

CIENCIAS PARA VIVIR EN COMUNIDAD

Tomo I Ciencias Naturales



3er
AÑO

CIENCIA PARA VIVIR EN COMUNIDAD

Tomo I Ciencias Naturales

3^{er}
AÑO



COLECCIÓN BICENTENARIO

Hugo Chávez Frías
Comandante Supremo de la Revolución Bolivariana

Nicolás Maduro Moros
Presidente de la República Bolivariana de Venezuela

Corrección, Diseño y Diagramación
EQUIPO EDITORIAL
COLECCIÓN BICENTENARIO

Coordinación de la Serie Ciencias Naturales
José Azuaje Camperos
María Maite Andrés

Autoras y autores
Aurora Lacueva Teruel
Carlos Buitrago Volcán
Carmen Álvarez
Gloria Guilarte
Hilda Herrera
Itzel Chaparro Pérez
José Azuaje Camperos
Juan Linares Chacoa
María Maite Andrés
Mirtha Andrade
Said Geraldine Gómez

Revisión de Contenido y Lenguaje
Dalia Diez de Tancredi
Julia Flores Espejo
José Azuaje Camperos
Luisa Rodríguez Bello
María Maite Andrés
Yusmeny Chirino
Gloria Guilarte
Mirtha Andrade

Asesora General de la Serie Ciencias Naturales
Aurora Lacueva Teruel

Ilustración
Arturo José Goitía
César Ponte Egui
Darwin Yáñez Rodríguez
Eduardo Arias Contreras
Gilberto Abad Vivas
Julio Marcano Marini
José Samuel González
José Alberto Lostalé
Leidi Vásquez Liendo
Leonardo Lupi Durre
Luis Eduardo Lupi
Nicolás Espitia Castillo



República Bolivariana de Venezuela
© Ministerio del Poder Popular para la Educación

Tercera edición: Abril, 2014
Convenio y Coedición Interministerial
Ministerio del Poder Popular para la Cultura
Fundación Editorial El perro y la rana / Editorial Escuela

ISBN: 978-980-218-332-6
Depósito Legal: lf51620123701317
Tiraje: 450.000 ejemplares

Mensaje a las y los estudiantes

Este texto escolar de la Serie de Ciencias Naturales de la Colección Bicentenario ha sido pensado para que te acompañe en tus estudios de 3^{er} año del Nivel de Educación Media. En el mismo encontrarás el desarrollo de contenidos y procesos, en forma integrada, de tres (3) áreas del saber: Biología, Química y Física. Muchos de los temas están asociados a procesos productivos afines a la comunidad, por lo cual el texto se titula **Ciencia para vivir en comunidad**.

Este texto escolar pretende dar un aporte a tu formación integral y ciudadana, en aspectos relacionados con el ambiente y la salud integral, el uso de la ciencia para comprender la realidad y vivir bien, la interculturalidad, el lenguaje, las tecnologías de la información y comunicación, la soberanía y defensa integral de la nación, los derechos humanos y la cultura para la paz, el trabajo liberador, entre otros conocimientos y valores indispensables para la vida en comunidad. Esperando que puedas juzgar críticamente qué es lo prioritario, lo justo y lo ecológicamente sustentable para todas y todos, hoy y siempre.

Con la intención de que la obra se acompañe con el ritmo de tu proceso educativo, se ha estructurado en tres secciones, con un total de veintinueve (29) lecturas.

La *primera sección* consta de tres (3) lecturas iniciales de contenidos y procesos integradores. En las cuales se aborda una introducción al estudio de las Ciencias Naturales y sus disciplinas; el desarrollo de proyectos e investigaciones escolares en ciencia; y el agua como temática de Ciencias de la Tierra integrando saberes de las disciplinas. Estas lecturas te sugerimos las discutas al inicio del año escolar y vuelvas a ellas cuando lo requieras.

La *segunda sección* incluye veintidós (22) lecturas de contenidos y procesos, en las áreas del saber mencionadas. Un grupo tiene énfasis en Biología y aborda temas sobre el estudio de los seres vivos en el mundo celular, la teoría química, la herencia, el mutacionismo. Las lecturas con énfasis en Química tratan aspectos sobre la estructura de la materia, las reacciones químicas, la energía de la materia y las mezclas. El conjunto de lecturas con énfasis en Física atiende tópicos relacionados con movimiento, las interacciones, el calor, el sonido, la electricidad y la luz.

En el desarrollo de los contenidos hemos tratado de presentar procesos como conceptualización, construcción teórica, investigación, creación, innovación y contextualización socio-crítica. Al respecto encontrarás en cada lectura algunas de las siguientes actividades:



Las actividades ICI requieren la aplicación de los contenidos presentados, así como de métodos y técnicas de investigación. Te permitirán integrar conocimientos y explorar de manera ingeniosa el mundo científico, pretendemos potenciar tu curiosidad, motivarte para que indagues, innoves, crees, y con ello aprendas sobre nuevos ámbitos de las Ciencias Naturales.

Algunas AICI te plantean problemas en situaciones vivenciales que pueden ser abordados en ambientes naturales o en ambientes controlados de laboratorio, las mismas presentan orientaciones para ayudarte en su desarrollo. En esta categoría están incluidas actividades que invitan a la realización de diverso tipo de proyectos.

Otras AICI serán realizadas en ambientes informáticos mediante simulaciones interactivas. Las mismas son una representación de fenómenos, construidas con modelos de la ciencia, los cuales son una aproximación a lo que sucede en la realidad.

Las APC están diseñadas de modo que puedas aplicar los aprendizajes en proyectos al servicio de problemas de tu comunidad. Con las mismas podrás fomentar tu compromiso social y realizar un aporte real. Además, es posible que para ello se requiera la participación de miembros de la comunidad con experiencia y conocimientos en el tema.

Las ARP requieren de la aplicación de contenidos y procesos en el abordaje de una situación problemática, sin necesidad de un contacto real con el fenómeno. Un problema es una situación en la cual tenemos preguntas acerca de algo y conocemos algunas condiciones de la situación. Para resolverlo organizarás y ejecutarás un plan que después evaluarás.

Las AAE te plantean nuevas elaboraciones relacionadas con los contenidos desarrollados, con el fin de clarificar y reafirmar lo aprendido. En su mayoría son situaciones que no podrás resolver solo con la memorización de ideas; para ello tendrás que poner en acción tu pensamiento reflexivo y creador.

La *tercera* y última sección de este texto escolar contiene cuatro (4) lecturas complementarias sobre desarrollos tecnológicos, procesos sociales y culturales, sobre venezolanas y venezolanos que han realizado contribuciones en el campo de la ciencia y la tecnología de nuestro país, organizaciones socio-comunitarias que utilizan, construyen y promueven los saberes de Ciencias Naturales para el beneficio de la comunidad. Todos ellos son una muestra de cómo el ingenio y la dedicación contribuyen al fortalecimiento de las actividades sociales, científicas y tecnológicas en Venezuela. Esperamos que sean de tu interés y te motiven a buscar temas similares, ampliando tu cultura científica con una visión humanista.

Este texto escolar se presenta en dos tomos, cuya distribución es la siguiente:

Tomo	Introducción integradora	Énfasis en Biología	Énfasis en Química	Énfasis en Física	Algo más...
I	1, 2, 3	4, 5, 6, 7	8, 9, 10	11, 12, 13	1
II	-----	14, 15, 16, 17	18, 19, 20, 21	22, 23, 24, 25	2, 3 y 4

Cuida este texto escolar pensando que pertenece a quienes lo necesiten, ya que te permite continuar con la aventura de conocer más sobre el maravilloso mundo de las Ciencias Naturales, para que explores, valores y protejas a la madre naturaleza como el único hogar común de la vida en el planeta. Nuestro deber, como humanidad, es convertirlo en un lugar para la igualdad, la justicia y la solidaridad hoy y siempre.

Mensaje a las profesoras, los profesores y las familias

Este texto escolar, titulado **Ciencia para vivir en Comunidad** forma parte de la Serie de Ciencias Naturales de la Colección Bicentenario. Constituye un material didáctico de referencia en el proceso educativo de las y los jóvenes de 3^{er} año del Nivel de Educación Media, que hemos realizado pensando en la necesidad que se tiene de actualizar el currículo en esta área.

El enfoque didáctico que se plantea, promueve la integración de los contenidos de tres áreas del saber: Biología, Química y Física, a través de los procesos de conceptualización, construcción teórica, investigación, creación, innovación y contextualización socio-crítica, propios de cada área. Además, está orientado por el humanismo científico, desde una perspectiva de la pedagogía crítica liberadora y se contextualiza en la realidad socioambiental.

La obra consta de veintinueve (29) lecturas que se han organizado en tres (3) secciones, las cuales pensamos pueden acompañar el proceso didáctico escolar. Todos los temas son referentes curriculares para la creación, participación y evaluación de proyectos educativos integrales comunitarios, y proyectos de desarrollo endógeno, entre otros. Se presenta en dos tomos, cuya distribución es la siguiente:

Tomo	Introducción integradora	Énfasis en Biología	Énfasis en Química	Énfasis en Física	Algo más...
I	1, 2, 3	4, 5, 6, 7	8, 9, 10	11, 12, 13	1
II	-----	14, 15, 16, 17	18, 19, 20, 21	22, 23, 24, 25	2, 3 y 4

La *primera sección* consta de tres (3) lecturas introductorias que consideran temas integradores y de referencia, afines a las Ciencias Naturales, tales como: una visión interdisciplinaria de las Ciencias Naturales, el trabajo por proyectos como oportunidad para la indagación estudiantil más libre y el agua como contenido integrador de las Ciencias Naturales y tema clave de nuestro tiempo. Les sugerimos el trabajo didáctico de estas lecturas al inicio del año escolar y volver a ellas cada vez que surja la necesidad de utilizar su contenido.

La *segunda sección* contiene veintidós (22) lecturas en las que se integran procesos didácticos acordes con cada disciplina y su estudio en este nivel. Nuestra intención es que estas lecturas, sirvan de referencia para la realización de diversos proyectos integradores de aprendizaje, en la línea de una didáctica centrada en procesos de conceptualización, investigación, creación e innovación.

Cada lectura está escrita en forma conversacional a fin de captar mejor la atención de las y los jóvenes. Presenta una introducción y un desarrollo del tema, donde se *conceptualizan las ideas científicas*, tomando como referencia aspectos de la cotidianidad, de la historia de la ciencia, el lenguaje natural, entre otros. Así, se promueve la construcción de conceptos, definiciones, teorías o modelos explicativos de algunos fenómenos que servirán para realizar el proceso de abstracción y desarrollo del lenguaje de las Ciencias Naturales.

Además, la comprensión de las ideas de las Ciencias Naturales en el ámbito escolar se potencia con su puesta en acción en los procesos ya mencionados. Los cuales pueden ser desarrollados a través de actividades como: solución de problemas, demostración, experimentos, trabajos de campo, situaciones virtuales. Su realización intenta la integración teórico práctica.

Por otra parte, se plantean actividades de participación comunitaria que motivan la realización de proyectos, donde los saberes de las ciencias se problematizan en el ámbito sociocomunitario, y se utilizan para contribuir con la solución de problemas prioritarios para la calidad de vida de todas y todos.

También, se incluyen actividades de autoevaluación, que servirán para continuar con la comprensión de los temas en estudio. Durante su ejecución, sus orientaciones serán importantes para las y los estudiantes.

Las actividades están destacadas en las lecturas con los íconos siguientes:



La tercera y última sección presenta cuatro (4) lecturas que complementan, integran, y a la vez fomentan la reflexión crítica. Todas están asociadas con el tema central del texto escolar: los saberes científicos para el beneficio de la comunidad. Además, permiten a las y los jóvenes saber más de una persona destacada en la ciencia, conocer a creadores de tecnología, y acercarse a valiosas experiencias comunitarias.

Este texto escolar pretende dar un aporte a la formación integral y ciudadana de las y los estudiantes, en aspectos relacionados con el ambiente y la salud integral, el uso de la ciencia para comprender la realidad y desarrollar la interculturalidad, el lenguaje, las tecnologías de la información y comunicación, la soberanía y defensa integral de la nación, los derechos humanos y la cultura para la paz, el trabajo liberador, entre otros conocimientos y valores indispensables para la vida en comunidad. Esperando que logren una comprensión de la realidad natural, así como modos de interactuar con ella, respetarla y preservarla para las generaciones futuras.

Como educadoras y educadores que somos, los invitamos a hacer uso de este material didáctico de referencia y estimular a sus estudiantes a leerlo y a realizar las actividades sugeridas, porque estamos convencidas y convencidos de que será de gran ayuda en la tarea de impulsar una educación en Ciencias Naturales para ejercer la ciudadanía, con un enfoque humanístico, crítico y liberador inspirado en los principios de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, la Ley Orgánica de Educación, y demás documentos rectores de la educación venezolana. Donde el vivir bien, el bien común y el desarrollo sustentable sean parte integral de la vida de las y los habitantes del planeta.

