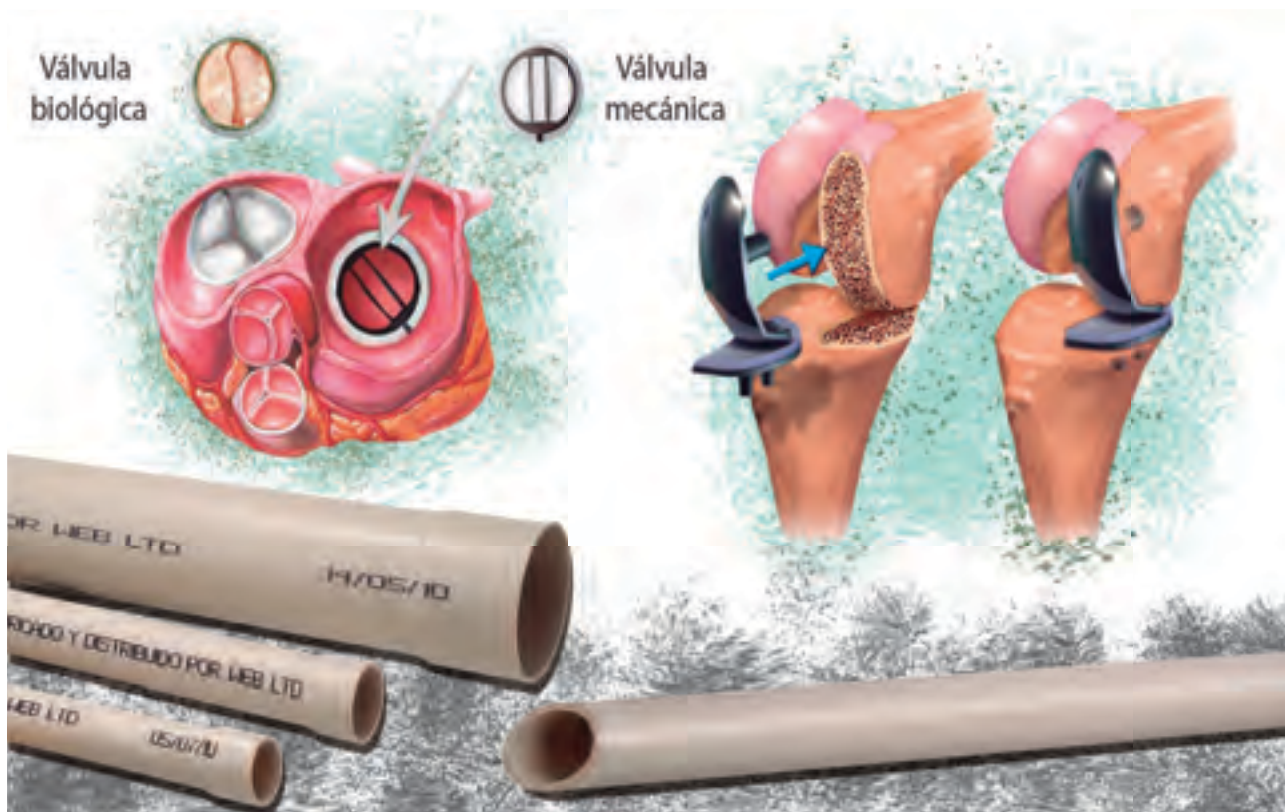


Figura 24.12. Diversos materiales formados por uniones atómicas.





## ¡Tras la pista de las propiedades físicas de los materiales de uso cotidiano!

Los diversos materiales que se encuentran en la naturaleza de forma natural o creada por el ser humano presentan diversas propiedades útiles para la sociedad, entre las cuales se puede mencionar: conductividad térmica y eléctrica; solubilidad en agua; punto de ebullición y fusión, entre otros. De acuerdo con la lectura pudiste aprender que las diferentes características y propiedades de los materiales dependerán de la unión entre los átomos, es decir, del enlace químico que esté involucrado. Por ello, realiza esta actividad experimental confirmando equipos de trabajo, su objetivo es clasificar los diferentes materiales según el modelo de enlace químico.

- ¿Cuáles serán las propiedades físicas de cada uno de los materiales de uso cotidiano?
- ¿Cuál modelo de enlace químico será aplicable de acuerdo a sus propiedades físicas?

### ¿Qué necesitas?

Portaobjetos de vidrio, lápiz o creyón, parrilla de calentamiento, cocina eléctrica o mechero, espátula, cuatro vasos de precipitado (o envases de vidrio reutilizables), varilla de agitación, balanza, aparato para medir conductividad, termómetro (con graduación mayor de 150°C), cuatro muestras (1 a 2 g) de algunas de las siguientes sustancias: fructosa, aspirina, parafina, urea, sal de mesa, azúcar de mesa, sal de Epson.

### ¿Cómo lo harás?

- ¿Qué pasará cuando calentamos a una elevada temperatura las diferentes muestras seleccionadas (fructosa, aspirina, parafina, urea, sal de mesa, azúcar de mesa, sal de Epson)? Se recomienda medir el tiempo del cambio y registrar el valor de temperatura, para cada uno de las muestras.
- ¿Cómo será la solubilidad en agua de cada una de las muestras seleccionadas (fructosa, aspirina, parafina, urea, sal de mesa, azúcar de mesa, sal de Epson)? Se recomienda registrar en una tabla las muestras que se disuelven en agua.
- ¿Qué comportamiento tendrán las disoluciones acuosas de cada una de las muestras seleccionadas (fructosa, aspirina, parafina, urea, sal de mesa, azúcar de mesa, sal de Epson) cuando se mide la conductividad eléctrica? ¿Se prenderá el bombillo, en alguna de estas disoluciones? Se recomienda registrar las disoluciones que conducen electricidad. Para determinar la conductividad eléctrica, se sugiere el montaje que se muestra en la figura 24.13.

Planifica y ejecuta esta actividad experimental pero, previamente, realiza tablas para el registro de los datos y discútelas con tu profesor.



*Figura 24.13. Montaje del equipo para determinar la conductividad eléctrica*

### **¿Cómo lo puedes explicar?**

- ¿Cuáles muestras seleccionadas (fructosa, aspirina, parafina, urea, sal de mesa, azúcar de mesa, sal de Epson) se funden al calentarlas? ¿Qué evidencias tienes de este cambio físico? Justifica tu respuesta.
- ¿Cuáles de las muestras seleccionadas (fructosa, aspirina, parafina, urea, sal de mesa, azúcar de mesa, sal de Epson) fueron solubles en agua? ¿Qué evidencias tienes? Justifica tu respuesta.
- Construye un modelo de enlace químico (en dos dimensiones) que explique por qué la disolución de sal de mesa o sal de Epson conduce la corriente eléctrica y las disoluciones de azúcar, fructosa, aspirina, parafina o urea no.
- Clasifica a las muestras seleccionadas (fructosa, aspirina, parafina, urea, sal de mesa, azúcar de mesa, sal de Epson) como compuestos iónicos o moleculares de acuerdo a sus propiedades físicas observadas? Justifica tu respuesta en función del modelo de enlace que forma cada una de las muestras.
- Represente la estructura de Lewis para los compuestos que contienen la sal de mesa y la sal de Epson. Indique el tipo de enlace que forma.



## Actividades de autoevaluación

**1.** Realiza una tabla, esquema o mapa de concepto con los modelos de enlace químico: iónico, covalente y metálico, destaca las semejanzas y diferénciese, indica ejemplos de sus usos en la vida cotidiana.

**2.** Explica ¿por qué la sal de mesa (cloruro de sodio), se funde a una temperatura de  $800^{\circ}\text{C}$ , mientras que la azúcar (sacarosa), empieza a fundirse a  $186^{\circ}\text{C}$ ?

**3.** El fluoruro de sodio ( $\text{NaF}$ ), utilizado en las pastas dentales, puede ser representado de acuerdo a la estructura de Lewis, con base a esto responde:

- ¿El compuesto es iónico o covalente?
- ¿Cuál es el estado físico en el que se encuentra cuando este compuesto está a la temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$  (temperatura ambiente)?

**4.** El cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) es un compuesto inorgánico utilizado como medicamento para tratar enfermedades asociadas al exceso o deficiencia de calcio en el organismo. Dibuja la estructura de Lewis, que muestre cómo se combinarían los átomos para formar iones.

**5.** Un estudiante en el laboratorio se encuentra con una muestra desconocida, que al disolverse en agua no conduce electricidad. ¿Qué tipo de compuesto será la muestra: iónico o covalente? Justifica tu respuesta.

**6.** Para los siguientes pares de átomos que forman enlaces químicos, calcula la diferencia de electronegatividad, prediga su modelo de enlace y representa la estructura de Lewis:

- a. Ca-S
- b. H-F
- c. K-I
- d. C-O

**7.** De acuerdo con las orientaciones planteadas en la lectura, representa la estructura de Lewis en cada uno de los siguientes casos:

- a.  $\text{CO}_2$
- b.  $\text{NH}_3$
- c.  $\text{HCl}$
- d.  $\text{MgCl}_2$
- e.  $\text{LiBr}$



El estudio del movimiento de cuerpos considerados como partículas resulta muy importante cuando se trata de estudiar su movimiento de traslación, sin embargo en la realidad los objetos no son partículas y en muchos casos no solamente se trasladan sino, que ruedan o giran en torno a un eje.

Es por ello que resulta necesario considéralos como un sistema formado por muchas partículas y que interactúan entre sí. Ya sea porque hay una interacción circunstancial, como los choques o una interacción permanente como la que mantiene a átomos y moléculas unidos formando un cuerpo sólido.

En esta lectura trataremos los conceptos más importantes que permiten caracterizar un sistema de partículas tales como centro de masa, cantidad de movimiento lineal (momento lineal), cantidad de movimiento angular (momento angular), entre otras. También haremos referencias de los principios de conservación que se derivan de la aplicación de las leyes de Newton sobre estos sistemas de partículas y te mostraremos algunas aplicaciones de estos conceptos sugiriéndote algunas actividades para que sigas investigando sobre el tema.

## ¿Y dónde está el centro de masa?

En anteriores oportunidades has estudiado el movimiento de objetos extensos, describiendo el movimiento de pelotas, vehículos, personas, entre otras. En todos los casos usaste un modelo simplificado de la realidad, ya que consideraste a esos objetos como partículas, es decir como un punto matemático que no rota y que solo se traslada en el espacio y en el cual se concentra toda la masa del objeto, y que hemos llamado **centro de masa del objeto**, sin embargo, debemos preguntarnos ¿cómo hacemos para saber dónde está localizado dicho punto?

Para ello recordemos que si una partícula se traslada libremente en el espacio tendrá la propiedad llamada **cantidad de movimiento** que como ya sabemos Newton definió como “*la medida del mismo obtenida de la velocidad y de la cantidad de materia conjuntamente*”. Como lo vimos anteriormente esa cantidad de movimiento se determina como:

$$\vec{P} = m \cdot \vec{v}$$

Ahora bien, consideremos a un objeto que solo se traslada en el espacio, como un sistema formado por muchas partículas, entonces la cantidad de movimiento del objeto se podría calcular sumando la cantidad de movimiento de todas las partículas que forman parte del mismo.

$$\vec{P}_s = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 + \dots + \vec{P}_n$$



**Figura 25.1.** Diversos sistemas pueden ser modelados como “sistemas de partículas”, a) el universo; b) átomos y molécula, c) dentro de un átomo.

Consideremos el caso que el sistema de partículas se traslada de forma tal que su centro de masa tendrá una velocidad, que llamaremos **la velocidad del centro de masa**, entonces la cantidad de movimiento del sistema que se traslada también podría determinarse como:

$$\vec{P}_s = M_T \cdot \vec{v}_{cm}$$

Si despejamos la velocidad del centro de masa tenemos:

$\vec{v}_{cm} = \frac{\vec{P}_s}{M_T}$ , sustituyendo por la forma extendida de calcular la cantidad de movimiento del sistema tenemos:

$\vec{v}_{cm} = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + m_3\vec{v}_3 + \dots m_n\vec{v}_n}{M_T}$ , que representa la forma de calcular la velocidad del centro de masa de un sistema de partículas en traslación.

Como sabemos que la velocidad media de una partícula se puede calcular como:

$\vec{v}_m = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$ , sustituimos esta expresión en la ecuación de velocidad del centro de masa, resultando:

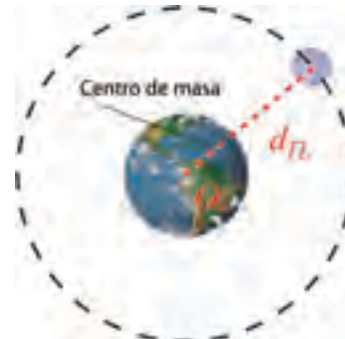
$$\frac{\Delta\vec{r}_{cm}}{\Delta t} = \frac{m_1 \frac{\Delta\vec{r}_1}{\Delta t} + m_2 \frac{\Delta\vec{r}_2}{\Delta t} + m_3 \frac{\Delta\vec{r}_3}{\Delta t} + \dots m_n \frac{\Delta\vec{r}_n}{\Delta t}}{M_T}, \text{ al despejar la posición del centro de masa.}$$

$$\Delta\vec{r}_{cm} = \frac{m_1\Delta\vec{r}_1 + m_2\Delta\vec{r}_2 + m_3\Delta\vec{r}_3 + \dots m_n\Delta\vec{r}_n}{M_T}$$

Observa que la posición del centro de masa no depende del tiempo, por tanto no depende de la rapidez que tenga el sistema, solo depende del arreglo geométrico que forman parte de las partículas del sistema. Si se coloca la posición inicial para todas las partículas que forman parte del sistema en el origen del sistema coordinado, el centro de masa se puede determinar con la expresión:

$$\vec{r}_{cm} = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + m_3\vec{r}_3 + \dots m_n\vec{r}_n}{M_T}$$

Esta ecuación permite calcular la posición del centro de masa de un sistema de partículas con respecto a un sistema de referencia que se considera fijo o que se mueven a velocidad constante, es recomendable colocar dicho sistema de referencia en la posición ocupada por alguna de las partículas que forman parte del sistema, sin embargo independientemente del sistema escogido el centro de masa siempre estará en el mismo lugar.

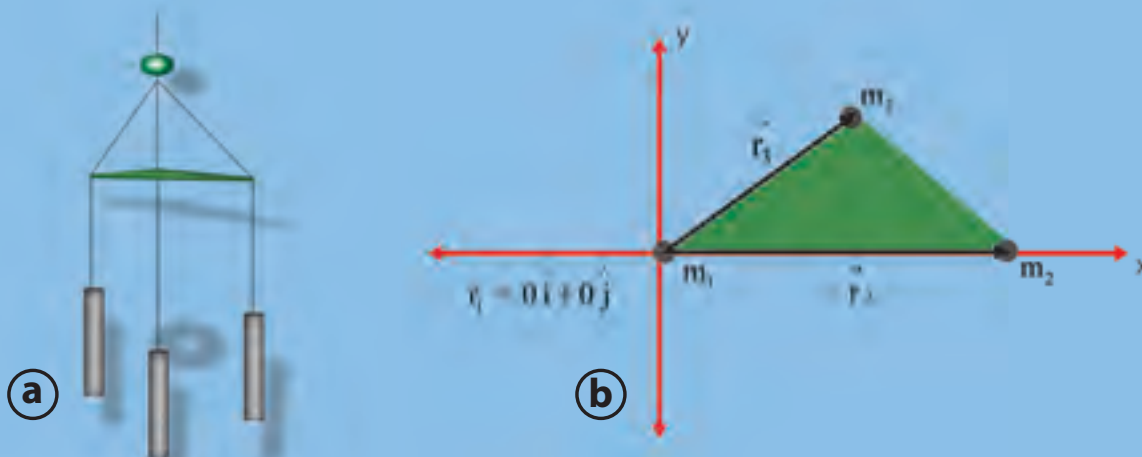


**Figura 25.2.** En los sistemas de partículas podemos identificar geoméricamente el centro de masa de los mismos como un punto que representa al sistema.



## ¿Por dónde colgar el “móvil”?

Sobre los vértices de una lámina rectangular en forma de isorectángulo de hipotenusa 10 cm, se colocan tres objetos de masa  $m_1=2\text{kg}$ ,  $m_2=3\text{kg}$  y  $m_3=5\text{kg}$ . Para construir un “móvil” como el que se señala en la figura. En qué lugar de la lámina debemos sostener el móvil para mantenerlo en equilibrio.



**Figura 25.3.** a) El lugar más adecuado para colgar un móvil es en el centro de masa b) Posiciones de las partículas con respecto a un sistema de referencia colocado en  $m_1$

En esta situación consideramos que el sistema está formado solo por las tres partículas mencionadas, no tomaremos la lámina delgada como parte de la masa del sistema. El sistema de referencia lo colocaremos sobre una de las partículas. En este caso elegiremos la posición de la masa ( $m_1$ ) inferior izquierda y con respecto a ese sistema de referencia señalaremos las posiciones de cada una de las partículas que forman parte del sistema tal como lo muestra la figura 25.3 (b)

Partícula	Posición: Forma polar	Posición: Forma Cartesiana
$m_1=2\text{kg}$		$\vec{r}_1 = 0\hat{i} + 0\hat{j}$
$m_2=3\text{kg}$	$\vec{r}_2 = 10\text{cm}, 0^\circ$	$\vec{r}_2 = 10\text{cm}\hat{i}$
$m_3=5\text{kg}$	$\vec{r}_2 = 7,07\text{cm}, 45^\circ$	$\vec{r}_2 = 7,07(\cos 45^\circ\hat{i} + \text{sen}45^\circ\hat{j})\text{cm}$ $\vec{r}_2 = (5\hat{i} + 5\hat{j})\text{cm}$

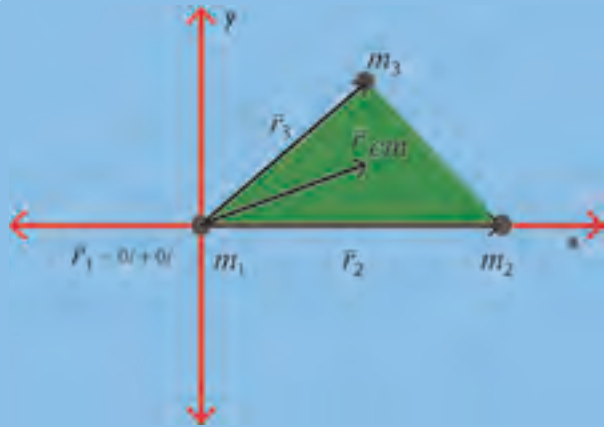


Figura 25.4. Posición del centro de masa con respecto a un punto de referencia colocado en  $m_1$ .

Ahora aplicamos la ecuación para calcular el centro de masa para tres partículas y sustituimos los vectores.

$$\vec{r}_{cm} = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + m_3\vec{r}_3}{M_T}$$

$$\vec{r}_{cm} = \frac{4\text{kg} \cdot 10\text{cm}\hat{i} + 5\text{kg} \cdot (5\hat{i} + 5\hat{j})\text{cm}}{10\text{kg}}$$

$$\vec{r}_{cm} = (6,5\hat{i} + 2,5\hat{j})\text{cm}$$

En coordenadas polares quedara expresado como:

$$|\vec{r}_{cm}| = \sqrt{(6,5)^2 + (2,5)^2}\text{cm} = 6,96\text{cm} \quad \theta_{ic} = \tan^{-1}\left(\frac{2,5\text{cm}}{6,5\text{cm}}\right) \cong 21^\circ \quad \vec{r} = 6,96\text{cm}; 21^\circ$$

El lugar señalado por el vector centro de masa debe ser el adecuado para colgar el móvil y así mantenerlo en equilibrio, tanto de traslación como de rotación.

## Impulso y cantidad de movimiento

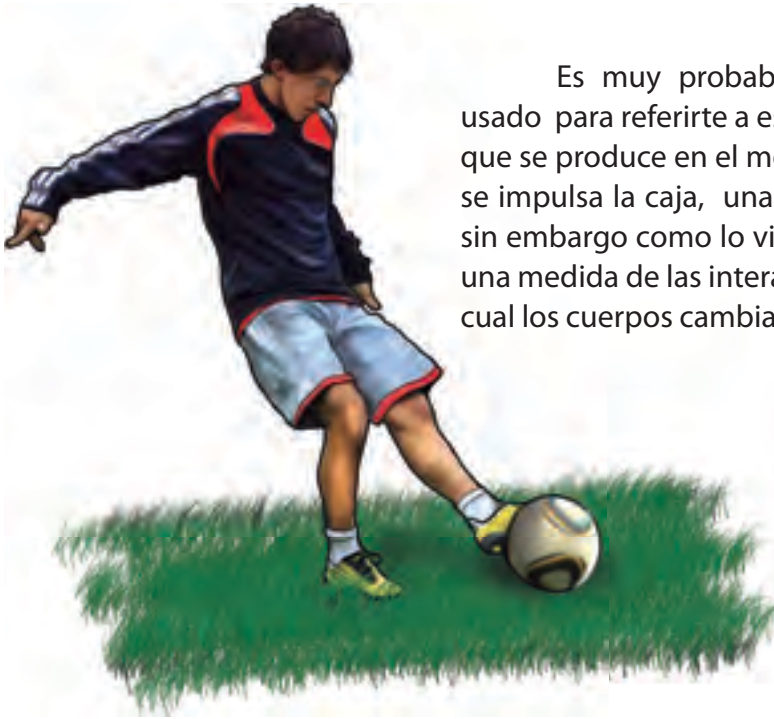


Figura 25.5. El cambio en la cantidad de movimiento del balón al ser pateado es debido al impulso o acción a fuerza que actúa durante el tiempo que estuvo en contacto con el pie.

Es muy probable que la palabra impulso la hayas usado para referirte a esos casos donde es evidente el cambio que se produce en el movimiento de un cuerpo, así dices que se impulsa la caja, una pelota o tomaste impulso para saltar, sin embargo como lo viste en la lectura anterior el impulso es una medida de las interacciones y es realmente la causa por la cual los cuerpos cambian su cantidad de movimiento.

Esto lo podemos observar al momento de preguntarnos ¿qué es lo que cambia la cantidad de movimiento de los cuerpos? consideremos la segunda ley de Newton de la forma:

$$\sum \vec{F}_e = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$



Al despejar la variación de la cantidad de movimiento obtenemos que:

$$\sum \vec{F}_e \cdot \Delta t = \Delta \vec{p}$$

Al producto de la sumatoria de fuerzas por el tiempo en que estas actúan se llama el **impulso** aplicado sobre el objeto y es la causa por la cual la cantidad de movimiento varía.

$$\vec{I} = \sum \vec{F}_e \cdot \Delta t$$

Por tanto el impulso también se puede determinar conociendo las consecuencias que produce la fuerza neta, es decir por los cambios en la cantidad de movimiento que produce.

$$\vec{I} = \Delta \vec{P} \rightarrow \vec{I} = \vec{P}_f - \vec{P}_i$$

Como ya sabemos que la **cantidad de movimiento** se puede determinar como:

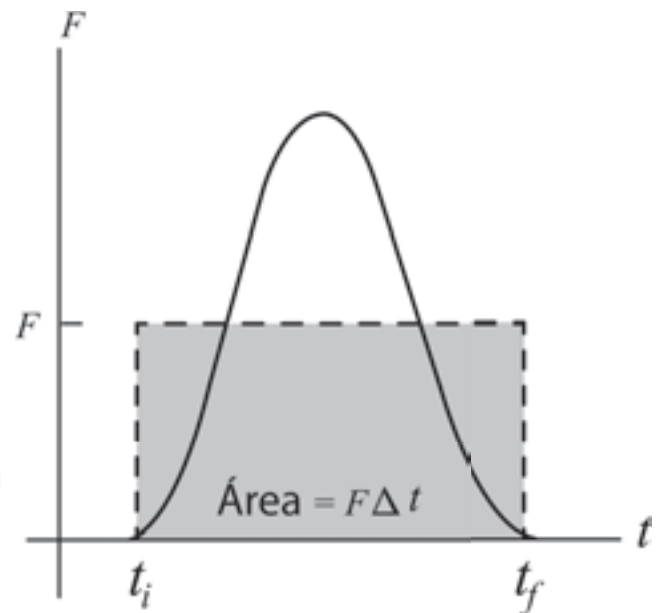
$$\vec{P} = m \cdot \vec{v}$$

Entonces el impulso se puede calcular considerando la masa constante como:

$$\vec{I} = m(\vec{v}_f - m\vec{v}_i)$$

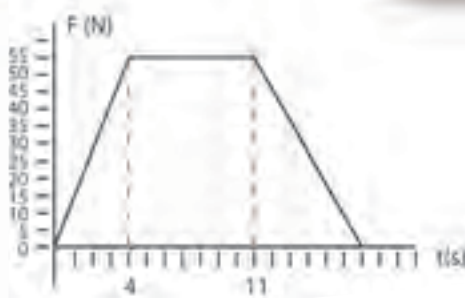
De acuerdo al tiempo en el cual la fuerza neta se aplica. Esta puede ser:

**Fuerza impulsiva:** Son fuerzas variables cuyo promedio es de gran intensidad, pero aplicadas durante un breve tiempo, por lo general estas fuerzas cambian su valor desde cero hasta alcanzar un valor máximo y disminuyen rápidamente hasta volver a cero, en estos casos debemos considerar un valor promedio de la fuerza ( $\bar{F}$ ), al momento de calcular el impulso como:  $I = \bar{F} \cdot \Delta t$



**Figura 25.6.** Las fuerzas impulsivas se caracterizan por ser en promedio de gran intensidad, pero actúan en tiempos cortos.

**Impulso de fuerzas constantes:** se caracterizan por mantener su valor, dirección y sentido durante el tiempo que actúan. Son de larga duración comparadas con las fuerzas impulsivas. El impulso se determina en ese intervalo de tiempo como:  $\vec{I} = \sum \vec{F}_e \cdot \Delta t$



*Figura 25. 7. a) En la acción de empujar un vehículo, es probable que durante un intervalo de tiempo haya sido impulsado mediante una fuerza neta constante, b) Gráfica de la fuerza aplicada en función del tiempo, observa que en el intervalo de tiempo (4s -11s) la fuerza se mantuvo constante.*

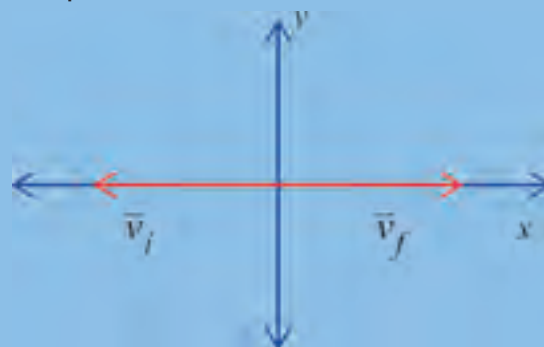
Observa que tanto para fuerzas impulsivas como constantes, el impulso se asocia con el área bajo la curva de la fuerza en función del tiempo.



### ¿A qué rapidez es bateada una pelota?



Una pelota de 200 g, llega a un bate con una rapidez de 40 m/s y sale de este en sentido contrario con una rapidez de 50 m/s, si la pelota duro 0,03 s, en contacto con el bate ¿Cuál será el valor de la fuerza promedio aplicada por el bate?



*Figura 25.8. Impulso aplicado por el bate sobre la pelota.*

Para resolver esta situación consideremos que el impulso lo podemos calcular como:

$$\vec{I} = m \cdot \vec{v}_f - m \cdot \vec{v}_i$$

Donde:

$$\vec{v}_i = -40m / s \hat{i} \text{ y } \vec{v}_f = 50m / s \hat{i}$$

$$\vec{I} = 0,2kg \cdot (50m / s \hat{i} - (-40m / s \hat{i})) \rightarrow \vec{I} = 18kg \cdot m / s \hat{i}$$

Esto significa que sobre la pelota se aplicó un impulso de valor igual 18 kg.m/s en dirección horizontal y sentido hacia la derecha. Recuerda que ese valor de impulso también lo está recibiendo el bate pero en sentido contrario. De acuerdo a la situación podemos decir que dicho impulso fue aplicado por una "fuerza impulsiva" y por lo tanto la fuerza media que aplicó el bate a la pelota durante el tiempo que se mantuvieron en contacto, podría calcularse de la siguiente manera.

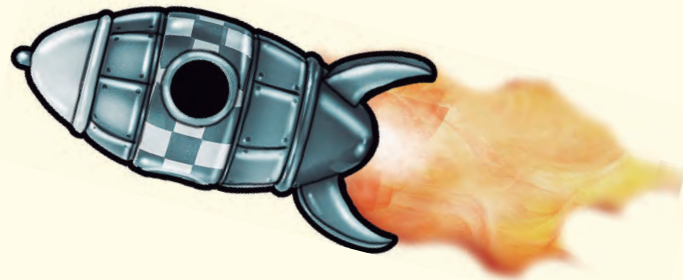
$$I = F_m \cdot \Delta t \rightarrow F_m = \frac{I}{\Delta t}$$

$$F_m = \frac{18kg \cdot m / s}{0,03s} = 600N$$

Nota que el valor de esta fuerza es aproximadamente equivalente a la fuerza necesaria para levantar un objeto de 60 kg.

### ¿Sabías que...?

el impulso de los cohetes se logra por propulsión a chorro, que consiste en expulsar gran cantidad de masa de la nave (combustible) en un sentido, para que el resto de la nave se desplace en sentido contrario.



## Sistemas de partículas que conservan la cantidad de movimiento

Una de las consecuencias más importantes de las leyes de Newton, tiene que ver con el hecho de que las partículas que forman parte de sistema interactúan internamente unas con otras y por tanto cumple la tercera ley de Newton de forma tal que:

$\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$  en estos casos la suma de todas las fuerzas internas es igual a cero. Es decir las fuerzas internas de un sistema de partículas no pueden producir ningún efecto mecánico sobre el mismo.

Como también sabes que la segunda ley de Newton establece que:

$$\sum \vec{F}_e = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t},$$

ahora bien cuando la aplicamos sobre un sistema de partículas pudiéramos escribirla de la siguiente manera:

$$\sum \vec{F}_e = \frac{\Delta \vec{P}_s}{\Delta t},$$

donde  $\vec{P}_s$  es la cantidad de movimiento del sistema:

Si consideramos al sistema totalmente aislado, de forma tal que no tiene intercambio de materia, ni energía con su entorno, es decir no tiene interacción con el medio externo. En ese caso podemos decir que la sumatoria de fuerzas externas sobre el sistema es igual a cero:  $\sum \vec{F}_e = 0$  y por tanto:

Si llamamos  $\vec{P}_s$  a la cantidad de movimiento del sistema antes de una interacción interna de las partículas del sistema y a  $\vec{P}'_s$  a la cantidad de movimiento del sistema después de la interacción de las partículas del sistema, de la segunda ley de Newton se cumple que:

$\Delta \vec{P}_s = 0 \rightarrow \vec{P}'_s - \vec{P}_s = 0 \rightarrow \vec{P}'_s = \vec{P}_s$ , es decir la cantidad de movimiento del sistema no cambia cuando la  $\sum \vec{F}_e = 0$ , quiere decir, **que en un sistema aislado, en ausencia de fuerzas externas, la cantidad de movimiento del sistema permanece constante, a esto se le conoce como principio de conservación de la cantidad de movimiento.**

Este principio se puede representar matemáticamente de la siguiente manera:

$$\vec{P}_s = \vec{P}'_s$$

$$\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 + \dots + \vec{P}_n = \vec{P}'_1 + \vec{P}'_2 + \vec{P}'_3 + \dots + \vec{P}'_n$$

Como:  $\vec{P} = m \cdot \vec{v}$

Consideramos que producto de la interacción solo cambia la velocidad de las partículas que forman parte del sistema y no su masa, a la cantidad de movimiento de cada masa después de la interacción se representa colocando un apóstrofo a la magnitud que varía. Por tanto se cumple que:

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 + m_3 \cdot \vec{v}_3 + \dots + m_n \cdot \vec{v}_n = m_1 \cdot \vec{v}'_1 + m_2 \cdot \vec{v}'_2 + m_3 \cdot \vec{v}'_3 + \dots + m_n \cdot \vec{v}'_n$$

Con lo cual demuestra que *en un sistema aislado las partículas que forman parte del mismo pueden cambiar internamente su cantidad de movimiento, pero la cantidad de movimiento del sistema permanece constante, es decir la **cantidad de movimiento del sistema se conserva.***



**Figura 25.9.** El tradicional juego de metras puede ser considerado como un sistema de partículas que conserva su cantidad de movimiento, si no tomamos en cuenta fuerzas externas como la fricción.

La expresión anterior podría ser útil para predecir o anticipar lo que sucede con el movimiento de partículas dentro de un sistema si se conoce la cantidad de movimiento de todas las demás. A continuación mostraremos algunas aplicaciones a casos cotidianos donde se puede aplicar este principio aproximadamente.

Hay interacciones (choques) en los sistemas de partículas en los cuales adicionalmente a que se conserva la cantidad de movimiento también se conserva la energía cinética. En esos casos se dice que **el choque es elástico**; cuando no se conserva la energía cinética del sistema se dice que el choque es inelástico

$$E_{c(\text{sistema})} = E'_{c(\text{sistema})}$$

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 + \dots + \frac{1}{2}m_nv_n^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2 + \dots + \frac{1}{2}m_nv_n'^2$$

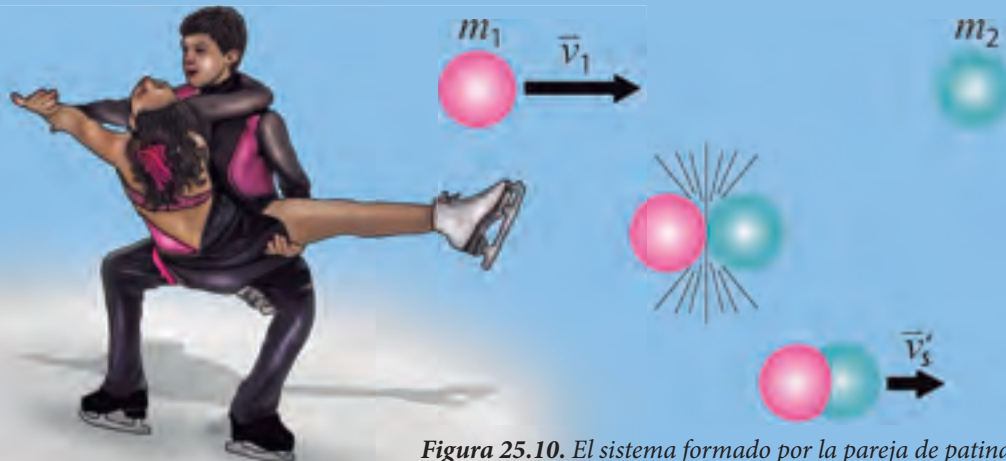
Cuando esto no ocurre, se dice que el **choque es inelástico**.





## Patinadores audaces

Una patinadora 50 kg se deja “sostener” por su compañero de entrenamiento de 70 kg que se encuentra en reposo, justo cuando se desliza hacia la derecha con una rapidez de 5 m/s y luego continúan deslizándose formando un conjunto. Si no consideramos las fuerzas externas. ¿Con qué rapidez se deslizarán cuando la atrape?

Para analizar este problema vamos a dividirlo en dos partes: antes de la interacción y después de la interacción y consideremos como aislado el sistema formado por los dos patinadores.



*Figura 25.10. El sistema formado por la pareja de patinaje artístico puede ser considerado como un sistema de partículas que conserva su cantidad de movimiento, si no tomamos en consideración la fricción; b) modelo de partículas aplicado a la interacción entre la pareja de patinadores.*

Antes de la interacción	Después de la interacción
 $\vec{P}_s = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$ <p>Como la velocidad del patinador es cero la expresión se reduce a:</p> $\vec{P}_s = m_1\vec{v}_1$ $\vec{v}_1 = 5m / s\hat{i}$	 $\vec{P}'_s = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$ <p>Como forman un solo cuerpo: Entonces sacando factor común:</p> $\vec{v}'_1 = \vec{v}'_2 = \vec{v}'_s$ $\vec{P}'_s = \vec{v}'_s (m_1 + m_2)$

Aplicando el principio de conservación de la cantidad de movimiento resulta:

$$\vec{P}'_s = \vec{P}_s$$

$$m_1\vec{v}_1 = \vec{v}'_s (m_1 + m_2) \rightarrow \vec{v}'_s = \frac{m_1\vec{v}_1}{(m_1 + m_2)}$$

Sustituyendo tenemos que:

$$\vec{v}'_s = \frac{50kg \cdot 5m / s\hat{i}}{50kg + 70kg} = 2,083m / s\hat{i}$$

Que representan la rapidez común que tendrá el sistema (patinadora-patinador) después de la interacción. Observa que esta rapidez es menor que la que solo tenía la patinadora antes de que la atrapara. Para este caso se puede comprobar que el choque es inelástico ya que la energía cinética del sistema no se conserva. ¿En qué crees que se transformó esa energía?

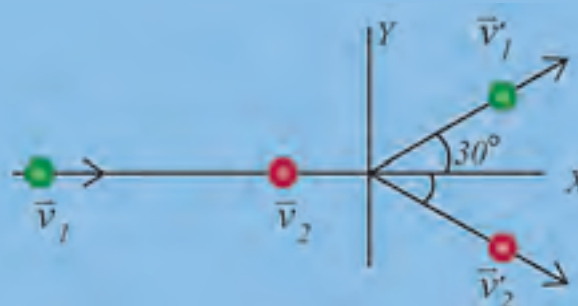
$$\frac{1}{2} m_1 v_1^2 \neq \frac{1}{2} M_T v_s'^2$$

$$\frac{1}{2} 50kg (5m/s)^2 \neq \frac{1}{2} 120kg (2,083m/s)^2$$



## “Bolas criollas” que deslizan

Supón que podemos organizar un juego de bolas criollas sobre una superficie de forma tal que al lanzarlas estas deslicen y puedan chocar. Considera el hecho que se lanza una de las bolas criollas (verde) a una rapidez de 10 m/s hacia la derecha donde se encuentra en reposo la otra bola (roja) con la intención de “bocharla”. Si la bola choca con la roja y continúa moviéndose con una rapidez de 8 m/s formando un ángulo de 30° con la horizontal. ¿Con que velocidad sale disparada la bola roja?