Índice

1. El maravilloso mundo de las Ciencias Naturales.....	10
- La naturaleza: Una belleza ordenada	
- ¡Somos parte de la naturaleza!	
- La naturaleza como fuente de sabiduría	
- Áreas de estudio de las Ciencias Naturales	
- Humanismo científico: clave para la vida	
2. Aprender investigando y actuando: el trabajo por proyectos.....	24
- Grandes proyectos comunitarios	
- Proyectos de aprendizaje de cada grupo-clase	
- ¿Cómo trabajar dentro de un proyecto de aprendizaje?	
- ¿Cómo organizarse dentro del proyecto?	
- ¿Cómo culmina un proyecto?	
- ¿Cómo es la evaluación en un proyecto?	
- Reflexionando y dialogando sobre proyectos	
3. Agua que no has de beber...no la dejes perder.....	38
- ¡El agua es una sustancia muy especial!	
- El agua es activa	
- Estamos hechos de agua	
- El agua participa en muchos procesos biológicos	
- ¿Cómo es el agua que bebemos?	
- ¿Cómo se potabiliza el agua?	
- El acceso al agua potable es un derecho humano	
- ¡Vamos a experimentar con las propiedades del agua!	
- ¡Un trabajo de campo que nos lleve a aprender más!	
- Actividades de autoevaluación	
4. La pieza fundamental de la vida.....	62
- La célula como unidad de vida	
- La célula bajo el microscopio	
- Tu salud a través del conocimiento de la vida	
- El microscopio, instrumento esencial en el espacio de las células	
- Descubriendo el mundo celular	
- Movimiento de partículas a través de una membrana	
- Actividades de Autoevaluación	
5. La vida lucha contra el desorden.....	82
- Energía: ¿algo del más allá? ¿o algo de este mundo?	
- EL metabolismo construye y mantiene el edificio celular	
- ATP, una moneda energética de la vida	
- La molécula que construye, separa y realiza cambios en la célula	
- Observando la actividad de las enzimas digestivas	
- Un proyecto de aprendizaje con impacto en la comunidad: El juego de las enzimas	
- Proyecto de aprendizaje: Enzimas que nos rodean	
- Actividades de Autoevaluación	
6. Procesos biológicos que mantienen la vida en la Tierra.....	100
- Los receptores de fotones	
- ¿Qué les permite a estos organismos capturar la luz?	
- La fotosíntesis: ¿con luz o sin luz?	

- La glucólisis es el inicio de los procesos respiratorios
- Si no hay mitocondrias no jugamos
- La fotosíntesis y la respiración en nuestros días
- **Observando a los cloroplastos**
- **¿Cómo son las levaduras?**
- **Indagando la fotosíntesis y la fermentación**
- **Actividades de Autoevaluación**

7. ¿Cómo las células fabrican sus proteínas?.....120

- Un "manual de instrucciones": el ADN
- Descifrando las instrucciones del manual: el código genético
- ¿Cómo se lleva la información desde el ADN hasta las proteínas?
- Cuando el "dogma" no se cumple
- El conocer cómo se transmite la información genética ha revolucionado la forma de ver nuestra vida
- **Elabora una molécula de ADN**
- **Simulemos la síntesis de una proteína**
- **Observemos el ADN**
- **Actividades de Autoevaluación**

8. Explorando el misterioso mundo de la materia.....142

- ¡El viaje al interior de la materia!
- Hacia lo más interno del átomo
- El núcleo atómico y nuestro entorno
- **La materia: ¿Es continua o discontinua?**
- **Actividades de Autoevaluación**

9. Elementos químicos.....162

- El origen de los elementos químicos en el Universo
- Vamos a conocer los símbolos de los elementos químicos
- ¿Cómo se organizan los elementos químicos?
- Leyendo la Tabla Periódica Moderna
- ¿Cuánto conoces del daño ambiental que han causado en Venezuela algunas industrias?
- **¿Cómo se clasifican los elementos químicos?**
- **Actividades de Autoevaluación**

10. Vivimos en un mundo lleno de cambios químicos.....182

- ¿Cómo sabemos si ocurre un cambio químico?
- ¿Cómo sabemos cuándo ocurre una reacción química?
- ¿Cuáles son los cambios en una reacción química?
- ¿Cómo podemos representar una reacción química?
- Reacciones químicas de la vida cotidiana
- ¿Cuánto tiempo tarda en reaccionar?
- La biotecnología en procesos químicos
- **Tras la pista de un cambio químico**
- **Actividades de Autoevaluación**

11. Hablemos de cosas cotidianas: hablemos de movimiento.....198

- Cuando nos movemos: ¿con respecto a qué lo hacemos?
- Velocidad... ¡No hay que llegar primero, sino saber llegar!
- La rapidez de la velocidad: La aceleración
- Tras la búsqueda de regularidades en los movimientos
- Movimientos rectilíneos uniformemente variados (M.R.U.V)
- Movimiento de objetos en caída libre
- La cinemática en nuestro contexto cotidiano
- **Corriendo por la salud**
- **En la carrera de 100m la aceleración es la clave**
- **Predicciones sobre el movimiento de un mango**
- **Escojamos al más veloz del equipo para las competencias de atletismo interliceos**
- **¡Mide tu tiempo de reacción!**
- **Actividades de Autoevaluación**

12. Interacciones en la Naturaleza.....222

- ¿Quién mueve a quién? Una historia interesante
- Leyes del movimiento de Newton
- Interacciones básicas de la naturaleza
- Importancia del estudio del movimiento en la sociedad
- **¿Cuánto tiempo tarda el libro en ser detenido y qué distancia recorre hasta ese momento?**
- **¿Una masa menor acelerando a una mayor"?**
- **Midiendo el coeficiente de roce entre dos superficies**
- **Actividades de Autoevaluación**

13. El motor que mueve al Universo: la energía.....248

- Trabajo mecánico
- Mientras más rápido mejor: potencia mecánica
- La inseparable relación entre el trabajo y la energía
- Principios de conservación de la energía
- Consumo de energía en el mundo
- **¿Cuánto cobrará por el trabajo realizado?**
- **Libros con energía**
- **Aprende trabajando con simulaciones**
- **Cambios de energía**
- **Energía para la comunidad**
- **Subiendo por la escalera**
- **Actividades de Autoevaluación**

Algo más para saber sobre Ciencia y Tecnología.....266

- Petróleo: una riqueza para el bienestar del pueblo

Fuentes de consulta para las y los estudiantes.....270

Referencias para las educadoras y los educadores.....271

EL MARAVILLOSO MUNDO DE LAS CIENCIAS NATURALES



Cuántas veces te has quedado maravillada o maravillado contemplando un bello atardecer; la formación de nubes en el cielo con formas caprichosas, que se te antoja compararlas con algunas conocidas; o las innumerables estrellas que, en un cielo despejado, nunca llegas a terminar de contar y con las cuales se forman interesantes figuras. ¿Te has parado frente a la playa a observar el agua, el Sol, el cielo azul, la luz cuyos efectos sientes en tu piel? ¿Has percibido el sonido de las olas romper en la orilla, el aire fresco chocando en tu rostro? Allí también encontrarás arena y rocas de distintos tamaños, colores y texturas, así como otras personas, o variedad de animales y plantas, que te hacen sentir parte de algo maravilloso llamado naturaleza.

Muchas preguntas podrías hacerte sobre tu visita a la playa. ¿Es la arena distinta a las rocas? ¿Será acaso la Luna o la Tierra una gran roca? ¿Es el viento un movimiento de aire análogo al movimiento del agua en el mar? ¿Qué características comunes tienen los diferentes tipos de movimientos? ¿Cuántos colores diferentes existen? ¿Por qué se me calienta la piel cuando me expongo a la radiación solar? ¿Cómo hacen para respirar los animales que viven dentro del agua? ¿Por qué el agua del mar es salada? Y así, muchas preguntas más.

En este libro, mostraremos algunas ideas que nos permitirán asumir el desafío de responder parte de estas preguntas, integrando saberes obtenidos estudiando la propia naturaleza, en una sola área llamada **Ciencias Naturales**. Te señalaremos cómo se puede realizar la integración y para qué es necesario hacerla. Esperamos poder acompañarte en la aventura de descubrir **el maravilloso mundo de las Ciencias Naturales**.

La naturaleza: una belleza ordenada

La materia está compuesta de átomos

En tu experiencia de vida, has podido observar muchos objetos materiales y puedes distinguir unos de otros. Para ti es evidente la diferencia que hay entre el agua y la madera, por ejemplo; o entre el gas que hay dentro de un globo y las metras que hay dentro de una bolsa. Ante tanta diversidad de objetos materiales, parece atrevido formularse la siguiente pregunta: ¿acaso todos estos objetos conocidos están formados por una misma clase de materia? La pregunta nos conduce a otra: ¿tienen diferentes tipos de materiales una estructura común?

Esa pregunta surgió hace mucho tiempo. El griego Demócrito fue quien, en el siglo III antes de nuestra era, la respondió de forma positiva, y le dio a la estructura común el nombre de **átomo**, palabra que en su idioma significa "indivisible". Hasta el momento, nadie ha podido ver un átomo, pero sí conocemos los fenómenos asociados en el mundo macroscópico, que podemos percibir directamente a través de nuestros sentidos y/o a través de instrumentos de medición que, en experimentos controlados, avalan su existencia, en fenómenos u objetos tales como: la temperatura, la corriente eléctrica, la energía atómica, las ondas electromagnéticas, el plasma, los neutrinos, la materia oscura, entre otros.

Sabemos que los átomos están formados por partículas más pequeñas llamadas protones, neutrones y electrones. Los protones y neutrones están muy unidos entre sí formando un núcleo muy denso y rígido. En cambio, los electrones se encuentran alrededor del núcleo y, dependiendo del nivel de energía que los mantenga unidos a éste, tendrán la probabilidad de estar localizados en ciertos lugares y no en otros.



Muchas investigaciones han demostrado que lo que pareciera distinguir una materia de otra es la forma como se distribuyen en ella los átomos. Por ejemplo: el oxígeno se distingue del carbono por el número de electrones, protones y neutrones que posee; el agua, en su estado puro, es un compuesto formado por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno enlazados; el aire que respiramos es una mezcla formada por una composición variable de átomos de oxígeno,

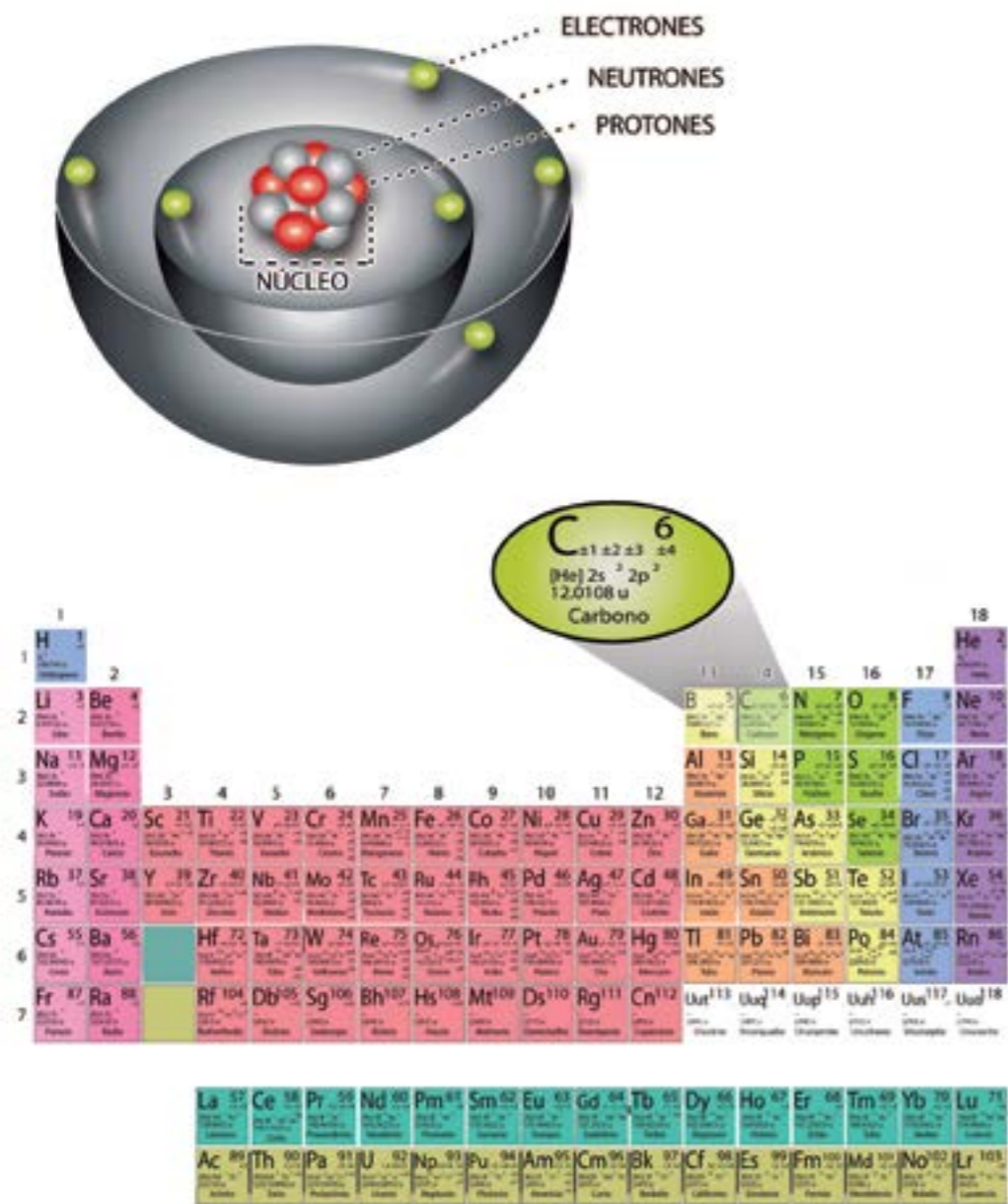


Figura 1.1. Resulta interesante pensar que todo está formado por átomos. Arriba se muestra un modelo de átomo de carbono. Éste en forma neutra tiene la misma cantidad de electrones, protones y neutrones, que en este caso, son seis. Por eso, ocupa el sexto lugar en la tabla periódica de los elementos químicos.

También sabemos que, al contrario de lo que pensaba Demócrito, los átomos son divisibles, ya que están constituidos por otra clase de materia: las llamadas partículas subatómicas. Éstas no ocupan todos sus espacios, sino que en el interior de la materia encontramos grandes “espacios vacíos” que se forman entre las partículas que constituyen los átomos.

En el campo de las Ciencias Naturales, ha sido útil pensar en la idea de que todo lo que observamos está formado por algo más pequeño. En la figura 1.2 mostramos cómo se pudieran organizar las cosas materiales en la naturaleza siguiendo un orden: quién forma a quién. A ese orden lo hemos llamado **niveles de organización de la materia**.

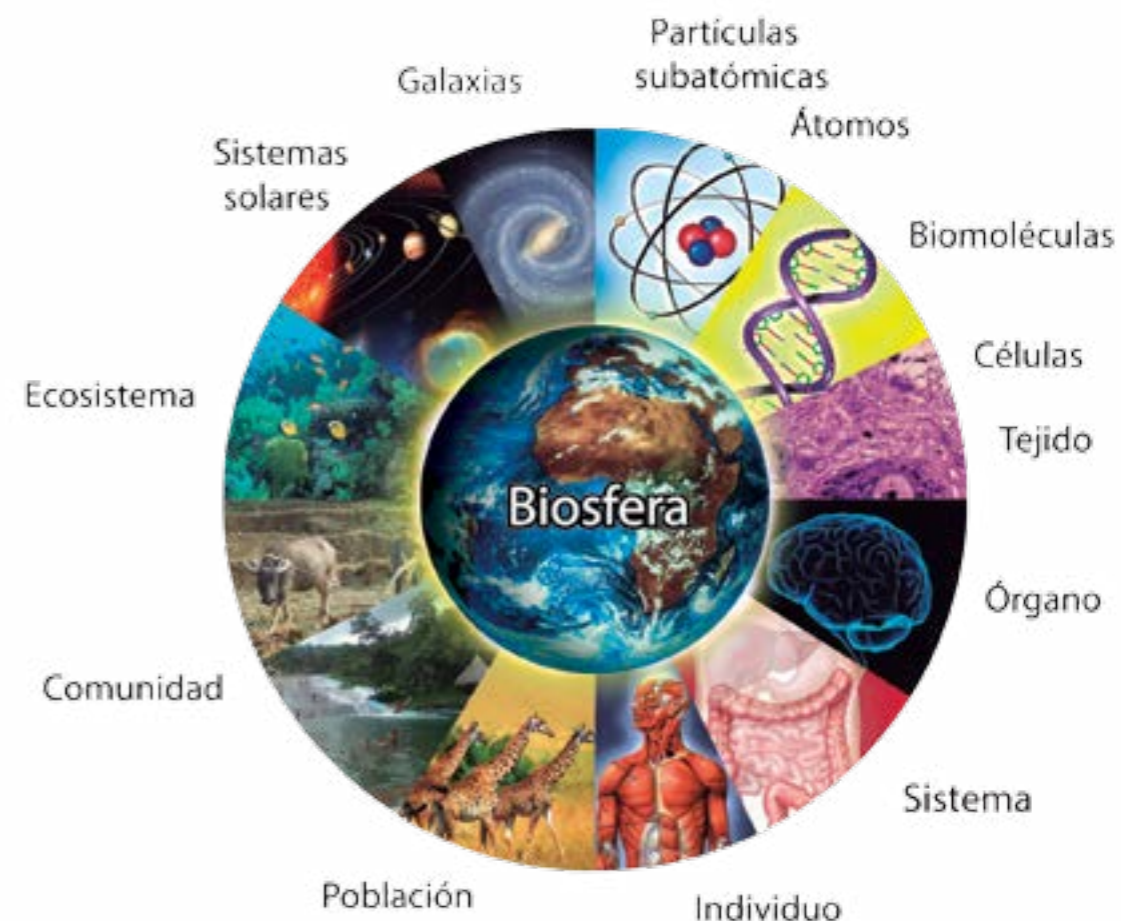


Figura 1.2. Una manera de pensar la naturaleza: niveles de organización de la materia, según el criterio que afirma que “todo está formado por algo más pequeño”. Empezamos por las galaxias como la Vía Láctea.

¿Todo es materia y energía?

Te habrás preguntado qué tendrán en común fenómenos como el día y la noche, la lluvia, un mango que cae de un árbol, las fases de la Luna, las estaciones climáticas, el nacimiento y crecimiento de un ser vivo. Todos estos fenómenos naturales parecen estar unidos a la idea de cambio. En la naturaleza ocurren permanentemente cambios, lo que nos ha permitido desarrollar, en muchas culturas, la idea de tiempo asociada a los cambios naturales. Por ejemplo, es común entre los seres humanos asociar el tiempo al día y la noche.

También hemos pensado que los cambios que observamos en la naturaleza parecen tener causas en el pasado, y que la explicación de esas causas está en las mismas relaciones que hay dentro de la propia naturaleza. Por ejemplo, si afirmamos que “todo lo que sube baja”, se puede explicar la interacción gravitacional que existe entre la Tierra y todos los objetos que la rodean.

Si un objeto cae, es porque la Tierra lo atrae. Si vemos caer gotas de lluvia, es porque también la Tierra las está atrayendo. Sin embargo, esas gotas se formaron en la atmósfera como consecuencia de un proceso de evaporación del agua líquida de la superficie de la Tierra, y de un posterior proceso de condensación y precipitación en forma de lluvia.

Las olas del mar se pueden explicar por la influencia del viento sobre la superficie del agua. El viento se puede explicar por el movimiento del aire debido a diferencias de presiones y cambios en la temperatura en las masas de aire.

Muchos fenómenos naturales están relacionados unos con otros. Por lo tanto, podemos sostener la idea de integración en un todo que llamamos naturaleza. Es decir, la naturaleza no es sólo un agregado de cosas materiales, sino que esas cosas materiales están relacionadas unas con otras. Un objetivo del conocimiento científico es buscar el "misterio" que las relaciona, misterio que está en la misma naturaleza.

Así como hemos tratado de organizar la materia, en cuanto a "quién forma parte de quién", es decir, en cuanto a sus niveles de organización, también la naturaleza se puede ordenar en términos de las relaciones que hay entre sus componentes, o las interacciones que hay entre ellos. Las características de esas interacciones son las que permiten diferenciar un fenómeno de otro.

Una manera de diferenciar esas interacciones es a través de la **energía** necesaria para que esa interacción se manifieste.

La organización de los fenómenos en función de la energía sigue una regla fundamental: en la naturaleza no se pueden crear nuevas formas de energía, ni destruir las existentes, sólo se pueden transformar unas en otras. Así pues, la energía con que se creó originalmente el Universo se mantiene constante hasta nuestros días, y en toda interacción han ocurrido procesos de transformación de energía a partir de la original.

A principios del siglo XX, un conocido científico llamado Albert Einstein planteó una brillante idea al afirmar que la constitución de los objetos en materia es una forma de organización de la energía. De allí su famosa ecuación de energía en reposo $E = m \cdot c^2$. Es decir también podemos transformar la materia en energía.

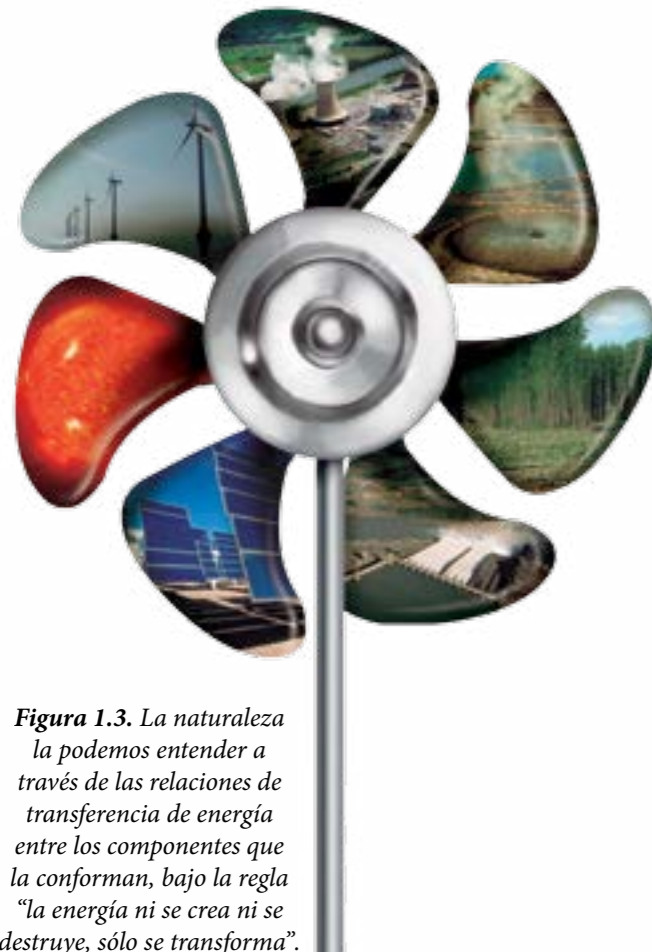


Figura 1.3. La naturaleza la podemos entender a través de las relaciones de transferencia de energía entre los componentes que la conforman, bajo la regla "la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma".

Somos parte de la naturaleza

Muchas veces la naturaleza nos cautiva y nos hace que la pensemos, estudiemos y la veamos como algo externo a nosotros. Pero si nos observamos a nosotros mismos y todo a nuestro alrededor, comprenderemos que los seres humanos somos sólo una pequeñísima parte integral de la naturaleza, que ha evolucionado hasta el punto de que seamos capaces de pensarla, sentirla y comprometernos a cuidarla y mantenerla para siempre. La propia naturaleza nos ofrece la posibilidad de percibirla por su integración de materia y energía.

Como seres vivos hemos desarrollado adaptaciones que nos han permitido percibir lo que ocurre a nuestro alrededor a través de sistemas especializados que cumplen funciones de relación con el medio, entre ellos: los sistemas nervioso, hormonal, endocrino, óseo-muscular y los sentidos.

Nosotros y la luz

Por ejemplo, en el uso del sentido de la visión, la luz proveniente del exterior, ya sea de fuente directa o indirecta, reflejada por los objetos como los espejos o refractada a través de ellos como las lentes, permite que una señal llegue hasta el cerebro y éste la decodifique como respuesta con algún significado (percepción). Por supuesto, que todo esto ocurre dentro de un rango que nuestros ojos pueden captar y que llamamos luz visible. Por otra parte, la luz proveniente del objeto observado viajó cierta distancia del objeto a tus ojos. Es decir en la naturaleza hay una ley fundamental, la luz no es instantánea, viaja a una velocidad asombrosamente grande, 300.000 km/s. Si cuentas un segundo, ya un rayo de luz ha viajado 300.000 km. ¡Muy rápido! ¿Verdad?

Es por ello que a los objetos tú no los ves en el tiempo en que ellos están. ¿Cómo ocurre eso? Ocurre, ya que la luz llega a tus ojos un poco después de que llegó al objeto. La luz que ves en la Tierra proveniente del Sol salió hace más o menos 8 minutos de esa estrella. Y la luz que nos llega desde otras galaxias ha estado viajando por el Universo millones de años antes de que la puedas percibir. ¡Es probable que en el cielo de esta noche veas la luz de estrellas que ya hoy en día no existen!



Figura 1.4. Resulta fascinante la idea de que hoy estemos observando la luz de estrellas que ya no existen.

Hay saberes sobre la naturaleza que han sido desarrollados por nuestros pueblos originarios indígenas, como los precisos calendarios astronómicos o excelentes técnicas de construcción y uso de materiales. Igualmente, hay saberes sobre la naturaleza que se han desarrollado en nuestra cultura popular venezolana, como los aportados por Luis Zambrano o Juan Félix Sánchez. Ellos, con su inventiva y conocimiento de la naturaleza, desarrollaron sistemas de alumbrado o transporte de materiales para beneficio de las comunidades.

En un principio, a los saberes sobre la naturaleza se les llamó **filosofía natural** (amor por la sabiduría de la naturaleza). Posteriormente, se han generado áreas de conocimiento especializado vinculados con la propia naturaleza.

A continuación, presentamos un esquema donde se integran algunas áreas del saber sobre la naturaleza, que hemos llamado **Ciencias Naturales**. Constituyen un cuerpo de conocimientos que agrupa diversas áreas del saber, en las cuales encontramos formas comunes de pensarla, conocerla y explicarla.



Áreas de estudio de las Ciencias Naturales

Las diferentes áreas del saber, también denominadas disciplinas científicas que se ocupan del estudio de la naturaleza, conforman las **Ciencias Naturales**. Se pueden diferenciar unas de otras de acuerdo con el objeto de estudio que las ocupa. Unas estudian la materia viva, como por ejemplo la Biología, la Zoología, la Botánica, la Ecología. Otras estudian la materia inanimada, como la Química, la Física, la Astronomía.

En algunos casos, se han hecho integraciones que han formado nuevas áreas del saber, como la Bioquímica, la Fisicoquímica, la Biofísica, la Astrofísica. En cualquier caso, todas estas integraciones de saberes se orientan hacia un objetivo único, comprender la naturaleza.

Cada una de estas disciplinas ha construido un cuerpo de conocimientos bastante sólido y estructurado dentro de su especialidad. Sin embargo, todos esos conocimientos se han desarrollado bajo los mismos principios: buscar de qué están formadas las cosas materiales y conocer las relaciones entre los fenómenos naturales.

En este libro, que forma parte de la Colección Bicentenario, pretendemos presentar un conjunto de conocimientos de las Ciencias Naturales integrando, primordialmente, cuatro disciplinas científicas: la Biología, la Química, la Física y las Ciencias de la Tierra. No se descarta el aporte de otras áreas del saber como las Matemáticas, las Ciencias Sociales, el Arte y la Tecnología. A continuación, te presentaremos un resumen de lo que cada una de estas cuatro disciplinas científicas tiene como objeto de estudio.