*Figura 25.11. El popular juego de bolas criollas pudiese ser considerado como un sistema de partículas que conserva su cantidad de movimiento, si no consideramos los efectos de fricción.*

Para analizar este problema igual vamos a dividirlo en dos partes, antes de la interacción y después de la interacción. Llamemos a la bola verde (1) y la bola roja (2) y consideremos sus masas iguales de masas iguales ( $m_1 = m_2$ ).

Antes de la interacción	Después de la interacción
$\vec{P}_s = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$ <p>Como la velocidad del patinador es cero la expresión se reduce a:</p> $\vec{P}_s = m \vec{v}_1$ $\vec{v}_1 = (10m/s, 0^\circ) \rightarrow \vec{v}_1 = 10m/s \hat{i}$	$\vec{P}'_s = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2$ $\vec{P}'_s = m(\vec{v}'_1 + \vec{v}'_2)$ $\vec{v}'_1 = (8m/s, 30^\circ) \rightarrow \vec{v}'_1 = 8m/s(\cos 30^\circ \hat{i} + \sin 30^\circ \hat{j})$

Aplicando el principio de conservación de la cantidad de movimiento resulta:

$$\vec{P}'_s = \vec{P}_s \quad m \cdot \vec{v}_1 = m(\vec{v}'_1 + \vec{v}'_2)$$

Despejando  $\vec{v}'_2$  tenemos:

$\vec{v}'_2 = \vec{v}_1 - \vec{v}'_1$ , Sustituyendo tenemos las coordenadas cartesianas del vector  $\vec{v}'_2$

$$\vec{v}'_2 = 10m/s \hat{i} - (6,88\hat{i} + 4\hat{j})m/s = (3,12\hat{i} - 4\hat{j})m/s$$

En coordenadas polares quedará expresado de la siguiente manera:

$$|\vec{v}'_2| = \sqrt{(3,12)^2 + 4^2} \text{ m/s} = 5,07 \text{ m/s}$$

Ya que el vector se encuentra en el cuarto cuadrante el ángulo que forma con respecto al ángulo  $0^\circ$  en sentido anti horario se determina como:

$$\theta_{IVc} = 360^\circ - \tan^{-1}\left(\frac{4}{3,12}\right) \cong 308^\circ$$

$$\vec{v}'_2 = (5,07 \text{ m/s}; 308^\circ)$$

De acuerdo al sistema de referencia utilizado la bola roja salió “bochada” hacia el cuarto cuadrante, como se esperaba. Se nota que bajo estas consideraciones los choques no son al azar. Comprueba para este caso si el choque es elástico.

## Cantidad de movimiento angular

Como ya sabes la cantidad de movimiento lineal permite diferenciar los movimientos de traslación de unos cuerpos con respecto a otros dentro de un sistema, solo conociendo la masa y la velocidad del objeto. Pero que cuando los objetos experimentan movimiento de rotación, estas dos variables no son suficientes para diferenciar una rotación con respecto a otra, eso a lo mejor lo has experimentado cuando te subes a un columpio o cuando has ido a un parque de diversiones y te subes a aparatos que dan vueltas.



Entonces ¿en qué se diferencia un movimiento de rotación de otro? Y la respuesta parece estar en que adicional a la masa y la velocidad, debemos tomar en cuenta la distancia a la que se encuentra el objeto móvil del eje de giro.

A esa propiedad que tienen los cuerpos en rotación que consideramos de forma conjunta la masa, la velocidad y el radio de giro, la denominaremos **cantidad de movimiento angular o momento angular**.

*Figura 25.12. En Los parques de diversiones es común que las atracciones sean para “vivir” la experiencia de los cambios en el momento angular.*



El valor de la cantidad de movimiento angular ( $L$ ) lo podemos determinar de la siguiente manera:  $L = mvr$

Como ya conocemos la relación entre la rapidez lineal y angular:  $v = \omega r$

Entonces la cantidad de movimiento angular se puede representar:  $L = mr^2\omega$

A la cantidad ( $mr^2$ ) se le denomina **momento de inercia** ( $I$ ) y se define como una propiedad de los objetos a oponerse a cualquier cambio de estado en la rotación, el momento de inercia depende de las características geométricas del objeto, cada material tiene su propio momento de inercia.

Si  $I = mr^2$ , por tanto el momento angular se puede calcular como:  $\vec{L} = I\vec{\omega}$

El momento angular es una magnitud vectorial cuya dirección y sentido es la misma que la de la velocidad angular y permite diferenciar el sentido de un giro con respecto a otro, la convención que se utiliza es la regla de la mano derecha como se muestra en la figura 25.13 (a). También existen métodos matemáticos para determinar esta dirección que verás en cursos más avanzados. Su unidad en el S.I.  $[\text{kg}]\cdot[\text{m}]^2/\text{s}$

En la figura 25.13 (b) también se señalan formas de calcular el momento de inercia de algunos objetos simétricos y de densidad homogénea, respecto a un eje de rotación que les permita girar libremente.



El hecho de que los objetos en rotación adquieran una rapidez, implica que también tendrán una energía cinética, ahora trataremos de colocar ese valor en función de parámetros de rotación, para ello si consideramos las ecuaciones de rapidez lineal  $v = \omega r$  y de momento de inercia  $I = mr^2$  se puede demostrar que **la energía cinética de un objeto en rotación** se puede determinar de la siguiente manera:

$$E_{c(\text{rot})} = \frac{1}{2} I \omega^2$$






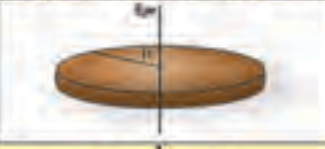
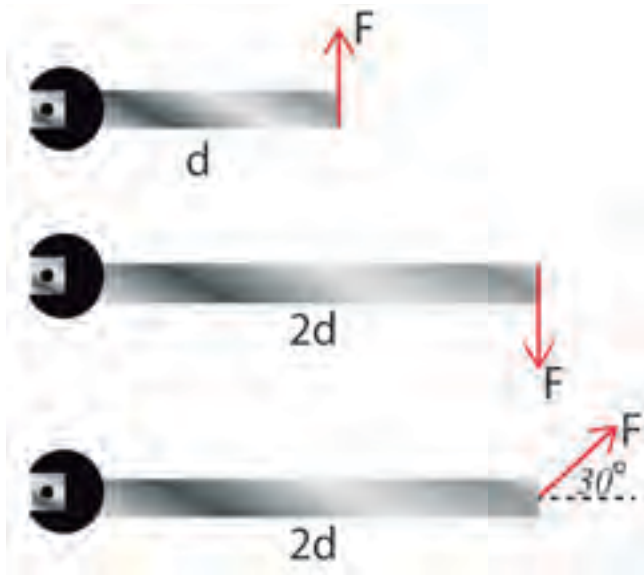
Varilla del gada	
Respecto a eje perpendicular por centro	Respecto a eje perpendicular por extremo
	
$I = \frac{1}{12} ML^2$	$I = \frac{1}{3} ML^2$
Esfera	
Maciza respecto a un diámetro	Corteza respecto a un diámetro
	
$I = \frac{2}{5} MR^2$	$I = \frac{2}{3} MR^2$
Disco	
Respecto a un diámetro	Respecto a eje perpendicular en su centro
	
$I = \frac{1}{4} MR^2$	$I = \frac{1}{2} MR^2$

Figura 25.13. a) b) Regla de la mano derecha para determinar el momento angular; b) momento de inercia de algunos objetos sólidos.

## Momento o Torque de una fuerza

De manera análoga como la fuerza neta es la causa de las variaciones de la cantidad de movimiento durante el tiempo que actúan y que de acuerdo a la segunda ley de Newton la planteamos como:

$$\sum \vec{F}_e = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$



**Figura 25.14.** El valor del torque depende de la fuerza, el brazo y el ángulo que forman estos, observa que el efecto de torque lo causa, la componente de la fuerza en la dirección perpendicular al brazo.

En el caso de la rotación los cambios en la cantidad de movimiento angular son debidos al **torque neto** aplicado y ocurren en la dirección en que este torque se aplica.

$$\sum \vec{\tau} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$$

Donde el **torque** se define como la fuerza necesaria para generar la rotación de un cuerpo, su valor depende de la cantidad de fuerza aplicada y la dirección en que está aplicada en relación al eje de rotación. Operacionalmente lo podemos representar de la siguiente manera: La unidad del torque en el S.I es ([N].[m]).

$$\tau = r.F.\text{sen}\theta$$

La dirección del torque será la misma que la de los cambios del momento angular.

## Conservación del momento angular

De manera análoga a la cantidad de movimiento, cuando el torque neto es igual a cero la cantidad de movimiento angular se mantiene constante.

Lo que implica que bajo estas condiciones la cantidad de movimiento angular se conserva. Estos sistemas giran libremente hasta tanto no se ejerza un torque que le cambió su cantidad de movimiento angular.

**Figura 25.15.** En la fotografía se muestra que cuando el joven sentado en el banco giratorio cierra las manos (disminuye el radio de giro) su rapidez aumenta, para mantener el valor del momento angular. Si tienes alguna oportunidad comprueba esta experiencia



En muchos de los casos que hemos estudiado, se han considerado a los objetos como partículas, que ocupan un lugar en el espacio, señalado por un punto llamado centro de masa y que dicho punto no experimenta movimiento de rotación. Con base a estas consideraciones podemos diferenciar a un objeto sólido de una partícula por el hecho que el primero puede experimentar movimiento de rotación en torno a un eje geométrico de forma tal que las partículas que lo conforman se encuentran en posiciones fijas con respecto a este eje de rotación, a estos objetos se les denomina **sólidos rígidos**.



**Figura 25.16.** Muchos objetos los podemos considerar como sólidos rígidos a distintas escalas a) juguetes tradicionales, b) las aspas de un ventilador, c) Nuestro hogar la Tierra



## ¡Qué apretada está la tuerca!

Se trata de aflojar una tuerca como la que se muestra en la figura, aplicando una fuerza de 10 N, a una distancia de 10 cm, ¿cuánta fuerza habrá que aplicar, al duplicar la distancia y ejercer el mismo torque?

En el primer caso el torque se calcularía como:

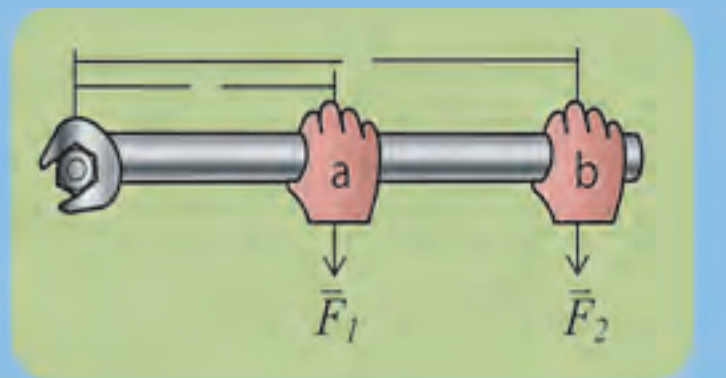
$$\tau = r \cdot F \cdot \text{sen}\theta$$

$$\tau_1 = 0,1m \cdot 10N \cdot \text{sen}90^\circ = 1N \cdot m$$

Para el segundo caso debemos considerar que se mantiene el valor del torque.

$$F_2 = \frac{\tau}{r \cdot \text{sen}90^\circ} = \frac{1N \cdot m}{0,2m} = 5N$$

Se observa que se aplica la mitad de la fuerza para ejercer el mismo torque al duplicar la distancia. Es la ventaja que se tiene al aumentar el brazo de la fuerza.





## ¿Cuál va más rápido?

Te sugerimos realizar una actividad para comprobar de una manera aproximada el principio de conservación de la cantidad de movimiento.

### ¿Qué necesitan?

Una balanza, carritos dinámicos con resorte propulsor, jugo de pesas (bolsitas de arena de 100 g), sensor de movimiento o cronómetro, regla graduada de un metro (cinta métrica), listones de madera.



### ¿Cómo lo harán?

- Mide la masa de cada carrito, y coloca sobre estos diferentes masas.
- Coloca sobre la mesa dos listones de madera separado una distancia de 1,5 a 2 m.
- Sobre el mesón y entre los dos listones, comprime los resortes de los carritos uno contra otro y libéralos simulando una explosión, desplazando convenientemente el punto de partida hasta lograr después de algunos ensayos que lleguen simultáneamente a los listones (si tienen detector de movimiento esto no es necesario)
- Mide el tiempo en que llegan a los listones varias veces y toma el promedio.
- Mide la distancia que recorrieron desde el punto de partida hasta los listones para cada carrito y calcula de manera indirecta la rapidez de cada carrito, así como su cantidad de movimiento; se sugiere colocar esa información en una tabla como la que se te señala. Puedes ensayar la experiencia con cinco combinaciones diferentes de masa.

$m_1(\text{kg})$	$m_2(\text{kg})$	$V_1 (\text{m/s})$	$V_2(\text{m/s})$	$P_1(\text{m/s})$	$P_2(\text{m/s})$

Calcula la cantidad de movimiento del sistema después de la interacción y compárala con la cantidad que tenía antes. Compartan los resultados obtenidos y elaboren argumentos sobre si en el sistema estudiado la cantidad de movimiento se conserva.

Para más actividades demostrativas puedes consultar la página de simulaciones:

<http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>

## Sistemas dinámicos en rotación

Una de las consecuencias más importantes de análisis de las leyes de Newton, tiene que ver sobre la forma de ver el universo. De las leyes de Newton parece desprenderse una visión ordenada, simétrica de la naturaleza, donde los cambios ocurren, pero hay algo que siempre permanece igual, es decir no hay azar, los cambios se suceden respetando un orden, con el cual la naturaleza parece funcionar.

Ese orden esta señalado en las ciencias naturales a través de lo que llamamos principios de conservación o leyes de simetría, así probablemente hayas estudiados los principios de conservación de la masa, la energía mecánica, la carga eléctrica y en esta lectura se presentó el de la cantidad de movimiento lineal y angular.

Todos estos principios resultan muy útiles para realizar predicciones en choques, movimientos de rotación, uso de objetos sólidos que estando en rotación cumplen importantes funciones, desde el entretenimiento como los juguetes, parques de diversiones, aparatos domésticos como licuadora, batidoras, ventiladores, hasta imponentes megaestructuras en forma de máquinas que utilizan la energía cinética de rotación en motores eléctricos, rotores hidráulicos o eólicos.

Todas muy importantes para beneficio de la humanidad; sin embargo debemos hacer uso de esos aparatos con responsabilidad porque para mantenerlos en funcionamiento es necesario suminístrale energía y esa energía viene de la propia naturaleza. Arquímedes decía “dame una palanca y moveré al mundo” hoy en día tendríamos que decir “dame un poco de conciencia y detendremos su destrucción”.





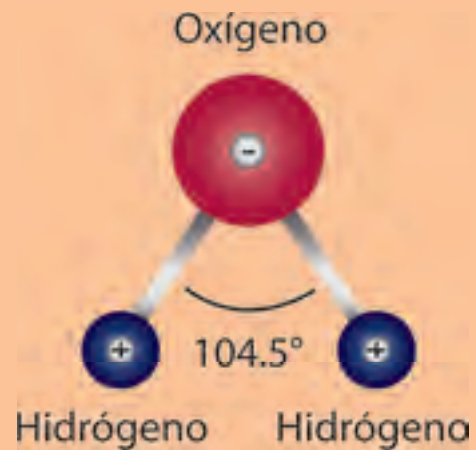
## Actividades de autoevaluación

1. ¿Por qué crees que es más fácil detener un camión con poca carga que uno con mucha carga que se mueve a la misma velocidad?

2. Tres esferas uniformes de masa 2 kg, 4 kg y 6 kg se colocan en las esquinas de un triángulo equilátero de 6 cm de lado, ¿Dónde estará el centro de masa del sistema de partículas?

3. Una molécula de agua está formada por un átomo de oxígeno con dos átomos de hidrógeno unidos a éste como se muestra en la figura. Si los enlaces son de 0,1 nm de longitud, ¿Dónde es el centro de masa de la molécula?

4. **Una reparación arriesgada:** Imagina una situación donde estás realizando una “caminata espacial” para realizar reparaciones externas a la nave y accidentalmente se te rompe el cordón que te mantiene unido a la nave. ¿Como harías para regresar, si solo tienes en tu mano la llave con que estabas haciendo las reparaciones?



5. Un cohete de masa 1.200 kg alcanza una rapidez de 180 m/s. A continuación se desprende la segunda etapa de 800 kg retrocediendo en sentido opuesto con una rapidez de 80 m/s. Calcule la rapidez alcanzada por la etapa final.

6. Una esfera sólida, un cilindro sólido y un cilindro hueco tienen densidad uniforme e igual masa. ¿ordénalos de mayor a menor en cuanto al valor de su momento angular y su energía cinética de rotación?

7. ¿Qué forma y distribución de masa debe tener un volante para maximizar su momento de inercia mientras se minimiza su masa?

8. Cuando un acróbata camina en la cuerda floja, extiende los brazos hacia los lados. ¿Por qué crees que el acróbata hace esto?

9. Una bola de billar que se mueve a  $5 \text{ m/s}$  golpea una bola estacionaria de la misma masa. Después de la colisión la primera bola se mueve a  $4,33 \text{ m/s}$ , a un ángulo de  $30^\circ$  con respecto a la línea original del movimiento. a) Encuentre la velocidad de la bola golpeada después de la colisión, argumentando las condiciones que deben cumplirse para poderla calcular, b) ¿Será elástico este choque?

10. Supón que dos huevos del refrigerador, uno de ellos cocido duro y el otro sin cocinar. Su mamá le dice que para determinar cuál es el huevo duro sin romper los cascarones, los haga rodar por el piso y compare sus movimientos de rotación. ¿Estaría usted de acuerdo con tal sugerencia?

11. Una hormiga "camina" sobre un disco giratorio a rapidez constante con respecto al disco. En qué dirección con respecto al disco debería caminar para mantener su momento angular constante.

12. **Una pregunta histórica:** Es frecuente que templos griegos tengan columnas verticales intactas, pero pocas lozas horizontales de piedra están todavía en su lugar. ¿Habrá alguna explicación para este hecho?



Te invitamos a que organices un trabajo de campo y visites algún centro de producción donde utilicen máquinas con objetos en rotación. Averigua el momento de inercia de los objetos, su momento angular y el mecanismo generador del torque. Éxito en tu investigación.



A lo largo de esta colección de lecturas científicas te has encontrado con preguntas sobre el funcionamiento de nuestro entorno, del porqué ocurren algunos procesos, cuáles son las interacciones o condiciones que deben existir para favorecer tales o cuales situaciones, en fin, has iniciado el proceso de comprensión de la naturaleza desde sus escalas microscópicas hasta las macroscópicas a partir de preguntas que nacen de la curiosidad o simplemente de una observación. Incluso, habrás realizado algunas actividades de investigación, de creación o de innovación, que a través de modelos simplificados de la realidad te permiten acercarte a una serie de procedimientos con los cuales las investigaciones más formales (como las que se realizan en centros de investigación de salud, de física, química, entre otros) se desarrollan.

Pero no siempre existieron estas metodologías. Las observaciones que los seres humanos han hecho del Universo al cual pertenecemos se remontan a tiempos de la Antigüedad, evolucionando con el tiempo y espacio en las que se hicieron. Pasaron de ser contemplaciones, a reflexiones filosóficas, buscando siempre dar explicaciones a todo lo que ocurría.

Las primeras teorías de carácter descriptivo del Universo las encontramos en los filósofos de la antigua Grecia, algunos ya mencionados en lecturas previas, que resultaron pioneros del pensamiento metodológico que busca explicar la naturaleza, sirviendo de inspiración a las futuras mentes transformadoras como las de Ptolomeo, Tycho Brahe, Newton y muchos nombres más que podemos citar hasta el presente.

Es muy probable que tú también tengas las mismas preguntas que estos emprendedores de la ciencia; algunas inquietudes tienen sus orígenes en observaciones del cielo nocturno, por ejemplo ¿Cómo es el Universo?, ¿Qué forma tiene?, ¿Cómo se mueve?, ¿A qué se debe su movimiento? exploremos entonces el Universo que vieron nuestros antepasados hasta como lo vemos hoy en día.



## Las formas del Universo y del Sistema Solar: una filosofía que duró casi 2000 años.



*Figura 26.1. Se piensa que esta edificación maya funcionó como observatorio astronómico.*

Las observaciones hechas por la humanidad sobre la naturaleza, los planetas, los astros, incluso las interpretaciones sobre los fenómenos meteorológicos se remontan a los principios de la evolución del hombre, pues desde siempre se han contemplado. Podemos encontrar muchos hallazgos arqueológicos que muestran cómo distintas civilizaciones a lo largo de la geografía mundial y en diferentes períodos históricos han escrito sobre lo que veían y cómo lo justificaban, llegando a convertir en deidades a muchas de estas manifestaciones naturales.

En nuestro continente podemos resaltar por ejemplo, cómo las civilizaciones prehispanicas como los mayas, aztecas e incas, manejaban amplios conocimientos sobre la bóveda celeste, llegando a establecer calendarios solares y lunares, que regían sus prácticas agrícolas y hasta sociales. Pero es apenas en la antigua Grecia que se dan los primeros pasos hacia una estructura del pensamiento natural, pues se busca justificar a través de teorías e incluso algunas aproximaciones matemáticas, el funcionamiento del entorno. Y como recordarás de lecturas anteriores, uno de los nombres que podemos destacar al respecto de esta metodología, es Aristóteles. Este notable griego, hizo múltiples aportes en los campos de la filosofía, lógica y ciencia, llegó a plantear algunas hipótesis sobre la forma del Universo y cómo funcionaba haciendo referencia en sus teorías a conocimientos geométricos.

Ahora bien, Aristóteles concebía al Universo como un espacio ordenado y finito de forma esférica, en cuyo centro geométrico se encuentra la esfera inmóvil del planeta Tierra y concéntrica con ella todos los planetas conocidos hasta ese momento. Teniendo en los límites a una esfera en la que se encuentran las estrellas fijas. Para la Grecia aristotélica el cosmos era un espacio perfecto, ordenado y finito.

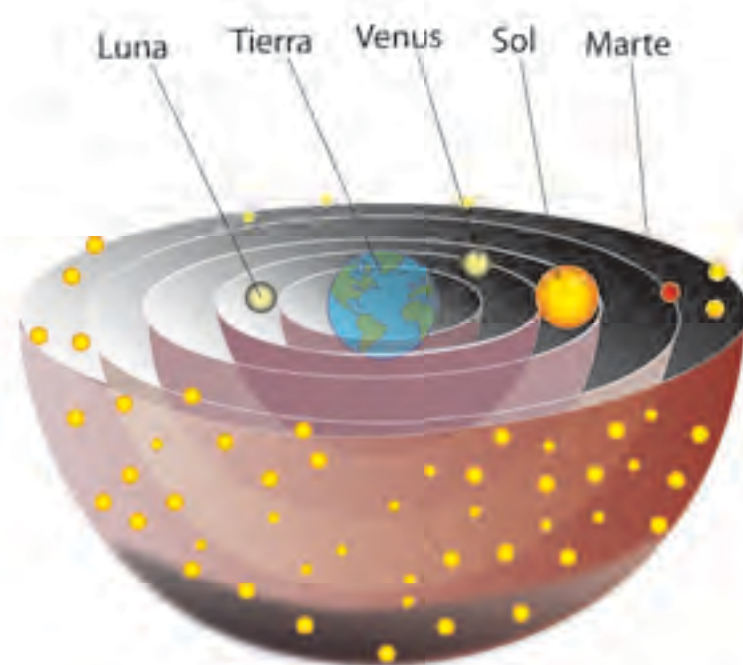
Como los movimientos contemplados hacia el exterior de la Tierra y en su interior eran diferentes, el Universo fue dividido en dos: aquel donde los movimientos que ocurrían están definidos desde la esfera de la Luna hasta el límite del Universo llamándolo espacio **supralunar**, y aquel que tenía que ver con los acontecimientos observados en la esfera de la Tierra y que se nombró espacio **sublunar**.

Los cambios que se observan en la esfera sublunar son justificados por la composición natural de los cuerpos (agua, fuego, aire y tierra). Por ejemplo la caída de una piedra se debe a que está constituida mayormente por el elemento tierra y por eso busca su lugar natural cayendo hacia ella en línea recta. Las composiciones de los cuerpos definen su peso, por lo tanto es una propiedad intrínseca de los mismos. Esta cualidad o propiedad lleva a Aristóteles a la conclusión de que mientras mayor sea el peso de un cuerpo más rápido caerá.

En general, los cuerpos se mueven hacia los lugares del Universo que les corresponden, pues en la propia naturaleza de los elementos que componen los objetos está la tendencia a buscar estos lugares, en los que además, permanecerán en reposo. Este será conocido como el movimiento natural.

Sin embargo, también existe el movimiento violento, el artificial, que encuentra su causa fuera de las cualidades de los cuerpos, y que se explica como la acción de una fuerza externa y de contacto directo responsable de ocasionar los cambios. Con esta teoría se justificó cómo era posible el movimiento parabólico de una flecha cuando era lanzada desde el arco. Pues el aire que rodea este elemento impulsor, recibe la fuerza que tiene la cuerda tensa del arco, y a medida que la flecha se desplaza, las capas de aire que la rodean van adquiriendo la fuerza que la empujará en su recorrido. A medida que este poder va disminuyendo, la flecha va cayendo. Es importante destacar que el concepto de fuerza que se tenía en esta época se refiere al acto de empujar o halar, lo que significa tener contacto directo con los objetos, pensar en una fuerza de acción a distancia no tenía ningún tipo de justificación.

De manera que para Aristóteles el movimiento violento, aunque sea uniforme, es una propiedad de relación y era posible solo si existe una fuerza que lo ocasione, de lo contrario todos los cuerpos estarán en reposo. Aparece el concepto de fuerza como la justificación de la cinemática de los cuerpos.



Pero en el espacio supralunar todo ocurre de una manera diferente. Imaginamos el Universo y sus esferas como las capas de una cebolla, en donde el movimiento perfecto de los planetas es imperturbable, constante y uniforme, era circular. Y que se transmitía por la fricción entre las esferas, pues se suponía que el espacio entre estas, está compuesto por éter.

*Figura.26.2. Representación de las esferas del Universo para Aristóteles. Nota que la Tierra es el centro del Universo.*

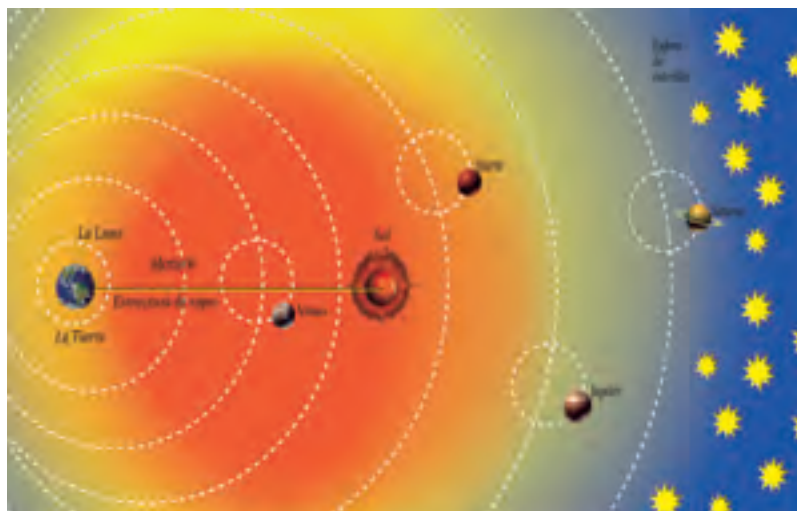
Pronto este modelo geocéntrico y con la Tierra inmóvil presentó irregularidades porque las observaciones del cielo nocturno que se mueve de Este a Oeste no podía explicar porqué el movimiento de los planetas que iba en una dirección y en un sentido, luego parecían detenerse y moverse en sentido contrario, detenerse nuevamente y seguir con la dirección anterior y así repetidamente (movimiento retrógrado de los planetas). Algunos astrónomos de la época, lograron solventar estas irregularidades aumentando la cantidad de esferas que definen el cosmos, pero aún quedaba por determinar el porqué algunas estrellas cambiaban su brillo, o por que se podían observar cambios de tamaño aparente en algunos cuerpos celestes.

No pasó mucho tiempo, cuando los aficionados al cielo nocturno comenzaron a trascender de las teorías y decidieron realizar cálculos sobre las observaciones que hacían de los astros. Empezaron a surgir las incompatibilidades entre la práctica y las teorías, se iniciaron los ajustes para que el modelo cosmológico del Universo que durante tantos años había explicado y satisfecho el sentido común, se mantuviera vigente.

Ptolomeo, en el siglo II fue uno de estos astrónomos que fiel a la creencia de un Universo esférico, sumó detalles al modelo, y aportó valiosos conceptos sobre el movimiento planetario. Su mayor interés era la construcción de un modelo geométrico que permitiera hacer predicciones numéricas bastantes exactas como el movimiento retrógrado de algunos planetas, eclipses, entre otros. Para ello construyó un sistema en el que el movimiento del cuerpo celeste es epicíclico, es decir, el planeta se mueve a velocidad constante en un círculo que a su vez se mueve dentro de un círculo más grande que tiene como centro a la Tierra.



*Figura 26.3. Ptolomeo, defensor de la teoría geocéntrica.*



*Figura.26.4. Modelo Geocéntrico de Ptolomeo que mantiene las órbitas circulares alrededor de la Tierra pero algunos planetas tienen sus propias órbitas de movimiento.*

Esta concepción ocasiona una variación en la distancia que existe entre los planetas y el nuestro que justifica muy bien el movimiento retrógrado de planetas como Mercurio y Venus. Además se pudo hacer la distinción de los planetas interiores (Mercurio y Venus) y los exteriores (Marte, Júpiter y Saturno) a partir de la velocidad angular, pues mientras mayor sea esta respecto a las estrellas fijas más cercanos están los planetas de la Tierra.

## El renacer de la ciencia



*Figura 26.5. Nicolás Copérnico defensor de la teoría heliocéntrica con el Sol como centro del Universo. Sus ideas cambiaron radicalmente la visión que se tenía del Universo.*

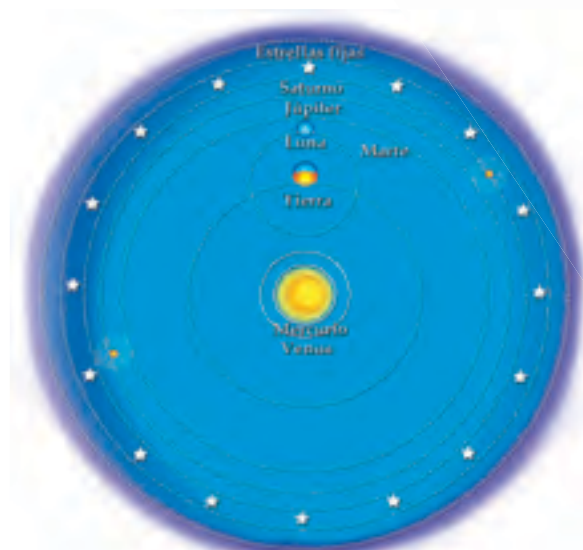
Fue apenas a principio de la Edad Media en el siglo XVI, cuando un astrónomo polaco llamado Nicolás Copérnico se atrevió a plantear una nueva cosmovisión, un nuevo modelo que articula la teoría con la precisión de los cálculos de las trayectorias planetarias, pues era importante resolver las dificultades del modelo aristotélico del Universo, como por ejemplo: los calendarios.

Y resulta que la contribución importante y atrevida para la época, era que después de casi 2.000 años, se planteara que la Tierra se moviera de dos maneras: sobre su propio eje (la rotación) y alrededor del Sol (la traslación), es decir, la esfera de la Tierra ya no era el centro del Universo como se pensaba. Rápidamente esta idea comenzó a cobrar fuerza entre la comunidad de astrónomos.

En 1514, Copérnico escribe 7 hipótesis acerca del movimiento celeste, de las que solo resaltaremos algunas como:

- a) La Tierra no es el centro del Universo, es el Sol y alrededor de éste giran todos los demás planetas y estrellas lejanas.
- b) El día, la noche y el movimiento aparente de algunas estrellas, es el resultado de la rotación de la Tierra sobre su eje.
- c) Las estaciones son el resultado del giro de la Tierra alrededor del Sol, con un ligero ángulo de inclinación.
- d) El movimiento retrógrado de algunos planetas es debido a nuestra posición como observador entre el Sol y los demás planetas.

En estos planteamientos Copérnico se ha propuesto mejorar el modelo ptolemaico del Sistema Solar; contrario a dejar las ideas que motivaron a los antiguos, este célebre astrónomo quiere realzar la importancia de las ideas y filosofía de sus predecesores, sin reconocer el mismo que sus controversiales ideas del movimiento de la Tierra y de un Sol como centro del Universo serán los primeros pasos para aquellos que le sucedieron. Sus hipótesis aunque no son todas correctas, resolvieron muchas inconsistencias de la astronomía de la época, trascendió y eliminó la idea de movimiento de esferas en un espacio, perfeccionó el calendario. A este modelo se le conoce como **Heliocéntrico**.



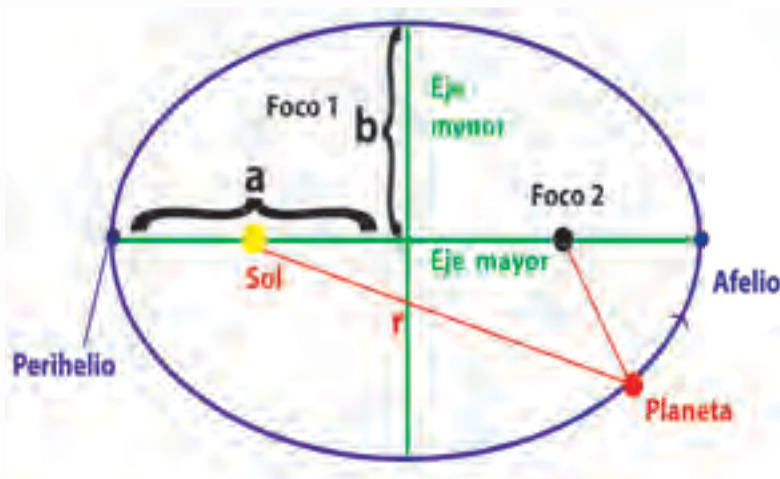
*Figura 26.6. Modelo Heliocéntrico del Sistema Solar. El Sol es el centro del Universo y los planetas se mueven en órbitas circulares a su alrededor.*

## De la Filosofía a los cálculos: En búsqueda de las causas físicas.

Unos años más tarde con instrumentos rudimentarios un comerciante aficionado a la astronomía llamado Tycho Brache llegó a construir un observatorio y algunos instrumentos de óptica que le ayudaron a cumplir su objetivo principal que era la medición, pues a diferencia de los astrónomos anteriores, Tycho decidió centrar sus estudios en las mediciones de las posiciones de los planetas en vez de recurrir a los argumentos filosóficos. Dedicó mucho tiempo de su vida a estos cálculos y ya cerca de su muerte, todos los cuadernos en los que registró estos datos, fueron heredados a Johannes Kepler, un contemporáneo compañero de trabajo.

Kepler comenzó el proceso de comprensión del movimiento planetario llevando los datos de Tycho a una matemática de relaciones causales y de predicciones que se recogen de los datos de observación. Comenzó por suponer a un observador fuera del sistema solar para estudiar las trayectorias de los cuerpos celestes y muy convencido que las orbitas que realizaban eran circulares, no lograba explicar los desajustes que tenía en las predicciones de las trayectorias de planetas como Marte. Tras muchos años de esfuerzo, decidió abandonar el modelo circular y propone estudiar el movimiento en sistemas pares en vez del movimiento individual de cada cuerpo celeste. Comenzó por colocar al Sol en el centro físico del sistema pero alejado del centro geométrico, estaba descubriendo que estas posiciones serán los focos de una trayectoria elíptica, de la que enuncia la primera ley de Kepler:

*“Cada planeta se mueve en una órbita elíptica con el Sol en uno de sus focos”*

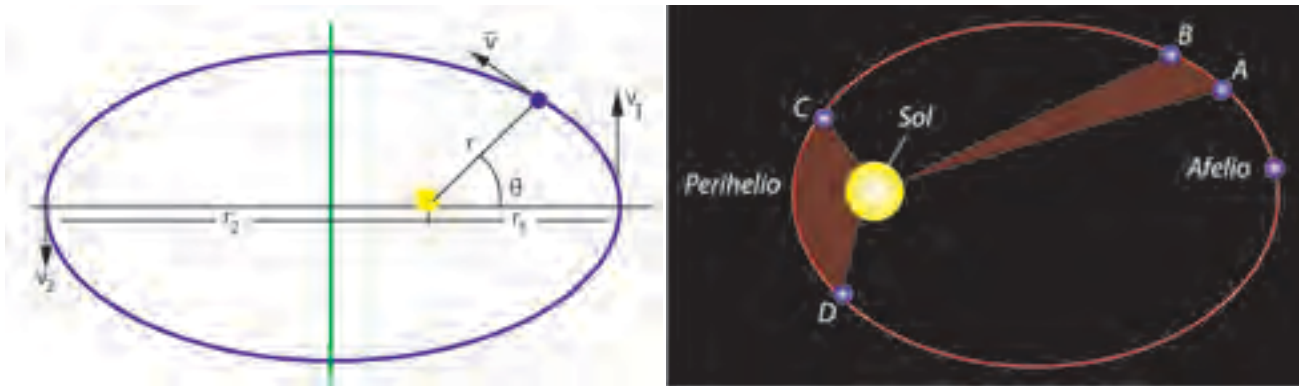


**Figura 26.7.** Modelo de órbita elíptica que realizan los planetas alrededor del Sol ubicado en uno de sus focos.

La geometría de una elipse está definida por sus focos, su centro, excentricidad y los semiejes. En la figura, el semieje mayor está representado por la letra  $a$ , y el semieje menor por  $b$ . En uno de los focos se encuentra ubicado el Sol y diametralmente opuesto el otro foco de la elipse. A una distancia  $r$ , cualquiera de los planetas que estemos estudiando. Por otra parte, la excentricidad de una elipse es la relación que existe entre la distancia del centro al foco y su semieje mayor  $e=c/a$ . Este valor es muy importante pues define qué tan redondeada será la elipse.

Entonces, cuando en su recorrido el planeta se encuentra en la posición más alejada del Sol, está en el afelio y cuando se encuentra más cerca se encuentra en el perihelio.

Buscando explicar el movimiento de los planetas se planteó que la misma mecánica que explica el movimiento de los cuerpos en la Tierra es la que da sentido físico al movimiento de los cuerpos celestes atribuyendo al Sol una “fuerza magnética” que emanaba y que al dejar de existir traería como consecuencia que los planetas cesaran su movimiento. A partir de esta conjetura y de una idea de fuerza que para la época todavía no se entendía muy bien, Kepler descifró que los planetas no se mueven con velocidad uniforme, si no que se mueven más rápido cuando se encuentran más cerca del Sol y más lento cuando están lejos.



**Figura 26.8.** En la figura 8(a) se muestra el vector velocidad tangencial en cualquier punto de la elipse. En la figura 8(b) se muestra cómo el área barrida entre los puntos AB en un periodo de tiempo, debe ser igual al área comprendida entre los puntos CD para el mismo tiempo

Para poder justificar esto dedujo que los planetas recorren áreas iguales de espacio en tiempos iguales. Por ejemplo, un planeta que recorre en un periodo de tiempo la distancia AB, ha barrido la misma área que cuando se mueve de C a D en el mismo periodo de tiempo.

Tenemos pues que la segunda ley de Kepler enuncia:

*“El radio vector del Sol a un planeta barre áreas iguales en tiempos iguales”.*

El radio vector significa que la dirección en la que se desplaza el radio está sobre la línea imaginaria que une a los dos cuerpos en interacción.

Casi 10 años más tarde encuentra la relación entre los tamaños de las órbitas y sus tiempos de revolución alrededor del Sol (periodo). Enunciado que se conoce como tercera ley de Kepler:

*“El cuadrado del periodo de un planeta es proporcional al cubo de su distancia media del Sol”*

$$\frac{T^2}{r^3} = C$$

En donde  $T$  es el periodo y  $r$  la distancia promedio de cada planeta al Sol, es decir, la distancia del semieje mayor y  $C$  es una constante que tiene el mismo valor para todos los planetas. En esta relación simplificada hay varios factores que no son tomados en cuenta, y es Newton quien lo corrige.

Kepler también notó que el Sol era el centro físico del sistema planetario pero no el centro geométrico, al plantearse porque ocurría esto, concluyó que el movimiento de un planeta es compuesto: uno debido a la fuerza magnética del sol y otro debido al movimiento inercial propio que frena al movimiento en conjunto. Y aunque sabemos que esta conjetura no es cierta, resulta un gran avance para su época, pues buscó justificar a través de causas físicas el funcionamiento del Sistema Solar conocido en ese entonces.

Hagamos entonces algunos cálculos como los trabajados por Kepler para el cálculo del periodo orbital.



### La órbita de Júpiter.

Las distancias que existen entre los cuerpos celestes que componen nuestro sistema Solar, son muy grandes para expresarlas en las escalas convencionales. Se ha definido como unidad de medida de distancia la Unidad Astronómica (U.A) y que es justamente la distancia media entre la Tierra y el Sol. Entonces, si la distancia entre Júpiter y el Sol es de 5,2 UA. ¿Cuál es el periodo de la órbita de Júpiter alrededor del Sol?

Usando la relación de Kepler tendríamos que  $T_J^2 = Cr_J^3$  para hallar C planteamos la misma relación pero con los datos de la Tierra,  $T_T^2 = Cr_T^3$  pues sabemos que el  $T$  es 1 año y que la distancia es igual a 1UA. Dividiendo ambas expresiones tenemos:

$$\frac{T_J^2}{T_T^2} = \frac{r_J^3}{r_T^3} \rightarrow T_J = T_T \left( \frac{r_J}{r_T} \right)^{3/2} \rightarrow T_J = \left( \frac{5,2}{1} \right)^{3/2} = 11,9 \text{ años}$$

## La caída de la manzana y la Ley de Gravitación Universal

Después de casi 200 años entre Copérnico y Newton, se tienen hallazgos y evoluciones muy importantes para la astronomía y la física: el concepto de referencial, la cinemática precisa de los planetas, las leyes del movimiento planetario y las leyes de la mecánica que con la fuerza apropiada explican el movimiento de los cuerpos celestes.



**Figura 26.9.** Un “pensador” Newton logro unificar la dinámica terrestre y la dinámica celeste a través de la ley de gravitación universal.

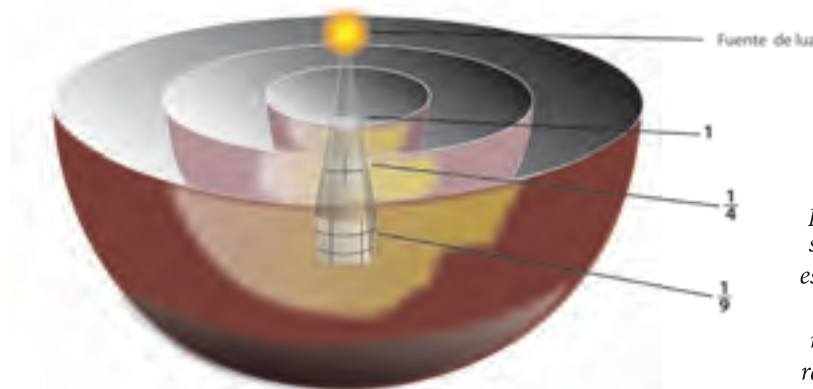
Algunas referencias anecdóticas cuentan que al ver una manzana caer del árbol, vino a la mente de Newton la idea de gravedad. Normalmente se realiza sobre este acontecimiento el hecho de atracción de la Tierra sobre todos los objetos, pero lo realmente brillante y genial de esta observación (que no era nueva y que muchos ya habían teorizado) fue en darse cuenta que la Tierra también cae a la manzana y que por lo tanto la dinámica terrestre y la dinámica celeste obedecen a las mismas leyes físicas.

Al aplicar esta idea al sistema Luna –Tierra y extenderla al Sistema Solar, Newton logra deducir la ley de Gravitación Universal:

$$\vec{F}_g = -\frac{GmM}{r^2} \hat{r}$$

De donde se observa de inmediato que la fuerza de gravedad es una fuerza centrípeta y la razón por la cual los planetas se ven continuamente desviados de su natural movimiento rectilíneo, retenido a realizar órbitas elípticas. Ya había deducido que la Fuerza central era proporcional al inverso del cuadrado de la distancia y no solo para órbitas circulares o elípticas, sino para hipérbolas y cuadráticas.

Podríamos preguntarnos ¿A qué se debe la dependencia con el inverso del cuadrado de la distancia?. La respuesta a esta interrogante está asociada a las dimensiones del espacio que tiene nuestro Universo y a su forma. Supongamos que tenemos una fuente de luz que irradia y extiende su energía por igual en todas direcciones y para este caso en un espacio de 3 dimensiones; podemos observar que se forma una esfera y a medida que nos movemos sobre su radio, la intensidad de la luz por unidad de área atravesada de la esfera disminuye proporcionalmente al inverso del cuadrado de la distancia. Con la gravedad ocurre este fenómeno pues es válido para cualquier tipo de fuente en donde su efecto se reparte uniformemente en todo el espacio. En la figura se representa cómo a un radio de  $2r$ , la intensidad de la fuerza disminuye como el inverso del cuadrado de la distancia a  $r$ , ¿cuando estamos a un radio de  $3r$  es? y así sucesivamente. Esta relación se conoce como **ley del inverso del cuadrado de la distancia**.



**26.10.** Fuente de luz, por ejemplo el Sol y una sección transversal de la esfera que muestra el área que debe atravesar un rayo de luz a largo de la radio por unidad de área.



Cuando Newton plantea la segunda ley no llega directamente a la igualdad, más bien deja planteada la relación de la Fuerza de gravedad en términos de la proporcionalidad con el inverso del cuadrado de la distancia. Al notar que es una fuerza de tipo central deduce que también debe ser proporcional a la cantidad de materia del cuerpo. Entonces, al ser la fuerza de gravedad aceleradora, la masa ha de estar integrada en la expresión, quedando de la siguiente forma:

$$F_g \propto \frac{m}{r^2}$$

Para poder convertir esta expresión en una igualdad se debe colocar en términos de una constante relacionada con la masa. Entonces si en un sistema de dos masas evaluamos la interacción tenemos que:

$F_g = K_s \frac{m}{r^2}$  será la fuerza que hace el cuerpo de mayor masa, digamos el Sol sobre la masa menor. Del mismo modo el objeto de menor masa, por ejemplo un planeta atraerá al Sol, solo que la constante será en términos de la masa de este cuerpo.

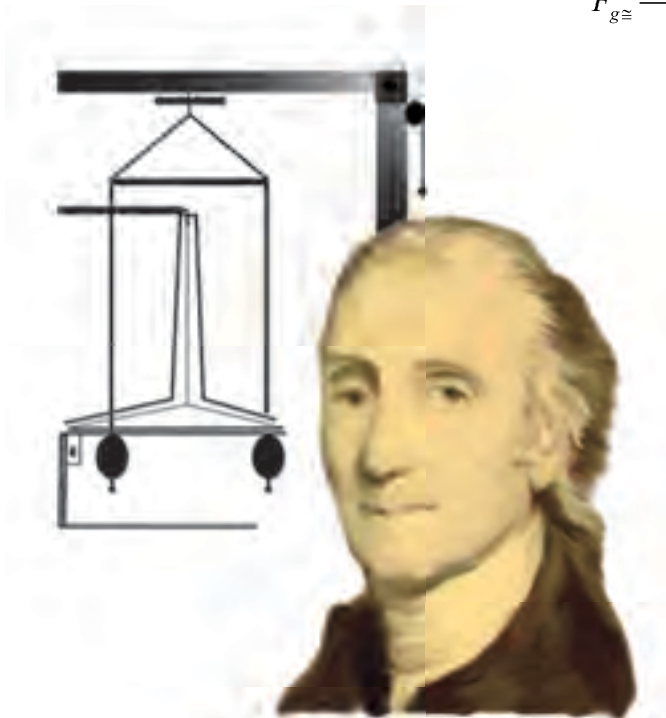
$$F_g = K_p \frac{M}{r^2}$$

Por la tercera ley de Newton, al relacionar estas dos expresiones tenemos que:

$$K_s m = K_p M \rightarrow K_s = \frac{K_p}{m} M \rightarrow K_s = K_G M$$

Entonces de manera aproximada tenemos que la ley de gravitación universal será:

$$F_g \cong \frac{K_G M m}{r^2}$$



El valor de  $K_G$  es conocida hoy en día como la constante de gravitación universal  $G = 6,6720 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{k}^2$  y que fue calculado por Cavendish en 1798.

Este nivel de comprensión del concepto de fuerza y de la naturaleza de la fuerza de gravedad, permitió a Newton perfeccionar las leyes de movimiento planetario planteados por Kepler; pues a partir de la dinámica existente en el sistema planetario demuestra las relaciones cinemáticas de los mismos.

**Figura 26.11.** Balanza de torsión inventada por Cavendish y que sirvió para medir la constante de gravitación universal.

Newton demuestra la tercera ley de Kepler a partir de la consideración de una trayectoria circular descrita por cualquier objeto de masa  $m$  alrededor de otro cuerpo de masa mayor  $M$ . Sabemos que la velocidad tangencial será:

$$v_T = \frac{2\pi r}{T}$$

Siendo la fuerza de gravedad una fuerza de tipo central, tenemos que:

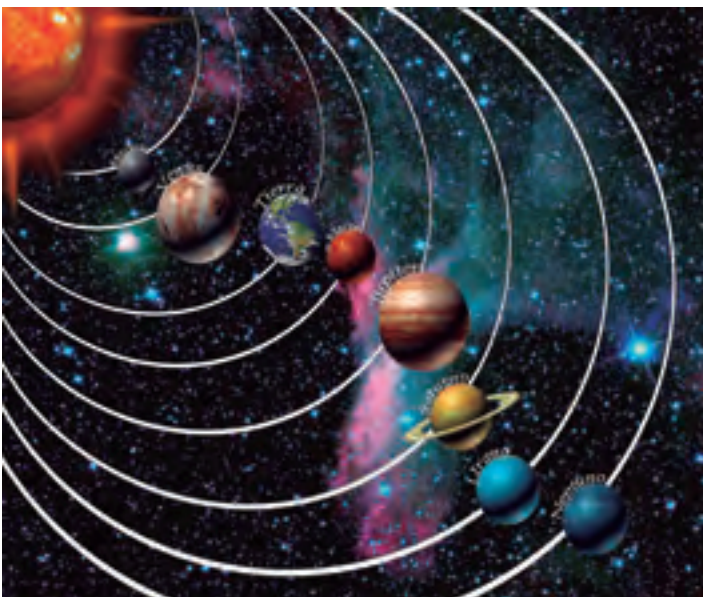
$$F = ma_c = m \frac{v^2}{r} = \frac{m \left( \frac{2\pi r}{T} \right)^2}{r} = \frac{4\pi^2 r m}{T^2}$$

Como la  $F$  es a su vez  $F = \frac{K}{r^2}$ , tenemos que  $\frac{K}{r^2} = \frac{4\pi^2 r m}{T^2}$  al despejar de aquí el periodo:

$$T^2 = \frac{4\pi^2 m}{K} r^3$$

Esta expresión es válida para cualquier tipo de órbita, y además es válida para cualquier satélite que gire alrededor de un centro masivo.

Es importante destacar que el Sol no es el único agente que ejerce atracción sobre los planetas, pues entre ellos también se establecen atracciones mutuas cumpliendo con la tercera ley de Newton, solo que sus efectos resultan pequeños en comparación con el del Sol, que por tener una masa mucho mayor domina sobre los demás. Sin embargo, para el siglo XIX hubo evidencia observacional que mostraba que algunos planetas, concretamente Urano, presentaba ciertas perturbaciones en su trayectoria y sin querer cuestionar la ley de gravitación universal, se calculó que debía existir un octavo planeta causante de este hecho. Y en efecto se evidenció la presencia de dos planetas más Neptuno y tiempo después Plutón. Hoy en día Plutón es considerado un planeta junto con otros hallazgos que se encuentran todavía más lejanos a este.



La fuerza gravitacional o Gravitación es una de las fuerzas dominantes en el Universo pues explica desde el movimiento de planetas hasta el colapso o formación de estrellas y aunque las masas que están involucradas son muy grandes, resulta ser la más débil de las cuatro fuerzas fundamentales en la naturaleza.

*Figura 26.12. Imagen del Sistema Solar actual que muestra los 8 planetas principales y un planeta enano. Se pueden notar secciones de la trayectoria elíptica que recorren a lo largo del Sol.*



## ¿Cuánto vale la aceleración de nuestro satélite natural: la Luna?

Newton supuso que la fuerza que hacía posible el movimiento circular de la Luna alrededor de la Tierra es la misma fuerza que actúa en la caída libre de los cuerpos cercanos a la superficie terrestre. Entonces si esta es la única fuerza actuando sobre un cuerpo que se encuentra a una distancia  $r$  de la Tierra tenemos que:

$$F = \frac{GM_T m}{r^2} \rightarrow \frac{F}{m} = a = \frac{GM_T}{r^2}, \text{ la}$$

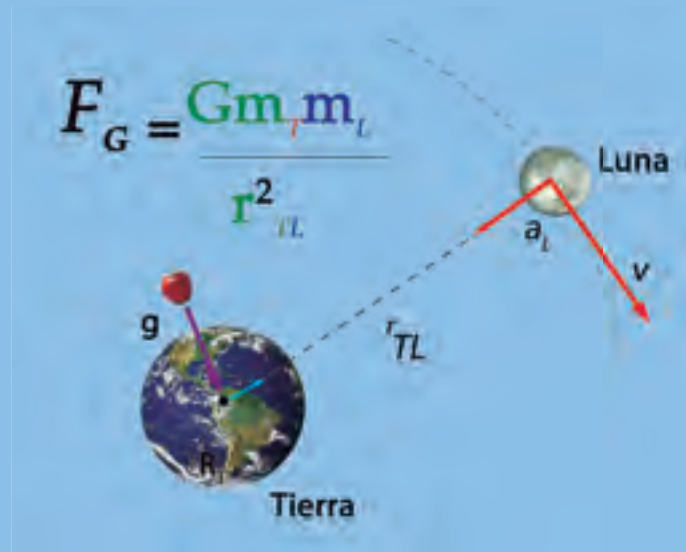
distancia a la Luna es aproximadamente  $60 R_T$ , nos queda que :

$$a = \frac{GM_T}{(60R_T)^2}$$

Para cuerpos cercanos a la superficie,  $r^2$  se puede aproximar al radio de la tierra, de manera que la aceleración que sufren es la de la gravedad y se puede escribir como:  $g = \frac{GM_T}{R_T^2}$  al sustituir en la expresión de  $a$ , nos queda que :  $a = \frac{g}{60^2}$ . La aceleración de gravedad terrestre es entonces  $60^2$  veces la aceleración centrípeta de la Luna.

### ¿Sabías que...?

Las mareas son un fenómeno que resulta como consecuencia de la fuerte acción que tiene la Luna sobre la Tierra. En su movimiento alrededor de la Tierra cuando se encuentra más cerca de un lado que de otro, ocasiona un apilamiento de marea.



*Figura 26.13. Diagrama de Interacción entre la Tierra y la Luna, a un radio de separación que es medido desde sus respectivos centros geométricos. Newton demostró que la fuerza gravitacional es la causa de la aceleración de la Luna y de la manzana*

Como una actividad de verificación podrías tratar de comparar el valor anterior, con el valor de la aceleración centrípeta de la Luna calculado a partir de  $a_c = \frac{v^2}{r}$ .

En la resolución de este problema se ha supuesto que los dos cuerpos celestes son partículas, y esta consideración es correcta pues las distancias que se trabajan son muy grandes en comparación con las distancias cercanas a la superficie terrestre. Del mismo modo se pueden considerar como partículas a los planetas con respecto al Sol.

## Campo Gravitacional

Hasta ahora en la Gravitación se está considerando que las fuerzas recíprocas que se ejercen las masas es consecuencia de una interacción directa entre ellas aunque no se encuentren en contacto. Y a esta situación se le conoce como **acción a distancia**. Este supuesto se puede entender desde la idea de la acción del campo, un concepto en el que se considera que los cuerpos modifican el espacio que los rodea, creando un campo de acción, en este caso un campo gravitacional un campo de fuerzas. De manera que si una partícula cualquiera se introduce dentro del campo de fuerzas de una masa  $m$ , sentirá una fuerza. Este concepto resulta como el intermediario en la concepción de fuerzas entre cuerpos.

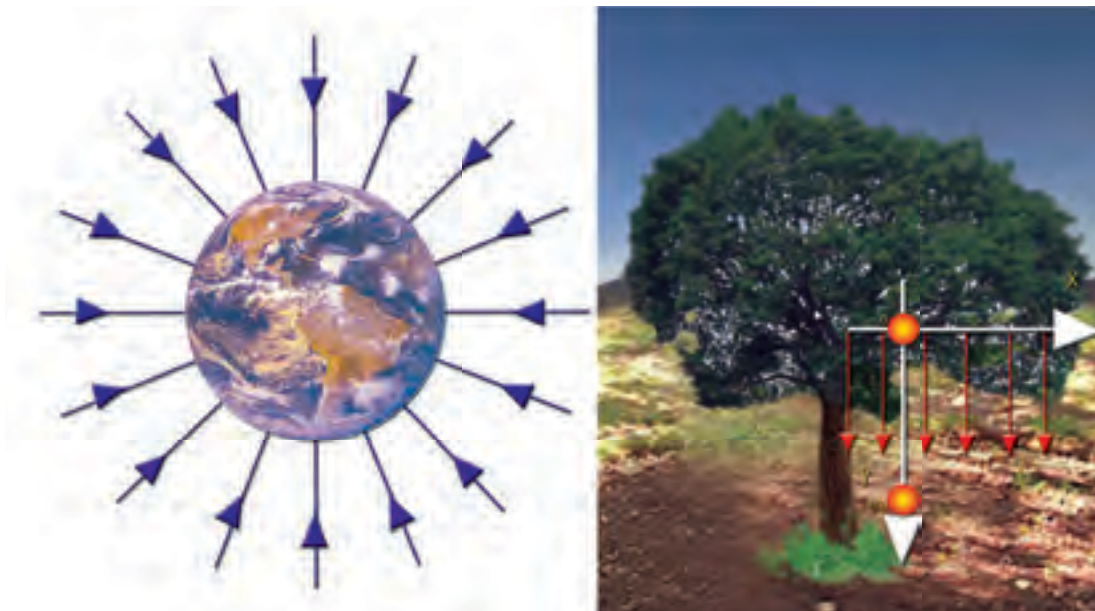
La modificación del espacio, esta perturbación que realizan los cuerpos, es igual a la fuerza por unidad de masa. Conocido el valor del campo, se puede determinar el valor de la fuerza. Considerando que la masa que se coloca para medir el campo es tan pequeña comparada con la de la masa que lo genera que no afecta la distribución original ( $m \rightarrow 0$ ). Operacionalmente el campo gravitacional  $\vec{g}$ , generado por una masa  $M$ , en interacción con una masa  $m_i$ , se plantea de la siguiente manera:

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}_g}{m_i \rightarrow 0} \rightarrow \vec{F}_g = m_i \cdot \vec{g}$$

Como:  $\vec{F}_g = -\frac{GmM}{r^2} \hat{r}$

Entonces:  $\vec{g} = \frac{-\frac{Gm_0M}{r^2} \hat{r}}{m_0} \rightarrow \vec{g} = -\frac{GM}{r^2} \hat{r}$

En la figura 26.14 se muestra vectores del campo gravitacional terrestre "imaginados" desde el espacio y desde la superficie.



**Figura 26.14.** a) Los vectores de campo gravitacional terrestre actúan sobre los cuerpos dirigidos al centro de la Tierra, su valor disminuye en cuanto más nos alejamos. b) Cuando estamos en su superficie, notamos a estas fuerzas en dirección vertical hacia abajo si colocamos el sistema de referencia en el lugar donde se inicia la interacción y su valor se mantiene aproximadamente constante en todos los puntos cercanos a la superficie.



## Calculemos el campo gravitacional terrestre

Si tomas la masa de la Tierra con un valor estimado de  $5,94 \cdot 10^{24}$  kg y la distancia desde el centro de la Tierra hasta cualquier objeto cuya masa es muchísimo menor que la de la Tierra, como 6.370.000 m aproximadamente igual para todos los cuerpos cercanos a su superficie. Puedes calcular el valor numérico del campo gravitacional.

$$\vec{g} = \frac{Gm_T}{d_{T,m}^2} \hat{r} \cong 9,8 \text{ m/s}^2 \hat{r}$$

¡Sorprendente! Es aproximadamente igual al valor de la aceleración de la gravedad,  $g$ , que ya conoces. Por esta razón podemos decir que la Tierra genera alrededor de su superficie un campo gravitacional que siempre apunta hacia el centro de la misma y cuyo valor se mantiene aproximadamente constante. El valor es aproximado ya que depende de la distancia al centro de la Tierra y por esta no ser totalmente esférica este valor puede cambiar un poco con la altitud y la ubicación geográfica del objeto.

Una de las dificultades que presenta la ley gravitatoria de Newton tiene que ver con el tiempo que tarda en establecerse la interacción. Por ejemplo, si en un determinado momento la Luna se alejara de la Tierra, ¿Cuánto tiempo tardaría nuestro planeta en “sentir” la nueva fuerza gravitacional?, de acuerdo con Newton sería de inmediato, es decir, la acción gravitatoria tendría velocidad infinita!

Einstein resuelve esta dificultad cambiando la visión del espacio estático y rígido de Newton por uno flexible, capaz de deformarse por la presencia de objetos masivos. Junto con esta concepción y su postulado de la velocidad de la luz constante y máxima velocidad posible en el Universo, un cuerpo está en interacción con otro cuando entra en la curvatura, o sea en el campo gravitatorio. Incluso la luz puede verse deformada por estos campos. Este supuesto se logró verificar cuando Arthur Eddington en un eclipse solar el 29 de mayo de 1919 fotografió el evento, y notó que las estrellas que están cerca del Sol se encontraban ligeramente desplazadas. Estos planteamientos se encuentran en la Teoría General de la Relatividad desarrollada por Einstein en 1916.

### ¿Sabías que...?

La teoría de Albert Einstein permite plantear que una masa muy grande y concentrada en una región finita del espacio puede generar una curvatura tan grande, es decir, un campo gravitatorio tal que ninguna partícula o la luz puedan escapar de este. Estas regiones del espacio son llamadas agujeros negros.





## El movimiento de los satélites



Como ya se ha mencionado en otras lecturas, una de las aplicaciones directas que tenemos de la gravitación es la posibilidad de tener satélites artificiales que favorecen a la humanidad por sus funciones comunicacionales como la radio y la televisión e incluso para predecir el clima en cualquier parte del mundo. Un tipo de satélite es el geostacionario, nombrado así pues se encuentra siempre sobre el mismo punto de la Tierra. Conocida la ley de gravitación calcula la altura a la que se debe encontrar en órbita un satélite de este tipo, la rapidez lineal que tiene.

La fuerza resultante que actúa sobre este satélite es la gravitación, entonces aplicando la segunda ley de Newton

$F = ma \rightarrow \frac{Gm_{sat}M_T}{r^2} = m_{sat}a$  la aceleración es centrípeta, y si la escribimos en términos del período tenemos que considerar que al ser de tipo geostacionario, gira con la Tierra y por lo tanto su período de revolución será 1 día:

$$\frac{Gm_{sat}M_T}{r^2} = \frac{m_{sat}v^2}{r} \rightarrow \frac{GM_T}{r^2} = \frac{4\pi^2 r^2}{rT^2} \rightarrow r^3 = \frac{GM_T T^2}{4\pi^2} \rightarrow r = 7.54 \times 10^{22} m$$

La altura o distancia radial a la que se debe encontrar el satélite es  $7.54 \times 10^{22} m$ .

Para obtener la velocidad lineal del satélite puedes verificar que aplicando directamente la relación  $v = \frac{2\pi r}{T}$  o del mismo análisis dinámico del que obtendrás:

$$v = \sqrt{\frac{GM_T}{r}} = 3070 m/s$$

Supongamos ahora que tienes el satélite a unos 200 km de la superficie de la Tierra. Calcula el valor de la velocidad en esta nueva posición con el valor anterior.

La Ley de gravitación Universal e incluso las leyes de Kepler sirven también para calcular las trayectorias de cometas y de muchos otros "objetos del espacio".

### ¿Sabías que...?

El cometa Halley debe su nombre a un amigo de Newton que habiendo consultado con él sobre la dependencia del inverso del cuadrado de la distancia logró calcular la órbita de un cometa cuyo tiempo orbital está en 75 y 76 años. La última vez que se observó fue en el año 1986.

## De una creencia a una filosofía: Una cosmovisión

Hemos estudiado a lo largo de este hilo histórico de la comprensión del Universo, cómo la humanidad ha ido interpretando y relacionando lo observable en la Tierra con lo observable desde la Tierra hacia el espacio, dando paso a la consolidación de teorías y filosofías cuyas aplicaciones han favorecido a las sociedades del mundo.

El conocimiento y la curiosidad del funcionamiento del Cosmos al que pertenecemos ha sido desde tiempos de la Antigüedad una motivación para la humanidad y que siempre logró materializar en actividades favorables para la comunidad, de allí tenemos los primeros calendarios solares y lunares que regían las prácticas de los antiguos. Hoy tenemos grandes telescopios y estaciones espaciales.

Incluso las investigaciones más recientes sobre el origen del Universo y cómo se formaron las primeras partículas que nos componen, arrojan que en el instante en el que ocurre la “gran explosión” y el Universo se empieza a formar existía una partícula única conocida como la “partícula de Dios” o el boson de Gibbs, cuya existencia nos permitiría entender la procedencia de la masa en el Universo y de la masa que compone a las partículas conocidas.

Todos estos acontecimientos de la ciencia de hoy en día, ¿Significa que dejan atrás leyes y principios tan importantes como la Ley de Gravitación? La respuesta es muy sencilla y tiene que ver con todos los logros que hemos alcanzado en nuestra actualidad; sabemos que caemos porque hay una fuerza de gravedad y que las interacciones entre nosotros y las superficies nos permiten nadar, caminar, volar, pero también esas leyes han sido aplicadas en la construcción de nuestras viviendas, edificios, grandes e importantes estructuras energéticas, satélites artificiales para las comunicaciones con el mundo, es decir, la misma Ley de Gravitación junto con los otros enunciados de interacciones de Newton, que explican desde la dinámica inmediata que tenemos hasta la de sistemas macroscópicos como el Sistema Solar, estará siempre vigente.



### Observando el Universo nocturno de tu región

Organiza con tus compañeras y compañeros de clase y acompañados de tu docente del área, una salida de campo para un lugar que te permita visualizar la mayor cantidad de estrellas en el firmamento. Te recomendamos que te prepares con un mínimo de equipo de campamento como linternas, si consiguen telescopio sería mejor. Una vez ubicados, cada estudiante deberá seleccionar un cuadrante del cielo, escogiendo las cuatro estrellas más brillantes como referencia. Observa cómo se mueven las estrellas a lo largo de la noche. Traten de construir en papel el cielo nocturno juntando todos los cuadrantes que vieron. ¿Hacia dónde se está moviendo el Universo desde tu ubicación?, ¿lograste ver algún planeta?, ¿se movieron dichos planetas a lo largo de la noche? Socializa tus observaciones con el resto de tus compañeros en función de las teorías aquí estudiadas.



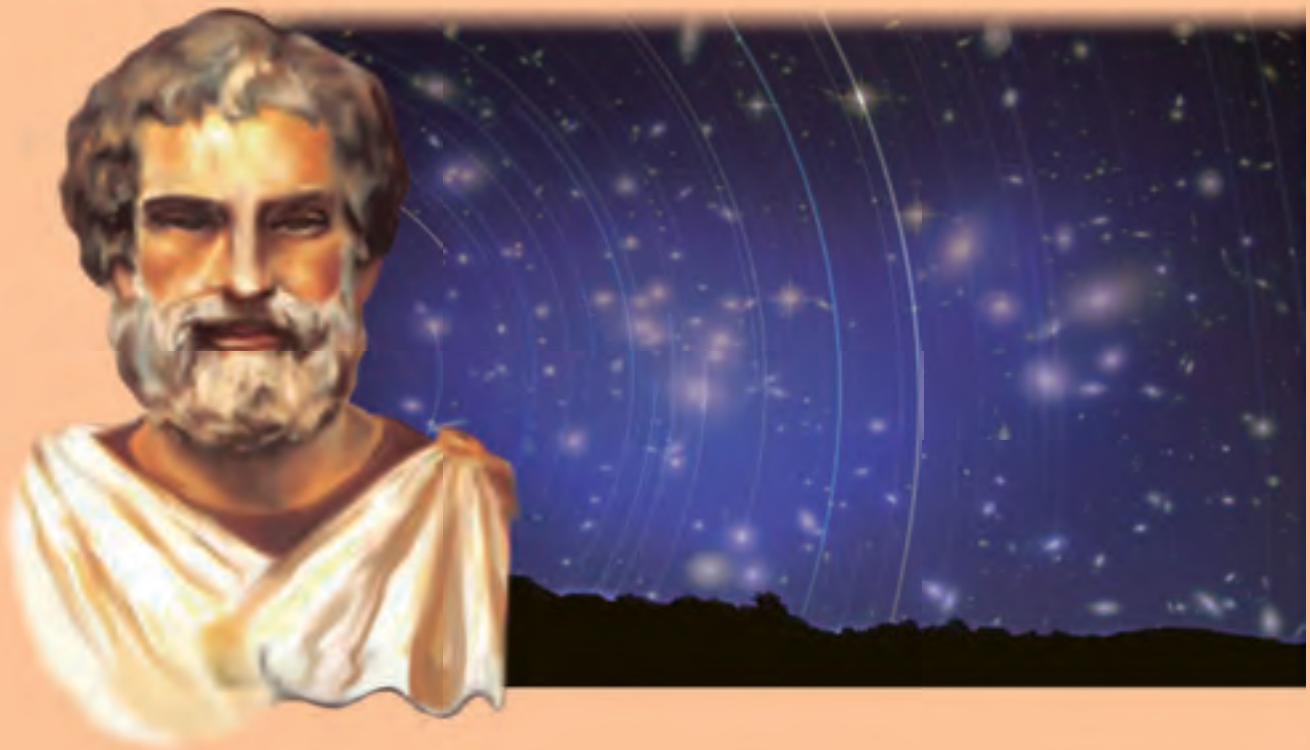
## Actividades de autoevaluación

1. ¿En cuánto disminuye la fuerza gravitacional entre dos cuerpos si se duplica su distancia de separación?, ¿Y si se triplica?
2. ¿Por qué podemos decir que la Luna está cayendo hacia la Tierra?, ¿Podemos decir lo mismo de los planetas y el Sol?
3. ¿Cuál es la aceleración de la gravedad en la superficie de un planeta que tiene su radio igual a la mitad del de la Tierra y la misma masa?
4. El radio de la órbita terrestre es de  $1.496 \times 10^8$  m y el de Urano es de  $2.871 \times 10^9$  m, ¿Cuál es el periodo de Urano?
5. El periodo de Marte es de 687 días terrestres o 1,88 años. Determina la distancia a Marte desde el Sol, en términos de la distancia de la Tierra.
6. Calcula la fuerza gravitacional de la Tierra sobre una nave espacial que se encuentra a 12.800km sobre la superficie terrestre, si su masa es de 1.350kg.
7. ¿Cuál es el valor de la aceleración debido a la gravedad, en objetos que caen libremente desde la cima del monte Everest a 8850m?
8. Un cometa realiza una órbita elíptica de periodo 127,4 años. Si el acercamiento máximo del cometa al Sol es de 0,1 UA, ¿Cuál es la distancia máxima al astro?
9. Utiliza las leyes de Kepler y el periodo de la Luna de 27,4 días para calcular el periodo de un satélite artificial que orbita muy cerca de la superficie de la Tierra.
10. El peso de una manzana cerca de la superficie de la Tierra es de un newton. ¿Cuál es el peso de la Tierra en el campo gravitacional de la manzana.
11. Si según las leyes de Kepler, la Tierra se mueve más rápido cuando esta cerca del Sol que cuando esta más alejado, ¿La duración del invierno y verano es la misma en ambos hemisferios?
12. Si la excentricidad de la órbita de la Tierra es de 0,017, y su perihelio se encuentra a  $147,5 \times 10^6$  km del Sol, ¿A que distancia se encuentra en su afelio?.



**13.** En la siguiente página web encontrarás un simulador llamado stellarium que te permite ver el cielo nocturno en diferentes localidades y a diferente hora. Podrás disfrutar del movimiento planetario y sus satélites, conocer las constelaciones y muchas más curiosidades <http://www.stellarium.org/es/>

**14.** Realiza una investigación documental histórica, sobre las evidencias de la teoría geocéntrica y heliocéntrica.



En situaciones de la vida diaria haces uso de las palabras energía y trabajo. Seguramente, escuchas expresiones como: ¡Ahorra energía, no la malgastes!, ¡Se necesita mucha energía para ese trabajo! Una persona puede realizar trabajo gracias a la energía que le proporcionan los alimentos. Un carro puede subir una cuesta por el combustible que le ponemos. ¿Qué es energía? ¿Qué es trabajo? La energía no es ni sustancia ni materia, en realidad es un concepto, una abstracción, y en el lenguaje de la ciencia más que decir qué es, nos interesa saber acerca de la energía y la relación íntima que guarda con procesos como el trabajo y el calor.



La energía puede manifestarse de muchas maneras, por ello le damos distintos nombres: Energía solar que captamos mediante paneles fotovoltaicos, Energía hidráulica al caer el agua, Energía eólica de la fuerza del viento, Energía eléctrica del movimiento de cargas eléctricas, Energía química almacenada en combustibles y alimentos, Energía nuclear liberada por la fusión o fisión de núcleos en un reactor atómico,... Todas estas denominaciones pueden describirse mediante dos formas de energía: Cinética relacionada al movimiento y Potencial relativa a la posición de los cuerpos.

La energía se transforma constantemente, por ejemplo, la energía potencial del agua almacenada en un embalse, se transforma en energía cinética al caer de cierta altura y al chocar con unas paletas hace rotar una turbina donde se transforma en energía eléctrica, la cual a su vez se distribuye a distintos centros de consumo.

La energía se transfiere, por ejemplo al poner en contacto un cuerpo caliente con otro frío. El primero se enfría y el segundo se calienta.

En esta lectura continuarás con el desarrollo de tu comprensión sobre la energía y el trabajo en relación con diversas situaciones del entorno.

## ¡Qué trabajo!

La energía desempeña un rol importante en el desarrollo del mundo actual, debido a que esta es la que permite realizar un trabajo. En el contexto de la vida diaria habrás oído expresiones como: ¡Arreglar la pared le dio mucho trabajo! ¡Ellos pasaron trabajo! ¡Luisa aprobó su trabajo de tesis! ¡Juan consiguió un buen trabajo! Éstas solo describen acciones o actividades humanas, no tienen significado preciso y menos aun, desde la ciencia.

En particular en física, cuando nos referimos a trabajo, primero establecemos los objetos involucrados en la situación, así delimitamos un **sistema** e identificamos las fuerzas externas que actúan sobre los objetos del mismo. De forma que el **trabajo** depende de dos magnitudes físicas:

1. La **fuerza externa** aplicada sobre el objeto
2. El **desplazamiento** que el objeto realiza

El trabajo efectuado por una fuerza  $\vec{F}$  se define como el producto de la componente de la fuerza paralela al desplazamiento ( $F \cos \theta$ ) y la magnitud del desplazamiento  $\vec{d}$  :

$$W = (F \cos \theta) d$$

Como debes recordar de matemática, esta relación equivale al producto escalar de dos vectores:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = (F \cos \theta) d$$

El resultado de esta operación matemática es una magnitud escalar.