La **Física** se propone desarrollar principios generales acerca de la naturaleza; su concepción es global, no discrimina si lo que estudia está vivo o no. Sólo le interesa saber cuáles son las propiedades fundamentales de los objetos que le permitan describirlos en interacción con los otros. De acuerdo con esta disciplina científica, los objetos tienen propiedades que los caracterizan y que probablemente tú hayas escuchado, tales como: masa, carga eléctrica, cantidad de movimiento, energía, temperatura. Esas propiedades permiten distinguir las diversas interacciones que tienen lugar entre los objetos.



Figura 1.6. La Física es un área de las Ciencias Naturales que estudia principios generales sobre la naturaleza.

Así tenemos las interacciones que se dan entre masas por gravitación, entre cargas de forma eléctrica, entre cargas en movimiento en forma de magnetismo, entre átomos en movimiento en forma de calor. De esa manera, muchos de los fenómenos que ocurren en la naturaleza pueden ser explicados de acuerdo con las propiedades que tengan la materia y la energía asociada.



Figura 1.7. La Química es un área de las Ciencias Naturales que estudia, fundamentalmente, el mundo de lo pequeño.

La **Química** es otra de las disciplinas científicas, emparentada con la física. Está dirigida principalmente hacia el estudio de la materia y la energía a una escala molecular y atómica. Es la ciencia que organiza la materia en elementos, compuestos y mezclas. Determina también las circunstancias en que la materia puede cambiar, o en que se forman nuevas sustancias a través de uniones y reacciones entre las ya existentes.

La **Biología** constituye la ciencia de la vida. En un principio, las respuestas a las preguntas sobre las cosas vivas que se observaban en el ambiente eran solamente descriptivas; la única intención que había era organizarlas, identificar sus partes y, elementos, cualidades o circunstancias. Sin embargo, ante la inmensa biodiversidad existente se hizo necesario clasificarla y ordenarla de acuerdo con criterios cada vez más precisos.

Así surgieron áreas más específicas, como la Zoología o la Botánica para estudiar los animales o las plantas, respectivamente. A medida que las biólogas y los biólogos se hicieron preguntas cada vez más audaces sobre el funcionamiento de la maquinaria interior de los seres vivos, encontraron respuestas muy interesantes con ayuda de sus ciencias hermanas, la Química y la Física.



Figura 1.8. La Biología es la ciencia del mundo vivo.

Como dijimos antes, también aparecieron áreas más especializadas en el estudio de los seres vivos, como la Biofísica. Esta disciplina estudia, por ejemplo, fenómenos asociados con la contracción muscular y su efecto global en el movimiento de algunos seres vivos; o las interacciones entre partículas atómicas que se dan en los procesos fundamentales para la vida, como la respiración celular o la fotosíntesis.

Las Ciencias de la Tierra congregan muchos saberes de otras áreas para entender la dinámica terrestre de una forma integral y global. Su objeto de estudio es el planeta Tierra, del cual formamos parte y es nuestro único hogar. Nuestro planeta, al igual que el resto del Universo, cumple con principios científicos como los siguientes: está formado por cosas más elementales; todo lo que en él sucede se debe a relaciones de materia y energía que mantiene con su entorno; hay cambios ocurriendo todo el tiempo. El Sol es su principal fuente de energía, alrededor de éste nos movemos, siendo el único "planeta vivo" conocido hasta ahora. En consecuencia, dependemos de las relaciones físicas y químicas que hacen posible el desarrollo y evolución de esa vida.



Figura 1.9. Las Ciencias de la Tierra estudian el planeta como un gran sistema.

Humanismo científico: clave para la vida

En un estudio integral sobre las relaciones de la humanidad con el entorno, es necesario mencionar el impacto de la actividad humana sobre el planeta. Asombra ver cómo lo que le costó millones de años construir a la naturaleza, nosotros, los seres humanos, con el uso de la ciencia y la tecnología, lo hemos podido transformar en tan poco tiempo. Tenemos hoy un planeta que, al menos en su superficie, tiene una apariencia muy distinta a la que tenía hace 12.000 años, el tiempo que más o menos tiene la civilización.

Una capa de cemento, hierro, madera, redes de energía eléctrica, diversidad de construcciones artificiales ha cambiado la superficie del planeta. Es una capa que crece cada vez más y que hemos llamado **tecnosfera**. Ha sido creada sin crear nuevas formas de materia y energía, sólo transformando las existentes. Es decir, en la tecnosfera están las formas de materia y energía transformadas por la humanidad a través de los tiempos, hoy integradas a la naturaleza. ¡Lo que hemos creado con nuestro ingenio es también naturaleza transformada!

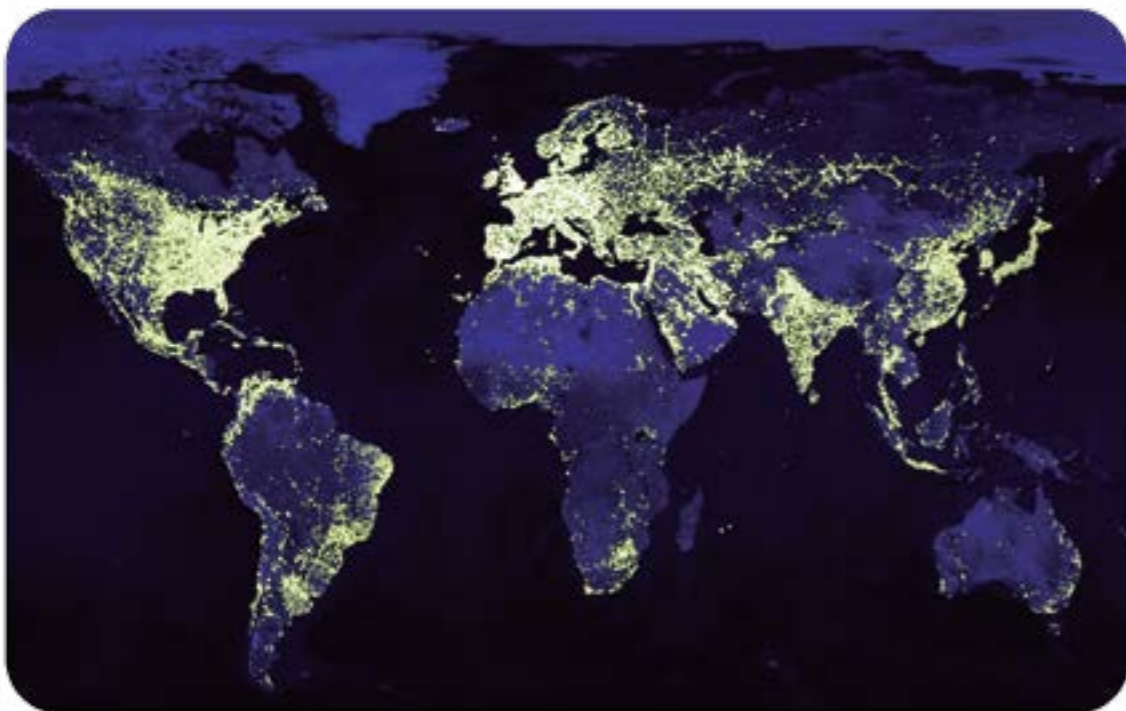


Figura 1.10. Este mapamundi construido con tecnología satelital muestra a la Tierra vista de noche. Las zonas amarillas señalan la existencia de lámparas encendidas, con lo que puedes ver la distribución y gran cantidad que hay en el planeta. ¿Este mapa sería igual hace 150 años? ¿Y cómo crees que será dentro de 100 años? La humanidad ha cambiado la imagen del planeta creando una capa que se ha denominado **tecnosfera**.

Dentro de una concepción humanista de las Ciencias Naturales, los saberes desarrollados deberían ser utilizados en beneficio de la humanidad con el fin de lograr mejores formas de adaptación a las condiciones naturales. Hoy disponemos de viviendas, puentes, edificios, hospitales, carreteras, medicinas, productos para la agricultura, equipos de diagnóstico. Son logros que se emplean no sólo como ofrendas a los dioses como sucedía en un pasado, ni para decorar los espacios, sino que nos han permitido mejorar nuestras condiciones de vida.

¿Te imaginas lo difícil que sería la vida para los seres humanos si siempre tuviéramos que dormir a la intemperie, o estar sin medios de transporte o de comunicación, sin centros de salud, sin medicinas, y muchos otros servicios desarrollados por científicas y científicos?

Como parte de la humanidad, hemos desarrollado conocimientos científicos y sociales que pueden permitirnos un mejor vivir que garantice el derecho a una existencia sana y plena. Este derecho se materializa en formas de alimentación, vivienda, transporte, salud, información, servicios de energía, entre otros, que representan un gran avance. Pero también con los saberes de la ciencia y la tecnología se han desarrollado muchos bienes y servicios que una parte de la humanidad consume en superabundancia y que no se necesitan en realidad. Con la excesiva producción, estamos dañando el equilibrio ecológico global del planeta. Además, ello ha generado una dependencia negativa de unos pueblos con respecto a otros.

También se ha realizado y continúa realizándose una gran inversión en ciencia y tecnología militar destinada a la guerra. Se han creado bombas nucleares de destrucción masiva, que tienen la capacidad de terminar la vida en el planeta con sólo apretar un botón.

Todo parece indicar que los cambios climáticos en la Tierra se deben al sobreconsumo de materia y energía que algunos seres humanos están realizando. Nos preguntamos si este proceder es correcto o justo para las especies que habitan este planeta y no están conscientes de esta amenaza inducida por la raza humana. Creemos que sería más provechoso invertir todos esos recursos para mejorar las condiciones de vida en el planeta antes que pensar en cómo destruirlo.

A partir del siglo XVIII, la sociedad industrial supo poner la ciencia y la tecnología cada vez más al servicio de la producción de todo tipo de bienes, generando grandes cambios en la vida de la humanidad. Sin embargo, estos cambios se han dado dentro de una organización económica y social movida por la búsqueda incesante de ganancias que trastoca las prioridades: no se persigue necesariamente lo justo ni lo bueno, sino lo que ofrezca beneficio económico inmediato. Esto ha llevado a desviar el camino de muchos esfuerzos de investigación, olvidando grandes problemas de la humanidad y del planeta e incluso directamente causando perjuicios.

Las científicas y los científicos comprometidos con la vida, y las ciudadanas y los ciudadanos conocedores de la ciencia y asimismo defensores de la vida, están llamados a abrir nuevas rutas de investigación científica y organización social, basadas en lo mejor de la experiencia humana. Es por ello que te instamos a que te aventures a conocer mucho más sobre el maravilloso mundo de las Ciencias Naturales para que cuanto más aprendas, más te animes a utilizar esos saberes para beneficio de todas y todos. Con tu compromiso solidario con la vida y con el planeta, contribuirás a mantenerlo y salvarlo de nuestra inconsciencia, que es la principal amenaza.

La vida en el planeta no está amenazada por grandes dinosaurios que despiertan de repente, como en las películas, ni por meteoritos que vienen del espacio. La vida está amenazada por nosotros mismos, por nuestra ignorancia, insensatez, avaricia e insensibilidad ante nuestra madre naturaleza, que nos da la vida y nos mantiene con ella. Por eso tenemos el deber de conocerla y quererla. Si la queremos, podremos hacer algo para salvarla de nosotros mismos.



Figura 1.11. Desde Venezuela, con el desarrollo de nuestra conciencia, tenemos el compromiso de salvar el planeta de nosotros mismos.

2 APRENDER INVESTIGANDO Y ACTUANDO: EL TRABAJO POR PROYECTOS

De las miles de horas que vas a pasar en el liceo a lo largo de los cinco años de la educación media, las que dediques a proyectos pueden estar entre las más libres, retadoras y fructíferas. ¿Qué es un proyecto estudiantil? Consideramos que es una actividad de aprendizaje basada en la investigación, la cual a menudo también puede vincularse con la acción social. Ejemplos de proyectos podrían ser: indagar sobre la historia de la propia familia, diseñar y realizar el vestuario para una obra de teatro estudiantil, rescatar áreas verdes del plantel, o registrar y analizar los cambios del tiempo atmosférico de la localidad durante unos meses. Como ves, los temas pueden ser muy variados y tocar áreas como ciencias sociales, arte, ciencias naturales, tecnología, filosofía...

Algunos proyectos están más centrados en una sola disciplina, aunque la mayoría tienden a ser interdisciplinarios. Lo que se haga en su transcurso dependerá de los objetivos que tú y tus compañeras y compañeros se planteen: no hay un solo procedimiento para desarrollarlos. Pero lo que sí está siempre presente en los verdaderos proyectos es su naturaleza investigativa: no se trata sólo de resumir información, ni de seguir paso a paso indicaciones dadas por el docente o por un texto. De lo que se trata es de hacerse preguntas, plantearse objetivos a lograr, y poner en práctica acciones creativas que lleven a alcanzar resultados propios, que luego se socializarán. Y otro rasgo fundamental de los proyectos es que ustedes, las y los estudiantes, tienen una participación decisoria: no se limitan a hacer lo que otras personas les indican, sino que proponen, escogen, planifican, realizan y evalúan.



Grandes proyectos comunitarios

Para muchos proyectos, el marco de trabajo es el del grupo-clase o sección, pero en este apartado vamos a hablar de iniciativas que involucran a todo el liceo. Las y los estudiantes de un liceo son un contingente humano numeroso, organizado, en plena formación y lleno de energía y juventud. Los grandes proyectos comunitarios son una de las vías que hacen posible canalizar este potencial en beneficio de la localidad, a la vez que ofrecen una excelente oportunidad de aprender haciendo.