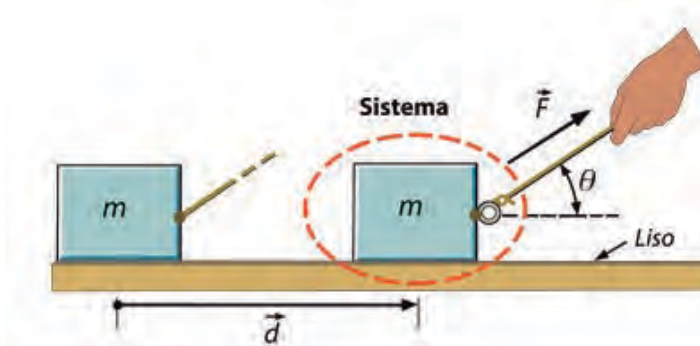


Figura 27.1. Una fuerza sobre un bloque a un ángulo  $\theta$  respecto de la dirección del desplazamiento que realiza trabajo.

En la expresión de trabajo, tanto  $F$  como  $d$  tienen valores positivos. El ángulo  $\theta$  entre la fuerza y el desplazamiento puede variar entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$  ( $0$  y  $\theta$ ), por lo tanto, la función  $\cos \theta$  varía entre  $1$  y  $-1$ , respectivamente. De acuerdo con estos valores podemos distinguir tres situaciones:

Ángulo entre $0^\circ$ y $90^\circ$	Ángulo $90^\circ$	Ángulo entre $90^\circ$ y $180^\circ$
<p><math>0 \leq \cos \theta &lt; 1</math> Trabajo positivo</p>	<p><math>\cos \theta = 0</math> Trabajo nulo</p>	<p><math>-1 &lt; \cos \theta \leq 0</math> Trabajo negativo</p>

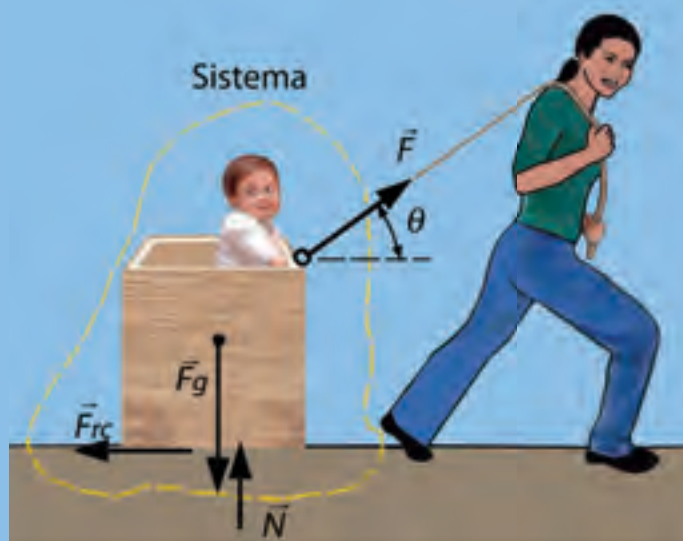
En el caso de un trabajo positivo, el cuerpo gana energía. Mientras que cuando el trabajo es negativo, la energía del cuerpo disminuye.

Hay situaciones en las que se aplica una fuerza sobre un cuerpo pero el objeto no se mueve, es decir, su desplazamiento es cero. Esto significa que el trabajo será nulo. Un ejemplo es el caso de una atleta que sostiene una pesa inmóvil en lo alto o cuando tratamos de empujar un mueble y no logramos moverlo.



## ¡Qué divertido!

Una muchacha quiere llevar a su hermano de paseo, en una cajón. Para arrastrarlo lo hala con una cuerda que forma un ángulo de  $40^\circ$  con la horizontal y ejerce una fuerza de 30 N, logrando desplazarlo una distancia de 3 m. ¿Qué trabajo realizó la fuerza aplicada? Si entre el cajón y el piso actuó una fuerza de roce cinético de 10 N, ¿qué trabajo realizó esta fuerza? ¿Qué trabajo realizaron la fuerza normal de apoyo y la fuerza de gravedad sobre el cajón?



**Figura 27.2.** Sobre el cajón actúan: la fuerza  $\vec{F}$  aplicada mediante la cuerda en un ángulo de  $40^\circ$ , la fuerza de gravedad  $\vec{F}_g$ , la normal  $\vec{N}$ , y la fuerza de roce cinético  $\vec{F}_{rc}$ .

**Análisis:** considerando como sistema al cajón sólo, tenemos que interactúa con la cuerda, con la Tierra y con la superficie del piso. Como resultado, sobre el cajón actúan cuatro fuerzas: la fuerza  $\vec{F}$  aplicada por la muchacha, la fuerza de gravedad  $\vec{F}_g$  aplicada por la Tierra, la de roce  $\vec{F}_{rc}$  en la dirección del movimiento y la normal  $\vec{N}$  en dirección perpendicular a la superficie. Esto puedes verlo representado en el diagrama de la figura 27.2. Aplicando la definición de trabajo podemos dar respuesta a las preguntas.

**Solución:** Utilizando la definición de trabajo, calculemos el trabajo realizado por cada una de las fuerzas externas al sistema (cajón):

Fuerza de la muchacha, $\vec{F}$ :	$W_F = F d \cos 40^\circ = (30\text{N})(3\text{m})(0,81) = 72,8 \text{ J}$
Fuerza de roce cinético, $\vec{F}_{rc}$ :	$W_{F_{rc}} = F_{rc} d \cos 180^\circ = (10\text{N})(3\text{m})(-1) = -30 \text{ J}$
Fuerzas normal, $\vec{N}$ y gravitacional, $\vec{F}_g$ :	$W_N = 0$ y $W_{F_g} = 0$

Estas dos últimas fuerzas no trabajan por ser ambas perpendiculares a  $\vec{d}$ .

Si sumamos estas contribuciones obtenemos el trabajo total realizado sobre el cajón:

$$W_{total} = W_F + W_{Frc} + W_N + W_{Fg} = 72,8 \text{ J} - 30 \text{ J} + 0 \text{ J} + 0 \text{ J} = 42,8 \text{ J}$$

El trabajo total sobre el cajón es positivo, lo que significa que ganó energía. Si determinas la fuerza neta que actúa sobre el cajón, y luego el trabajo realizado por esta fuerza obtendrás el mismo resultado. Verifícalo.

## El trabajo de fuerzas constantes y variables

En muchas situaciones como la del ejemplo anterior, las fuerzas aplicadas no varían durante el desplazamiento, son constantes. Esto ocurre en el caso de la caída de un objeto cercano a la superficie de la Tierra bajo la acción de la fuerza de gravedad. Si representamos en un gráfico la *componente de la fuerza aplicada en la dirección del movimiento*,  $F_x$ , en función de la distancia recorrida, tenemos una recta paralela al eje horizontal que delimita bajo ella un paralelogramo (Figura 27.3).

Al calcular el área del paralelogramo, encontramos que la altura es la componente,  $F_x$ , de la fuerza aplicada y la base es la distancia recorrida  $d$ . Por lo tanto, esta área representa el trabajo realizado por la fuerza  $F$  al desplazarse la distancia  $d$ .

También hay casos en que las **fuerzas varían** durante el desplazamiento del cuerpo. La más sencilla es la que se aplica para estirar o comprimir un resorte. Esta fuerza de elasticidad ejercida por el resorte sobre el agente externo, es proporcional a la deformación del resorte, para cierto rango de deformaciones que se conoce como la ley de Hooke,  $F = -kd$ , (constante de proporcionalidad que depende del material que se deforma).

Recuerda que el signo negativo indica que la fuerza elástica del resorte es en dirección opuesta al desplazamiento, ya sea que se estira o se comprime.

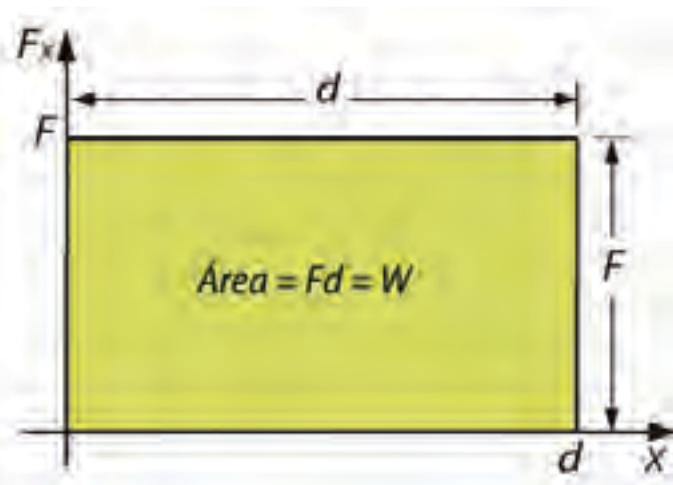
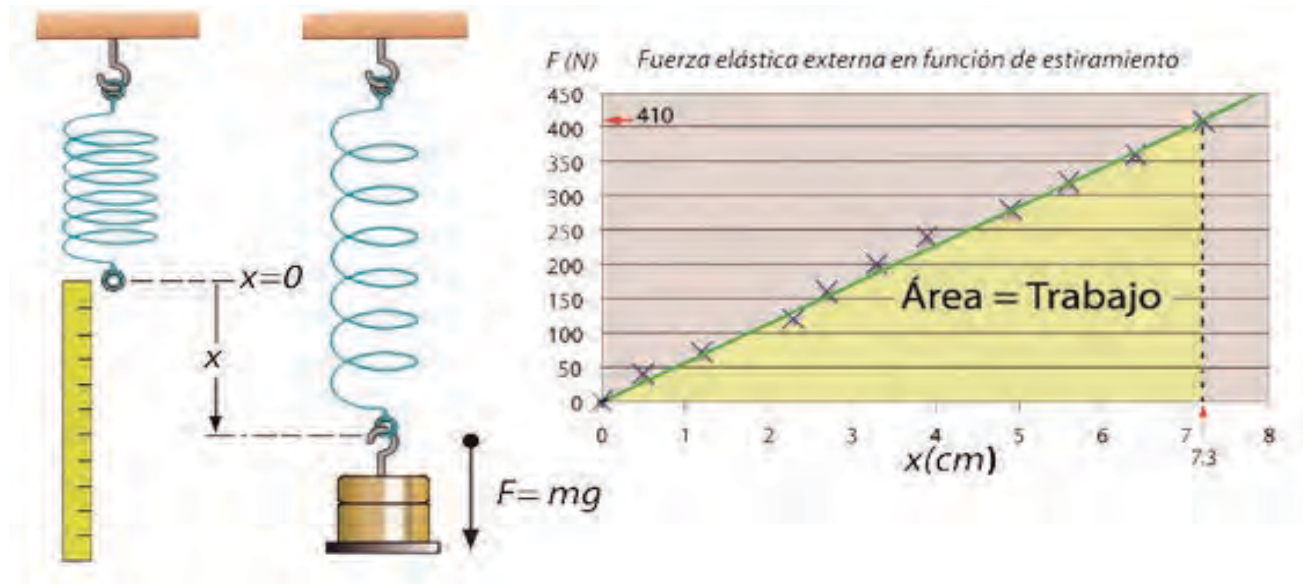


Figura 27.3. Representación gráfica de la componente de la fuerza en función de la distancia. El área bajo la curva representa el trabajo realizado.

Consideremos un estudio experimental en el que a un resorte colgado se le van suspendiendo gradualmente pesas. El gráfico de *la fuerza aplicada sobre el resorte* en función del alargamiento  $x$  se muestra en la figura 27.4. Los datos tienen un porcentaje de error, sin embargo, podemos apreciar que en este rango de deformaciones la fuerza aplicada y el estiramiento son proporcionales. Esto nos permite construir la línea recta (verde) que mejor se ajusta a esta relación lineal.



**Figura 27.4.** Representación gráfica de la fuerza elástica sobre un resorte en función del alargamiento. El área del triángulo amarillo representa el trabajo realizado por la fuerza.

Para  $x = 0$ , la fuerza es cero y para  $x = d$ , la fuerza es  $kd$ , de modo que su valor promedio es  $\bar{F} = kd / 2$ . El trabajo realizado en estirar el resorte en una distancia  $d$  es:

$$W = \bar{F}d = \frac{kd}{2} d = \frac{1}{2}kd^2$$

Se observa que el trabajo está representado por el área de la región bajo la recta, la cual es un triángulo rectángulo. La base del triángulo es el máximo estiramiento  $d = 0,073$  m, y la altura es la fuerza elástica que fue aplicada 410 N,  $F = kd$ . El trabajo es:

$$W = \text{Área} = \frac{1}{2} (0,073\text{m}) (410\text{J}) = 15 \text{ J}$$

En general, el trabajo realizado por una fuerza, sea constante o variable, se puede calcular mediante el área bajo la "curva" que representa la relación entre la fuerza aplicada y el desplazamiento en la misma dirección.

## Más o menos potente

En la vida cotidiana y en los centros de producción nos interesa más saber que tan aprisa se realiza un trabajo que su valor en sí mismo. Cuando adquirimos un auto, un taladro eléctrico, un montacargas, una bomba de agua, y otros equipos, preguntamos por la rapidez con la cual realiza su tarea, su trabajo.

Esta rapidez con la cual se realiza un trabajo se denomina **potencia**. La potencia es una magnitud escalar y se expresa como el cociente entre el trabajo realizado y el tiempo invertido en ello.

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo realizado}}{\text{Tiempo empleado}} \quad P = \frac{W}{\Delta t}$$

Recuerda que la unidad de potencia en el Sistema Internacional es el watt (W). Se desarrolla una potencia de 1 watt cuando se realiza un trabajo de 1 Joule en cada segundo:  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ .

Ya vimos que el trabajo es una medida de la transferencia de la energía, por lo tanto la potencia también puede expresar cuán rápido se transfiere energía. El concepto de potencia nos resulta familiar, por ejemplo, los bombillos son adquiridos según su potencia: 40 W, 100 W,... Cuando un bombillo es de 60 watts estamos diciendo que 60 Joules de energía eléctrica se transforman cada segundo en energía luminosa y térmica.

A veces conviene expresar la potencia en términos de la fuerza neta aplicada a un objeto y de su velocidad. Si el trabajo es hecho por una fuerza constante, la potencia en términos de la fuerza  $F$  y la velocidad  $v$  es:

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{Fd}{\Delta t} = Fv$$

En donde se considera que la fuerza está en la dirección del desplazamiento (si no es así habría que tomar la componente de la fuerza en esa dirección).

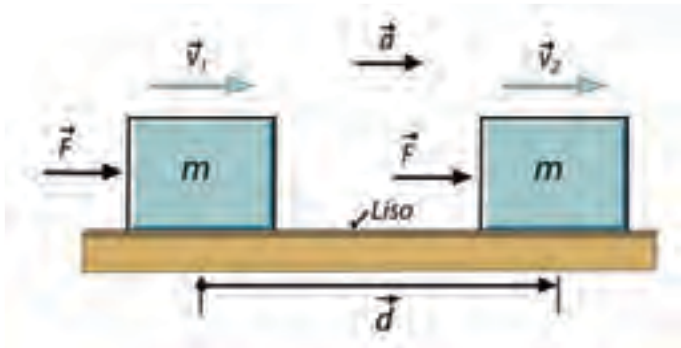


*Figura 27.5. Igual potencia en los dos casos, mucha fuerza poca velocidad y viceversa.*

Quando te montas en una bicicleta, habrás observado lo fácil que es pedalear muy rápido, aplicando a la rueda trasera una fuerza de tracción pequeña si vas cómodamente por una carretera plana, pero cuando tienes que subir una cuesta, para utilizar tu potencia, debes aplicar una fuerza muy grande, sacrificando tu velocidad.

## La energía cinética y el trabajo andan juntos

Veamos cuáles serían los efectos cinemáticos de una fuerza horizontal constante  $\vec{F}$  que realiza un trabajo sobre un bloque de masa  $m$  que desliza sobre una superficie sin fricción.



**Figura 27.6.** Un bloque se desplaza una distancia  $d$  sobre una superficie lisa, bajo la acción de una fuerza constante en la misma dirección del desplazamiento.

Sabemos que, de acuerdo a la 2da ley de Newton, la aceleración que adquiere el bloque está dada por:  $\vec{F} = m\vec{a}$ . Si la fuerza  $\vec{F}$  y el desplazamiento  $\vec{d}$  quedan en la misma dirección, el trabajo realizado es:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = (F \cos 0^\circ)d = (ma)d$$

Como la aceleración  $a$  es constante, podemos usar las expresiones de cinemática que relacionan la velocidad final  $v_2$  con la inicial  $v_1$ , durante el desplazamiento  $d$ :

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ad \qquad a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2d}$$

Sustituyendo la aceleración en la ecuación anterior, encontramos la expresión para el trabajo en términos de las velocidades:

$$W = (ma)d = m \left( \frac{v_2^2 - v_1^2}{2d} \right) d = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

La cantidad que aparece en esta expresión ( $E_c = mv^2 / 2$ ) tiene las mismas unidades de trabajo, y la denominamos **energía cinética**. Además, la unidad de medida de la energía cinética en el sistema de unidades SI es el Joule (J), 1 Joule = 1 kg m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>. La notación que usaremos para esta magnitud es  $E_c$ , aunque puedes encontrarla con  $K$ .

En atención a esta relación, por ejemplo, un camión a una cierta velocidad tendrá mayor energía cinética cuando viaja con más carga, y tendrá menor energía cinética cuando con la misma carga viaje a menos velocidad.

La energía cinética es una energía de movimiento y es importante que la distingas de otra magnitud que ya conoces, la *cantidad de movimiento* de un cuerpo. Ambas se relacionan con su masa y su velocidad, pero son dos conceptos diferentes, una es una magnitud escalar, mientras que la otra es una magnitud vectorial ( $\vec{p} = m\vec{v}$ ). Por ejemplo, considera un sistema constituido por dos carros de igual masa que se desplazan con igual rapidez en sentidos opuestos, la energía cinética del sistema será la suma de las energías cinéticas de cada carro, pero como la cantidad de movimiento de los carros son iguales y opuestas, su suma resulta cero. Además,  $\vec{E}$  y  $\vec{p}$  se expresan en unidades diferentes.



La expresión que relaciona el trabajo mecánico con la variación de la energía cinética, la reconocemos como el **teorema trabajo-energía** y expresa que el trabajo  $W$  de la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo es igual a la variación de su energía cinética,  $\Delta E_c$ . Si el trabajo es positivo, el cuerpo gana energía del exterior y su energía cinética final será mayor. Si el trabajo es negativo, el cuerpo cede energía al exterior y su energía cinética final será menor.

**Figura 27.7.** a) Si dejamos caer una pelota desde cierta altura, a medida que cae bajo la acción de la gravedad, la fuerza  $mg$  realiza trabajo positivo y su energía cinética se va incrementando. b) Lanzamos la pelota al aire, a medida que se eleva, la fuerza de gravedad  $mg$  realiza un trabajo negativo y la energía cinética de la pelota va disminuyendo, hasta que alcanza su altura máxima donde se detiene instantáneamente.



## Energía potencial

Seguramente has observado que una piedra al caer desde cierta altura y chocar con el suelo deja una marca, esta es más profunda cuanto más alta sea la altura de caída. Así mismo, alguna vez habrás sentido que al soltar una liga de goma estirada, recibes un golpe sobre tu mano que es mayor cuanto más estirada esté la liga. En ambos casos, estamos en presencia de una forma de energía disponible para realizar un trabajo que se ha denominado **energía potencial**, la notación más común para esta magnitud puede ser  **$U$  o  $E_p$** . La piedra almacenó energía potencial porque la hemos elevado antes de dejarla caer y la liga de goma almacenó energía potencial porque la hemos estirado antes de soltarla.

En el caso de la posición de los objetos respecto de la Tierra hablamos de energía potencial gravitacional debida a una interacción con esta. El agua en las represas o tanques elevados tiene energía potencial gravitatoria almacenada, la cual es transformada al liberarla y caer.



Energía potencial gravitatoria



Energía potencial elástica

En los objetos elásticos como resortes y ligas, al estirarlos o comprimirlos se alteran las posiciones relativas de las partículas que lo conforman, por lo que ganan *energía potencial elástica* (debido a una interacción eléctrica), la cual ceden al volver al estado inicial y recuperar su forma. En general, la energía potencial está asociada a la posición relativa entre objetos dentro de un campo de fuerza, por lo que se establecen relaciones entre la variación de esta energía y el trabajo que realizan las fuerzas.

## Energía potencial y trabajo

Analicemos el caso de un objeto a cierta altura con respecto del suelo, al que lo dejamos caer libremente, es decir, baja la acción de la fuerza gravitacional de la Tierra. Aplicando las leyes de Newton tenemos que la fuerza neta se iguala la fuerza gravitacional ( $F = ma = mg$ ). El trabajo que efectúa esta fuerza sobre el objeto al caer desde una altura inicial  $h_1$  hasta una altura final  $h_2$ .  $d = h_2 - h_1$  es:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d} = (F \cos 0^\circ) d = mg(h_2 - h_1)$$

$$W = mgh_2 - mgh_1$$

Al analizar las unidades en el SI de las magnitudes vemos que en la expresión  $mgh$  resulta Joule, es decir, una unidad de energía. A esta cantidad se le llama energía potencial, por lo tanto:  $mgh_1$  es la energía potencial inicial y  $mgh_2$  es la energía potencial final del objeto. Como el objeto al caer pierde energía potencial debido al trabajo ejercido por la fuerza gravitacional, se expresa la relación anterior como:

$$\text{Trabajo} = -(\text{Variación de energía potencial}) \quad W = -\Delta U$$

Observa que la energía potencial está relacionada con la posición relativa del objeto respecto de la Tierra. Además, el trabajo realizado por la fuerza neta, cuando esta es la gravitacional, es igual a menos la variación de la energía potencial entre las dos posiciones del objeto, y esta relación también es parte del *teorema de trabajo y energía*.

Lo que tiene sentido son las diferencias de energía potencial. Si cambiamos el nivel cero de referencia, la diferencia de alturas ( $h_2 - h_1$ ) tendrá el mismo valor. Cuando asignamos a la altura inicial  $h_1$  el valor cero, y tomamos como referencia a la energía potencial ( $U_1 = 0$ ), tenemos que la energía potencial gravitacional de un cuerpo de masa  $m$  a la altura  $h$  relativa a ese nivel cero es:

$$U_g = mgh$$

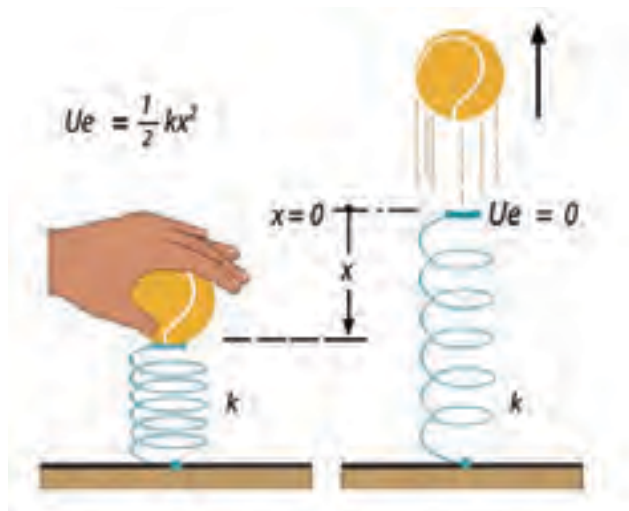
Cuanto mayor sea la masa  $m$  del cuerpo y cuanto mayor sea la altura  $h$  a la que se encuentre, tanto mayor será su energía potencial gravitacional, en consecuencia, tendrá la capacidad de realizar trabajo sobre otro cuerpo con el que interactúe.

Debemos aclarar que para obtener esta expresión hemos supuesto que la fuerza de gravedad,  $mg$ , del cuerpo tiene un valor constante a cualquier altura. Esto es válido para un rango pequeño de diferencia de alturas respecto al radio de la Tierra. Para determinar la energía potencial gravitacional de cuerpos muy distantes de la superficie terrestre, como por ejemplo, nuestro satélite Simón Bolívar, tienes que tomar en cuenta que la fuerza gravitacional del satélite depende del inverso del cuadrado de la distancia  $r$ , hasta el centro de la Tierra y del producto de las masas del satélite y la Tierra.



En el caso de la energía potencial elástica que se almacena en un resorte, podemos determinarla mediante el trabajo que debemos efectuar sobre el mismo para estirarlo o comprimirlo en una cantidad  $x$  respecto a su longitud normal. Ya establecimos antes que este trabajo es:  $W=kx^2/2$ . Tomando en cuenta que para  $x=0$ ,  $U_e=0$ , la energía potencial elástica es:

$$U_e = \frac{1}{2}kx^2$$



**Figura 27.8.** Un resorte puede almacenar energía elástica cuando se le comprime, y esta puede ser utilizada posteriormente para efectuar un trabajo cuando se suelta.

Es decir, la energía potencial elástica es proporcional al cuadrado de la longitud comprimida (o estirada) y es mayor cuanto mayor sea la constante  $k$  del resorte. Esta energía potencial en el resorte se puede emplear para efectuar un trabajo cuando lo liberamos.

En general, al comprimir o estirar un resorte entre dos posiciones  $x_1$  y  $x_2$ , tenemos que la relación trabajo ejercido por el resorte y la variación de energía potencial elástica será igual a:

$$W = -F(x_2 - x_1) = -\left(\frac{1}{2}kx_2^2 - \frac{1}{2}kx_1^2\right)$$

## Unas fuerzas son conservativas y otras son disipativas

Cuando cargas una caja que quieres subir hasta la altura  $h$  de la azotea de tu edificio, es indiferente si la llevas en una ruta de zigzag subiendo por las escaleras del edificio o si decides elevarla jalándola directamente desde arriba con una cuerda. La energía potencial final que adquiere la caja será la misma en ambas situaciones ( $U_g = mgh$ ). La razón es que podemos considerar que la trayectoria está constituida de una sucesión de pequeños tramos horizontales y verticales, y como la fuerza de gravedad apunta verticalmente hacia abajo, a los efectos de su trabajo lo que importa es la componente vertical del desplazamiento en cada uno de estos tramos, ya que en los tramos horizontales la  $F_g$  no ejerce trabajo. Así pues, la energía potencial gravitatoria depende únicamente de las alturas verticales, no depende de la ruta que se siga para ir de una posición a la otra.

Las fuerzas como la de la gravedad y también la fuerza elástica de un resorte, para las cuales el trabajo no depende de la trayectoria recorrida, sino tan solo de las posiciones inicial y final, reciben el nombre de **fuerzas conservativas**. Cuando estudies las fuerzas eléctricas, verás que esta también es una fuerza conservativa.

Otras fuerzas existentes en la naturaleza no poseen esta propiedad, ya que su trabajo sí depende del camino recorrido. La más conocida es la *fuerza de fricción*. Cuando arrastramos una caja desde una posición a otra sobre un piso horizontal rugoso, se realiza un trabajo mayor si lo hacemos en una ruta curva o en zigzag que si seguimos una ruta más corta por una trayectoria recta. Estas fuerzas cuyo trabajo depende del camino recorrido se denominan **fuerzas no conservativas o disipativas**. Para las fuerzas disipativas no tiene ningún sentido hablar de energía potencial, razón por la cual hacemos esta distinción. La energía potencial se puede definir únicamente si la fuerza es conservativa, campos de fuerzas conservativas.

## Las energías se transforman

Vimos que el trabajo realizado por una fuerza para elevar un objeto hasta una altura  $h$  permitió que este, ganara energía potencial gravitacional ( $U_g = mgh$ ). Esta energía fue transferida al sistema Tierra-objeto por la persona que subió el objeto. La energía potencial que adquirió el sistema está almacenada y disponible para ser utilizada. ¿Qué sucederá si ahora soltamos el objeto?

La fuerza de gravedad  $m\vec{g}$  aplicada sobre el objeto hacia abajo es conservativa, y realiza un trabajo que, de acuerdo al **teorema del trabajo-energía** provoca un incremento en su energía cinética ( $W = \Delta E_c$ ). A medida que el objeto va cayendo, su energía cinética va aumentando, al mismo tiempo este trabajo produce una disminución en la energía potencial gravitacional. Así que, si ignoramos las fuerzas disipativas como la fricción con el aire, en todos los puntos de la trayectoria de caída, la ganancia de energía cinética será igual a la disminución de la energía potencial ( $\Delta E_c = -\Delta U_g$ ). Esto significa que la suma de las energías cinética y potencial del sistema en cualquier posición del cuerpo durante su caída es constante y lo denominamos energía mecánica ( $E = U_g + E_c$ ):

*Energía mecánica inicial = Energía mecánica final*

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + U_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + U_2$$

Esto es un ejemplo de conservación de la energía. Esto también se cumple para un sistema masa-resorte y en general, para todos los sistemas conservativos. Podemos ahora enunciar la **ley de conservación para la energía mecánica**:

**La energía mecánica total permanece constante en cualquier sistema aislado de objetos que interactúan sólo a través de fuerzas conservativas.**

A continuación analizaremos dos situaciones:

**1. Se le cayó el morral.** A una estudiante se le cae el morral con los útiles desde la azotea del liceo que está a una altura de 6 m respecto del suelo. Afortunadamente, un compañero que estaba abajo se da cuenta y lo atrapa en el justo momento en que iba a chocar con el suelo. La masa del morral incluido su contenido es 7,5 kg.

- ¿Cuál es la energía total del morral?
- ¿Cuál es la energía cinética del morral cuando iba a la mitad de la altura inicial?
- ¿Cuál era la velocidad del morral en el momento de llegar al suelo?

Definamos el sistema morral –Tierra, donde la única fuerza que actúa dentro del sistema es la fuerza de gravedad, ya que estamos ignorando el roce del morral con el aire. El trabajo que realiza la fuerza de gravedad produce transformaciones de una forma de energía en otra. En este sistema la energía mecánica se mantiene constante:

$$E = E_1 = E_2 = E_3$$

- Inicialmente el morral parte del reposo y su energía es únicamente energía potencial:

$$E = E_{c1} + U_1 = 0 + mgh_1$$

$$E = 0 + (7,5 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2) (6\text{m}) = 441 \text{ J}$$

- A medida que cae su energía mecánica se mantiene constante y su energía cinética cuando está a 3 m de altura es:

$$E_{c2} = E - U_2 = 441 \text{ J} - (7,5 \text{ kg}) (9,8 \text{ m/s}^2) (3\text{m}) = 220,5 \text{ J}$$



- En el momento de llegar al suelo, su energía potencial es cero y su energía cinética es:

$$E_{c3} = E - U_3 = 441 \text{ J} - 0 = 441 \text{ J}$$

Esto nos permite calcular la velocidad :

$$E_{c3} = \frac{1}{2}mv_3^2$$

$$v_3 = \sqrt{\frac{2E_{c3}}{m}} = \sqrt{\frac{2(441 \text{ J})}{7,5 \text{ kg}}} = 10,8 \text{ m/s}$$

Esta es la velocidad del morral cuando el compañero la recibe justo antes de chocar con el suelo. ¿Dependerá esta velocidad de la masa  $m$  del morral? ¿Será diferente la fuerza que debe hacer el amigo para atrapar el morral, si estuviese vacío?.

**Figura 27.9.** Sistema morral Tierra. Variaciones en las energías potencial gravitatoria y cinética del morral.

**2. El vaivén de los resortes.** Un bloque de 3,2 kg descansa sobre una superficie horizontal lisa, atado a un resorte de constante de elasticidad,  $k = 200 \text{ N/m}$ . El resorte está fijo por un extremo y se le empuja comprimiéndolo en una distancia de 20 cm y luego se suelta.

¿Qué sucederá? ¿Cuál será la velocidad del bloque cuando pasa por la posición de equilibrio  $x = 0$ ?

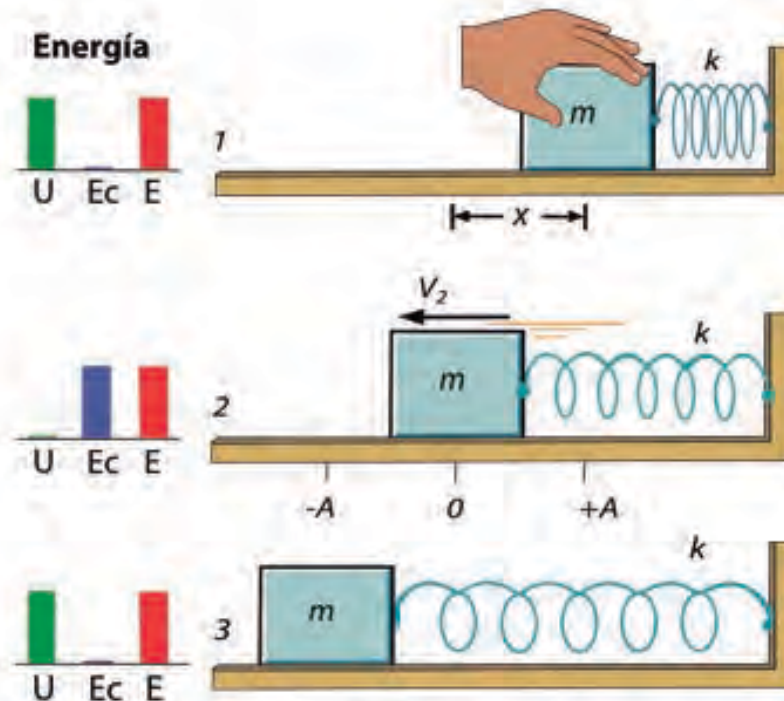


Figura 27.10. Sistema masa-resorte oscilando. Variaciones en las energías potencial elástica y cinética del bloque.

a) Pues bien, como seguro imaginaste, mientras el resorte esté estirado o comprimido, ejercerá una fuerza restauradora sobre el bloque que siempre lo obliga a retornar a la posición de equilibrio  $x = 0$ . El resorte entrega energía potencial al bloque que se convierte en energía cinética del mismo.

De esta manera, el bloque ejecuta un movimiento oscilatorio entre dos posiciones extremas:  $x = +A$  (compresión máxima del resorte) y  $x = -A$  (estiramiento máximo del resorte). Este sistema masa-resorte es lo que llamamos un *oscilador armónico*.

b) Como el peso del bloque y la reacción normal de la superficie se equilibran, la única fuerza que actúa sobre el bloque es la fuerza elástica del resorte que es conservativa. Aplicando la conservación de la energía mecánica, entre el punto de máxima compresión  $x_1 = +A$  (donde es cero la energía cinética) y el punto de equilibrio  $x_2 = 0$  (donde es cero la energía potencial elástica), tenemos:

$$E_{c1} + U_1 = E_{c2} + U_2 \Rightarrow \frac{1}{2}kx_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2$$

Despejando, obtenemos la velocidad del bloque:

$$v_2 = x_1 \sqrt{\frac{k}{m}} = A \sqrt{\frac{k}{m}} = (0,20\text{m}) \sqrt{\frac{2.000 \text{ N/m}}{3,2 \text{ kg}}} = 5 \text{ m/s}$$

Cada vez que el bloque pasa por la posición de equilibrio,  $x = 0$ , su velocidad es máxima y vale 5 m/s.

## La conservación de la energía

Cuando el sistema no intercambia energía con el exterior, decimos que es un **sistema aislado**. En un sistema aislado se pueden producir intercambios entre la energía cinética y la potencial pero su suma, energía mecánica, debe permanecer constante siempre que únicamente intervengan fuerzas internas conservativas.

En los **sistemas reales** aunque estén aislados, siempre existen fuerzas internas que no son conservativas. La presencia de **fuerzas disipativas** como la fricción, provocan que la energía mecánica deje de ser constante y podríamos pensar que “la energía se perdió”. Sin embargo, en la naturaleza nunca se observa un sistema aislado en el que desaparece energía de una forma sin que aparezca de otra forma, siempre resulta que la **energía total del sistema** se mantiene constante.

Esta energía mecánica que falta se transfiere a la materia de los componentes del sistema en forma de **energía interna**, usaremos la notación  $\Delta E_{int}$ , es posible que otros textos usen  $U_{int}$ . La **energía interna de un cuerpo** incluye la energía cinética de los diversos movimientos de sus partículas constituyentes y la energía potencial debida a las interacciones eléctricas entre ellas.

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + U_1 = \left(\frac{1}{2}mv_2^2 + U_2\right) + \Delta E_{int}$$

Esto significa que, podemos **generalizar la ley de conservación de la energía**, cualquiera sean los cambios que ocurran dentro del sistema:

**En un sistema aislado las energías cinética, potencial e interna pueden cambiar pero la suma de todos esos cambios es cero, de modo que la energía total del sistema permanece constante.**

$$\Delta E_c + \Delta U + \Delta E_{int} = 0$$



La ley de conservación de la energía constituye una de las leyes más importantes de la física, pues es de validez general y se cumple para cualquier fenómeno que observamos en la naturaleza.

*Parte de la energía mecánica del paracaidista se transforma en energía interna.*

**Las fuerzas disipativas pueden resultar beneficiosas.** Imagina un carro de 1.200 kg que se desplaza en una carretera horizontal a una velocidad de 108 km/h. El conductor advierte que hay un camión parado en la vía a 60 metros y al aplicar los frenos, logra detener el automóvil justo después de recorrer esa distancia. ¿Cuál es el valor de la fuerza de fricción?



Si escogemos como sistema la Tierra, al carro y la carretera, las fuerzas internas son: la fuerza de gravedad  $m\vec{g}$  entre la Tierra y el carro (conservativa), y la fuerza de roce cinético,  $\vec{F}_{roce}$ , por el deslizamiento de los cauchos del carro en la carretera (disipativa).

Si consideramos que este es un sistema aislado, *su energía total debe conservarse*. El trabajo (negativo) que realiza la fuerza de roce se manifiesta en un incremento en la energía interna y en una disminución de su energía cinética. La energía potencial gravitacional no cambia.

$$W_{roce} = \vec{F}_{roce} \cdot \vec{d} = F_{roce} d \cos 180^\circ = -F_{roce} d$$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = -\frac{1}{2}mv_1^2$$

Aplicando el teorema del trabajo-energía,  $W_{roce} = \Delta E_c$  encontramos:  $-F_{roce} d = -\frac{1}{2}mv_1^2$

Tomando en cuenta que la velocidad inicial es:  $v_1 = 108 \text{ km/h} = 30 \text{ m/s}$ , encontramos:

$$F_{roce} = \frac{mv_1^2}{2d} = \frac{(1.200 \text{ kg})(30 \text{ m/s})^2}{2(60 \text{ m})} = 9.000 \text{ N}$$

Esta es una fuerza bastante apreciable, gracias a que sus cauchos no estaban lisos. ¡Afortunadamente!. ¿Si un carro aumentara su velocidad al doble, aumentaría al doble también la distancia requerida para frenarlo? No, cuidado con el aumento de velocidad.

¿Dónde está la energía cinética que cedió el carro? La energía cinética inicial se transformó; los discos del freno, los cauchos, el suelo, entre otros, han ganado energía interna que se evidencia por una variación en su **temperatura**. Estas situaciones las estudiaremos en la siguiente lectura, donde vamos a relacionar la energía interna con el concepto de temperatura y los procesos de calor y trabajo.



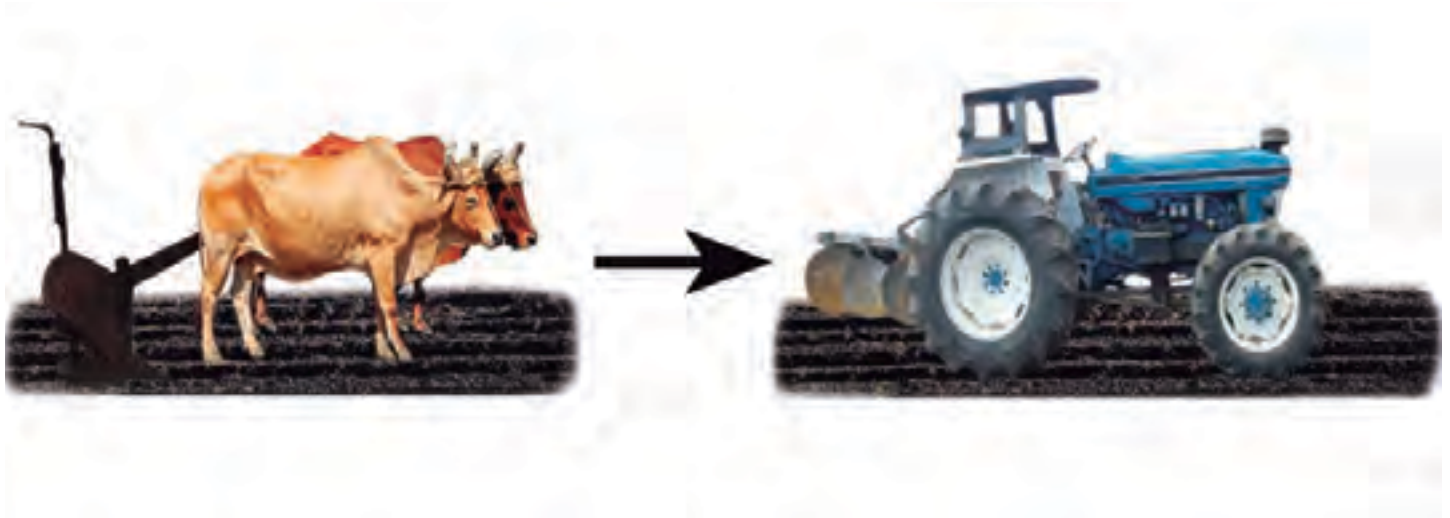
## Trabajo y energía para el desarrollo de lo necesario

La potencia de las personas es limitada, podemos entrenarnos para hacer cada vez más rápida una caminata, hacer trabajos domésticos o comerciales, mejorando nuestras “marcas”, es decir, la potencia efectiva que desarrollamos. Pero siempre vamos a necesitar gran cantidad de nuestra energía, y en la actualidad, no logramos satisfacer las necesidades de la sociedad.

El desarrollo de los conceptos de trabajo, energía, potencia y eficiencia han permitido a la humanidad crear máquinas para realizar mayor trabajo en menor tiempo. Con los cuales mujeres y hombres ahora tenemos más tiempo para otras actividades, como estudiar y recrearnos. Nuestras abuelas o bisabuelas para hacer suspiros “montaban” las claras de huevo con un batidor de mano, esto se simplificó mucho con el batidor eléctrico. Haz un viaje imaginario por tu casa para que veas la cantidad de actividades domésticas que los equipos le ahorran tiempo y energía a las personas.

Así mismo, en los centros de producción existen muchas máquinas que desarrollan gran potencia, es decir, mucho trabajo en menos tiempo, aumentando la producción. Por ejemplo, los vehículos desplazaron a los animales usados para la tracción; las cosechadoras recogen, limpian y clasifican las semillas en algunos sembradíos, las neveras permiten mantener productos por más días; así una larga lista de productos cuya elaboración y mantenimiento, se ha simplificado con lo cual se ha contribuido con un mejor vivir.

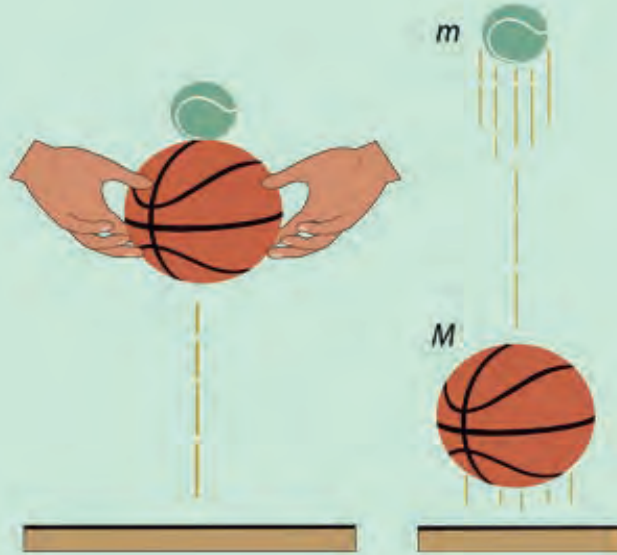
Sin embargo, todo este desarrollo tecnológico presente, derivado básicamente del conocimiento de la energía, el trabajo, el calor y la potencia, ha traído consecuencias lamentables para el futuro del ambiente y con ello, de las sociedades. No puede esperar más el que nos aboquemos a evaluar beneficios y perjuicios de los desarrollos actuales y de los futuros, para tomar decisiones en los diferentes niveles ejecutivos: internacional, nacional, regional comunitario y familiar tal que nos permitan poner límites y optar por tecnologías eficientes y sostenibles que cubran necesidades reales, la **tecnología de lo necesario**.





## Un rebote sorprendente e increíble

- Dejen caer sobre el piso desde la altura del ombligo, una pelota pequeña como la de tenis. ¿Que observan? Repitan la experiencia y midan la altura del rebote. ¿Cómo explicas que no tengamos la misma energía mecánica después del rebote?
- Coloquen ahora la misma pelota de tenis sobre una pelota más pesada, como la de baloncesto, y déjenlas caer juntas. Repitan las experiencia midiendo las alturas después del rebote.
- ¿Por qué la pelota pequeña se dispara después del rebote y gana una altura considerable?
- ¿De dónde sacó la pelota pequeña tanta energía que hasta casi la pone en órbita?
- ¿Será la energía mecánica final del sistema mayor que la inicial? ¿Se estará violando la ley de conservación de la energía?



## ¿Se conserva la energía mecánica?

Proponemos una actividad tipo proyecto de investigación para estudiar si en los sistemas considerados, la energía mecánica se conserva, y en caso contrario determinar con cierta aproximación la cantidad de energía mecánica que se transfiere, a fin de explicar los resultados. Este tipo de proyectos puede requerir varias sesiones clase (teoría o laboratorio)

Sería interesante que seleccionaran sistemas como: péndulos, columpios, montañas rusas, toboganes, resorte oscilando, pelotas rebotando, otros.

La medición de las variables relevantes en dos momentos diferentes (estados inicial y final) como la posición respecto de un sistema de referencia un cuerpo (esfera, bloque, personas,...) y la velocidad, así como la masa del objeto considerado, permitirá investigar qué ocurrió con la energía mecánica.

Para obtener medidas de velocidad sugerimos la toma de películas. Es importante que al grabar la película midan la longitud de algún objeto de referencia en el lugar, para escalar las longitudes del video con las longitudes reales. Las películas se digitalizan en un computador, de manera tal que sobre los cuadros del video se pueden medir las posiciones de los objetos que se mueven en el tiempo.

Pueden utilizar algún programa gratis como el Tracker 4.0 (analizador de videos y herramientas para modelar, <http://www.dgeo.udec.cl/~andres/Tracker/>). Estos programas permiten marcar la posición del objeto en cada cuadro, con lo cual el programa mide las posiciones señaladas sobre el video, estos valores se registran en tablas en función del tiempo. Con estos datos pueden construir gráficos posición-tiempo y determinar velocidades medias en los intervalos de interés, para hacer el análisis de la cinemática del objeto.

Otra opción es seleccionar cuadros del video a intervalos de tiempo establecidos, imprimirlos y sobre ellos medir la posición del objeto de interés, considerando la longitud de referencia. Igual que antes con los datos de posición-tiempo pueden hacer el análisis de la cinemática del cuerpo.

Seleccionen los lugares, elaboren un plan de acción (revisen la lectura 1 de este libro), realicen el trabajo de campo y con los datos organizados realicen los análisis que se requieren para dar cuenta de las energías del objeto estudiado y de la conservación de las mismas.

Preparen una presentación de los trabajos de los diferentes grupos, analizando el proceso realizado; los resultados, análisis y conclusiones; las dificultades confrontadas; proponiendo otros procedimientos y técnicas para mejorar el trabajo.





## Actividades de autoevaluación

**1.** Un trabajador baja granzón a velocidad constante, hasta el lugar de construcción, trasladando una carretilla por una rampa, mediante una cuerda que forma un ángulo de  $30^\circ$  con la horizontal y jala con una fuerza de 440N. La carretilla recorre una distancia de 11 m. Considerando como sistema a la carretilla, identifica las fuerzas externas y determina el trabajo realizado por cada una.

**2.** Una estudiante arrastra una maleta de 22 kg con un fuerza constante de 30 N mediante una cinta que forma un ángulo de  $37^\circ$  respecto de la horizontal, mientras la desplaza 5 m. Si consideras la acción del roce despreciable, ¿qué trabajo realizó la fuerza sobre la maleta? ¿Cuál será la velocidad final de la maleta? De acuerdo al resultado, ¿piensas que la muchacha anda apurada? ¿Qué puedes decir de la energía en este sistema?

**3.** Un taco de madera de 0,5 kg está atado a una cuerda, describiendo un movimiento circular uniforme (rapidez constante) sobre una superficie plana horizontal y pulida, tal que permite ignorar la acción del roce. Considerando como sistema al taco-tierra, determina el trabajo realizado por la fuerza externa. ¿Cuánto vale el cambio en la energía cinética?

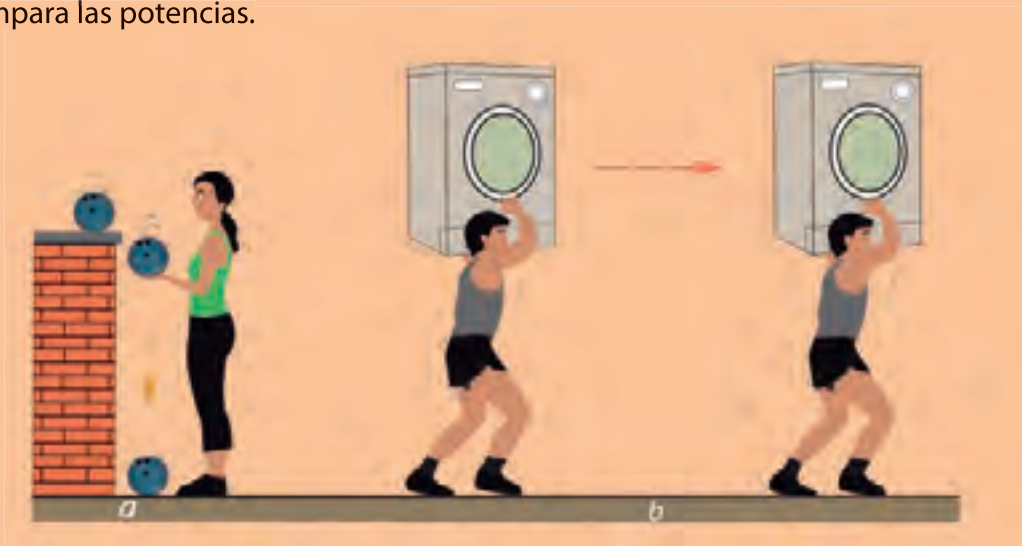
**4.** Un auto promedio emplea 1 L de gasolina para recorrer 8 km, se estima que esto corresponde a una energía de  $3,7 \times 10^8 \text{ J}$ , de la cual un 30% es transformada para trasladar el auto. ¿Cuánto valdrá la fuerza media que impulsa al auto?

**5.** Una joven de 50 kg, se divierte deslizándose por un tobogán de agua que cae a la piscina. La altura de partida del tobogán es de 11,5 m respecto de la salida. Puedes asumir que el agua disminuye la acción del roce, por lo cual la ignoramos. Explica por qué el sistema muchacha-tobogán-Tierra se considera aislado. Determina el estado energético inicial y final. ¿Con qué velocidad sale del tobogán? ¿Este resultado variará, si el tobogán tiene más vueltas? Justifica tu respuesta.

**6.** Analiza el movimiento de vaivén de un péndulo simple, ignorando la acción del roce. Elabora un diagrama y una tabla como en la figura 27.9 u 27.10. ¿Cómo explicas que un péndulo real termina en reposo después de un tiempo?

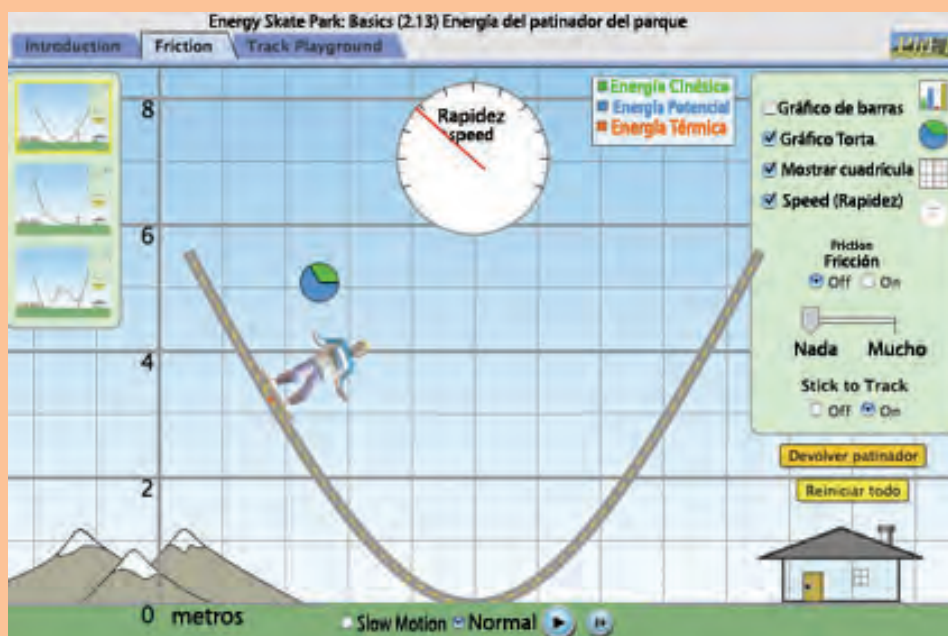
**7.** ¿Quién es más potente? Esta es una competencia entre tus compañeros del curso, consiste en subir corriendo lo más rápido posible, por las escaleras de un edificio hasta llegar varios pisos más arriba, con cronómetro en mano. Estimen cuál es la altura que han subido y calculen la potencia desarrollada por cada uno. ¿Quién es el más potente? ¿Será el más comelón? Si pudieran utilizar esa potencia para encender un bombillo de 100 watts, ¿cuántos pisos de ese edificio tendrían que subir a la misma velocidad?

8. ¿Qué da más trabajo? En la figura que sigue están representados dos situaciones, en *a* la joven baja en la palma de la mano una pelota de bowling de 6 kg al suelo desde una altura de 1,50 m, en 3 s. En *b*, el muchacho traslada en una distancia de 6 metros en 12 s, una lavadora de 60 kg sobre su hombro a 1,5 metros de altura. Determina el trabajo realizado por ellos, compara las potencias.



(a) Una joven baja al suelo una pelota de bowling. (b) Un muchacho traslada una lavadora sobre su hombro.

9. Analiza con la simulación *Energy-skate-park-basics\_es.jnlp* (español) las transformaciones y transferencias de energía de un patinador en tres pistas diferentes o la que tu construyas, sin y con fricción, para comprender el modelo de la ciencia y describir cada caso. Baja este programa de la dirección web para trabajar fuera de línea. Debate con tus compañeras y compañeros sobre las condiciones y los resultados de la simulación.





La energía que tenemos en la Tierra procede fundamentalmente del Sol. El desarrollo de la humanidad está fuertemente ligado a ella; la industria, el transporte, el buen vivir de las ciudadanas y ciudadanos en cualquier lugar, dependen de la energía de la que disponen. Todos los componentes del ambiente, vivo o no, en reposo o no, tienen energía. Hoy en día aceptamos que la energía es una propiedad que se transforma, se transfiere y se conserva. Entonces surge la pregunta, ¿cuál es la razón por la que tenemos que hacer un uso eficiente y responsable de ella, y de las fuentes que utilizamos para aprovecharla?

Hemos visto que en los sistemas aislados el efecto del trabajo de las fuerzas conservativas es provocar un intercambio entre energía cinética y potencial de manera que la suma de éstas (la energía mecánica del sistema) siempre se mantiene constante. Sin embargo, en sistemas reales, existen fuerzas disipativas como la fricción que son responsables de que una parte de la energía mecánica se transforme en **energía interna** provocando, básicamente, el calentamiento del sistema. Esta energía que se manifiesta con un incremento de temperatura, termina transferida al entorno en un proceso denominado **calor**, de manera tal que no la podemos recuperar.

En todo proceso de transformación energética, la energía mecánica se va a transformar en energía interna que no podemos aprovechar para producir trabajo; es decir, ¡la energía pierde sus cualidades utilitarias, se degrada! Cuando prendemos el motor de una licuadora o una lavadora, no toda la energía que le suministramos se aprovecha para hacerla girar, un motor se calienta debido a distintos efectos en sus partes internas, la cual se transfiere como calor al aire del ambiente. En el proceso, la energía total se conservó pero parte de ella se transformó en otro tipo de energía no aprovechable.

En esta lectura analizaremos aspectos energéticos relacionados con estos sistemas del ambiente y algunos procesos naturales de transformación, transferencia y degradación de la energía.

## Génesis de las ideas sobre trabajo, energía y calor

Desde hace mucho tiempo, se ha pensado en la posibilidad de construir sistemas móviles perpetuos, es decir, dispositivos que al iniciar un movimiento continúan haciéndolo eternamente sin necesidad de suministrarles energía. Aunque los intentos de construcción han resultado fallidos. Por otro lado, había tecnólogos, pensadores y científicos que no admitían esas ideas, argumentando con nociones referidas a la energía total, su transformación y transferencia. Para citar alguno tenemos que:

G. Leibniz (1646-1716) hablaba de fuerza viva para referirse a energía. Veamos sus ideas sobre la conservación, transformación y transferencia de la energía, “... *la fuerza viva conserva su identidad invariable. Durante acciones como levantar una carga una altura determinada o comprimir un muelle para la comunicación de una velocidad determinada, no sucede ni la mínima ganancia, ni la mínima pérdida de fuerza viva. Claro está, que parte de la fuerza viva (que nunca debe ser menospreciada) es absorbida por las partículas imperceptibles del propio cuerpo o de otros cuerpos... Estas ideas se basan en los principios que le dan sentido a los experimentos, ... aun en los casos todavía no comprobados por el experimento*”.

Es interesante notar que este autor, hace referencia al mundo no observable, y considera la transferencia de esa fuerza viva (energía) a las partículas del interior de los cuerpos, introduciendo la idea térmica en este movimiento. En esa época comenzó la diferenciación entre los conceptos de fuerza, trabajo, energía y calor. Con lo cual se sentaron las bases para lo que se estableció como el principio de la conservación de la energía en el siglo XIX.

Sadi Carnot, Robert Mayer y James Joule son reconocidos como los primeros exponentes. S. Carnot, francés, expuso el principio y determinó un valor del equivalente térmico del trabajo, lo cual fue conocido con posterioridad a su temprana muerte por cólera.

Años más tarde, R. Mayer (1814-1878), médico alemán, formuló el principio de conservación de la energía. Observa que su exposición no difiere mucho de lo que conocemos hoy:



Sadi Carnot, (1796-1832)

*“Estudiar la energía en sus distintas formas, investigar las condiciones de su transformación, ésta es la única tarea de los físicos, puesto que el engendro de la energía o su supresión se encuentra fuera de la esfera del razonamiento y de la acción del hombre. Se puede demostrar a priori y confirmar en todos los casos con el experimento, que distintas energías pueden transformarse una en otra. En realidad existe solamente una energía. En ninguna parte se puede encontrar un proceso en el que no haya variación de la energía por parte de su forma”* (Hemos sustituido la palabra original fuerza usada por Mayer, por energía)

Mayer fue poco reconocido por sus contemporáneos, su primer artículo fue rechazado para publicación. Hecho que lo afectó mucho y terminó sus días recluido en un hospital con depresión mental. Sus obras fueron publicadas cuarenta años después.



Robert Mayer (1814-1878)

Por último, J. Joule (1818-1889), físico británico, trabajó por cerca de 30 años a nivel experimental, estudiando una diversidad de transformaciones energéticas. En 1845, determinó experimentalmente con mayor precisión el equivalente térmico del trabajo. Joule planteó la validez de la conservación de la energía para situaciones mecánicas, térmicas, eléctricas y magnéticas.

A partir de esta época diversos científicos e ingenieros continuaron ampliando el rango de validez del principio, para lo cual fue necesario establecer mayor precisión y diferenciación en el significado de los conceptos de trabajo, energía y calor.

Un primer intento por precisar el lenguaje se le asigna al médico y físico inglés Thomas Young (1773-1829) quien utilizó el término **energía** como la capacidad para realizar un **trabajo**. Posteriormente, se precisó el significado del término trabajo, como el proceso mediante el cual al aplicar una fuerza sobre un cuerpo se produce alguna transferencia y transformación de energía.

El significado científico del término **calor** ha resultado más difícil de precisar, por la influencia de las ideas de la teoría que consideraba al calor como una propiedad del cuerpo, lo cual prevalece hasta nuestros días en el lenguaje cotidiano. El calor es un proceso en el que, como el trabajo, se transfiere energía térmica entre un sistema y su entorno, y se simboliza con la letra  $Q$ .

## Energía térmica y temperatura

Escuchamos expresiones como ¡hace un calor insoportable!, ¡el cubo de hielo está frío!, ¡la plancha está muy caliente!. En el lenguaje cotidiano usamos con frecuencia términos como *energía térmica*, *calor* y *temperatura* pero sin diferenciarlos. Estos conceptos están íntimamente relacionados pero tienen significados diferentes en la ciencia.

La materia tiene **energía interna** debida a los movimientos (rotación, traslación y vibratorio) de sus átomos y moléculas (energía cinética) y a sus interacciones eléctricas entre estas partículas (energía potencial). La primera parte, es decir, la energía del movimiento o de agitación térmica la denominamos, **energía térmica** y se manifiesta en el mundo macroscópico observable, de diferentes maneras. Esta energía térmica no se puede medir, puesto que es imposible conocer los detalles del movimiento y las interacciones de la inmensa cantidad de partículas del cuerpo. Lo que sí podemos medir son los cambios que ocurren en ella durante los distintos procesos.



La **temperatura** normalmente la asociamos con la sensación de frío o caliente cuando tocamos algo. Un cubo de hielo tiene una temperatura baja, mientras que una plancha caliente tiene una temperatura alta. La temperatura de un cuerpo está determinada por **la energía cinética promedio por partícula** del material. Es importante distinguirla de la energía térmica del material que corresponde a la energía cinética promedio del conjunto *de todas las partículas* que lo componen, por lo tanto, depende de la masa del cuerpo.

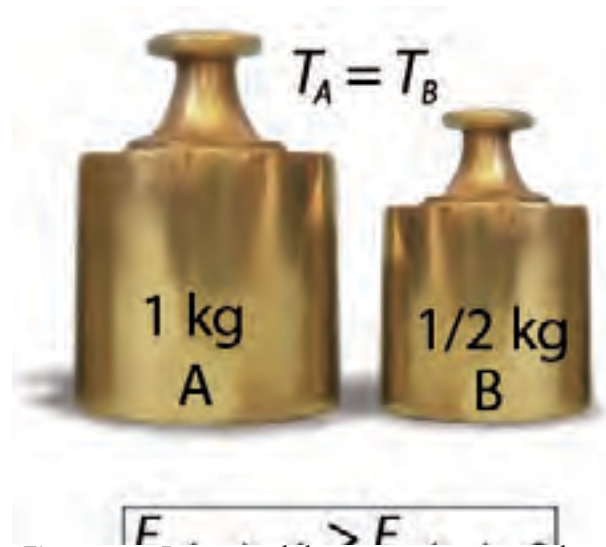


Figura 28.1. Dos trozos de hierro a temperatura ambiente ( $30^{\circ}\text{C}$ ) y de diferente masa están a igual temperatura y la energía térmica es mayor en el que tiene mayor masa.

Existen muchas propiedades de los materiales que indican los cambios de temperatura: tamaño, color, resistencia eléctrica... Estos indicadores se conocen como propiedades termométricas, porque nos permiten medir la temperatura del material. Los termómetros más comunes son aquellos que se basan en la expansión de un material al aumentar su temperatura.

Recuerda que para medir la temperatura se han ideado diversas escalas. En nuestra vida cotidiana, usamos el grado Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), mientras que en los países anglosajones emplean el grado Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ). En el Sistema Internacional se emplea el Kelvin (K). El 0 K equivale a  $-273,15^{\circ}\text{C}$ , mientras que  $273,15\text{ K}$  equivale a  $0^{\circ}\text{C}$ , y  $373,15\text{ K}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ .

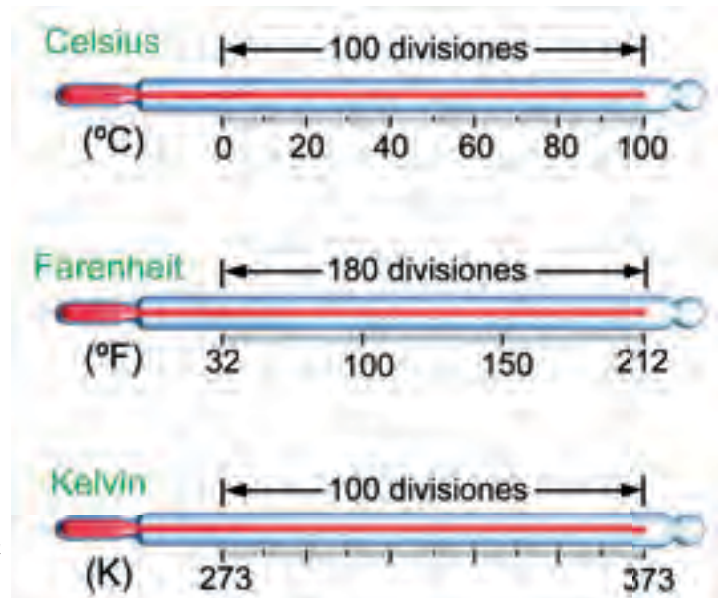


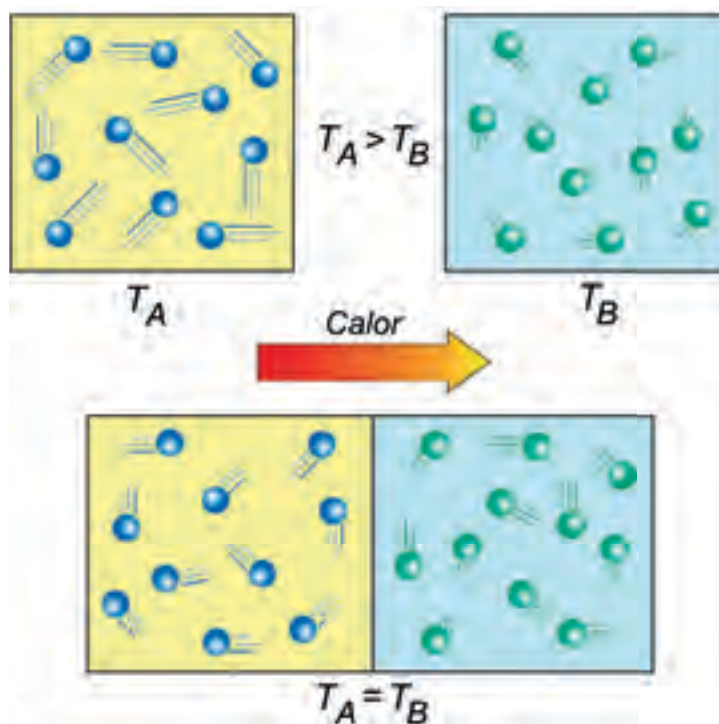
Figura 28.2. Tres escalas usadas para medir la temperatura.

## La temperatura y el equilibrio térmico

Es probable que en alguna ocasión hayas tenido un vaso con algún líquido que está "caliente" y para poder beberlo rápido, lo colocas en un recipiente con agua fría, de esta manera logras que la temperatura del vaso-líquido baje, se "enfrie".

En situaciones como ésta, decimos que hubo una transferencia de energía en forma de **calor** desde el cuerpo con mayor temperatura (caliente) hacia el cuerpo con menor temperatura (frío) hasta que alcanzan el **equilibrio térmico**. Debido a que la velocidad media de las partículas del primero disminuye mientras la del otro aumenta, hasta que se igualan, es decir, ambos cuerpos alcanzan la misma temperatura final. Esto nos va a permitir una definición más precisa de la temperatura:

*La temperatura es una propiedad del estado de un sistema que determina si este se encuentra o no en equilibrio térmico con otro sistema. Cuando dos sistemas están en equilibrio térmico, sus temperaturas, por definición, son iguales.*



**Figura 28.3.** Estado inicial: Velocidad promedio de cada partícula mayor en A que en B. Estado final: Equilibrio térmico, igual velocidad promedio de cada partícula en ambos cuerpos.

El concepto de equilibrio térmico es la base de la medición de temperatura. En la mayoría de los termómetros es necesario poner en contacto el instrumento de medida con el cuerpo del cual queremos conocer su temperatura. Claro que el termómetro debe tener una masa mucho menor que la del cuerpo a medir, para que al entrar en contacto le transfiera una cantidad de energía mínima. Reflexiona si se podrá medir la temperatura de una gota de agua con un termómetro de mercurio.



### ¿Sabías que...?

Uno de los primeros termómetros construidos por la humanidad lo hizo Galileo en 1597, hoy de uso decorativo. Consiste en un tubo de vidrio con un líquido cuya densidad cambia con la temperatura; dentro hay globos de vidrio que tienen etiquetas con valores de temperatura. Éstos suben o bajan según la temperatura.

## El calor como transferencia de energía térmica

Vimos que la energía térmica es la parte de la energía interna de un cuerpo que cambia cuando varía su temperatura. Si un cuerpo se pone en contacto con otro que está a una temperatura diferente, habrá una transferencia de energía entre los dos cuerpos, este proceso es lo que llamamos **calor**.

**Calor es la energía que se transfiere de un cuerpo a otro, en virtud únicamente de una diferencia de temperatura entre ellos.**

El calor por ser energía transferida, se mide en el sistema SI en Joules. En la práctica aun se utiliza una unidad muy antigua, que recibe el nombre de caloría (con c minúscula):

$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$$

Si te fijas en las etiquetas de los alimentos, verás que el contenido energético por lo general, viene indicado tanto en Joules como en calorías (o también en kJ y kcal).

## El equivalente mecánico del calor

La humanidad descubrió la relación entre el calor y el roce, de hecho obtuvo el fuego al frotar un material con otro, y para mantenerlo agregó leña. Muchos años después relacionó el trabajo mecánico con el incremento en su temperatura. Cuando frota una mano sobre la otra, estás aumentando su temperatura, el trabajo realizado por tus músculos transfiere energía térmica al cuerpo.

S. Carnot, R. Mayer y J. Joule realizaron experimentos independientes para medir la equivalencia entre el calor necesario para incrementar la temperatura de una sustancia y el trabajo realizado sobre la misma (figura 28.4). Los resultados más precisos obtenidos por Joule, mostraron que la disminución de energía potencial en unas pesas que caían era proporcional al incremento de temperatura en el líquido, obteniendo el valor de la constante de proporcionalidad.

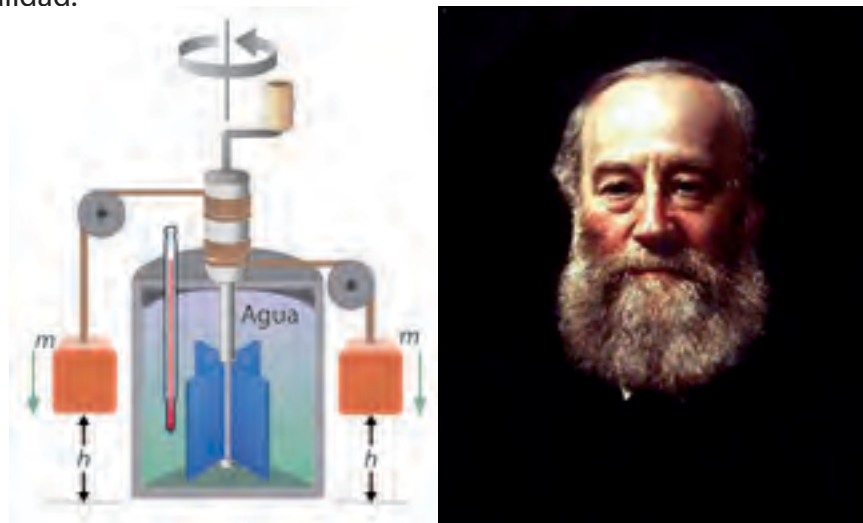


Figura 28.4. Diagrama del experimento de James Joule.

El procedimiento experimental consiste en levantar las pesas hasta lo más alto y dejarlas caer libremente. Se mide el incremento en la temperatura en el líquido al agitarse las paletas y la distancia recorrida por las pesas. El trabajo realizado por la fuerza de gravedad sobre las pesas es equivalente al calor generado por el roce entre las paletas y el líquido,  $W = Q$ .

Medidas experimentales actuales reportan que para elevar la temperatura en  $1^{\circ}\text{C}$ , de 1 kg de agua inicialmente a  $14,5^{\circ}\text{C}$ , se requiere una energía de 4.186,8 J, la cual puede ser obtenida mediante el trabajo mecánico sobre las pesas.

## La variación de temperatura y el intercambio de calor

Por experiencia sabemos que al colocar en la nevera, un vaso de vidrio con un cuarto de litro de agua se enfría en menos tiempo que una jarra con un litro de agua inicialmente a la misma temperatura. Esto es debido a que la cantidad de partículas que tienen que disminuir su energía cinética es mayor donde hay más masa: en la jarra-agua se debe extraer mayor cantidad de energía térmica que en el vaso-agua.

En general, cuando le proporcionamos la misma cantidad de calor  $\Delta Q$  a cuerpos diferentes, estos presentan diferentes cambios en su temperatura  $\Delta T$ . Por otra parte, si queremos cambiar sus temperaturas por igual (sin cambiar la presión o el volumen), seguramente, necesitaremos extraer o agregar diferente cantidad de energía. Es decir, los cuerpos tienen diferente capacidad térmica.

Ya se había reconocido desde el siglo XVIII que la cantidad de calor necesaria,  $Q$ , para cambiar la temperatura de un cuerpo es proporcional a la masa  $m$  de este y al cambio de temperatura  $\Delta T$ , lo cual se expresa como:

$$Q = mc\Delta T$$

Donde  $c$  es una propiedad característica del material, llamada **calor específico**. Ésta es una constante para cada sustancia, y se expresa en unidades de energía por unidad de masa y temperatura ( $\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ ). Según la tabla 28.1 verás que para cambiar la  $T$  en  $1^{\circ}\text{C}$  de 1 kg de agua se requiere casi el doble de energía que para igual masa de hielo. Para cambiar la  $T$  en  $1^{\circ}\text{C}$  al hierro o cobre necesitamos menos energía; entre otras razones, por esto las ollas se hacen con estos materiales.

Sustancia	Calor específico ( $\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ )	Sustancia	Calor específico ( $\text{J}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$ )
Agua $15^{\circ}\text{C}$	4.180	Concreto	880
Hielo $-5^{\circ}\text{C}$	2.090	Cobre	390
Vapor de agua $110^{\circ}\text{C}$	2.010	Hierro	460
Aire seco	$\approx 1.000$	Arena	800
Arena	820	Vidrio	840
Cuerpo humano	3.470	Aluminio	900
Oxígeno	915	Aceite	1.670

Tabla 28.1. Valores del calor específico  $c$  de algunas sustancias (Presión 1 atm).

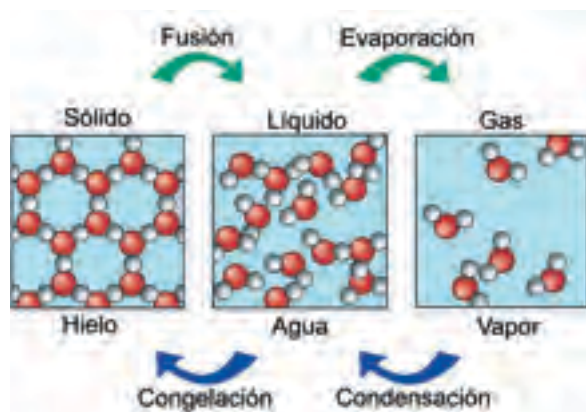
El agua de día necesita más tiempo para calentarse que la arena, veamos por qué. Imagina que tienes dos poncheras iguales, una con agua y otra con arena, y ambas están a una temperatura de 25°C. Al ponerlas al Sol, el agua requiere 5 veces más energía que la arena para alcanzar la temperatura ambiente, esto se expresa en:

$$\frac{Q_{\text{agua}}}{Q_{\text{arena}}} = \frac{mc_{\text{agua}}\Delta T}{mc_{\text{arena}}\Delta T} = 5$$



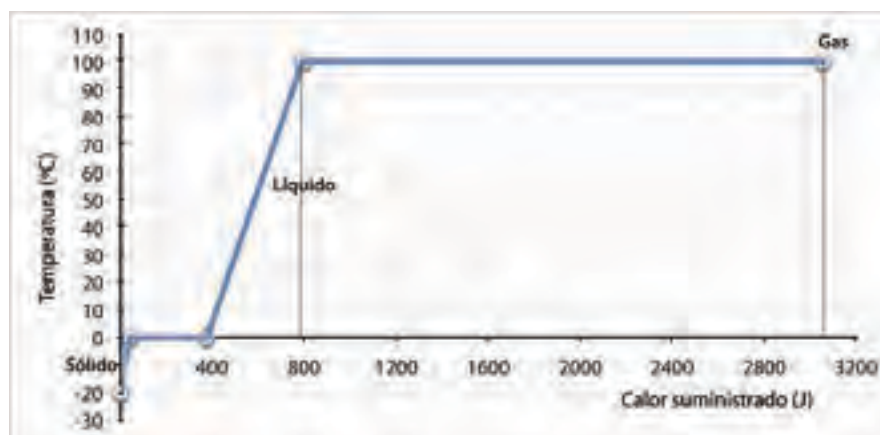
**Figura 28.5.** En el día la arena aumenta su temperatura más rápido que el agua, y al revés, en la noche disminuye su temperatura más rápido, debido a su diferencia en el calor específico.