Necesitan convertirse en un esfuerzo de todo el liceo para poder realmente causar un impacto, pues la acción breve de un grupo pequeño es difícil que se traduzca en beneficios relevantes dentro de una comunidad. Al ser de todo un plantel, eso significa que cada estudiante puede participar por algunas semanas, pero será reemplazado por otras y otros que seguirán el trabajo. De esta manera, tú y tus compañeras y compañeros pueden colaborar en acciones como la recuperación del patrimonio histórico, la educación de niñas y niños pequeños, la recreación de personas ancianas, la difusión cultural, la prevención de la salud comunal, el levantamiento de datos locales relevantes, la producción en empresas comunitarias, entre otras posibilidades.



*Figura 2.1 Los proyectos y actividades comunitarios son un excelente aprendizaje y ayudan al vivir bien de la localidad. En la gráfica, estudiantes y servidores públicos colaboran en la limpieza de la cuenca del río Momboy en el estado Trujillo.
Fuente: Abrebrecha.*

Los proyectos comunitarios de cada año escolar pueden determinarse en diálogo con consejos comunales y otras organizaciones colectivas locales, diálogo a cargo del personal directivo, docentes y voceros estudiantiles, en consulta con todo el estudiantado del plantel. Estimamos que pueden establecerse de uno a cuatro proyectos por año, donde las y los estudiantes se inscriban individualmente o por sección, según el caso. En estas iniciativas grandes cada estudiante no tiene tanta posibilidad de decidir lo que va a hacer y cómo lo va a hacer, si bien siempre participa en las discusiones y decisiones colectivas. Pero lo que pierde en ese sentido lo gana por el lado de la pertinencia social y la relevancia: son oportunidades muy buenas de ser parte de una acción importante, que se traduce en beneficios concretos para toda una comunidad. ¡Somos corresponsables en la construcción de una vida justa y buena!

Ahora bien, no es cuestión de quedarse en un activismo, cumpliendo mecánicamente tareas pautadas: los proyectos comunitarios exigen que cada liceísta aprenda mientras trabaja, que lea, que escuche a personas con experticia en el área, que dialogue con sus compañeras y compañeros y con otras y otros involucrados. Y exigen también que vaya sistematizando, a lo largo del proceso, sus aprendizajes, para culminar en algún tipo de producto reflexivo como un informe escrito, una presentación oral, una exhibición, o una combinación de ellos, generalmente elaborados en equipo.

Es posible que diferentes equipos o secciones centren su reflexión y sus aportes teóricos en facetas diversas del área de trabajo escogida, para luego compartir en sesiones de socialización. Por ejemplo, si el proyecto implica participar en campañas divulgativas sobre vacunación, cada sección que participe puede, además de su reflexión sobre lo realizado, efectuar un aporte teórico diferente: análisis de datos nacionales e internacionales sobre vacunación, historia de las vacunas, panorama sobre investigación actual en vacunas, otros. De este modo, a medida que se suceden los grupos participantes, el acervo teórico y práctico del liceo sobre el área va creciendo y nuevos equipos estudiantiles pueden laborar con base en lo ya avanzado.

Trabajar y reflexionar en un contexto real para beneficio de un colectivo permite muchos aprendizajes, pues son oportunidades de aprender por la práctica sobre varios aspectos como: el área de trabajo seleccionada y la comunidad donde se está colaborando, la realización de ciertas acciones concretas conjuntamente con otras personas, importantes actitudes y valores relacionados con la solidaridad, la responsabilidad, la cooperación y la laboriosidad, entre otros. En el proceso, se gana conciencia crítica y capacidad de acción.

Junto a estos grandes proyectos, son posibles también las actividades comunitarias, que son iniciativas más sencillas, breves y focalizadas, de apenas unas horas o una jornada de duración, aunque también valiosas para relacionar lo teórico y lo práctico y para colaborar en la comunidad. Por ejemplo, jornadas de limpieza de playas o de recolección de semillas, participación en eventos artísticos comunitarios, celebración del Día de la Tierra, entre otras acciones.

Proyectos de aprendizaje de cada grupo-clase

Dentro de cada sección o grupo-clase, es posible otro tipo de proyectos, más centrados en el aprendizaje estudiantil y con temáticas decididas por ese pequeño colectivo. De todos modos, tampoco hay que descartar en estos casos la acción de mejora en un contexto real: acción más limitada que en el caso anterior, pero que igual se puede hacer sentir.

Si, por ejemplo, una clase decide realizar un proyecto sobre “El agua en nuestras vidas”, posiblemente el mismo incluya indagar sobre las fuentes de agua cercanas, la forma como el agua llega a las casas y se va de ellas, el papel del agua en la vida de quienes realizan el proyecto... Pero también es probable que del trabajo deriven propuestas para el mejor uso del agua. Lo más sensible y justo es que tales propuestas no se queden en el papel sino que se lleven, al menos, a los ámbitos más cercanos a las y los estudiantes del grupo: sus casas y su liceo.

Los proyectos son actividades abiertas y potentes, no una tarea impuesta: deben surgir de ti y de tus compañeras y compañeros, a partir de sus intereses e inquietudes, si bien es posible ayudarse con las sugerencias de las y los docentes, o con las ideas que se consigan en libros y ciberpáginas. Te sugerimos pensar en temas de investigación sustanciosos, no en preguntas focalizadas que pueden contestarse con una consulta rápida. ¿De dónde te pueden surgir las ideas para proyectos? De observaciones y vivencias, de conversaciones, de lo que hayas leído o visto por distintos medios de comunicación... Junto a tu grupo, te recomendamos priorizar, dándole más atención a los asuntos de mayor relevancia personal y social.



Figura 2.2. La investigación estudiantil es la base de los proyectos de aprendizaje.

Es necesario llegar a un consenso en la clase, porque generalmente no es posible trabajar varios temas a la vez. Se requiere, entonces, perfilar un solo proyecto, si bien luego este se dividirá en subproyectos por equipo, abriendo así espacio para la diversidad de intereses. Por otra parte, puede ocurrir que, al menos una vez al año, exista la posibilidad de hacer un proyecto totalmente libre, individual o en pequeño grupo.

Es razonable esperar que los proyectos que ocupen horas de Biología, Química o Física tengan una relación importante con tales disciplinas. Sin embargo, la realidad es compleja y multifacética y para comprenderla y actuar positivamente en ella necesitamos apoyarnos no sólo en las Ciencias Naturales y sus tecnologías, sino también en Historia, Geografía, Filosofía... así como en saberes logrados por la experiencia, y en la reflexión valorativa. Por eso es a menudo útil la contribución de diversas asignaturas en cada proyecto, bien sea que todas tengan el mismo peso o estableciendo una asignatura central y otras de apoyo. No es que en cada asignatura se haga un pedacito aislado del proyecto, sino que su interrelación nos permita un trabajo más profundo y crítico.

Desde hace bastante tiempo existen los proyectos de 5º Año, y también muchos liceístas han desarrollado proyectos para ferias científicas y tecnológicas estudiantiles. Estas experiencias son una buena base para la actual etapa, donde se plantea que los proyectos estén presentes en el día a día del salón de clases, desde la Educación Inicial.

¿Cómo trabajar dentro de un proyecto de aprendizaje?

No pretendemos que los proyectos sean el único tipo de actividades dentro de un salón de clase, aunque sí constituyen una iniciativa muy rica y valiosa. Ellos pueden combinarse provechosamente con actividades más breves y estructuradas como las discusiones, las observaciones, los experimentos guiados, los ejercicios de aplicación, la construcción de prototipos, entre otras opciones.



Figura 2.3. Las y los docentes necesitan ponerse de acuerdo para la integración de asignaturas en los proyectos.
Fuente: Abrebrecha.

Es posible desarrollar un proyecto de aprendizaje de toda la clase, por lapso. El personal docente deberá ponerse de acuerdo si habrá una asignatura núcleo o si se trabajará en forma totalmente integrada. Si hay una asignatura núcleo o centro, ésta llevará el peso del trabajo y las demás aportarán parte de su tiempo de acuerdo con su vinculación con el tema. Si todas las asignaturas participan de manera igualitaria, ofrecerán un conjunto de horas semanales para el desarrollo del proyecto.

Una vez que se haya llegado a un acuerdo sobre el tema sugerimos generar subtemas a partir de él, de esta manera cada equipo trabaja sobre algo distinto pero dentro de un área común. Normalmente, esto es más provechoso que tener a todo el mundo haciendo lo mismo. Cuando cada equipo haya decidido sobre su subtema, pasará a planificar su trabajo, estableciendo algunos objetivos, preguntas generadoras (que orienten la investigación), actividades y probables recursos a utilizar.

Título del proyecto				
¿Qué queremos lograr? Propósito	Interrogantes	¿Qué haremos? Actividades	¿Dónde investigaremos? Fuentes ¿Con qué contamos? Recursos	¿Cuánto tardaremos? Tiempo

Figura 2.4. Ejemplo del plan de un equipo. Tomado de: López, Ana M. (2005).

La clave de un buen proyecto está en las actividades: si éstas consisten en copiar y pegar de la red de Internet o en cumplir una serie de asignaciones pautadas por las y los profesores, no se está todavía en el nivel más deseable. Porque el proyecto es investigación. Esto incluye, es verdad, la consulta a libros y ciberpáginas para saber más del tema y para obtener datos actualizados. Pero necesita también de la indagación directa de las y los estudiantes, diseñada gracias a su propia iniciativa.

Las actividades pueden ser observaciones, experimentos, encuestas, entrevistas o trabajos de campo. (Recordemos que en ciencia se llama "campo" a los ambientes reales donde se investiga, que no necesariamente son verdes, pueden ser ciertamente un bosque o un río pero también un automercado o una fábrica).

Otra actividad posible sería el estudio de casos, que profundiza en uno o pocos ejemplos de una categoría dada: investigar cómo funciona el Mercal o mercado más cercano, o cómo se comporta y reacciona un bebé determinado, o cuál es la calidad del servicio de autobuses existente en la comunidad. Una iniciativa adicional sería el análisis de documentos, como discursos de personajes históricos, noticias de prensa, películas, canciones, entre otros.

Varias de estas actividades podrían ser parecidas a algunas que se realizan en prácticas de laboratorio o como tarea para la casa, pero aquí están integradas en un contexto mayor que es el del proyecto, han sido planificadas por las y los estudiantes, y además alcanzan una dimensión más relevante y sistemática, ocupando más días de labor.



Figura 2.5. La realización de experimentos enriquece muchos proyectos científicos.

Supongamos, por ejemplo, que un grupo-clase decide desarrollar el proyecto "Los árboles en nuestra comunidad". Entre las actividades posibles, de acuerdo con los objetivos de los subproyectos de equipo que se delimiten, podrían estar: observar árboles de la comunidad; recoger muestras (de hojas, de semillas, de calcos de cortezas...) y estudiarlas en el aula o el laboratorio; comparar el desarrollo de árboles de la misma especie o familia que se encuentren en condiciones diversas; pasar un cuestionario a personas de la comunidad acerca de lo que piensan de los árboles en la ciudad, su importancia, beneficios y perjuicios; entrevistar a expertas y expertos sobre el tema.

Por supuesto, no es que cada equipo haría todas estas actividades, sino que diferentes equipos podrían interesarse por unas u otras. Podríamos añadir más, como por ejemplo, el estudio a profundidad de un solo árbol, un análisis de noticias de prensa sobre especies características de la localidad o región, o una investigación sobre canciones que mencionan a los árboles.

Las actividades presentadas hasta ahora conforman proyectos de un carácter más bien científico, al centrarse en describir, interpretar, explicar y/o predecir situaciones o fenómenos. Pero hay también proyectos de índole tecnológica, dedicados a evaluar o generar un producto, proceso, sistema o ambiente. En el proyecto “Los árboles en nuestra comunidad”, un subproyecto con énfasis tecnológico podría ser elaborar un abono apropiado para árboles del entorno (producto), definir los mejores procedimientos para sembrar y cuidar árboles en calles cercanas (proceso), o planificar y desarrollar la arborización del liceo (ambiente).

Por su parte, los sistemas integran productos y procesos, como cuando se implementa un programa de mantenimiento y buen uso de árboles frutales del plantel. En nuestros textos de Primer y Segundo Año, incluimos lecturas sobre los proyectos de énfasis científico y sobre aquellos tecnológicos.

Otros proyectos pueden basarse en la investigación-acción de las ciudadanas y los ciudadanos críticos y participativos. El énfasis en ellos estará en clarificar situaciones, decidir y actuar transformadoramente.



Figura 2.6. Los proyectos tecnológicos implican crear o mejorar productos, procesos, sistemas o ambientes.
Fuente: Fundacite-Zulia.

Estos últimos proyectos, como te habrás dado cuenta, son muy afines a los grandes proyectos comunitarios de los que hablábamos antes. Sólo que a una escala más pequeña. En el caso del tema general “Los árboles en nuestra comunidad”, el cual venimos usando como ejemplo, algunos subproyectos de investigación-acción ciudadana podrían ser: estudiar la situación de los árboles de la comunidad y gestionar acciones de entes públicos y del propio liceo para su mejoramiento, educar a la comunidad en la apreciación y cuidado de sus árboles, arborizar sectores de la comunidad, realizar propuestas de cambio ante organismos como consejos comunales, alcaldías, fundaciones y concejos municipales, entre otros.



Figura 2.7. Los proyectos de investigación-acción ciudadana generan cambios positivos en el entorno. En la fotografía, estudiantes del Liceo Bolivariano Ángel María Duque (Edo. Táchira) realizan labores de educación ambiental en un parque nacional cercano.