## La energía térmica en los cambios de estado



Sabemos que para incrementar o disminuir la temperatura de un cuerpo es necesario suministrarle o extraerle energía en forma de calor. Veamos qué sucede si este incremento o disminución de energía provoca un cambio de estado en la materia. En la naturaleza la materia puede existir en cualquiera de los estados: sólido, líquido, gaseoso. Cada sustancia se caracteriza por un valor de temperatura en la cual ocurre el cambio (punto de fusión y punto de ebullición).

Imagina que realizamos el siguiente experimento: Tenemos 1kg de hielo en un calorímetro, en cuyo interior hay una resistencia eléctrica (como la de los calentadores de agua) que suministra energía en forma de calor al hielo. Inicialmente el hielo está a -20°C. Registramos la temperatura en el termómetro en función del tiempo y los datos los representamos en la gráfica de la figura 28.6.



**Figura 28.6.** Gráfica de temperatura en función de la energía suministrada a 1 kg de agua en forma de hielo a -20°C. La energía se suministró mediante una resistencia eléctrica en un calorímetro.

Como puedes ver en el gráfico la temperatura aumenta proporcional a la energía suministrada hasta que llega a 0 °C,  $\Delta Q \propto \Delta T$ . En esta etapa, los átomos del sólido están organizados en una estructura en forma de red que vibra; la amplitud de las vibraciones aumenta con la energía que recibe.

Al llegar a 0 °C, aunque sigue recibiendo energía,  $\Delta Q > 0$ , la temperatura no aumenta,  $\Delta T = 0$ . Esta energía es empleada en vencer a las fuerzas de atracción que mantiene a los átomos en sus posiciones fijas, pasando de sólido a líquido, lo que conocemos como **fusión**.

Una vez ocurrido este cambio de estado, empieza a aumentar la temperatura hasta llegar a 100°C, en forma similar a la etapa 1,  $\Delta Q \propto \Delta T$ . La energía que gana hace que los átomos y moléculas se muevan con mayor velocidad promedio incrementando las colisiones entre ellos. Al llegar a 100°C, otra vez cesa el incremento de temperatura aunque sigue recibiendo energía ( $\Delta Q > 0$ ,  $\Delta T = 0$ ), estamos en presencia de otro cambio de estado, **evaporación**. La energía ganada es para vencer todas las fuerzas de atracción entre los átomos y moléculas, pudiendo luego moverse por todo el envase que lo contiene.

Puedes notar que durante el cambio de fase de sólido a líquido, requirió menos energía que en el cambio de líquido a gas. Además, la cantidad de energía para fundir o evaporar la materia involucrada, es directamente proporcional a la masa  $m$  de la misma. De ahí que para estos cambios de estado la constante de proporcionalidad sea diferente, y se denominan **calor de fusión,  $L_f$  y calor de evaporación,  $L_e$** .

En general, podemos decir que sin variar la presión, la cantidad de energía  $Q$  que debemos suministrar para fundir una masa  $m$  de un sólido es:  $Q_{\text{sólido a líquido}} = m L_f$ .

El proceso inverso de congelación (paso de líquido a sólido) también involucra una cantidad de energía en forma de calor sin variación de temperatura, dependiente de la masa. La energía necesaria para formar la red cristalina del sólido es la misma que para romperla, la diferencia estriba en que en este caso el material cede energía, por lo tanto tenemos:  $Q_{\text{líquido a sólido}} = - m L_f$ .

Asimismo, sin variar la presión, la cantidad de energía  $Q$  que debemos suministrar para evaporar una masa  $m$  de un líquido es:  $Q_{\text{líquido a gas}} = m L_e$ . El proceso inverso de condensación será:  $Q_{\text{gas a líquido}} = - m L_e$ .

¿Cuánta energía hay que suministrar en forma de calor a un 1 kg de hielo a -20°C para que se evapore completamente? Para ello determinamos la suma de la energía necesaria para las cuatro etapas del gráfico; considerando el calor específico del hielo y el del agua y los calores de fusión y evaporación, obtenemos:  $Q_{\text{total}} = 3.053,8$  J. Esta energía es equivalente a la transferida a un cuerpo de 312 kg al subirlo una altura de 1 m, o a la energía que requiere un bombillo de 60 W para funcionar cerca de 51 s.

Las sustancias se caracterizan por un valor de temperatura a la cual se funden y se evaporan, y un valor de calor de fusión y de evaporación (Tabla 28.2). De acuerdo con estos valores, entenderás por qué el alcohol o el benceno se evaporan tan rápido.

Sustancia	$T_{\text{fusión}} \text{ } ^\circ\text{C}$	$L_f 10^5 \text{ (J/kg)}$	$T_{\text{ebullición}} \text{ } ^\circ\text{C}$	$L_e 10^5 \text{ (J/kg)}$
Agua (1 atm)	0	3,35	100	22,60
Alcohol etílico	-114	1,05	78,3	8,46
Benceno	5.5	1,27	80,2	3,96
Aluminio	658,7	3,98	2.300	105
Hierro	1.530	2,72	3.050	63,64

Tabla 28.2. Valores aproximados de temperatura y calor de fusión y calor de evaporación de algunas sustancias.



## Calorimetría para enfriar un jugo con hielo

Por lo general, le ponemos trozos de hielo al vaso de jugo para que se enfríe. Considera que tienes un vaso de anime con 200 g de jugo de naranja ( $C_{\text{jugo}} = 3.600 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ ) a temperatura ambiente ( $30^\circ\text{C}$ ). Para enfriarlo le colocas 2 cubos de hielo a  $0^\circ\text{C}$  de 20 g cada uno. ¿Qué temperatura final tendrá el jugo?

**Solución:** Primero el hielo necesita cierta cantidad de energía para fundirse sin cambiar su temperatura; esta energía es cedida en forma de calor por el jugo, bajando su temperatura. Luego, si el jugo no alcanzó la temperatura de  $0^\circ\text{C}$ , seguirá cediendo energía al agua líquida que está a  $0^\circ\text{C}$  hasta alcanzar el equilibrio térmico (igual temperatura final). Quiere decir que el jugo cede energía para dos procesos ocurridos en el agua, pasando de  $30^\circ\text{C}$  hasta un temperatura final  $T_f$ .

Así podemos establecer la siguiente igualdad de energías transferidas en forma de calor:

$$Q_{\text{ganada}} = -Q_{\text{cedida}}$$

$$Q_{\text{ganada}} = m_{\text{hielo}} L_f + m_{\text{agua}} C_{\text{agua}} (T_f - 0^\circ\text{C}) \quad \text{y} \quad Q_{\text{cedido}} = -m_{\text{jugo}} C_{\text{jugo}} (T_f - T_i),$$

$$Q_{\text{ganada}} = 2 (0,020 \text{ kg}) (334 \times 10^3 \text{ J/kg}) + 0,040 \text{ kg} (4.180 \text{ J/kg}^\circ\text{C}) (T_f - 0^\circ\text{C})$$

$$Q_{\text{cedido}} = -0,200 \text{ kg} (3.600 \text{ J/kg}^\circ\text{C}) (T_f - 30^\circ\text{C})$$

Igualando la energía cedida por el jugo con la ganada por el hielo, y despejando la temperatura final, tenemos que el jugo con el agua estarán a:  $T_f = 9,29^\circ\text{C}$ . Esta es la razón por la cual agregamos hielo en el jugo, en vez de agua fría.

# Procesos de transferencia de calor y evaporación

Los mecanismos de transferencia de energía en forma de calor son la conducción, la convección y la radiación. Estos unidos a la evaporación son los medios para el control de la temperatura de muchos sistemas como nuestro cuerpo, las edificaciones y la propia Tierra.



## La conducción

En una olla metálica en el fuego de la cocina, rápidamente todo su metal aumenta de temperatura; los átomos próximos al fuego aumentan su energía cinética y la transfieren a sus vecinos. De manera sucesiva la energía térmica se transfiere a todo el material, sin que se desplace la materia. Esto es conocido como **conducción**.

La conducción de un material depende de su estructura molecular, en donde los electrones están ligados con más fuerza a los átomos, es más difícil que se muevan entre las moléculas, por lo que transfieren poco la energía, este es el caso de la madera, el vidrio, el anime, otros. Estos materiales son los que llamamos **aislantes térmicos**. Lo contrario ocurre con los materiales que llamamos buenos **conductores térmicos**, como los metales.

Experimentalmente, se ha encontrado que la rapidez de transferencia de energía ( $\Delta Q/\Delta t$ ) a través de una lámina de espesor  $L$ , es proporcional a su área  $A$  y al gradiente de temperatura  $[(T_2 - T_1)/L]$  de acuerdo a la relación:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{KA(T_2 - T_1)}{L}$$

Donde la constante de proporcionalidad  $K$  corresponde a la **conductividad térmica del material**, expresada en  $J/sm^\circ C$ .



## El mango de la olla ¿de metal o de madera?

Imagina que tienes una olla toda de aluminio con agua hirviendo ( $100^\circ C$ ), su mango tiene una sección transversal de área de  $2 \text{ cm}^2$  y  $15 \text{ cm}$  de largo. ¿Cuál es la rapidez de transferencia de energía desde la olla al otro extremo del mango que está a  $20^\circ C$ ?



**Solución:** suponemos que la transferencia de energía es a lo largo del mango, así con la relación anterior tenemos:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{K_{Al} A (T_2 - T_1)}{L} = 238 \frac{\text{J}}{\text{sm}^\circ\text{C}} (2 \times 10^{-4} \text{m}^2) \frac{(20^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C})}{0,15 \text{m}} = 25,4 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

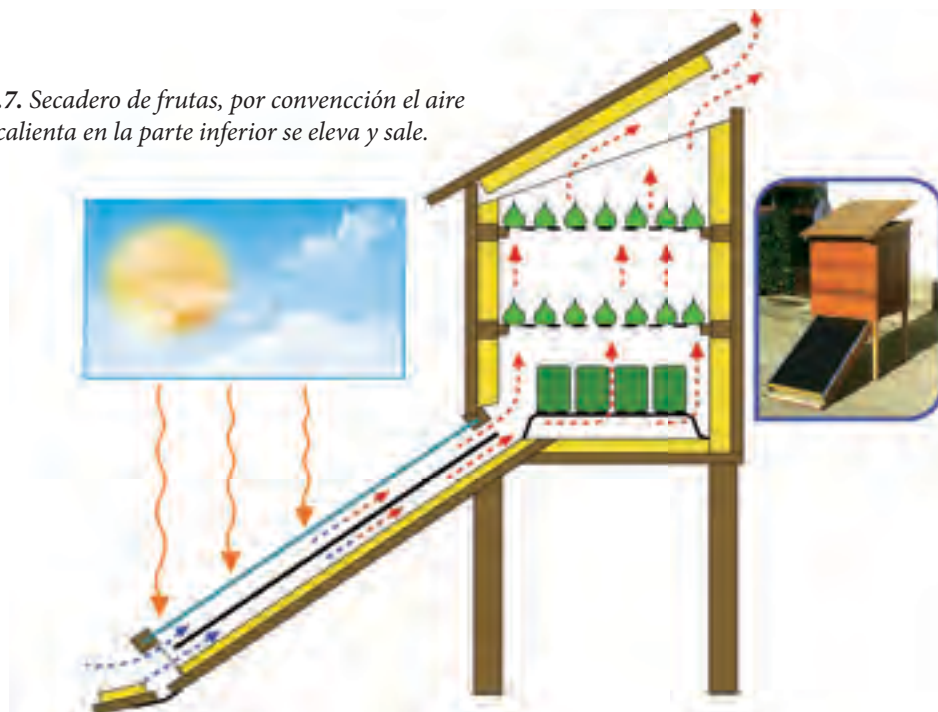
Para evitar que ocurra transferencia de energía a lo ancho del mango, lo podemos forrar de madera. Pero es más eficiente y seguro si todo el mango es de madera.

## La convección

A diferencia del anterior, en el proceso de convección, la transferencia de energía térmica de un lugar a otro ocurre mediante el desplazamiento de una masa portando energía térmica entre dos zonas.

En la naturaleza tenemos muchas situaciones de **convección térmica**, por ejemplo, durante el día el suelo está caliente, así el aire próximo a la superficie de la Tierra estará a mayor temperatura que el de arriba, la densidad de esta masa de aire caliente es menor por lo cual se mueve hacia arriba, el espacio ocupado por este aire caliente en la superficie es sustituido por el aire de menor temperatura que baja. Algo similar ocurre con las masas de agua en los mares y océanos.

*Figura 29.7. Secadero de frutas, por convección el aire que se calienta en la parte inferior se eleva y sale.*



La máquina de un automóvil se enfría por convección forzada, es decir, el agua con baja temperatura del radiador, es bombeada hacia el motor, el cual le cede energía; luego esta masa de agua regresa al radiador donde se le baja su temperatura, y así continuar el proceso de refrigeración del sistema.

## La radiación

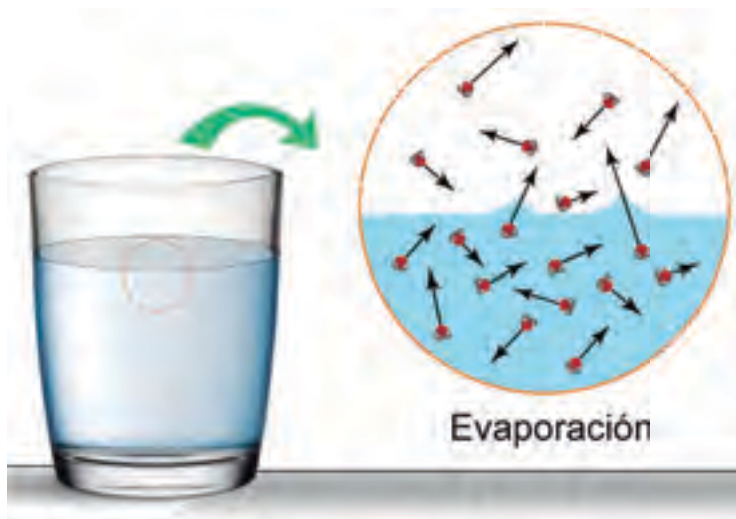
La transferencia de energía térmica también ocurre por la **radiación electromagnética**. Como recordarás esta radiación se propaga en forma de ondas que pueden viajar en el vacío y en medios materiales. La radiación pueden ser ondas de infrarrojo emitidas por los cuerpos calientes, entre otras.

Las estrellas, nuestro cuerpo, una mesa, un trozo de hielo, en fin todos los cuerpos con temperatura superior a 0 K irradian energía. Por ejemplo, el cuerpo humano promedio emite 850J/s de radiación.

Este fenómeno ha permitido el desarrollo de una tecnología muy útil, llamada **termografía**. Mediante el registro de la radiación infrarroja emitida por los cuerpos se logran imágenes que tienen diversas aplicaciones, como detectar problemas en plantas de producción, identificar zonas de altas energías térmicas, eficiencia energética de las edificaciones, diagnóstico de enfermedades, ubicación de seres vivos en derrumbes, y muchas más.

## La evaporación, proceso de control de temperatura

En la naturaleza ocurren procesos de evaporación de masas de agua (cambio de estado líquido a gas), aunque estas se encuentran a una temperatura inferior al punto de ebullición ( $\pm 100^{\circ}\text{C}$ ). Esto ocurre en la interfase del agua con el aire, ¿cómo lo explicamos?



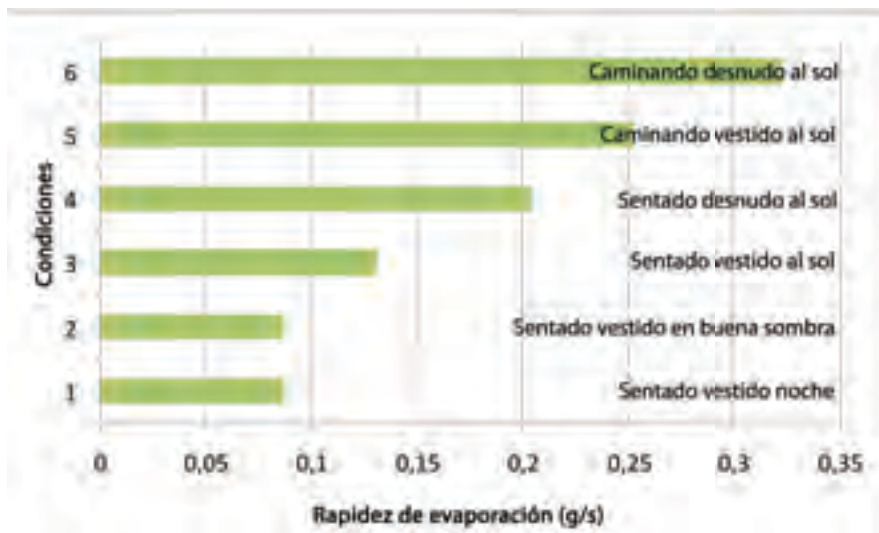
Como sabes la velocidad de las moléculas en el interior de materia no es uniforme, unas son lentas y otras más rápidas, por eso cuando definimos su energía térmica hablamos de la velocidad promedio. Las moléculas con alta velocidad que se encuentran en la superficie, pueden escapar de ella, así la energía térmica del agua líquida restante será menor. Algunas moléculas se quedan en el aire y por convección se elevan, otras regresan al agua por condensación. Así, el agua se evapora poco a poco.

De igual forma, cuando sudas expulsas agua a través de la piel y esta se evapora. Si sopla el viento o te pones frente a un ventilador, la evaporación es más rápida. La energía térmica que requieren las moléculas para escapar, la cede nuestro cuerpo, específicamente, la piel, por lo que disminuye su temperatura, y tenemos la sensación de frío. Este es un importante mecanismo para mantener el control de la temperatura corporal.

La rapidez en la variación de la masa líquida ( $\Delta m/\Delta t$ ) es una medida de la rapidez con que se cede energía. Esto depende de diversos factores como: humedad del aire, corrientes de aire, temperatura externa, radiación (Figura 28.8). En un ambiente húmedo y caliente la rapidez de evaporación disminuye, por eso nos sentimos humedecidos.



Sin tomar en cuenta estas variables, podemos considerar que la disminución de energía térmica ( $\Delta Q$  negativo) es aproximadamente proporcional a la variación en la masa líquida  $\Delta m$ , es decir:  $\Delta Q = -L_e \Delta m$ , donde  $L_e$  es el calor de evaporación del agua.



**Figura 28.8.** Rapidez de evaporación ( $\Delta m/\Delta t$ ) de personas para diferentes condiciones en ambiente seco con  $38^\circ\text{C}$ .



## Estimación del agua evaporada en la hidrósfera

De la radiación que recibe la Tierra, la hidrósfera gana  $63.400 \text{ TW/s}$ , de la cual se ceden a la atmósfera  $36.000 \text{ TW/s}$ , por evaporación. ¿Cuánta agua es removida de la hidrósfera en cada segundo por evaporación?

De la relación anterior tenemos que la cantidad de energía por unidad de tiempo equivale a la tasa de masa de agua evaporada, cuya cantidad resulta:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = -\frac{1}{L_e} \frac{\Delta Q}{\Delta t} = -\frac{3,6 \times 10^{16} \text{ J/s}}{2,3 \times 10^6 \text{ J/kg}} = -1,5 \times 10^{10} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Nota que el agua evaporada (signo -) de la hidrósfera por segundo es de  $1,5 \times 10^{10} \text{ kg}$ . ¡Es una cifra alta! Por suerte se almacena en las nubes y regresa al condensarse.

## Conservación de la energía: calor, trabajo y energía interna

Podemos pensar que si se le transfiere una cantidad de energía al sistema mediante calor  $Q$ , su energía interna  $E_i$  aumenta en la misma cantidad. Sin embargo, esto no es necesariamente cierto, porque pudiera suceder que la energía adquirida se convierte en trabajo  $W$  realizado por el sistema. Por ejemplo, cuando calentamos un globo lleno de aire, este se expande y las paredes del globo realizan un trabajo sobre el ambiente que lo rodea. En general, el calor suministrado puede convertirse en trabajo o en energía interna, o en ambos. Si tomamos en cuenta estas posibilidades, en general, el cambio  $\Delta E_i$  en la energía interna vendrá dado por:

$$\Delta E_i = Q - W$$

Donde  $Q$  es el calor suministrado al sistema y  $W$  es el trabajo realizado por el mismo. Esta relación es conocida como **la primera ley de la termodinámica**. La idea central de esta **ley es la conservación de la energía**. Lo cual de manera amplia plantea que cualesquiera que sean las transformaciones energéticas en un sistema cerrado, la energía que entra es siempre igual a la que sale; la energía total en su interior se conserva, como en el ciclo energético de la Tierra.

La primera ley de la termodinámica es una de las leyes importantes de la ciencia y su validez se basa en la experimentación. Se cumple en todos los fenómenos observados: mecánicos, electromagnéticos, químicos, cuánticos.

Cuando ingerimos alimentos estamos proporcionando energía interna al organismo, aumentando la energía potencial química. Esta energía se transforma internamente para crecer, formar nuevas células y reemplazar las que hayan muerto, entre otros. Además, de acuerdo con la primera ley esta energía se transforma en trabajo  $W$  cuando corremos, caminamos o levantamos un objeto y en calor que va desde el organismo hacia los alrededores.



*Figura 28.9. Al comerse el helado gana energía interna que se convierte en trabajo al subir con la patineta y en energía térmica en forma de calor.*

## Irreversibilidad, entropía y desorden

La primera ley de la termodinámica expresa que la energía siempre se conserva. Sin embargo, podemos imaginar procesos en donde la energía se conserva pero nunca podrían ocurrir en la naturaleza. Por ejemplo, la energía potencial gravitatoria de una roca cuando cae desde lo alto de una colina, al llegar al suelo está en forma de térmica y sonora, pero la piedra no puede extraer esta energía para volver a subir a la colina otra vez, así que esta energía ya no le es útil.

Veamos otro ejemplo, cuando se funde un cubo de hielo, las moléculas en el sólido que estaban ordenadas pasan al estado líquido de manera más desordenada. El proceso inverso en que las moléculas del agua se organizan de nuevo por sí solas para pasar a formar cubos de hielo, es imposible en forma natural. Para lograrlo hay que colocar el agua en el congelador. Las transformaciones energéticas son procesos que evolucionan en una sola dirección, son **irreversibles**. Para explicar esto, se ha enunciado otro principio conocido como la **segunda ley de la termodinámica**,

**El calor ocurre de forma natural de un objeto caliente a uno frío, nunca sucede espontáneamente de un objeto frío a uno caliente.**

En esta ley, el concepto central es la **entropía, S**, el cual, a diferencia del calor, es una cantidad del estado de un sistema que está asociada con la idea de desorden, y el hecho de que hay mayor probabilidad de que un sistema esté desordenado que ordenado. En consecuencia, los sistemas evolucionan hacia estados más probables, los cuales tienen mayor entropía, o sea, la energía se transforma desde formas ordenadas hacia formas desordenadas. Esto se conoce como la **degradación de la energía**; la evolución desde formas de energía útiles hacia formas no aprovechables.

Los seres vivos somos formas de energía ordenadas y útiles. El cuerpo humano transforma moléculas complejas (carbohidratos y grasas) en otras más pequeñas (dióxido de carbono, agua), de lo que resulta gran cantidad de energía térmica, una parte se transfiere al ambiente, el cual es muy desordenado. En las zonas de la Tierra altamente industrializadas, el uso de combustibles es muy alto, de manera que la entropía en estas se incrementa muchísimo, comparada con zonas menos industrializadas.

Lo importante son los cambios de entropía que ocurren en el sistema al pasar de un estado inicial a otro estado final. Cuando una cantidad de energía es suministrada o extraída en forma de calor ( $\Delta Q$ ) mediante un proceso a presión constante, la variación de entropía  $\Delta S$  viene dada por:  $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$ , donde  $T$  es la temperatura medida en Kelvin.

Veamos un ejemplo, imagina que tienes dos recipientes uno a 70°C y el otro a 30°C, con igual cantidad de agua (1 kg) que están en contacto dentro de un sistema cerrado. El calor va desde el de mayor temperatura hacia el de menor temperatura, hasta que alcancen el equilibrio térmico. La energía térmica cedida ( $-\Delta Q$ ) por uno debe ser igual a la ganada por el otro ( $\Delta Q$ ):

$$m_1 c \Delta T = -m_2 c \Delta T,$$

Como las masas son iguales ( $m_1 = m_2$ ) y se trata de la misma sustancia (agua) tenemos que:

$$(T_f - 30^\circ\text{C}) = -(T_f - 70^\circ\text{C}),$$

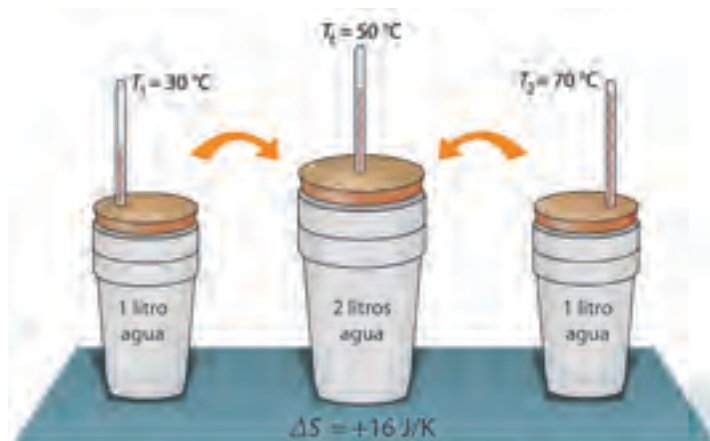
Así la temperatura final será de:  $T_f = 50^\circ\text{C}$  y la energía transferida es:

$$\Delta Q = mc \Delta T = (1\text{ kg})(4.180\text{ K/kg}^\circ\text{C})(20^\circ\text{C}) = 83.600\text{ J}$$

En este caso, las temperaturas varían durante el proceso, para hacer un cálculo aproximado de los cambios de la entropía, vamos a suponer una temperatura promedio para cada uno: para el agua fría tomamos:  $T_f = (30^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C})/2 = 40^\circ\text{C}$  y para el agua caliente:  $T_c = (70^\circ\text{C} + 50^\circ\text{C})/2 = 60^\circ\text{C}$ . Entonces la entropía total del sistema será:

$$\Delta S = \Delta S_{\text{frío}} + \Delta S_{\text{caliente}} = \frac{\Delta Q}{T_{\text{frío}}} - \frac{\Delta Q}{T_{\text{caliente}}}$$

$$\Delta S = \frac{83.600\text{ J}}{(273 + 40)\text{ K}} - \frac{83.600\text{ J}}{(273 + 60)\text{ K}} = 267 \frac{\text{J}}{\text{K}} - 251 \frac{\text{J}}{\text{K}} = 16 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$



**Figura 28.10.** Se mezclan dos litros de agua que están a diferentes temperaturas, el cambio neto en la entropía del sistema es siempre positivo.

Como puedes ver en este ejemplo, aunque la entropía de una parte del sistema disminuyó, la de la otra parte del sistema aumentó en una cantidad mayor, de manera que el cambio en la entropía total del sistema resultó positivo. En general, se puede enunciar **la segunda ley de la termodinámica** en términos de la entropía diciendo que:

*La entropía total de un sistema aislado nunca disminuye. Solo puede permanecer igual o aumentar.*

$$\Delta S_{\text{sistema}} + \Delta S \geq 0$$

Esto significa que la entropía total de cualquier sistema, más la de su ambiente, siempre aumenta como resultado de cualquier proceso natural. Es decir, al contrario de la energía del sistema que siempre se conserva, tenemos que la entropía siempre aumenta con el tiempo, esto implica que la energía se degrada perdiendo su cualidad de útil.

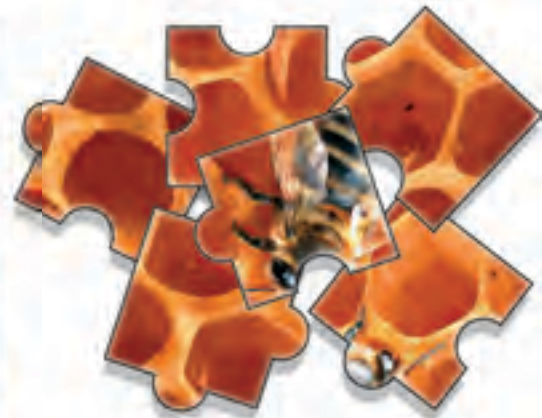
## Fuentes de energía que nos benefician

Las fuentes de energía son recursos de los que podemos obtenerla aprovechable para las actividades de la humanidad. Entre las principales fuentes tenemos: La radiación del Sol de manera directa, la propia Tierra desde su interior, las mareas, los vientos, las caídas de agua, materiales extraíbles (petróleo, gas, carbón, biomasa, elementos radiactivos). Aunque a la energía obtenida de cada una le demos calificativos distintos, se trata de la misma propiedad, energía.

Las fuentes son calificadas como **no renovables y alternativas**, esta distinción se basa en que la transformación del material para aprovechar su energía ocurre con mayor rapidez que su reposición en la naturaleza. El carbón, el petróleo y el gas requieren millones de años para formarse, por ello son fuentes no renovables. La mayoría de los países del mundo utilizan energía que proviene de este tipo de fuentes.

En el mundo actual se obtiene mucha energía con gran impacto ambiental; además existe un desequilibrio en el uso por parte de la población, y en muchas ocasiones no se emplea para satisfacer necesidades del buen vivir y del bien común. El tema energético ha generado una división geopolítica del mundo entre países productores de fuentes de energía con grandes reservas de fósiles, y países consumidores que la transforman en energía útil. Estas y otras razones, han llevado, entre otras acciones, a la búsqueda de fuentes de energía alternativas, así como, a la investigación y desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles para su transformación.

El proceso de degradación, es decir, el paso de energía útil a formas que no podemos aprovechar, es inevitable, por lo tanto, las transformaciones energéticas que hagamos tienen que ser para satisfacer necesidades reales, no necesidades generadas por el consumismo y el derroche. Por eso tenemos que hacer un uso eficiente y responsable de la energía. **La energía en nuestro hogar la Tierra, se conserva, se transfiere pero se transforma de formas de baja entropía, útiles, hacia formas de alta entropía, no aprovechables.**



**Lo más probable es que quede desordenado**



## Ensayando con el calor

**1.** Te proponemos la selección de diversos objetos de uso común como cafetera, termo, cavas, sartenes, ollas de diversos materiales, cantimploras, otros. Analizar por grupos los fenómenos térmicos ocurridos en ellos, explicando los procesos de transferencia y transformación de energía ocurridos y la ley termodinámica que se aplica. Debatir sobre propuestas para mejorar el diseño con el fin de que sean más eficientes. Organizar una exposición de todos los trabajos y proyectos.



**2.** Diseñen y construyan un calorímetro (pueden usar un termo de boca ancha). Evalúen la calidad del aislamiento. Usen el calorímetro para medir el calor específico de diversas sustancias. Comparen los resultados de los diferentes grupos.

**3.** Determine la temperatura de fusión y evaporación del agua en su ciudad. Comparen el resultado con los valores en otras ciudades a mayor o menor altura sobre el nivel mar. Expliquen las diferencias.

**4.** Predigan teóricamente la temperatura final al mezclar dos cantidades de agua (masa 1 y masa 2) a diferentes temperaturas ( $T_1$  y  $T_2$ ) en un recipiente aislante. Realicen la experiencia y comparen los resultados experimentales con la predicción. Analicen y expliquen las discrepancias.

**5.** Considerando los modelos discutidos en la lectura, diseñen y evalúen experimentalmente varios procedimientos para enfriar lo más rápido posible un jugo en lata y un jugo en empaque de cartón, mediante: hielo, agua, sal, anime, cartón, bolsas negras, termómetro. Comparen ventajas y desventajas de cada uno.







## Actividades de autoevaluación

**1.** Analiza la validez de cada una de las siguientes expresiones, considerando el modelo de la teoría mecánica del calor.

- La temperatura es una medida del calor de un cuerpo
- El calor puede ocurrir desde un cuerpo a menor temperatura hacia un cuerpo con mayor temperatura.
- Dos cuerpos con igual cantidad de energía térmica están a la misma temperatura y viceversa.
- El calor es una forma de energía.
- La temperatura es una magnitud intensiva (de una partícula), mientras que la energía térmica es una magnitud extensiva (de muchas partículas).

**2.** En una campaña de ahorro energético dicen: “Cierra la nevera para que no salga el frío”. Discute sobre la validez de esta frase desde la teoría mecánica del calor y explica por qué mantener la nevera abierta de manera innecesaria implica un uso indebido de la energía. Redacta una nueva frase.

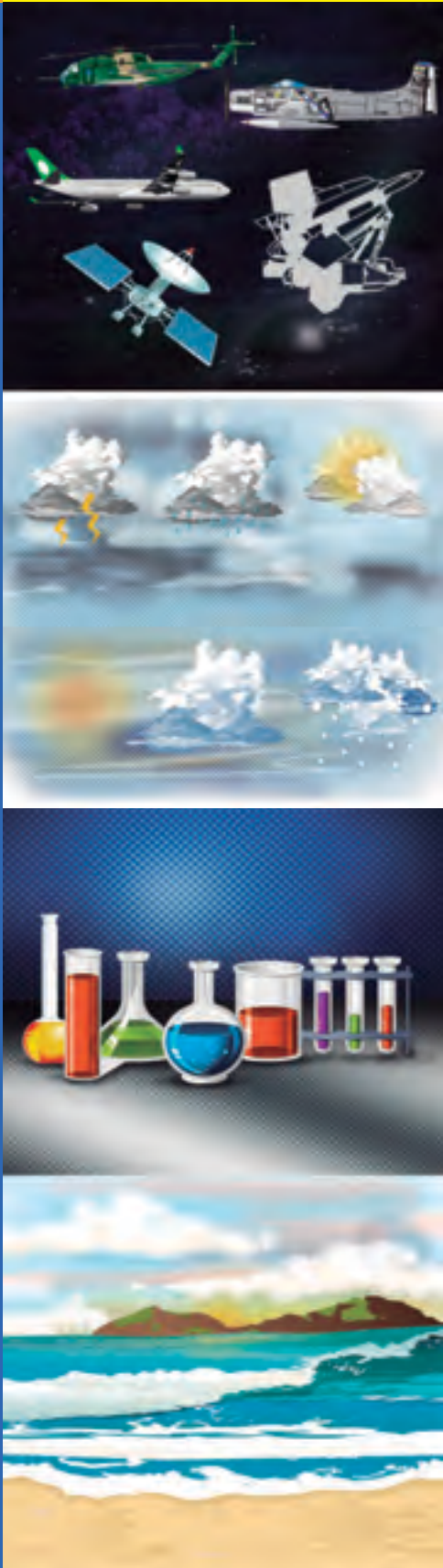
**3.** Elabora una lista de los términos de uso común relacionados con el calor y la energía. Indaga lo que las personas queremos decir con ellas, y evalúa si ese significado se corresponde con el de la ciencia. ¿Pensamos con modelos científicos aunque usamos palabras que no lo parezcan?

**4.** Si tienes un niño de 15kg con fiebre a una temperatura de  $39^{\circ}\text{C}$ , y para bajarla a  $37^{\circ}\text{C}$ , lo sumerges en una bañera con agua. ¿A qué temperatura debe estar el agua si en la bañera colocas 150L de agua?



**5.** Una persona está en el páramo andino a una temperatura ambiente de  $10^{\circ}\text{C}$ . ¿Cuánta energía debe ceder su organismo para mantenerlo a  $37^{\circ}\text{C}$ ?

**6.** ¿Cuánta energía hay que suministrarle a un calentador de agua de 20 L para elevar su temperatura desde la temperatura ambiente ( $30^{\circ}\text{C}$ ) hasta  $45^{\circ}\text{C}$ ?



Piensa un momento si has experimentado fenómenos como los siguientes:

- Cuando has ido a la piscina con tus familiares o amigos. En el agua parecen que pesaran menos y en tierra más.
- En el túnel del metro, se experimenta una brisa muy ligera que se va haciendo más fuerte, y a medida que esto ocurre te permite saber que el tren se aproxima.
- El líquido sube por el pitillo cuando absorbemos.

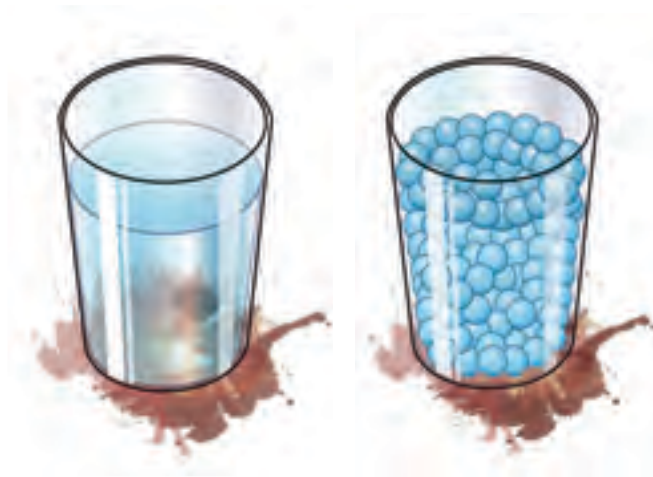
En todos los ejemplos de fenómenos cotidianos que se acaban de mencionar, es importante que te des cuenta que todos ellos ocurren en un medio líquido o en un medio gaseoso. En unos casos, el medio líquido o gaseoso no se mueve pero sí el objeto que interactúa con el medio, como en la piscina o cuando descendemos en la profundidad de un pozo de río o de laguna. En estos casos el medio que es el agua, se encuentra en reposo.

En otros casos, el medio líquido o gaseoso se mueve, y se dice que fluye, como lo es el caso del aire en el túnel del metro o el líquido que sale por el pitillo.

Esta lectura se trata de todos estos fenómenos, los cuales se pueden explicar a partir del estudio de un área de la ciencia denominada la mecánica de los fluidos. La mecánica de fluidos estudia el movimiento de los fluidos (líquidos y gases), y las fuerzas que los provocan, dividiéndose en dos grandes áreas: la hidrostática y la hidrodinámica. La mecánica de fluidos es fundamental en campos tan diversos como la aeronáutica, la ingeniería química, civil e industrial, la meteorología, las construcciones navales y la oceanografía, actividades que son de gran importancia en el desarrollo científico y tecnológico de nuestro país.

## Un modelo para los fluidos

Si estás en tu salón de clases, toca el pupitre o cualquier objeto que tengas a tu lado. ¿Es macizo o tiene huecos? ¿Seguro? Ahora piensa en un vaso con agua. Si pudieras observar sus componentes, en la siguiente figura: ¿el agua sería continua como la del vaso de la izquierda o compuesta por partículas aglomeradas como el vaso de la derecha?



*Figura 29.1. El caso de la izquierda representa un medio continuo, el de la derecha no debido a que entre las partículas quedan espacios vacíos o huecos.*

Hasta este momento, es posible que nunca te hubieras planteado una pregunta como la anterior. Fundamentalmente áreas como la cinemática y la dinámica, se basan en conceptos como posición, desplazamiento, velocidad, rapidez, fuerza aplicada, trabajo realizado y energía, y se consideraban a los objetos partículas. Imaginar a un cuerpo como partícula en el área de la cinemática y de la dinámica, significa considerar que sus dimensiones son muy pequeñas en comparación con las demás dimensiones que participan en el fenómeno. Por ejemplo, si un automóvil de 3 m de longitud, se desplaza 25 m, no podría considerarse como una partícula; pero si este viaja de un pueblo a otro

que dista unos cientos de km, la longitud del automóvil si será despreciable en relación con la distancia, y de esta forma lo podemos considerar como partícula. Además, en el caso de la partícula sólo estudiamos su movimiento de traslación, es decir, su desplazamiento de una posición a otra, lo que hace que el estudio del fenómeno considerado bajo este modelo se simplifique bastante. En esta lectura, estudiaremos un nuevo modelo denominado **medio continuo**.

Un medio continuo se considera a un conjunto muy grande de partículas, tan grande que lo podemos imaginar infinito, así que en su estudio se supone la ausencia de espacios vacíos entre las partículas que lo conforman, esta es la idea de **continuidad de un material**. Entonces el material se supone que es continuo si llena completamente el espacio que ocupa **no dejando poros o espacios vacíos**. Podemos señalar entonces que un medio continuo no tiene huecos en su interior, y en este sentido no lo podemos modelar como el vaso lleno de esferitas de la figura 29.1. En cambio, el vaso de la izquierda de la figura 29.1 representa un medio continuo, ya que no presenta huecos en su interior y llena todo el vaso.

Es importante que tomes en cuenta que los vasos de la figura 29.1 representan un modelo científico, es decir, en la realidad si pudieras observar el agua contenida en el vaso con un microscopio, te darías cuenta que entre las partículas que conforma el líquido existen espacios vacíos, pero tomando en cuenta que el número de partículas es enorme consideramos teóricamente que no existen espacios vacíos, y por esta razón desde el punto de vista de la ciencia se puede considerar al fluido como un medio continuo.

Bajo este modelo, consideraremos a los líquidos y gases como medios continuos y los llamaremos **fluidos**. Un fluido líquido es una sustancia que puede escurrir (fluir) fácilmente y que puede cambiar de forma debido a la acción de pequeñas fuerzas entre sus partículas, tal que adopta la forma del recipiente que la contiene. Por ejemplo cuando colocas un fluido como un jugo en una jarra, te das cuenta que adopta la forma que tenga la jarra, sea cual sea su forma geométrica, y no importa que cambies al fluido de jarra, mientras no se modifique la cantidad su volumen es el mismo. Revisemos un poco más este fenómeno, a partir del modelo de partículas propuesto.

Los fluidos líquidos están constituidos por un enorme número de partículas que están en continuo movimiento. Estas partículas se atraen entre sí por medio de **fuerzas de naturaleza eléctrica** denominadas **fuerzas de cohesión**. Estas fuerzas no son suficientemente intensas para mantener las partículas moviéndose en torno a una determinada posición, y como consecuencia se desplazan sobre sí mismas, cambiando de posición. Razón por la cual el fluido no tiene forma definida, como en el caso de los sólidos, cuyas partículas forman estructuras con forma definida denominadas redes cristalinas.



*Figura 29.2. Modelo de partículas que representa un fluido.*

Sin embargo, las fuerzas de cohesión son lo suficientemente intensas para impedir que el conjunto de partículas escape, por lo tanto un fluido tiene un volumen definido. Esto explica el ejemplo de la jarra de jugo.

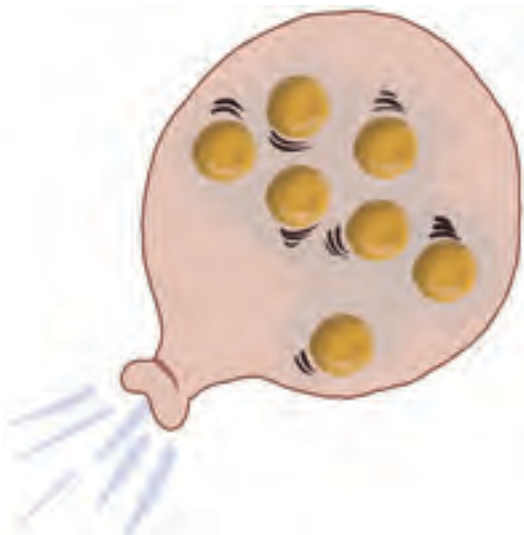


*Figura 29.3. Gracias a las fuerzas de cohesión podemos leer este mensaje.*

Puedes imaginar otros fluidos, como por ejemplo la miel que sale de un frasco, una corriente de agua viajando por un canal, o simplemente el agua estancada en un pipote en tu casa. Todos son ejemplos de fluidos líquidos.



*Figura 29.4. Fluidos líquidos*



**Figura 29.5.** Modelo de partículas que representa un gas.

En el caso de los gases que también se consideran fluidos, éstos están constituidos al igual que los líquidos, por un enorme número de partículas. En esta caso, las fuerzas de cohesión son muy débiles comparadas con los líquidos y los sólidos, y como consecuencia, las partículas están muy separadas, se desplazan a grandes velocidades, chocando entre sí y con las paredes del recipiente que contiene el gas. Por lo tanto el gas no tiene forma ni volumen definido.

Ejemplos de fluidos gaseosos, son el aire que expulsa un globo cuando se deja libre, el viento, el gas que viaja por las tuberías y va hasta la cocina de tu casa, el gas que libera el tubo de escape de un vehículo.



**Figura 29.6.** Fluidos gaseosos. a) Gas doméstico, b) es importante controlar la salida de gases contaminantes por el tubo de escape de un vehículo.

En la ciencia, existen diferentes modelos para describir a los fluidos. Una forma de abordar el problema de la descripción de un fluido, fue desarrollada por Leonard Euler (1707-1783), que se considera la más conveniente para la mayoría de los fines. En ella no se consideran las partículas que conforman el fluido por separado, sino que, se especifica al fluido en general como una partícula y se describe en función de su velocidad y de su densidad en cada punto del espacio, en cada instante.

La densidad, es una propiedad fundamental para describir el comportamiento de un fluido. La misma, es una propiedad intrínseca de la materia que se define como su masa por unidad de volumen. La representación simbólica de esta relación es:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Si la densidad varía de un punto a otro, se debe usar la relación:

$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

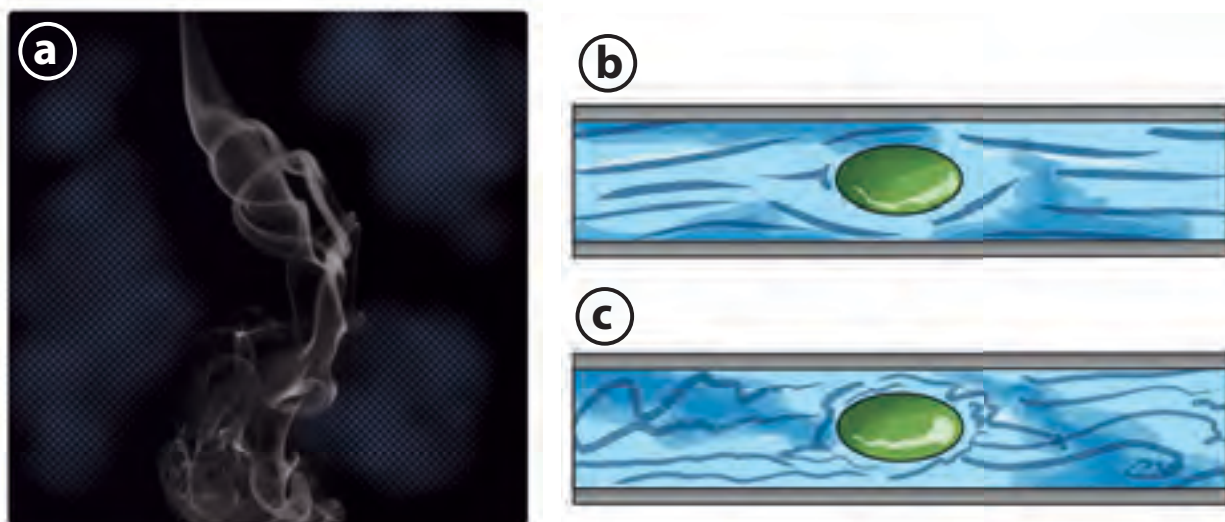
Siendo  $\Delta m$  la variación de masa y la variación del volumen que ocupa esa masa. Sus unidades son las siguientes:

Nombre de la magnitud física	Tipo de magnitud Física	Símbolo	Unidades en el Sistema Internacional (SI)	Equivalencia entre unidades en el SI
Densidad	Escalar (un número más una unidad física)	$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	103 kg/cm <sup>3</sup> = 1 g/cm <sup>3</sup>

Con este modelo, cualquier magnitud física que se utilice para describir el estado del fluido, por ejemplo, la presión, tendrá un valor definido en cada punto en el espacio y en cada instante de tiempo.

Para comprender la naturaleza de los fluidos, se realizarán algunas simplificaciones, en las cuales se considerarán primero algunas características generales del flujo de fluidos.

El flujo de los fluidos puede ser de **régimen estable** o de **régimen inestable**. Se dice que el movimiento del fluido es de régimen estable cuando la velocidad del mismo, en un punto dado cualquiera, es constante al transcurrir el tiempo. Esta condición se puede lograr cuando la velocidad del fluido es reducida, por ejemplo, una corriente que fluye suavemente. Son fluidos en régimen inestable cuando se observan fenómenos como una corriente muy rápida o una cascada, y se dice que el flujo es turbulento. En estos casos, la velocidad de la partícula de fluido aumenta, acelerada por la fuerza de gravedad a medida que cae. Existen básicamente dos formas en las que se puede mover un fluido: siguiendo un flujo laminar, o un flujo turbulento. El flujo laminar es el más ordenado, ya que el fluido se mueve únicamente en el sentido de la corriente.



**Figura 29.7.** (a) El humo del incienso empieza a ascender siguiendo un flujo laminar, pero al cabo de un tiempo el flujo se convierte en turbulento. (b) Un objeto que se mueve en un flujo a velocidad baja. (c) A velocidad alta, en este caso se produce turbulencia.

El flujo de los fluidos también, puede ser compresible o incompresible. Ordinariamente se puede considerar que los líquidos tienen flujo incompresible. Pero hasta un gas altamente compresible puede experimentar algunas veces cambios en la densidad que son muy pequeños para ser considerados. En vuelos a velocidades muy inferiores a la velocidad del sonido en el aire (los cuales se estudian en aerodinámica), el movimiento del aire con relación a las alas es de fluido casi incompresible. En todos estos casos, se dice que la densidad del fluido no cambia ni en el espacio ni en el tiempo. Esta condición simplifica notablemente su estudio.



*Figura 29.8. Al igual que para el avión, el fluido en el cual se mueve el automóvil es casi incompresible, a velocidades inferiores a la velocidad del sonido.*

Finalmente, los fluidos que existen en la naturaleza siempre presentan una especie de fricción interna o **viscosidad** que complica el estudio de su movimiento. Sustancias como el agua y el aire presentan muy poca viscosidad (escurren fácilmente), mientras que la miel y la glicerina tienen una viscosidad elevada. La viscosidad, en el movimiento de los fluidos, es el fenómeno análogo al rozamiento en el movimiento de los sólidos.

Para realizar el estudio de los fluidos dinámicos, se consideran a los fluidos en régimen estable, incompresibles y no viscosos, con el fin de simplificar de manera significativa su estudio. En este caso se dice que el **fluido es ideal**.

## Estudio de los fluidos en movimiento

Supongamos una manguera por el cual circula un fluido. Si este fluido es ideal, la relación entre las velocidades del fluido en la entrada y salida de la manguera con las áreas de las aberturas está dada por:  $A_1v_1 = A_2v_2$ . Esta expresión se denomina **ecuación de continuidad**.

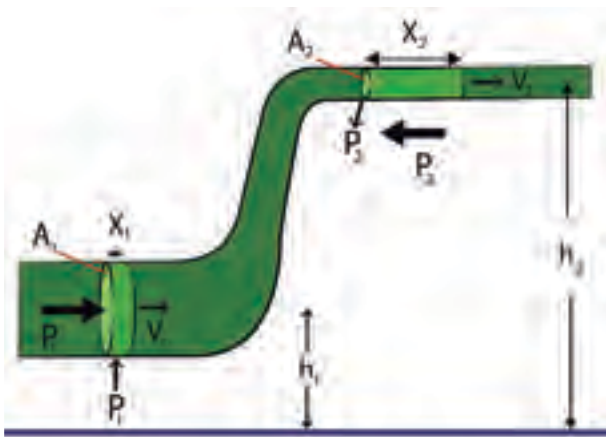


*Figura 29.9. El agua que sale por la boquilla de la manguera, lo hace con una velocidad mayor. Esta velocidad se puede calcular aplicando la ecuación de continuidad. Los bomberos, por ejemplo, usan este principio físico para aprovechar la velocidad de salida del agua y combatir los incendios.*

En la figura 29.9 se muestra cómo el agua que sale por la boquilla de la manguera (orificio más pequeño) lleva una rapidez mayor que la que trae a lo largo de la manguera. La ecuación de continuidad justifica este hecho, ya que si conocemos la velocidad del fluido y las áreas transversales de la manguera y del orificio de salida, la relación para calcular la velocidad de salida es:

$v_2 = \frac{A_1 v_1}{A_2}$ , fíjate que mientras menor sea el área de la boquilla mayor es la velocidad del fluido que sale por ella.

La otra ecuación importante es una relación fundamental de la mecánica de los fluidos, que al igual que todas las ecuaciones de esta área, no es un nuevo principio sino que se puede derivar de las leyes fundamentales de la mecánica newtoniana.



**Figura 29.10.** Aplicando un análisis newtoniano (aplicar las leyes de Newton al estudio de un fenómeno) se puede comprobar que la relación entre la partícula de fluido a velocidad  $v_1$  se relaciona con la velocidad  $v_2$  a través de la ecuación de Bernoulli.

Consideremos un tubo que tiene dos áreas transversales diferentes como se muestra en la figura 29.10. En el punto 1 la “partícula de fluido” ocupa un área  $A_1$  y lleva una velocidad de 1. Al llegar al punto 2, la longitud de la “partícula de fluido” aumenta porque ha disminuido el área  $A_2$ . Aplicando las leyes de Newton y consideraciones de tipo energéticas se puede conseguir la siguiente relación entre todas las variables

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho g v_1 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho g v_2 + \rho g y_2$$

Esta ecuación se denomina ecuación de Bernoulli para un fluido de régimen estable, no viscoso, incompresible. Fue presentada por Daniel Bernoulli (1700-1782) en su Hidrodinámica en 1783.

Sus aplicaciones son numerosas y se emplea para determinar las velocidades de un fluido mediante mediciones de presión. Muchas veces se combina con la ecuación de continuidad y se convierten en una fuerte alianza para resolver numerosas situaciones de la dinámica de fluidos, entre ellas, el tubo de Pilot, la fuerza ascensional y el empuje de un cohete.

**Figura 29.11.** Gracias al principio de Bernoulli, el efecto del viento sobre la vela produce una diferencia de presión que “absorbe” al windsurfer hacia la zona de baja presión a gran velocidad.



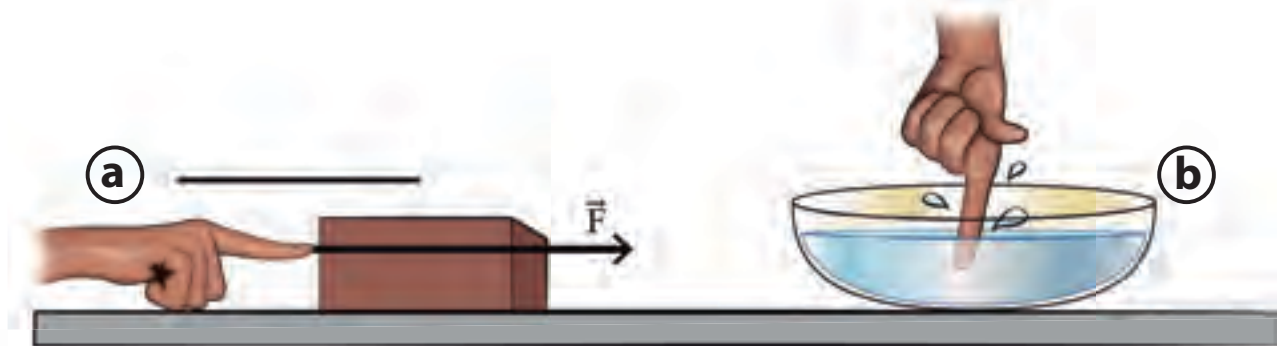


## Propiedades básicas de los fluidos en reposo

Los líquidos, a diferencia de los sólidos, no transmiten fuerzas, sino presiones. Por ejemplo, es un fenómeno común la acción de aplicar una fuerza sobre un sólido para, empujarlo o tirar de este o ejerciendo cualquier contacto mecánico con ese cuerpo, ya sea en forma directa o indirecta. En este caso, el movimiento que adquiere el sólido como el taco de la figura 29.12.a. es proporcional a la fuerza aplicada sobre el punto de aplicación, adquiriendo el sólido una aceleración.

¿Pero qué pasaría si tratas de aplicar una fuerza de la misma naturaleza a un fluido?

Un ejemplo sería un líquido en un recipiente (agua en un vaso), al tratar de comunicarle alguna fuerza al agua, en forma directa, simplemente me mojo el dedo, sin conseguir otra cosa que eso o tal vez provocar algunas salpicaduras, como en la figura 29.12.b.



*Figura 29.12. a) Aplicación de una fuerza sobre un sólido. b) Aplicación de una fuerza sobre un fluido.*

Para poder comunicar alguna acción a un líquido, éste deberá estar encerrado en un recipiente, el cual tenga una pared móvil denominada embolo (normalmente una tapa móvil) que sirve para empujar al líquido en toda su superficie, como por ejemplo una jeringa o un pistón de automóvil.



*Figura 29.13. Fluidos en movimiento*

Con el ejemplo anterior, podemos decir entonces que la presión sobre un fluido se produce cuando aplicamos una fuerza perpendicular sobre una superficie distribuida sobre el área de la misma. La representación simbólica matemática de esta relación es:

$$P = \frac{F_{\perp}}{A}$$

El símbolo  $F_{\perp}$  representa la intensidad de la fuerza aplicada perpendicular a la superficie de área  $A$ .

De acuerdo a esta definición podemos estudiar la unidad de presión en el S.I:

Nombre de la magnitud física	Tipo de magnitud Física	Símbolo	Unidades en el Sistema Internacional (SI)	Equivalencia entre unidades en el SI
Presión	Escalar (un número más una unidad física)	$P$	Pascal (Pa)	$1Pa = 1 \frac{N}{m^2}$

Otras unidades de uso frecuente para expresar la presión, en el área de la ingeniería, la tecnología, la medicina y la ciencia son las siguientes:

- **1 mmHg (Milímetro de mercurio) = 133 Pa**
- **1 atm (atmósfera) = 1.01 x 105 Pa**
- **1 Torr (Torrecilla) = 1 atm**
- **1 kgf/cm<sup>2</sup> (Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado) = 14.2 lb/plg<sup>2</sup> (Libra por pulgada cuadrada)**

*Figura 29.14. Cuando menor sea el área sobre la cual actúa una fuerza, tanto mayor será la presión que produzca. Esta es la razón por la cual al usar el martillo podemos con facilidad penetrar la madera con el clavo.*



## Cuando bajas aumenta, cuando subes disminuye

A partir del concepto de presión, podemos estudiar otros fenómenos. Por ejemplo sabemos que cualquier sustancia es atraída por la Tierra, incluso la atmósfera. Debido a esto, la capa atmosférica que envuelve a la Tierra y que alcanza una altura de decenas de kilómetros, ejerce una presión sobre los cuerpos inmersos dentro de esta capa. Esa presión se denomina presión atmosférica.

La presión **atmosférica disminuye con la altura** y lo podemos experimentar cuando subimos por ejemplo al pico Bolívar en el Estado Mérida, a medida que estamos más alto empezamos a sentir que el aire nos falta, esto se debe a la disminución de la presión atmosférica. En la figura 29.15, se puede observar cómo varía la presión atmosférica con la altura, tomando como referencia el monte Everest el cual es el más alto de la Tierra.

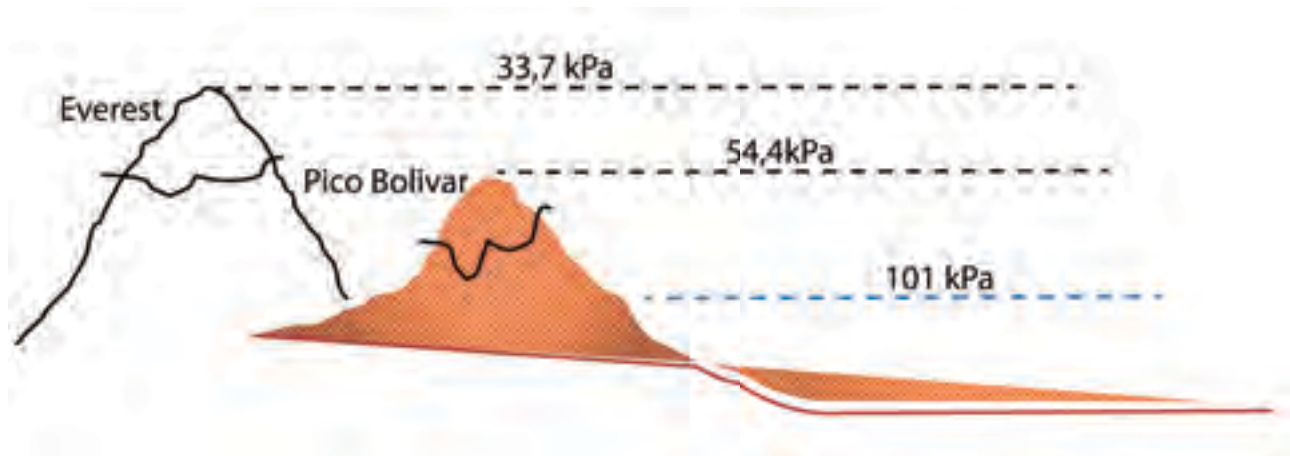


Figura 29.15. Variación de la presión con la altitud medida en kPa.

Otro ejemplo de la presión atmosférica ocurre cuando extraemos desde el interior de una lata el aire. La presión atmosférica es capaz de aplastar la lata, debido a que la presión externa es mayor a la presión que está ejerciendo el aire que va quedando en el interior de la lata. Cuando se alcanza el vacío la presión atmosférica aplasta la lata.

### ¿Sabías que...?

En 1654 Otto Von Guericke, alcalde de Magdeburgo, e inventor de la bomba de vacío, hizo la siguiente demostración pública en presencia del emperador. Extrajo aire a una esfera compuesta de dos conchas hemisféricas metálicas de paredes delgadas y de igual radio, colocadas en contacto borde con borde. Para separar los hemisferios, y después de varios fracasos, hubo que emplear grupos de ocho caballos a cada lado ¿Qué tremenda presión!



Figura 29.16. La demostración de Von Guericke. La fuerza externa que hay que aplicar para separar los hemisferios tiene que ser igual y opuesta a la fuerza que se establece debida a la diferencia de presión entre el aire exterior y el interior.

Contrario al fenómeno de la presión atmosférica es la variación de la presión con la profundidad. Cuando nos sumergimos en el agua del mar o de un pozo de río existe una situación parecida, pero al revés. Conforme bajamos en el agua, la presión aumenta, pues el peso de la capa líquida que ejerce la presión en cada punto, será mayor cuanto más grande sea la profundidad, debido que tenemos el peso de la capa de agua más el peso de capa atmosférica. Esta sensación la experimentaríamos con un dolor de oído que tiende a agudizarse a medida descendemos.

Este hecho se produce en todos los fluidos, de un modo general. La relación matemática que permite medir la presión en el interior de un fluido a una profundidad determinada, es la siguiente:

$$P = P_{atmosférica} + \rho gh$$

Esta expresión indica que la variación de la presión con la profundidad es lineal, es decir, si construyes una gráfica de la presión contra la profundidad el resultado sería una línea recta, la cual se representa simbólicamente por medio de una función lineal (función afín). En esta expresión  $P_{atmosférica}$  representa la presión atmosférica en la superficie del líquido,  $\rho$  representa la densidad. El símbolo representado por la  $g$  es la aceleración de gravedad y  $h$  es la profundidad.

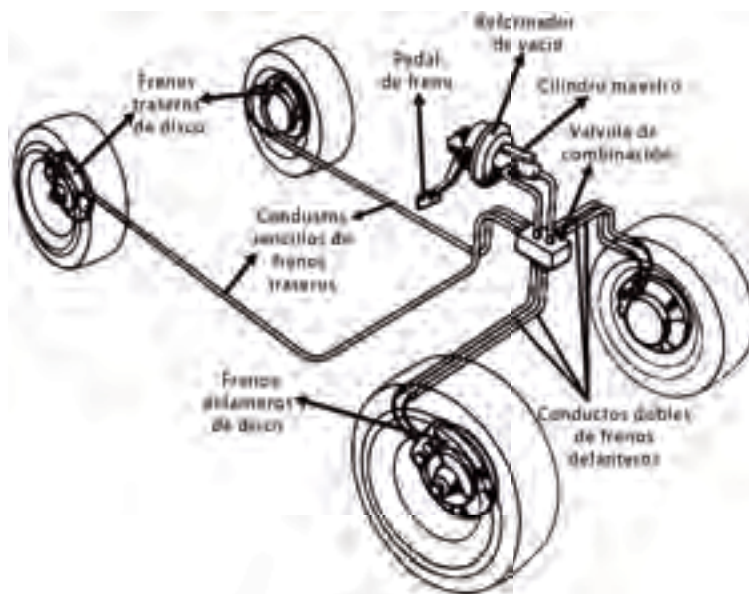


**Figura 29.17.** Lo que más afecta a los buceadores es el oído. Aunque el oído medio básicamente tenga un volumen de aire de aproximadamente 4 cm<sup>3</sup>, es suficiente para que al ascender y descender, y por los cambios de volumen asociados, se produzca una excesiva deformación de la membrana timpánica e inclusive pueda perforarla. Seguramente alguna vez has dicho u oído “se me taparon los oídos”.

## Aplicando una pequeña fuerza puedo levantar un carro

Una consecuencia importante de la variación de la variación lineal de la presión con la profundidad en un fluido es el principio de Pascal. Veamos un ejemplo de este principio.

Seguramente has oído hablar del sistema hidráulico de los frenos de un carro. Este sistema trabaja empleando una fuerza de intensidad pequeña aplicada por el pie sobre el pedal de freno, la cual es transmitida por el fluido con una fuerza de mayor intensidad al cilindro de freno de cada una de las ruedas, como se muestra en la figura 29.18.

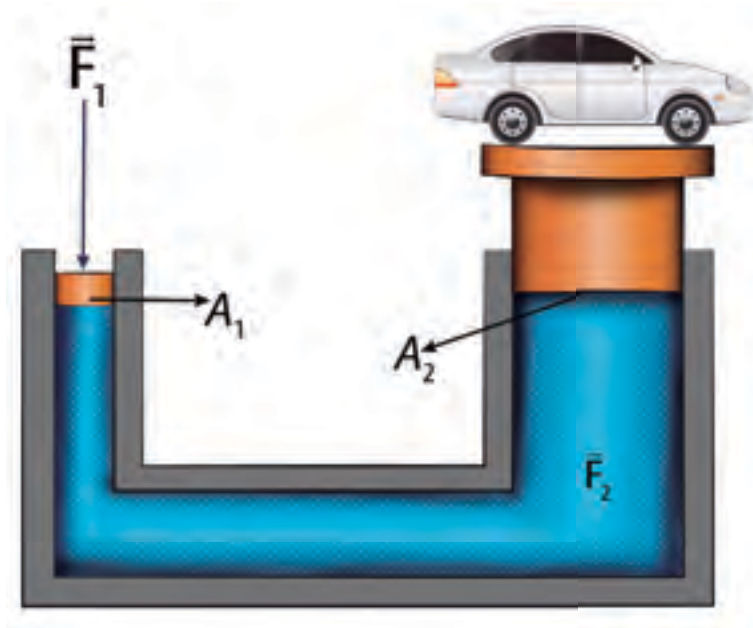


**Figura 29.18.** Sistemas de frenos hidráulicos.

Este fenómeno está relacionado con un principio denominado el **Principio de Pascal**, que señala lo siguiente:

***Bajo condiciones de equilibrio, un cambio en la presión aplicada a un fluido de densidad constante que está encerrado, se transmite uniformemente hacia todo el fluido y hacia todas las paredes del recipiente.***

La prueba de este principio es simple. Si la presión en un punto del fluido es alterada en cierta cantidad, entonces la presión en cualquier otro punto debe ser alterada en la misma cantidad. De lo contrario la diferencia no tendrá el valor constante  $\rho gh$  y la presión extra no equilibrada haría fluir el líquido.



**Figura 29.19.** La prensa hidráulica, es una aplicación del Principio de Pascal. Con este dispositivo es posible equilibrar una gran fuerza mediante una fuerza mucho menor. Así aplicando una pequeña fuerza podrías levantar un auto. Este dispositivo lo puedes ver en los autolavados y talleres de mecánica automotriz, y lo utilizan para levantar carros y cambiarle el aceite o lavar el chasis.



## El poder del “gato hidráulico”

Muchos de nuestros padres se dedican al trabajo de mecánicos automotrices. Supón que tu papá se dedica a tal profesión, y si lo hace en la realidad mejor. Cierta día un cliente llega al taller de tu papá y pide a este que revise el chasis de su carro (toda la estructura del carro por debajo). Para hacer esto tu papá necesita tener una visión completa del mismo. Si se ubica por debajo con el carro acostado en el piso su visión se hace muy pobre además de incómodo. Entonces decide usar el **elevador hidráulico**. Él te pide que le ayudes a calcular la fuerza que tiene que aplicar para poder levantar el carro a una cierta altura usando un “gato hidráulico”. ¿Cómo le ayudarías?

Como estrategia te sugiero que tomes como representación icónica que representa el fenómeno en la figura 13.12. Los símbolos que aparecen en la figura son los siguientes:

$F_1$ , representa la fuerza aplicada sobre el émbolo de área  $A_1$ .

$F_2$ , representa la fuerza aplicada sobre el pistón de área  $A_2$ .

$A_1$ , representa el área del émbolo 1.

$A_2$ , representa el área del émbolo 2.

Fíjate que existe una relación entre estas variables dada por la expresión dada por la relación:  $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ , podríamos usar la expresión de forma directa y calcular la variable buscada, pero para esto necesitas conocer el resto de variables. Si te acercas al elevador hidráulico podrás tomar los datos del área, y en el manual de automóviles con lo cual obtienes valores como estos:

$$A_1 = A_{\text{EMBOLO PEQUEÑO}} = 25\text{cm}^2, A_2 = A_{\text{EMBOLO GRANDE}} = 2.000\text{cm}^2$$

Todavía necesitas conocer,  $F_2$  que es esta:

Ahora sí podemos usar la expresión  $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$ , haciendo un despeje de la variable buscada que en este caso es:

$$F_1 = \frac{F_2 \times A_2}{A_1} = \frac{8,974\text{N} \times 25\text{cm}^2}{2.000\text{cm}^2} = 112,75\text{N} \cong 112,18\text{N}, \text{ y esta es la fuerza que necesitas}$$

para elevar el auto. Es equivalente a la utilizada para levantar y sostener un cuerpo de 11,5 kg, ¿Es pequeña verdad? ¡De verdad que el principio de Pascal es maravilloso! Tu papá se sentirá muy orgulloso y tú muy contento de tener conocimientos de ciencia.

### ¿Sabías que...?

Un instrumento que sirve la presión de un gas encerrado en un recipiente se denomina manómetro. Un tipo de manómetro muy utilizado consta de un tubo en forma de U, el cual contiene mercurio. Cuando se desea medir la presión de un gas en un tanque, el extremo de la rama más pequeña del tubo se adapta al recipiente y se observa el desnivel del mercurio en las dos ramas del manómetro.



## Porqué flota un cuerpo...

Si alguna vez trataste de sumergir una pelota de playa te habrás dado cuenta de que es muy difícil tratar de hundirla, pues parece que hay una fuerza extraña que empuja la pelota hacia arriba. Esta fuerza no es de naturaleza extraña sino física, y ella también es la responsable de que podamos flotar usando un salvavidas, de que un aerostato pueda flotar en el aire y de muchos otros fenómenos en donde el hecho principal es la **flotación de un cuerpo en un fluido**, ya sea el fluido un líquido o un gas.

Tal fuerza permite la flotación, es vertical y dirigida hacia arriba respecto al centro de la Tierra, y se denomina **empuje ascendente, fuerza de empuje** o simplemente **empuje**.

Esta fuerza se produce porque cuando un cuerpo está sumergido en un fluido, las fuerzas de presión actúan sobre toda la superficie del cuerpo. Como la presión aumenta con la profundidad en los fluidos, tenemos que las fuerzas ejercidas por el mismo en la parte inferior del cuerpo son mayores que las fuerzas ejercidas en su parte superior, y se distribuyen en la forma que se indica en la figura 29.20.

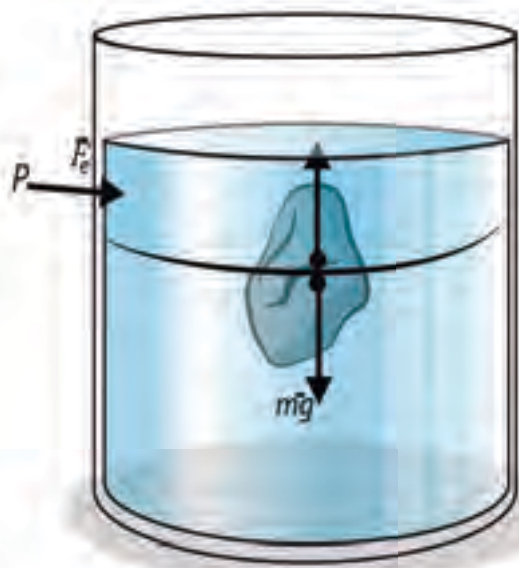
Este fenómeno está relacionado con el Principio de Arquímedes:

**La fuerza de empuje sobre un cuerpo sumergido en un fluido, es igual al peso del fluido desplazado por este objeto.**

Si aplicas un análisis newtoniano sobre el objeto sumergido de la figura 29.21, puedes ver que si las fuerzas empuje y fuerza gravitacional tienen la misma intensidad pero sentido contrario, la suma de fuerzas en la dirección vertical es igual a cero, por lo tanto el objeto está en equilibrio. Es importante que notes que en ningún momento la forma y composición del cuerpo ha sido importante para analizar este fenómeno, pues solo depende de la densidad del fluido y del volumen del objeto, esto lo podemos expresar de forma simbólica matemática como sigue:

$$|\vec{F}_e| = m|\vec{g}| = \rho Vg$$

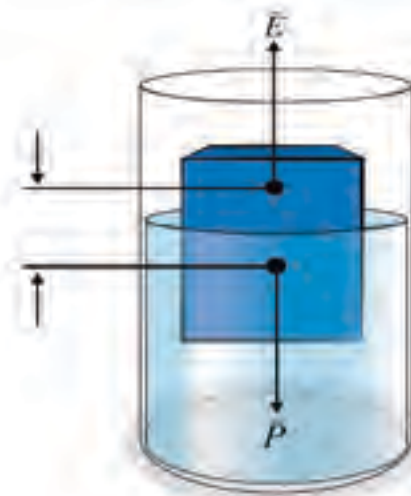
En la expresión  $\rho$  representa la densidad del fluido,  $V$  representa el volumen del objeto sumergido en el fluido y  $g$  el valor de la aceleración de gravedad.