En los proyectos de investigación-acción no se trata de actuar de buenas a primeras: se requiere informarse, debatir en el equipo, tomar posición sobre el tema, diseñar acciones y, finalmente, ponerlas en práctica. La buena intención no basta, resulta necesario que la intervención sea realmente positiva, y esté al alcance de los participantes. En ocasiones puede llegarse sólo hasta la propuesta o hasta el ensayo focalizado, sobre todo si se trata de acciones de envergadura, que requieren una participación social mayor. Por ejemplo, el proyecto de un equipo puede centrarse sobre el tema de los parques en las ciudades y puede derivar en propuestas acerca de la creación de nuevos parques en áreas determinadas, sin que, por supuesto, tal acción pueda ser emprendida por el grupo como tal.

Al estudiar problemas sociales que tienen que ver con la ciencia y la tecnología, las y los liceístas no deben quedarse sólo en el ámbito más cercano, en las mejoras de situaciones locales. También deberían atender a lo estatal, lo nacional y lo mundial. Muchos problemas no se entienden ni se pueden resolver sólo desde lo local. Petróleo, agricultura, cambio climático, agua, energía eléctrica, bioingeniería... son temas sobre los que ustedes, las y los liceístas, deben, en algún momento, volcar su atención e investigar. Críticamente deben reflexionar sobre ellos con una visión nacional y mundial, sin olvidar la necesaria acción local, la más inmediata a su alcance.

Siempre será posible, por ejemplo, la acción comunicacional: hacerles llegar a otras y otros lo que se ha podido aprender y reflexionar.

Ir de lo local a lo global, para volver luego a lo local, en una relación dialéctica: es así como se forma la ciudadanía crítica y participativa de una sociedad democrática, que, de una u otra manera, incide sobre la dinámica social y sobre la actuación de los gobernantes y organizaciones sociales.

¿Cómo organizarse dentro del proyecto?

En cada proyecto hay oportunidad para trabajar de diversas maneras: siempre habrá unos momentos para compartir con toda la clase, otros para avanzar en equipo, y aun otros para desarrollar labores tranquilas de manera individual.



Figura 2.8. Usualmente, las visitas son actividades de grupo grande.
Fuente: Comité Conservacionista Danilo Anderson.

Y, además, hay proyectos que enfatizan una u otra de las tres alternativas de organización. En efecto, como ya vimos, hay proyectos que pueden convocar no solo a la clase sino incluso a todo el estudiantado del plantel: los grandes proyectos comunitarios.

Por otra parte, es posible que, a lo largo del año escolar, cada estudiante tenga oportunidad de llevar a cabo un proyecto individual, donde explore asuntos de su interés de manera muy personal. Pero, la mayoría de los proyectos, que se desarrollan dentro del salón de clase, usualmente enfatizan la labor en equipo, donde cada pequeño grupo aborda un subtema de un tema amplio acordado entre todas y todos.



Figura 2.9. El grupo pequeño o el trabajo individual son apropiados para tareas precisas.

La organización en equipo aporta importantes beneficios. No hay duda de que permite una mejor acción del docente en el seguimiento y apoyo de la labor estudiantil, pues sería demasiado arduo para el educador o la educadora atender siempre treinta o más proyectos individuales. Pero, más allá de esta ventaja práctica, el equipo aporta facetas positivas a la formación de cada estudiante. Así ese espacio, ni multitudinario ni solitario, ofrece la oportunidad a cada participante tanto de explicitar sus ideas a otros, aclarándolas y articulándolas mejor, como de aprender atendiendo y respondiendo a las ideas y destrezas de los demás.

El equipo propicia el contraste entre diferentes perspectivas, enriqueciendo el mundo de cada uno de sus miembros. Posibilita las actividades complejas, difíciles de asumir de manera individual. Finalmente, enseña por la práctica (con apoyo docente) a trabajar junto a otros y otras, un aprendizaje muy útil para la vida, donde a menudo requerimos la acción conjunta: en el hogar, en el trabajo, en actividades recreativas, en la participación política, en la iniciativa comunal, etcétera.



Figura 2.10. Comunicar nuestras ideas nos ayuda a profundizarlas.
Fuente: Radio Tamunangue Libre.

Con todos los beneficios que aporta, el trabajo en equipo necesita superar ciertos riesgos. Mencionaremos entre los más comunes: la existencia de estudiantes que no colaboran y recargan el trabajo de los demás, o de aquéllos que quieren imponerse al grupo, ignorando que no siempre puede prevalecer nuestra opinión. Otro riesgo a evitar es la dispersión al consumir demasiado tiempo hablando de otros asuntos o haciendo actividades no relacionadas con el proyecto. En ocasiones, los integrantes del equipo se dividen el trabajo, de manera que cada quien hace una pequeña parte sin enterarse de lo que hacen los demás. En verdad, así terminan más rápido, pero los aprendizajes de cada uno son escasos.

Tampoco son positivos los equipos “eternos”, pues es beneficioso que, a lo largo del año, haya oportunidad de interactuar con diferentes personas; aunque, por otro lado, no deben formarse equipos impuestos por el docente: la idea es sugerir o estimular, y no forzar. Por diversas razones, a veces hay estudiantes que no interactúan bien con el resto del grupo y tienden a quedarse aislados. En estos casos, la profesora o el profesor pueden orientar para que las y los cursantes comprendan que es necesario que todas y todos participen, y que tanto el grupo como cada persona deben hacer un esfuerzo para que nadie se quede alejado del trabajo de la clase.

Para la buena marcha de los proyectos, hace falta el seguimiento que cada equipo haga a su propia labor, junto al de la educadora o educador. Una posibilidad es que cada equipo ofrezca periódicamente un breve reporte oral sobre su trabajo, bien sea a la plenaria de la clase o al docente. También es posible que, por equipos o de manera individual, se llene un pequeño cuestionario de autoevaluación a la mitad y/o al final del proyecto. Además, conviene que el docente se sienta periódicamente con cada grupo a revisar sus realizaciones, dudas y propuestas. Éste puede entrevistar, en cada lapso, a algunos de las y los estudiantes, recogiendo información más rica sobre los procesos en marcha. Cada equipo puede ir marcando las fases cumplidas de su trabajo en un pliego de papel colgado en el salón de clases, visible a todos.

¿Cómo culmina un proyecto?

Todo proyecto termina en alguna actividad de socialización, pues las personas que verdaderamente investigan comunican y debaten, con otras y otros, los alcances de su trabajo. Diversos mecanismos pueden utilizarse para ello: informe escrito, presentación oral, cartelera... pero también tira cómica, dramatización, estaciones de observación y ensayo en el patio del liceo durante los recesos, itinerarios (ejemplo: itinerario de árboles del plantel), entrevista en radio comunitaria, “autobiografía” (ejemplo: “autobiografía” del río cercano), entre otras posibilidades. También pueden organizarse ferias y jornadas en torno a los proyectos realizados.

Al desarrollar un proyecto el análisis o interpretación de resultados es importante. No basta quedarse en la descripción de lo que se hizo y lo que sucedió, hay que atender a su significado, para lo cual es necesario profundizar en lo teórico con lectura y reflexión. Esto es válido para cualquier tipo de proyecto: científico, tecnológico o de investigación-acción ciudadana.



Figura 2.11. La socialización de resultados es una etapa clave en los proyectos de investigación estudiantil.

Por ejemplo, ¿por qué en un experimento de un proyecto científico el pulso de los sujetos se aceleró luego de una carrera? ¿O por qué en el proyecto tecnológico no funcionó el motor eléctrico construido? ¿O qué implicaciones tiene que en un proyecto “ciudadano” o de ciudadanía se encontró que la mayoría de las personas de la comunidad no respetan las señales de tránsito? De esta manera, el equipo entra en la interpretación, la explicación, el planteo de nuevas hipótesis que se abren a futuras investigaciones y a mejores acciones. Es decir, el equipo avanza en el entendimiento más profundo de la realidad estudiada, gracias a esta relación teoría-práctica.

¿Cómo es la evaluación en un proyecto?

Un trabajo de investigación tan complejo y abierto como un proyecto no se evalúa bien a través de exámenes, cuestionarios para la casa o interrogatorios. Necesitamos formas de evaluar que respeten su naturaleza, y permitan calibrar lo realizado para poder seguir avanzando, consolidando logros y superando dificultades.

AUTOEVALUACIÓN DE EQUIPO

Proyecto:

Subproyecto:

Integrantes del equipo:

- ¿Qué conocimientos importantes aprendimos?
- ¿Qué habilidades aprendimos o reforzamos?
- ¿Colaboramos adecuadamente en el equipo?
- ¿Cuál fue la calidad de nuestro trabajo?
- ¿Qué aportamos con nuestro proyecto?
- ¿En qué podemos mejorar?
- ¿Qué inquietudes nos deja el proyecto?

Figura 2.12. Un ejemplo de formato para la autoevaluación del equipo en un proyecto.

La mejor evaluación no utiliza momentos y procedimientos extraños al proyecto. Se va realizando conforme éste se desarrolla, para completarse gracias a la revisión de sus productos finales. Puede usar instrumentos como listas de cotejo o escalas de estimación, registros-resumen, registros de eventos importantes, comentarios cualitativos, entre otras opciones.

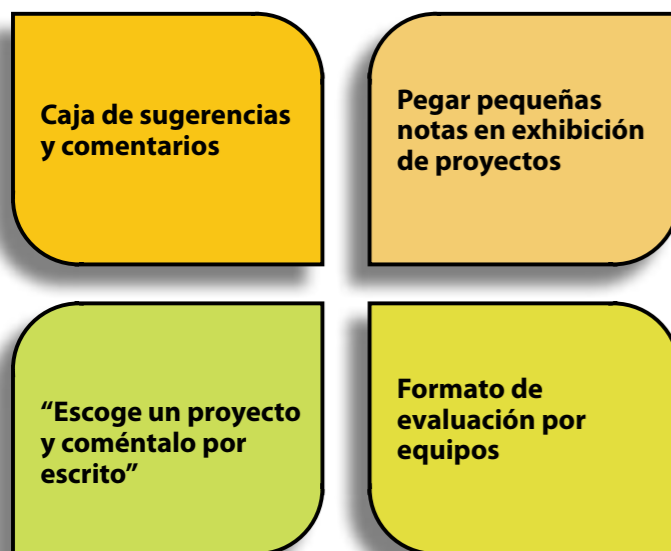


Figura 2.13. Cuatro posibilidades para la coevaluación en los proyectos.

Las y los estudiantes deben autoevaluarse, individualmente y como equipo, pues están en capacidad de ofrecer una perspectiva imprescindible sobre su propia labor. La autoevaluación es además un momento más de aprendizaje. También es muy útil la coevaluación, y diferentes equipos pueden emitir juicios respetuosos y formativos sobre el trabajo de sus compañeras y compañeros.



Figura 2.14. La educación por proyectos enriquece la formación de las y los estudiantes.

Desde luego, el papel de las y los docentes es clave en la clarificación de logros y debilidades del trabajo realizado. Así, gracias a la contribución del profesorado, de las compañeras y compañeros, y de una o uno mismo, se logra una valoración multifacética y más equilibrada, que ayuda a reorientar las actividades futuras para seguir formándose en el liceo, de la mejor manera. Porque todas y todos tenemos capacidades y potencialidades y la educación en el liceo debe contribuir a reconocerlas y desarrollarlas.



Reflexionando y dialogando sobre proyectos

1. ¿Has tenido oportunidad de participar en proyectos de aprendizaje a lo largo de tu educación? ¿Y en proyectos comunitarios? Comparte tus experiencias con tus compañeras y compañeros: ¿en general, qué aspectos positivos tuvieron los proyectos en los cuales participaste?, ¿qué dificultades se presentaron en su desarrollo?, ¿cómo podrían resultar mejor este tipo de actividades?

2. Por equipos, les proponemos que cada integrante escoja uno de los proyectos en los cuales ha participado a lo largo de su escolaridad y lo presente en el pequeño grupo. Luego, el mismo grupo puede elegir de los proyectos presentados uno que les parezca de especial interés, para que sea expuesto al resto de la clase. Al final, puede dialogarse sobre los trabajos que se han compartido.

3. ¿Tienes propuestas concretas para la selección del tema, la planificación, el desarrollo, la comunicación o la evaluación de los proyectos? Entre todos, pueden ponerse de acuerdo en algunas propuestas útiles para los primeros proyectos que lleven a cabo este año. Después, posiblemente estos lineamientos se enriquezcan a partir del trabajo realizado.

4. ¿Qué opinas sobre esta idea? ¿Cómo lograr lo que el autor señala?: *Los estudiantes no investigarán las preguntas que realmente les importan a menos que se encuentren en un entorno en el que sus ideas y su vida sean valoradas.*

C. Edelsky. "Education for democracy". Language Arts. Vol. 71, N° 1, pp. 252-57. 1994. (Citado en Kathy G. Short y otros. El aprendizaje a través de la indagación. Gedisa. Barcelona, España, 1999, p. 25).