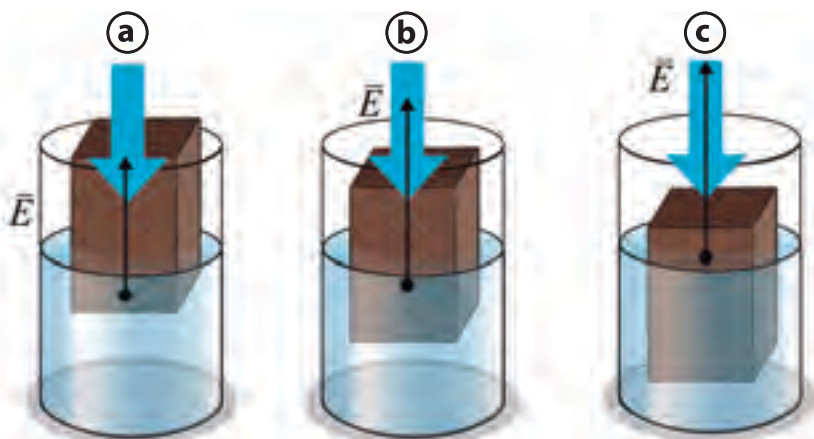
*Figura 29.20. Objeto sumergido en un fluido de densidad. La fuerza de empuje representada por  $\vec{F}_e$  es de igual intensidad que el peso desplazado por el fluido pero de sentido contrario.*

Fíjate que usando las leyes de Newton pudimos llegar al mismo resultado que llegó Arquímedes. Es notable que Arquímedes descubriera estos hechos mediante experimentos, mucho antes de que Newton estableciera las leyes básicas de la mecánica clásica.

Para que un cuerpo flote en un líquido existen ciertas condiciones físicas. Estas condiciones se pueden estudiar a través de la expresión que representa la intensidad del empuje:  $F_c = E = \rho g V$ . Esta expresión se puede obtener por la vía experimental, estudiando cómo afecta cada una de las variables que la constituyen al empuje. Para que entienda mejor el principio de Arquímedes, vamos a analizar la siguiente situación presentada en la figura 29.22.



**Figura 29.21.** En esta figura se han obviado los símbolos vectoriales, dado que la fuerza de empuje y la fuerza gravitacional están en la misma vertical. La fuerza de empuje se expresa simplemente usando la letra E. El punto sobre el que actúa se llama centro de flotación y está localizado en el centro de gravedad del volumen de fluido que ha sido desplazado por la porción del cuerpo sumergido. En el diseño de un bote, el centro de gravedad del bote y el centro de flotación han de estar en la misma vertical



**Figura 29.22.** El empuje ascendente sobre un cuerpo es mayor cuanto más grande sea la cantidad de fluido desplazado.

### ¿Sabías que...?

En el siglo III antes de nuestra era, el filósofo, matemático y físico griego Arquímedes, al realizar cuidadosos experimentos descubrió la manera de calcular el empuje que actúa sobre los cuerpos sumergidos en líquido. Y aún en la actualidad este principio sigue estando vigente en todo lo referente a fenómenos del campo de la hidrostática.

**1.** Supón que un bloque de madera se introduce parcialmente en el agua, como muestra la figura 29.22.a. Como está desplazado cierto volumen de fluido recibe un empuje ascendente  $\vec{E}$ , de intensidad igual al peso del agua desplazada por el bloque.

**2.** Si introducimos más el bloque como en la figura 29.22.b. el volumen de fluido que se desplaza será mayor, y mayor el valor del empuje. Este hecho del aumento de empuje se puede percibir porque tendrás que emplear más fuerza para lograr sumergir el bloque de madera. Otro ejemplo es el de la pelota de playa, mientras más la trates de hundir en el mar más difícil se hace.



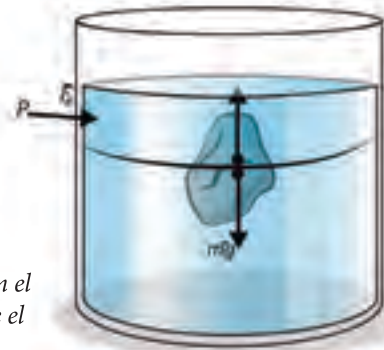
3. Cuanto mayor sea el volumen de fluido que se desplace, tanto mayor será el empuje que se reciba. En la figura 29.22.c, el bloque ya se encuentra totalmente sumergido, y por tanto, desplaza la máxima cantidad de fluido posible. En este caso, el volumen desplazado es igual al volumen del propio bloque.

4. Es importante mencionar que, una vez que el cuerpo esté totalmente sumergido, aunque lo hundas otro poco más, **el valor del empuje no aumenta**, pues el volumen del fluido desplazado permanece constante, igual al volumen del objeto en cuestión.

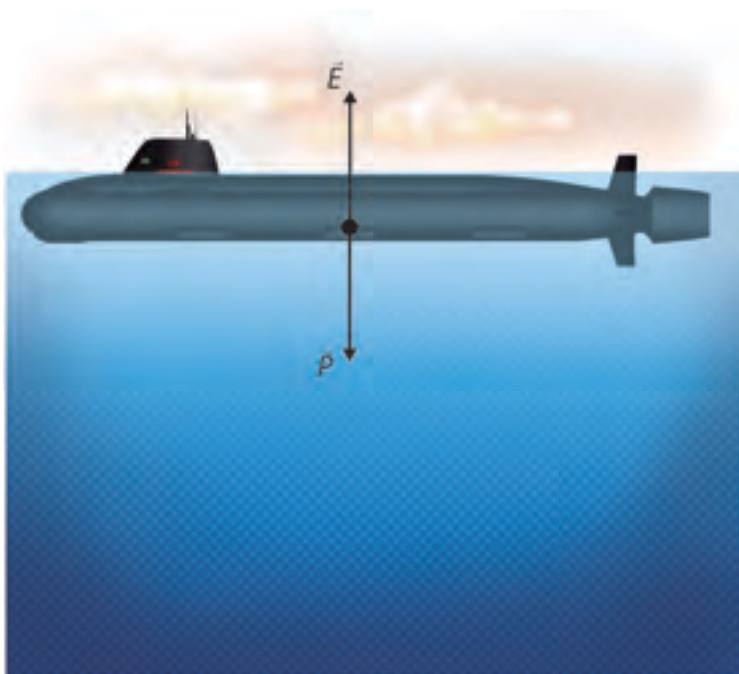
## ¡Unas veces se hunde, unas veces flota, ¿todo depende sólo del empuje?

Imagina una situación en que introduces un cuerpo en un líquido, de modo que quede totalmente sumergido. Si sueltas el cuerpo, las fuerzas que actúan sobre él serán la fuerza gravitacional y el empuje ejercido por el fluido. En estas condiciones, podrá observarse una de las tres situaciones siguientes:

1. El valor del empuje es menor que el peso del cuerpo ( $E < F_g$ ). En este caso, la resultante de estas fuerzas estará dirigida hacia abajo, y el cuerpo se hundirá hasta llegar al fondo del recipiente. Esto es lo que sucede cuando, por ejemplo soltamos una piedra dentro del agua (figura 29.23)



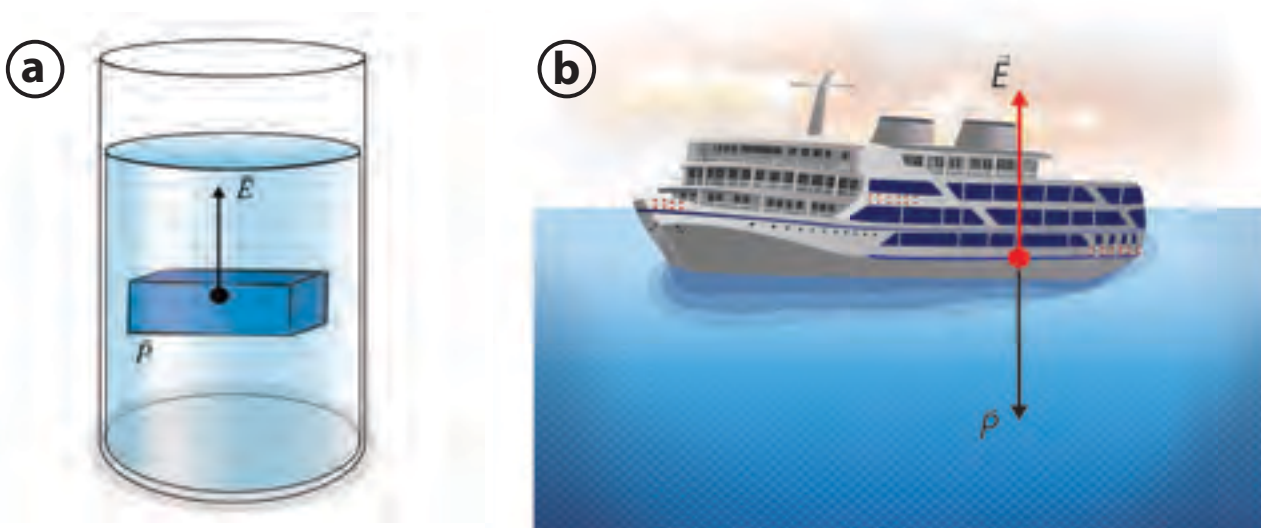
*Figura 29.23. La piedra se hunde en el fluido cuando su peso es mayor que el empuje ascendente que recibe.*



2. El valor del empuje es igual al peso del cuerpo ( $E = F_g$ ). En este caso la resultante de las fuerzas que actúan sobre el objeto será nula y el cuerpo quedará en reposo en el sitio en que se halle. Esto es lo que sucede con un submarino bajo el agua, en reposo a cierta profundidad (Figura 29.24)

*Figura 29.24. Si el objeto flota totalmente sumergido en un fluido, su peso es igual al empuje ascendente (representados por los dos vectores negros) que recibe.*

3. El valor del empuje es mayor que el peso del cuerpo ( $E > F_g$ ). En este caso, la resultante de las fuerzas que actúan sobre el objeto estará dirigida hacia arriba y el cuerpo sube en el interior del fluido. Mientras el cuerpo esté totalmente sumergido se tendrá que  $E > F_g$ . Cuando llegue a la superficie del fluido y comience a salir del mismo, la cantidad del fluido que desplaza empezará a disminuir, y por consiguiente, el valor del empuje también disminuirá. En una posición dada el objeto habrá desplazado una cantidad de fluido igual a su peso, es decir, se tendrá entonces que  $E = F_g$ . En esta posición el objeto flotará en equilibrio. Esto ocurre, por ejemplo, cuando soltamos un bloque de madera que estaba sumergido en el agua. Otro ejemplo, lo puedes ver cuando un barco flota (en equilibrio) en el agua, este está recibiendo un empuje cuyo valor es igual a su propio peso, es decir, el peso del barco está siendo equilibrado por el empuje ascendente.



**Figura 29.25.** (a) Cuando la fuerza gravitacional sobre el cuerpo es menor que el empuje ascendente que actúa sobre él tiende a salir del interior del fluido, al salir del fluido flota libremente en equilibrio. (b) Un barco puede flotar debido al empuje que recibe del fluido (agua), y que es ocasionado por el volumen de agua que desplaza su casco.

No solo el que un objeto flote o no en un fluido, depende únicamente del volumen de fluido desplazado, también depende de la densidad de dicho fluido. Según la representación matemática del Principio de Arquímedes  $E=P$ . Esta expresión se puede ver de la siguiente forma:

$$E = \rho_{\text{fluido}} V_{\text{cuerpo}} g \qquad F_g = \rho_{\text{cuerpo}} V_{\text{cuerpo}} g$$

Como  $E=P$ , puedes comparar ambas expresiones y percatarte que sólo difieren en los valores de la densidad del fluido y del cuerpo. Con este análisis se pueden plantear los siguientes casos, los cuales corroboran que el problema de la flotabilidad de los cuerpos también depende de la densidad del objeto y del fluido:

1. Si  $\rho_{\text{fluido}} < \rho_{\text{cuerpo}}$  tendremos que  $E < F_g$ , y en este caso, como ya viste, el cuerpo se hundirá en el fluido.
2.  $\rho_{\text{fluido}} = \rho_{\text{cuerpo}}$  tendremos que  $E = P$ . En este caso, como viste, el objeto quedará en suspenso cuando esté completamente sumergido en el fluido.
3.  $\rho_{\text{fluido}} > \rho_{\text{cuerpo}}$  tendremos que  $E > P$ , así el objeto sube en el fluido y emerge en la superficie hasta llegar a una posición de equilibrio, parcialmente sumergido, en la cual  $E = P$ .

Con este análisis puedes prever cuándo flotará, o se hundirá un objeto en algún fluido conociendo simplemente sus densidades. De esta manera, es fácil concluir, que un globo sube en la atmósfera debido a que su densidad media es menor que la del aire (figura 29.26)



**Figura 30.26.** Un globo aerostático sube en la atmósfera gracias al empuje ascendente que recibe del fluido (aire).



## ¿Por qué flota?

Hazte del siguiente material: 3 vasos grandes de agua, 1 huevo, agua y sal. Llena dos vasos con agua:

- Revolviendo con una cuchara, trata de disolver la mayor cantidad posible de sal, aproximadamente 70 g. Coloca el huevo en el vaso que tiene solo agua: ¿qué observas? Colócalo ahora en el vaso en el que has disuelto la sal: ¿qué observas? Anota tus observaciones.
- Pon el huevo y agua hasta que lo cubra y un poco más, en el tercer vaso. Añade agua con sal, de la que ya tienes, hasta que consigas que el huevo quede entre dos aguas: ¿qué observas?
- Si añades en este momento un poco de agua, ¿qué observas ahora?
- Responde lo siguiente de acuerdo a tus observaciones y el principio de flotación:
  - a. ¿Qué fuerza actúan sobre el huevo?
  - b. Según la figura 14, clasifica cada observación.
  - c. De qué depende que el huevo se haya hundido: de la presión, del volumen o de la g.
  - d. ¿Crees que el principio de Arquímedes representa un buen modelo para explicar todo lo observado en esta actividad? Justifica lo escrito.



## Un fluido que levanta libros

En nuestro caso la demostración será usada para que puedas apreciar el fenómeno mediante un pequeño montaje y describir y justificar el mismo con el uso de algún modelo, ley, principio o expresión matemática estudiada en esta lectura. Es importante destacar que las demostraciones no son experimentos, ya que en ellas no se toman ni procesan datos. Desde un computador con conexión a Internet y tarjeta de sonido ve a la siguiente dirección:

**<http://www.youtube.com/watch?v=pgEFRxaRaO4>**

Corre el video y observa y escucha con mucho detenimiento. Responde y completa lo siguiente:

- Describe el fenómeno. ¿Qué fluido hay dentro de la bolsa? ¿Lograrías lo mismo usando un liquido, agua por ejemplo? Explica.
- Este fenómeno, ¿está basado en la expresión matemática de la presión en la profundidad de un fluido o en el principio de Pascal? Justifica tu respuesta.

## Uno de los fluidos más importante para la vida: el agua

Así como el aire, el agua es fundamental para la vida terrestre, por esta razón se considera un fluido vital en la subsistencia de la vida terrestre, a continuación averigua por qué.

Las tres cuartas partes (75%) de la superficie terrestre están cubiertas de agua: es la hidrósfera. Está formada por los océanos, mares, ríos, lagos, aguas subterráneas y glaciares.

Todos los seres vivos necesitan agua para poder desarrollar las funciones vitales. Las propiedades que la hacen imprescindible para la vida en la Tierra son las siguientes:

- **El agua es un buen disolvente.** Casi toda nuestra sangre es agua; para expulsar sustancias tóxicas lo hacemos mediante la orina o el sudor; para absorber las sustancias minerales del suelo las plantas necesitan agua; el agua de mares y océanos conserva oxígeno en disolución que permite respirar a los peces.

- El agua regula la temperatura del medio. No es buena conductora del calor, por eso en lugares próximos al mar, o grandes extensiones de agua, los cambios de temperatura son menos pronunciados. Los climas costeros son más suaves.
- El agua alcanza su máxima densidad en estado líquido (40° C). Debido a esta circunstancia física, el hielo (menos denso) flota sobre el agua líquida y, en consecuencia, los organismos acuáticos sobreviven durante el invierno o las heladas.

Las grandes masas de agua regulan la temperatura de las zonas terrestres cercanas, pero además el ciclo del agua en la naturaleza (que estudiaremos más adelante) determinará las precipitaciones y el grado de humedad ambiental, por lo que la hidrósfera interviene en gran medida en el clima.

El agua es también un agente geológico externo que determina el relieve. Las aguas salvajes (sin cauce fijo), los torrentes (con cauce fijo pero sin caudal continuo), los ríos (con cauce fijo y caudal continuo, aun pudiendo variar según la estación del año o las precipitaciones), las aguas subterráneas (que forman cavernas, estalactitas y estalagmitas), las aguas marinas y los glaciares, todos ellos, provocan de distintas maneras la erosión, transporte y sedimentación de materiales terrestres para cambiar el relieve y establecer el paisaje.

¡Esta es la importancia del agua para la vida terrestre! ¿Qué opinas al respecto? Discútelo con tus compañeros y compañeras en el aula de clase.





## El vaso mágico

Prepara un vaso con agua no lleno, una bandeja, colorante azul de metileno y una cartulina de 10x10 cm. Colorea el agua con azul de metileno. Se coloca un trozo de papel encima. Pide a tus compañeros y compañeras que predigan lo que pasará si le damos la vuelta al tubo lleno de agua. A continuación, se gira el tubo de ensayo y se quita la mano del papel. Expliquemos lo siguiente: ¿Qué retiene el papel e impide que salga el agua del tubo de ensayo? ¿Ocurriría lo mismo si el papel estuviera mojado?



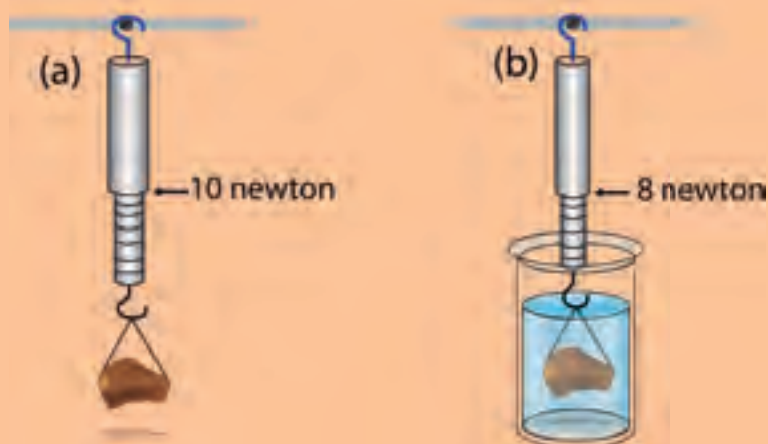
## Actividades de autoevaluación

1. Un escalador va a ascender a la cima del salto Ángel en el estado Bolívar y quiere conocer antes ¿cómo disminuye la presión atmosférica por cada metro que sube desde el nivel del mar? Ayúdalo con este problema; considera una densidad del aire promedio de .
2. El émbolo de una grúa hidráulica en el que se coloca la carga tiene una superficie 100 veces mayor que en el émbolo que se aplica la fuerza. ¿Qué fuerza hay que ejercer en este último émbolo para poder levantar un automóvil de 1.500 kg de masa.
3. Queremos llevar un cuerpo de 1.000 kg utilizando una elevadora hidráulica de plato grande circular de 50 cm de radio y plato pequeño circular de 8 cm de radio, cuánta fuerza hay que colocar en émbolo pequeño.
4. Un faquir posee (investiga qué es un faquir si no lo sabes) dos camas del mismo tamaño, una con 500 clavos y otra con 1.000 clavos. Basándote en lo estudiado en esta lectura: ¿en cuál cama crees que estaría más cómodamente instalado?

5. Observa la siguiente imagen: Usa el principio de Arquímedes para describir y justificar toda la imagen.



6. Observa el siguiente fenómeno representado en la imagen:



• ¿Cuál es la razón que produce un descenso en el valor registrado por el dinamómetro de la izquierda?

7. Usa un computador con conexión a Internet y baja el video que está en la siguiente dirección:

**<http://www.youtube.com/watch?v=C7NCKi4ktWY>**

• Investiga qué principio físico le permite al animalito llamado “basilisco” correr sobre el agua.



## Efraín Moreno: humanidad desde un corazón docente y botánico

El profesor Efraín Moreno nace en Caracas el 25 de abril de 1947. Se gradúa de biólogo en la Universidad Central de Venezuela (UCV) en el año de 1969 y tres años después, en 1972, ingresa al Instituto Pedagógico de Caracas (IPC) como profesor. Luego, cursa estudios de postgrado en la Universidad Simón Rodríguez, graduándose de Magíster Scientiarum en Educación de Adultos. El profesor Efraín ha dedicado su vida a la enseñanza e investigación de la botánica, tanto en el IPC, como en la UCV y en el Instituto Botánico de Venezuela.

En la actualidad, el profesor Efraín se encuentra jubilado, pero permanece activo trabajando como asesor de la comisión de curriculum del Departamento de Biología y Química del IPC y es parte de la comisión de reordenación del vivero de la institución, que lleva su nombre. Es director del Herbario Francisco Tamayo, donde trabaja en su recuperación, ampliación y mantenimiento. También, brinda apoyo a la cátedra de botánica, a la cual sirvió por 36 años como profesor activo y continúa aún como jubilado. Su trabajo no se restringe al IPC, durante la semana, según sus propias palabras, sino que también trabaja ad honorem en el IBV determinando muestras de briofitas que permanecen en el herbario nacional, sin identificar.



Entre los trabajos realizados que podemos mencionar, están los libros de "Ciencias I" y "Ciencia II" de las Ediciones Universidad Pedagógica Experimental Libertador, en el año 89 y 92, junto con otros profesores; (2007) en coautoría con dos investigadores más. La "Guía Ilustrada de Hongos Liquezados de Venezuela". Actualmente se encuentran en prensa dos libros a los cuales el profesor Moreno ha dedicado su tiempo en los últimos años, denominados: "De la estirpe de Ernst: la historia de la Cátedra de Botánica del IPC" (único autor) y "Las plantas ornamentales de las áreas verdes del Instituto Pedagógico de Caracas" en coautoría con dos de sus estudiantes.



Además de estos, nuestro preciado educador y botánico cuenta con otras 22 valiosas publicaciones, una de ellas, en coautoría con el ilustre botánico larense Francisco Tamayo.

Efraín Moreno ha contribuido con la formación de talento humano docente, siendo tutor en varias tesis de Maestría en Enseñanza de la Biología, Educación Superior, del IPC y maestrías de la Facultad de Humanidades, de la Universidad del Zulia.

Su labor ha tenido trascendencia a lo largo de su carrera y se le ha reconocido en varias ocasiones, desde ser padrino de graduación en 13 oportunidades, pasando por la obtención de la medalla “Andrés Bello” del Consejo Académico del IPC, por una trayectoria de más de 25 años como profesor activo en la institución, hasta el reconocimiento público por parte de la Sociedad Botánica de Venezuela, por investigación, docencia y botánica en el 2011. Otro reconocimiento importante, es el de Maestro Botánico insigne otorgado por la Fundación Instituto Botánico de Venezuela en el mismo año. El profesor Efraín es considerado, por conocedores del área de la micología, como el único taxónomo en el país de hongos dañinos para cultivos, como las royas y los carbones, y es uno de los pocos taxónomos que tiene el país, conocedor de las briofitas venezolanas.

La humildad, la sencillez, el buen humor y la entrega en la enseñanza, son algunas de las muchas características notables en nuestro profesor. Es un ejemplo que ha marcado, y aún lo hace, a muchos de sus estudiantes, quienes, en algunos casos, han seguido sus pasos en el estudio de la botánica o, por medida pequeña, han desarrollado su potencial como investigadores e investigadoras en otras áreas. En la universidad, donde aún dedica su vida con trabajo honesto y transparente, se le quiere inmensamente, y se ve en él, a un padre, un amigo, un compañero que deja huellas, las cuales seguimos para ejercer la docencia y la investigación con un alto sentido de humanismo. Así es el profesor Efraín humanidad desde un corazón docente y botánico.



## José María Cruxent: pionero de la Antropología científica en Venezuela y América Latina

**“No existen pueblos superiores o inferiores...al principio, éramos todos lo mismo”.**

¿Qué tal si pudieras viajar, unos 30.000 años atrás, y registrar el panorama de ese distante mundo? Hasta el momento esto es posible ¡solo en una película de ficción!

Pues bien, muchas de las cosas sabidas, además por observar, experimentar y comprobar su ocurrencia en la naturaleza, se lo debemos al estudio de los fósiles, que nos permiten hurgar la historia de la vida y de la humanidad. He aquí un lugar común para que las ciencias naturales y las ciencias sociales, juntas, den luz a cosas extraordinarias.

Esto sucede con la Antropología, ciencia donde José María Cruxent, español de nacimiento, pero falconiano de agradecimiento, dedicó más de sesenta años de su vida investigativa en Venezuela.

Con sus hallazgos arqueológicos enriqueció el conocimiento, así como las colecciones de Antropología física, Etnografía, Herpetología (estudio de reptiles y anfibios), Ictiología (estudio de los peces), Mineralogía, Teriología (estudio de los mamíferos) y Paleontología del Museo de Ciencias Naturales, del cual fue su director entre 1944 y 1963.

Buscando esclarecer el misterio del origen del ser humano en América, realizó varias expediciones. En una de ellas, con un equipo franco-venezolano hacia el alto Orinoco, llegó a las nacientes del río ubicada en la sierra Parima, cerro Delgado Chalbaud, a 1.047 m de altitud, en el estado Amazonas. Ocurrió en 1951 y permitió valiosos aportes a varias especialidades científicas, así como el reconocimiento de cuatro mil km<sup>2</sup> como parte del territorio nacional.

Para 1953 Cruxent, junto con Miguel Acosta Saignes y otros investigadores, crea la Escuela de Sociología y Antropología de la Universidad Central de Venezuela (UCV). Para 1956, analiza restos líticos del valle del río Pedregal, en Falcón, y concluye que formaban parte de los primeros artefactos elaborados por seres primitivos en Venezuela. Eso alimentó su teoría sobre el poblamiento temprano en América, lo cual sostenía que había ocurrido, unos 30.000 años antes del presente (AP), al menos.



Excavó en Carrizal, Muaco y Quebrada Ocando (Falcón); en los yacimientos neolíticos El Jobo (Zulia) y en República Dominicana. De allí desenterró la Isabela, primer asentamiento urbano fundado en América por Cristóbal Colón, en 1494.

En 1958, Cruxent publica "Arqueología Cronológica de Venezuela", el compendio más completo conocido, hasta ahora, en esta materia. Cuando se crea el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), en 1959, se incorporó como científico y, aunque no tenía título universitario, siempre estudiaba, investigaba, creaba, publicaba, enseñaba...lo que hace falta para desarrollar una buena carrera científica.

El Departamento de Antropología del IVIC fue otra de las creaciones de Cruxent y, junto con Roberto Chuchani, químico investigador, creó también el primer laboratorio de carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ ) de Latinoamérica, en 1963, con lo cual se podía estimar la antigüedad de los materiales orgánicos, hasta en unos 45.000 años AP, por el método denominado datación por radiocarbono.

Más tarde, junto con un equipo, excava en Taima-Taima (Falcón) donde encontró un proyectil lítico más antiguo que el conocido en el mundo para el momento. Este hallazgo evidenciaba la presencia humana en Suramérica con unos 14.000 años de antigüedad, teoría contraria al conocimiento publicado para el momento por científicos europeos y norteamericanos, quienes afirmaban que está databa de unos siete u ocho mil años. No fue poca la incredulidad que se generó, sin embargo, Cruxent la enfrentó, como todo buen científico, con más investigación.

El proyectil encontrado por el grupo estaba asociado a unos restos óseos de megafauna primitiva, identificados como fósiles de un estegomastodon, un tipo de mastodonte (*Haplosmastodon waringi*) de unos 14.000 años de antigüedad. También desenterró restos de un armadillo (*Gliptodon* sp.) y un perezoso gigante (*Eremotherium laurilardi*), así como los de un caimán de Brasil (*Purussaurus* sp.) que suponía había emigrado hacia Urumaco (Falcón).

Con esta investigación se demostraba que Taima-Taima fue el primer lugar de matanza de mastodontes, por el ser humano, reportado en el mundo, hasta ese momento.

Para 1981 Cruxent se incorpora como docente a la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM), en Coro. Allí crea el Centro de Investigaciones Antropológicas, Arqueológicas y Paleontológicas (CIAAP-UNEFM) y, en otras excavaciones, encuentra fósiles de un *Hesperogavialis cruxenti* o cocodrilo de la India.

Con su genio artístico participó en la agrupación de protesta contra la represión política en Venezuela, durante los años 60, llamada "El Techo de la Ballena".

En Coro, creó el Museo taller-escuela "Ángel Segundo López" y, bajo el principio de enseñar-haciendo, enseñaba a niñas y niños a fabricar equipos con materiales de desecho.

José María Cruxent es considerado el padre de la Arqueología científica en el país, publicó más de 200 escritos, como autor o coautor, y recibió más de una veintena de premios y reconocimientos, entre ellos, el Premio Nacional de Ciencias (1987). Junto con su sabia labor, se destacó como una persona despreñada, sencilla, de gran calidad humana y pasión por la libertad. Sobre su obra, puedes consultar la dirección electrónica <http://www.docuven.org.ve/video/46/J-M-Cruxent-un-investigador>.

Su legado, y el persistente trabajo del equipo investigador del CIAAP-UNEFM, han sido reconocidos para decretar en Falcón el área protegida del Parque Arqueológico y Paleontológico de Taima-Taima. Información sobre este lugar la puedes hallar en:

<http://www.youtube.com/watch?v=UQcplbNXyIQ>

Este gran científico murió en el 2011, a la edad de 94 años. En su honor, el IVIC ha creado el premio "José María Cruxent".

El trabajo de Cruxent dejó huellas para que jóvenes, como tú, puedan seguir el ejemplo.

## La evolución de la humanidad, promovió el uso de las energías

La energía en los últimos años ha sido definida como la capacidad para hacer un trabajo. Esta energía puede transmitirse y, dentro de los temas de la termodinámica, la energía se manifiesta en forma de calor, entonces si observamos alguna manifestación de calor, como el fuego, entonces estaremos observando energía. La energía y su uso han ayudado a simplificar cualquier tipo de trabajo. Por esta razón, los humanos y la sociedad han dependido, desde años, de la energía para mejorar el trabajo que puede brindar bienestar para la supervivencia.

El uso de energía como el fuego, es muy antiguo. Algunos autores plantean que hay registros de que este fue conocido hace unos 1,8- 2 ma.- 250 mil años, siendo el H. erectus el pionero entre los homínidos, ya que lo usó como fuente para la sobrevivencia de sus especie, ayudándolo a su adaptación al medio y a su evolución.

Sin embargo, este homínido fue incapaz de dominarlo por completo, incluso el humano estuvo por muchos años tratando de controlar esta forma de energía. En sus inicios la humanidad solo podía mantenerlo encendido y resguardarlo en recipientes adecuados para evitar que se apagara, ya que desconocía por completo cómo volver a encenderlo.

Cuando el humano logró controlar el fuego a través de la frotación de pedazos de madera y la percusión de sílex sobre vegetales secos, lo utilizó para diversas actividades como calentar, cocinar alimentos, garantizar la seguridad y hasta para la caza.



El uso del fuego se combinó, por muchos años, con el agua para crear lo que fue la primera máquina de vapor. En la antigua Alejandría, fue usada la máquina de Hierón, la eolípia, solo con fines de entretenimiento, haciendo que el vapor de agua generara suficiente energía para moverla. Sin embargo, fueron los avances en la física y la química junto con los aportes de James Watt, a finales de 1700, así como la creación de la máquina de vapor, lo que promovió la revolución industrial.

La tecnología que permitió la creación de máquinas con fines de transporte marítimo o terrestre, se perfeccionó para el siglo XIX. Pero aún en ese momento de la historia, la humanidad solo tenía como fuente de energía al fuego, que en combinación con diversas sustancias ha mejorado la vida de la sociedad.

Para finales de 1800, con la aparición del petróleo, los avances en física y química, el desarrollo de las leyes de la termodinámica, así como, los estudios de la electricidad y el electromagnetismo nace otra fuente de energía. Con la invención del motor eléctrico, el generador de electricidad continua y el motor eléctrico de corriente alterna, entre otras máquinas, se pudo transportar la electricidad a grandes distancias para obtener el alumbrado eléctrico.

Es a partir de este momento de la historia cuando se elimina al fuego como la única fuente de energía; sin embargo, su reinado no acababa, estuvo presente por muchos años combinado en diversas formas con la electricidad y el electromagnetismo para promover mejores condiciones de vida.

Con la llegada del Siglo XIX, y la Primera y Segunda Guerra Mundial, se diversificaron los usos de la electricidad, el combustible fósil y el fuego, ya que estos tres tipos de energía moldearon el desarrollo de las diversas tecnologías de esa época bélica.

Durante la II Guerra Mundial es perfeccionado el uso de la tecnología de la fisión nuclear, pero con fines militares, permitiendo la creación de las bombas atómicas usadas en Japón para finales de 1945. Después de la guerra, y con la muerte de miles de seres humanos, esta energía se convierte en una nueva fuente de poder para la humanidad.

En pleno Siglo XXI los diversos tipos de energía descubiertos han sido fuentes de avances científicos - tecnológicos; pero a la vez, esta sociedad que se sustenta en las tecnologías de la informática y la industria demanda que las mismas sean menos contaminantes y renovables. Por estas razones se han generado otras opciones energéticas que disminuyan la preocupación de su posible agotamiento y disminución de las problemáticas ambientales. Estas son las energías limpias tales como la solar, la eólica o la biomasa.

Pero estas tecnologías aunque novedosas y que mejoran el ambiente, están en sus primeros pasos. Su proliferación pone en riesgo a las grandes transnacionales de las energías preexistentes y a su vez, afectan a los grupos de interés económico y político que han controlado por siglos el mercado energético, haciendo que estas alternativas de consumo sean desvalorizadas y su potencial en pro del bienestar de la humanidad no sea considerado valioso, como una vez lo hicieron con la fusión fría de Pons y Fleischmann en los años 80.

## Fuentes recomendadas para las y los estudiantes

- Barros, P. y Bravo, A. (s/f). Móvil perpetuo, antes y ahora. V. M. Brodianski. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.librosmaravillosos.com/perpetuum/capitulo02.html> [Consulta: 2012, agosto 2].
- CIDA. El uso de la 3Rs en ecología. [Recurso en línea] Disponible en: <http://www.cida.gob.ve/~kervinv/3rs/> [Consulta: 2012, agosto, 27].
- Dawkins R. (1989). El gen egoísta. Las bases biológicas de nuestra conducta. [Libro en línea]. Editorial: Salvat. Disponible en: [http://www.dgdc.unam.mx/muegano\\_divulgador/no\\_27/muestrario.pdf](http://www.dgdc.unam.mx/muegano_divulgador/no_27/muestrario.pdf). [Consultado 2012, junio 10].
- La teoría de la evolución y el origen del ser humano. Acción para la Mejora de la Enseñanza Secundaria. (2008). [Documento en línea]. Disponible en: [amesweb.tripod.com/ccmc02.pdf](http://amesweb.tripod.com/ccmc02.pdf). [Consultado 2012, junio 10].
- Lacueva, A. (2002). Más de 400 Ideas para Actividades y Proyectos Estudiantiles de Investigación. Caracas: Laboratorio Educativo.
- Ledyard G. (1998). Proceso de la evolución orgánica. España-Madrid: Editorial Prentice Hall Internacional.
- Lessa, L. (2004). Darwin vs Lamarck. [Documento en línea]. Disponible en: <http://evolucion.fcien.edu.uy/Lecturas/Lessa1996.pdf>. [Consultado 2012, junio 6].
- Lucas L. y Sforza C. (2000). Genes, pueblos y lenguas. España-Barcelona: Editorial Crítica.
- Paniagua, A y otros. (sf) LABDEMFI [Recurso en línea]. Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/labdemfi/termodinamica/html/termodinamica.html> [Consulta: 2012, julio 12].
- Quesada, L. (2008). El origen remoto del homo sapiens: una teoría alternativa de la evolución humana. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.biosferanoosfera.it/uploads/files/b8f78d75e9c3eb7b293525a1d17fe6239c3724fc.pdf>. [Consultado 2012, junio 10].
- Teoría Darwin-Wallace (2008). Monimbo. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.monimbo.us/files/Teoria.pdf>. [Consultado 2012, junio 2].
- Enlace sugerido  
<http://treefrog.fullerton.edu/chem/at.html>

## Referencias para las y los docentes

- Carbonell, E. y Sala, R. (2000). Planeta humano. España-Barcelona: Ediciones Península.
- Desmond, M. (1997). El mono desnudo, un estudio del animal humano. España. Ediciones Plaza & Janes.
- Energía y uso sustentable. Universidad Nacional de Estudio a Distancia. (2005). [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.uned.es/biblioteca/energiarenovable3/usuarios.htm#evolucion>. [Consultado 2012, junio 10].
- Escalona, O. y Cabral, G. (sf) La Física en la cotidianidad. Cap 1. [Documento en línea] Disponible: [software.fundacite.merida.gob.ve/casaciencia/.../capitulo%20i%20.pdf](http://software.fundacite.merida.gob.ve/casaciencia/.../capitulo%20i%20.pdf). [Consulta: 2012, agosto 18].
- Franco, A. (2010). Curso Interactivo de Física por Internet. [Recurso en línea]. Disponible: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm> [Consulta: Julio, 2012, julio 30].
- Hewitt, P. (2005). Conceptos de Física. México: Limusa, S.A
- Ledyard, G. (1998). Proceso de la evolución orgánica. España -Madrid: Editorial Prentice Hall Internacional.
- Lucas L. y Sforza, C. (1999). ¿Quiénes somos?, Historia de la humanidad. España-Barcelona: Crítica.
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (2000). Primer informe de país sobre la Diversidad Biológica. Caracas: Autor.
- Lacueva, A. (2002). Más de 400 Ideas para Actividades y Proyectos Estudiantiles de Investigación. Caracas: Laboratorio Educativo.
- Portalciencia. (2012). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.portalciencia.net/antoevonean.htm>. [Consulta: 2012, junio 10].
- Recursos para ciencia física (2009). [Material en línea]. Disponible en: <http://liceoweblog.wordpress.com/tag/web-educativas/> [Consulta: 2012, agosto 2].
- Redly, M. (1987). La evolución y sus problemas. España-Madrid. Ediciones Pirámides.
- Solbes, J. y Tarín, F. (2004) La conservación de la energía: Un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. Revista Enseñanza de las Ciencias. 22(2) 185-194 Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/ensenanza> [Consulta: 2012, agosto 23].

Este libro fue impreso en los talleres de Gráficas XXXXX  
El tiraje consta de 400.000 ejemplares  
En el mes de agosto de 2012  
República Bolivariana de Venezuela