5. Esta otra cita también merece unos momentos de reflexión y debate: *Ningún maestro me acompañó nunca por los alrededores del pueblo y me enseñó el tomillo o un escorpión... todas las ciencias naturales las estudiábamos mirando los libros, sin salir al monte o al bosque que teníamos tan cerca, pero que estaban tan lejos de la clase. (...) Lo que más reprocho a mis maestros es que no me enseñaran mi pueblo, ni sus alrededores, ni los animales y plantas que le son propios; no me explicaron cuál era su historia, ni qué problemas tenía.*

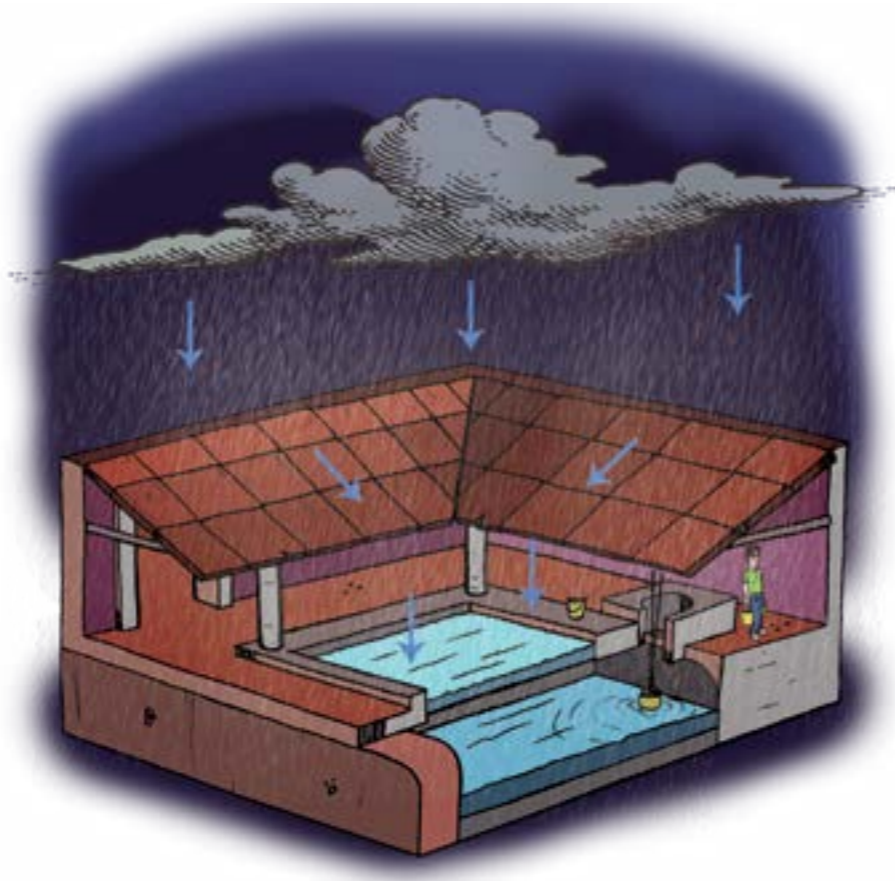
Jordi Pujol. El descubrimiento del medio. Blume. Barcelona, España, 1983, p. 5.

6. Así como estas citas que hemos presentado, ¿tienes una reflexión propia o que hayas leído en alguna parte sobre la investigación en el aula, la cual te gustaría compartir con tu docente y compañeras y compañeros?

AGUA QUE NO HAS DE BEBER... NO LA DEJES PERDER

Diana y Sofía fueron con sus padres a conocer el estado Falcón. Mientras recorrían una hermosa casa colonial, se preguntaron cómo vivían las personas allí, si no había tubos para llevar el agua hacia la cocina y las letrinas.

Su mamá les contó que, en la época colonial, el agua no se distribuía por tuberías sino que se aprovechaban las aguas de las lluvias que, al correr por los tejados, se recogían en un **estanque**. Mientras el agua reposaba allí, las impurezas o restos de polvo se depositaban en el fondo, y así, el agua limpia pasaba a un depósito mayor llamado **cisterna**. Cuando se necesitaba agua, se extraía a través de un **pozo** construido sobre la cisterna. A este sistema se le llama aljibe. Fue así como conocieron una forma diferente de abastecerse de agua.



Las muchachas, sorprendidas por lo ingenioso del sistema, comenzaron a hacerse preguntas. ¿El agua de lluvias se puede consumir? ¿Habrá diferencias entre el agua de lluvias de antes y la de ahora? ¿Por qué hoy en día no usamos el agua de lluvias? ¿Acaso sí se usa y no lo sabemos? ¿Los sistemas usados para abastecerse de agua han cambiado con las diferentes épocas? ¿Cuáles de esos sistemas continúan usándose hoy en día? ¿Por qué otros se dejaron de usar? Sus padres se sentían muy contentos, al ver que la visita había despertado su curiosidad por aprender más sobre el mundo que nos rodea.

Con esta pequeña anécdota, te invitamos a preguntarte cómo llega el agua a tu casa y a conocer los procesos que se realizan para garantizar el acceso de todas y todos al vital líquido. Esta lectura también te permitirá conocer cómo las actividades humanas asociadas al agua se basan tanto en los saberes populares como en los conocimientos científicos, que juntos forman parte del patrimonio común de toda la Humanidad.

El agua es una sustancia muy especial

A menudo, percibimos al agua como algo común y corriente. Pensamos en ella sólo cuando su ausencia nos impide realizar nuestras actividades habituales, pero ¿es algo común y corriente en realidad? ¿Te has preguntado por qué puede coexistir en estado líquido, sólido y gaseoso? ¿A qué se debe que en nuestro planeta el agua salada sea más abundante en comparación con el agua dulce? Para todas estas preguntas hay varias respuestas, pero hay una que es común a todas ellas: el agua es una sustancia muy especial porque es una de las más activas de la naturaleza.

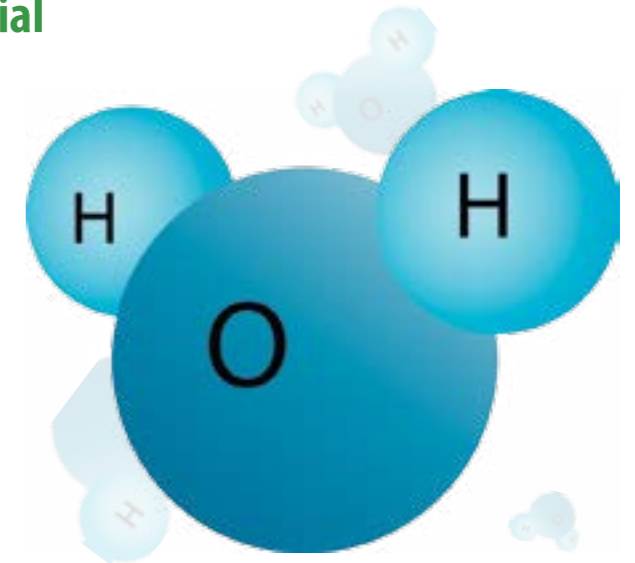


Figura 3.1. Modelo de la molécula de agua.

Casi todas las personas reconocen que la fórmula química del agua es H_2O , puesto que su molécula está compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Sin embargo, la razón de sus excepcionales propiedades y de su comportamiento activo va más allá de su composición o fórmula. Se debe a la manera especial en que están unidos los átomos que la constituyen.

La figura 3.1 muestra un modelo de cómo los científicos conciben la molécula del agua. Los dos átomos de hidrógeno y el de oxígeno están unidos entre sí. A esta unión la llamamos **enlace químico**. El compuesto H_2O formado con este enlace es química y físicamente diferente a los elementos hidrógeno y oxígeno por separado. ¿Quieres saber por qué?

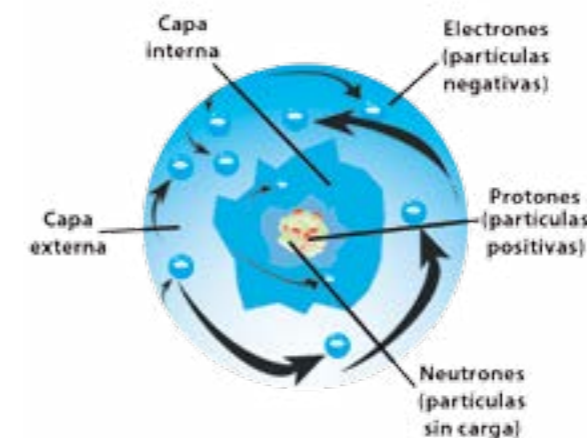


Figura 3.2. Modelo que sugiere la disposición de las partículas subatómicas.

Para responder esta pregunta, necesitamos recordar que un **átomo** es la parte más pequeña de la materia que mantiene las propiedades del elemento químico en cuestión. Está constituido por partículas subatómicas en interacción: electrones, protones y neutrones. En el núcleo, se concentran los protones y los neutrones, mientras que los electrones se hallan en constante movimiento, girando en torno al núcleo a una gran velocidad y distribuidos en **orbitales o niveles de energía sucesivos**. En su desplazamiento, se genera **electricidad**, que es una corriente de electrones en movimiento. La materia tiene naturaleza eléctrica en virtud de que está formada por átomos. Éstos, a su vez, están formados por partículas subatómicas con carga eléctrica.

Los electrones tienen carga negativa, los protones positiva y los neutrones son eléctricamente neutros. Todo átomo estable y sin perturbaciones externas, posee igual número de electrones y de protones, por tanto es eléctricamente neutro. ¿Pero cómo pueden mantenerse en un átomo todas esas partículas, si sabemos que cargas iguales se repelen y cargas de diferente signo se atraen? La respuesta está en las fuerzas, principalmente de naturaleza eléctrica, que actúan dentro del átomo y las mantienen unidas.

Todo compuesto químico se forma cuando los átomos de los elementos que lo integran interactúan entre sí y se enlazan. La forma como ese enlace se produce depende de la afinidad que tenga cada átomo para ganar, perder o compartir sus electrones. Cuanto más alejado se encuentre un electrón del núcleo, más fácilmente puede tomar parte en un enlace químico al transferirse de un átomo a otro o al estar compartido entre ellos.

En el caso del agua, tanto el átomo de oxígeno como los de hidrógeno tienen afinidad para ganar electrones; a este comportamiento lo llamamos **electronegatividad**, siendo el oxígeno más electronegativo que el hidrógeno. Es así como, en la molécula H_2O , el electrón de cada hidrógeno es atraído por el oxígeno con mayor fuerza que con la que son atraídos los electrones del oxígeno hacia cada átomo de hidrógeno. Como resultado de esta interacción, se generan dos enlaces en los que se comparten electrones entre los átomos de la molécula del agua. A este tipo de enlace químico lo llamamos **enlace covalente**. Además de éste, existen otras formas de enlace químico, que estudiarás más adelante.

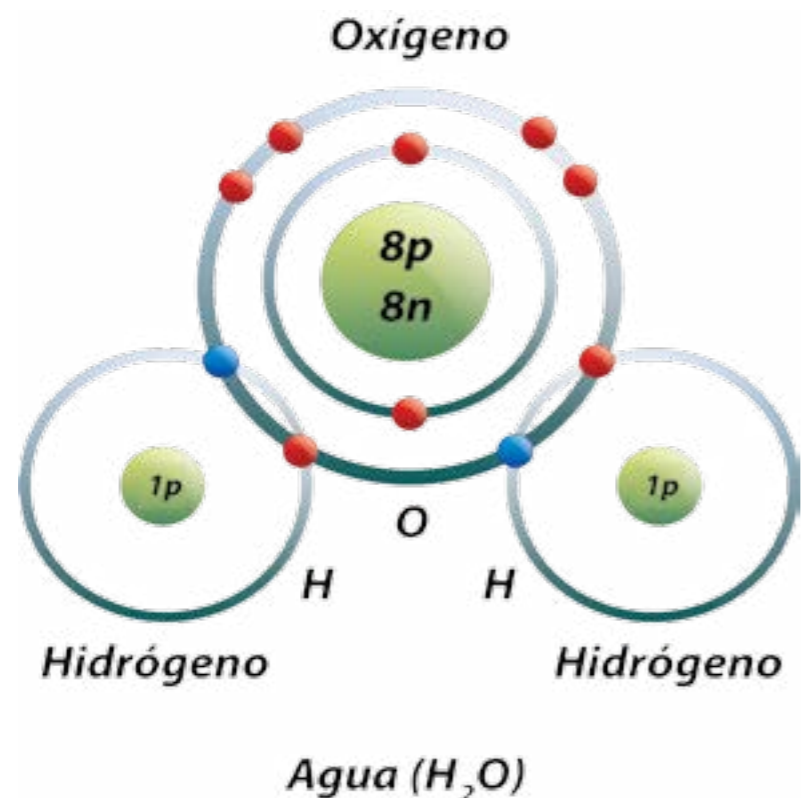


Figura 3.3. Diagrama que ilustra los enlaces en la molécula del agua. Para facilitar la visualización de los electrones del oxígeno y del hidrógeno, se ilustran con diferente color. Los del oxígeno en rojo y los del hidrógeno en azul.

Desde el punto de vista eléctrico, aunque la molécula del agua tiene igual número de electrones y de protones (carga total neutra) presenta una distribución espacial desigual de sus electrones. Los átomos de hidrógeno que tienen 1 protón (+) y 1 electrón (-) cada uno, quedan desprovistos de su electrón mientras éste se está moviendo alrededor del oxígeno, lo que provoca que su carga sea parcialmente positiva. Por su parte, el átomo de oxígeno, que tiene 8 protones (+) y 8 electrones (-) pasa a tener una concentración superior de electrones, provocando que su carga eléctrica sea parcialmente negativa (ver figura 3.4).

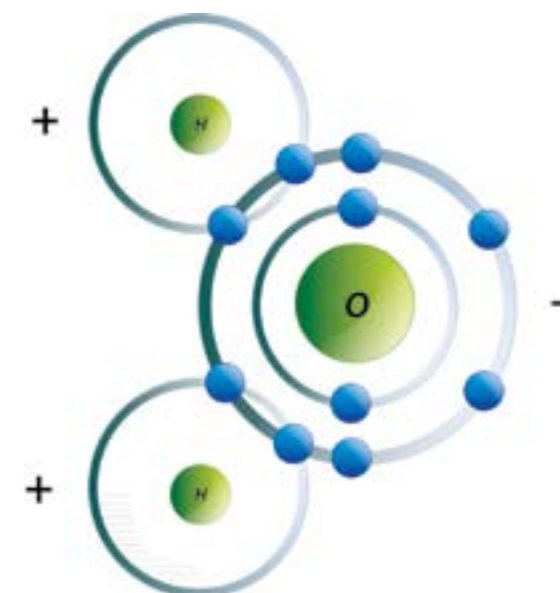


Figura 3.4. Molécula dipolar del agua.

Este hecho es muy importante porque, al unirse los átomos de hidrógeno y el de oxígeno para formar la molécula H_2O , se forman dos polos eléctricos, uno cargado positivamente correspondiente a los átomos de hidrógeno y otro cargado negativamente representado por el oxígeno. En consecuencia, la molécula del agua es un **dipolo o molécula polar** (Ver figura 3.4).

Para saber más...

En esta dirección electrónica http://www.visionlearning.com/library/x_linker.php?moid=2140 puedes consultar una simulación que ayuda a comprender cómo se produce el enlace covalente dipolar en una molécula de agua.

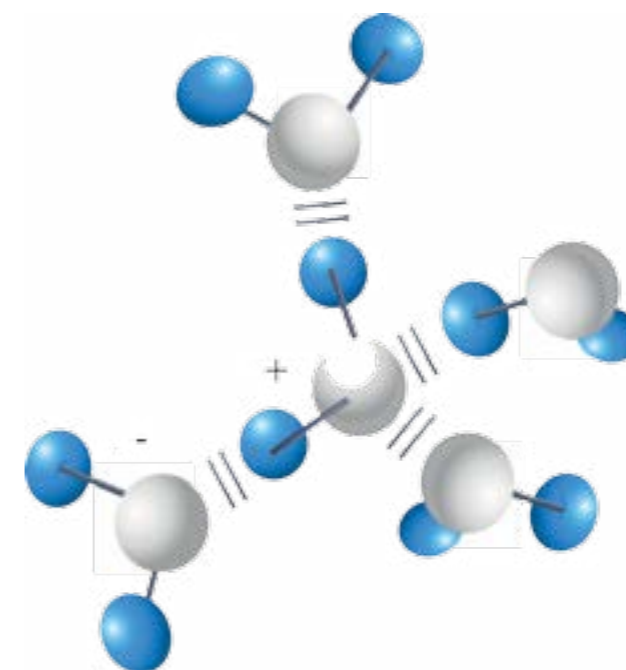


Figura 3.5. Puentes de hidrógeno.

¿Sabes qué ocurre cuando varias moléculas de agua están juntas? Siempre que tengamos agua en cualquiera de sus estados, estaremos frente a muchas moléculas de H_2O interactuando entre sí. Su condición de dipolo hace que estas moléculas se atraigan y se produzca una interacción electrostática entre las cargas parciales de cada una de ellas. A estas interacciones dipolo-dipolo se les llama **puentes de hidrógeno**. Estos puentes son las uniones entre las moléculas de agua, que van a proporcionar las propiedades físicas y químicas que la hacen tan especial y la distinguen de las otras sustancias conocidas. (ver figura 3.5).

El agua es activa

De acuerdo con lo que hemos planteado, el agua es una sustancia muy especial por su condición dipolar y su capacidad para establecer puentes de hidrógeno. También, hemos dicho que el agua es activa, pero ¿qué significa esto? Quiere decir que el agua tiene propiedades químicas y físicas que le dan una inmensa capacidad para mezclarse e incluso combinarse con muchos compuestos de la naturaleza. Veamos algunos ejemplos.

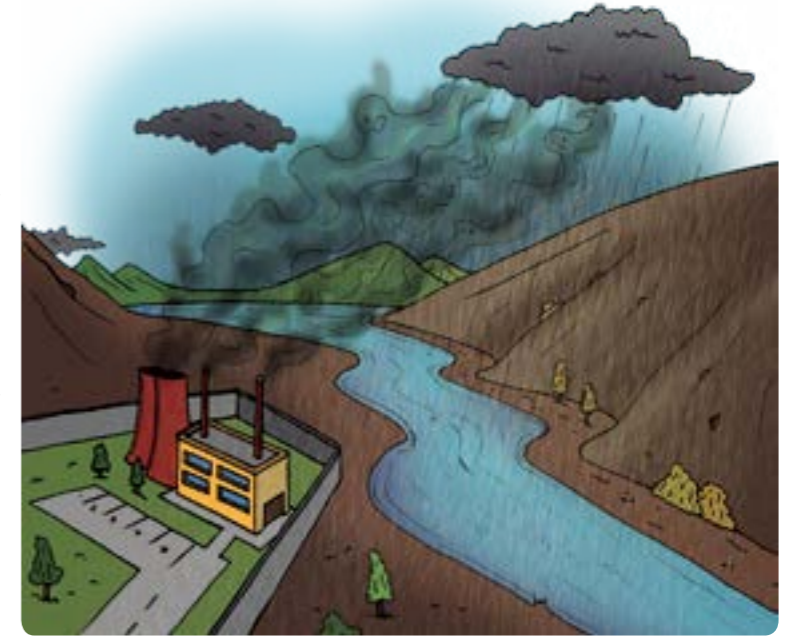
El agua es activa porque, al estar en contacto con la superficie terrestre, se enriquece con las sustancias inorgánicas del suelo y las rocas; al interactuar con el aire, se le incorporan gases de la atmósfera. Además, recibe diferentes sustancias aportadas por la actividad de los seres vivos que viven en el agua o están en contacto con ella. Esta condición la convierte en un medio propicio para el desarrollo de la vida y en un excelente medio de transporte de los nutrientes necesarios para las funciones vitales de los organismos. Por eso el agua nunca está sola, sino que viene acompañada de otras sustancias que pudieran ser inofensivas, favorables o dañinas para la vida.

El agua tiene la propiedad de disolver muchas sustancias con las que entra en contacto, ya que sus cargas parciales atraen aquellos átomos que están cargados eléctricamente a los que llamamos **iones**. También puede atraer **moléculas polares** de otras sustancias. Esta atracción obliga a iones y/o moléculas polares a separarse de su conjunto y a diluirse en el agua. Por tal motivo, el agua está considerada como el **solvente universal**, por ser el más eficaz para disolver un mayor número de sustancias. Ahora, cada vez que disuelvas sal o azúcar en agua sabrás lo que ocurre, aunque no lo veas a simple vista.

Con esta explicación, también podrás entender por qué el agua en la naturaleza puede presentarse como una **solución** que lleva disuelta una gran cantidad de sales y gases, cuyos iones o moléculas son atraídos por su carga eléctrica parcial. Un ejemplo bastante evidente es el agua de mar, que es una solución o mezcla homogénea, cuyo sabor nos indica la presencia de sales, mientras que su espuma evidencia la presencia de gases disueltos que se liberan al romper las olas. Aunque no los veamos, las sales y los gases están disueltos en el agua.

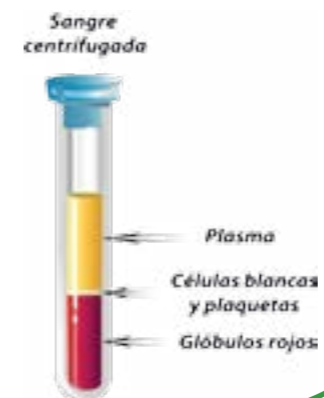


La lluvia ácida es consecuencia de la capacidad disolvente del agua. En este caso, la humedad atmosférica disuelve gases que contaminan el aire como el dióxido de azufre (SO_2) y óxidos de nitrógeno (N_2O ; NO ; N_2O_3 , entre otros) emitidos por vehículos, industrias y centrales termoeléctricas. En la alta atmósfera, reaccionan para formar ácido sulfúrico (H_2SO_4) y ácido nítrico (HNO_3) acidificando al agua atmosférica que, al caer como lluvia ácida, representa un problema ambiental porque daña los ecosistemas frágiles y ocasiona problemas de salud.



El agua en la naturaleza también se presenta como una **suspensión**. En este caso, el agua forma una mezcla heterogénea con partículas no disueltas, visibles a simple vista, que pueden sedimentarse al dejar la suspensión en reposo. Esta propiedad física de transportar partículas, mientras está en movimiento, contribuye a la propensión del agua a hacerse turbia y a erosionar las superficies sobre las que se escurre. Si se desea separar una suspensión acuosa, sólo se necesita dejarla en reposo y luego filtrarla para que el agua pase y las partículas queden retenidas. Este procedimiento lo aplicamos al preparar café.

Para saber más... La sangre es una dispersión coloidal que se puede separar mediante el centrifugado. Así se separa el plasma (fase acuosa dispersante) de los glóbulos blancos, rojos y las plaquetas (fase dispersa) a la que suele llamarse coágulo.



Otra forma en la que el agua puede estar en la naturaleza es como una **dispersión coloidal**, porque las pequeñas partículas que la acompañan se encuentran dispersas y adheridas al agua, no precipitan fácilmente y no son observables a simple vista, ni con la ayuda de un microscopio común.

El material disperso puede separarse del medio dispersante, solo cuando se introduce algún agente que hace que se atraigan las partículas coloidales entre sí y se coagulen, separándose las dos fases. Un ejemplo de dispersión coloidal es la leche que está formada por agua (fase dispersante) y gotitas de grasa y proteínas (fase dispersa). Si se le agrega un ácido como el jugo de limón, decimos que la leche se "corta". En realidad lo que hemos hecho es separar en sus dos fases el coloide leche. Muchos de nuestros alimentos son coloides y los tejidos vivos también lo son.

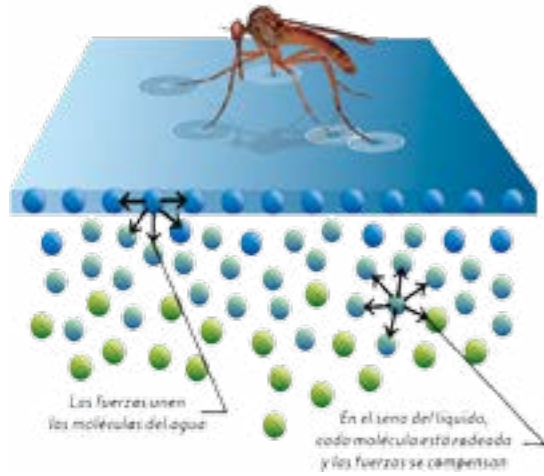


Figura 3.6. Tensión superficial del agua. La interacción de las moléculas en la superficie del agua hace que se presente como una verdadera cama elástica, que soporta el peso de un pequeño insecto.

Otra propiedad del agua, derivada de su polaridad y de sus puentes de hidrógeno, es la **tensión superficial**. De acuerdo con esta propiedad, las moléculas ubicadas en la superficie del agua poseen mayor energía que las que se encuentran en el interior del líquido, aunque todas están interactuando electrostáticamente entre sí. Las de la superficie, que no tienen otras moléculas encima de ellas, sólo interactúan con las vecinas.

Así la superficie se convierte en una película cohesionada. ¿Alguna vez te lanzaste un chapuzón y sentiste como si el agua te golpeará? La causa de esa sensación es la tensión superficial del agua. Por esto es que muchos objetos se mantienen en la superficie del agua, como es el caso de algunos seres vivos que logran desplazarse sin hundirse tal como se aprecia en la figura 3.6.

Otras manifestaciones son **la cohesión, la adhesión, la capilaridad y la absorción**, de gran importancia para la vida, ya que permiten fenómenos como la formación de gotas que se adhieren a diferentes superficies, la capacidad del agua para ascender en contra de la gravedad por tubos muy finos o capilares y la de circular a través de todo tipo de poros y conductos. Estas propiedades son de significativa importancia en diversos fenómenos y procesos que ocurren en el planeta, cruciales para el desarrollo de la vida.

Existen muchas otras propiedades del agua que están relacionadas con su naturaleza polar y sus puentes de hidrógeno, entre ellas las siguientes:

- Cuando el agua recibe o cede energía, su temperatura cambia muy lentamente, lo que la hace un regulador de temperaturas extremas. Esta propiedad, conocida como su alto **calor específico**, es significativa para comprender cómo se moderan las temperaturas atmosféricas en aquellos lugares cercanos al mar; por qué se usa agua en los sistemas de enfriamiento de maquinarias; por qué beber abundante agua es necesario cuando tenemos fiebre.
- Cuando necesitamos evaporar o fundir el agua, se requiere energía para romper los puentes de hidrógeno y luego más energía para que las moléculas puedan pasar de líquido a gas o de sólido a líquido. Esto determina que sus puntos **de vaporización y de fusión** sean más altos, en comparación con los de otras sustancias.
- El agua aumenta su volumen al congelarse, lo cual hace que el hielo sea menos denso que el agua líquida. Por eso los hielos flotan en el agua. Este comportamiento es contrario al de la mayoría de las sustancias. Este fenómeno se conoce como **comportamiento anómalo** del agua.

Con todo lo que hemos discutido hasta aquí, no debes tener dudas acerca de que el agua no es tan común y corriente como se piensa.

Estamos hechos de agua

¿De dónde proviene el líquido que sale de nuestro cuerpo al orinar varias veces al día? ¿Por qué nuestra boca y nuestros ojos están húmedos? ¿Por qué al respirar cerca de un vidrio, se forman pequeñas gotitas en él? ¿De dónde viene el sudor que humedece nuestra piel y nuestra ropa, cuando hace mucho calor o hacemos ejercicio físico? Al responder estas preguntas te darás cuenta de que la orina, la saliva, las lágrimas y el sudor son evidencias de la presencia de agua en nuestro organismo. También nuestra sangre, nuestros huesos y músculos, nuestros órganos y tejidos están compuestos de agua en proporciones variables. Algunos datos sobre la composición hídrica del cuerpo humano los puedes verificar en la figura 3.7.

El agua forma parte del 70% del cuerpo humano

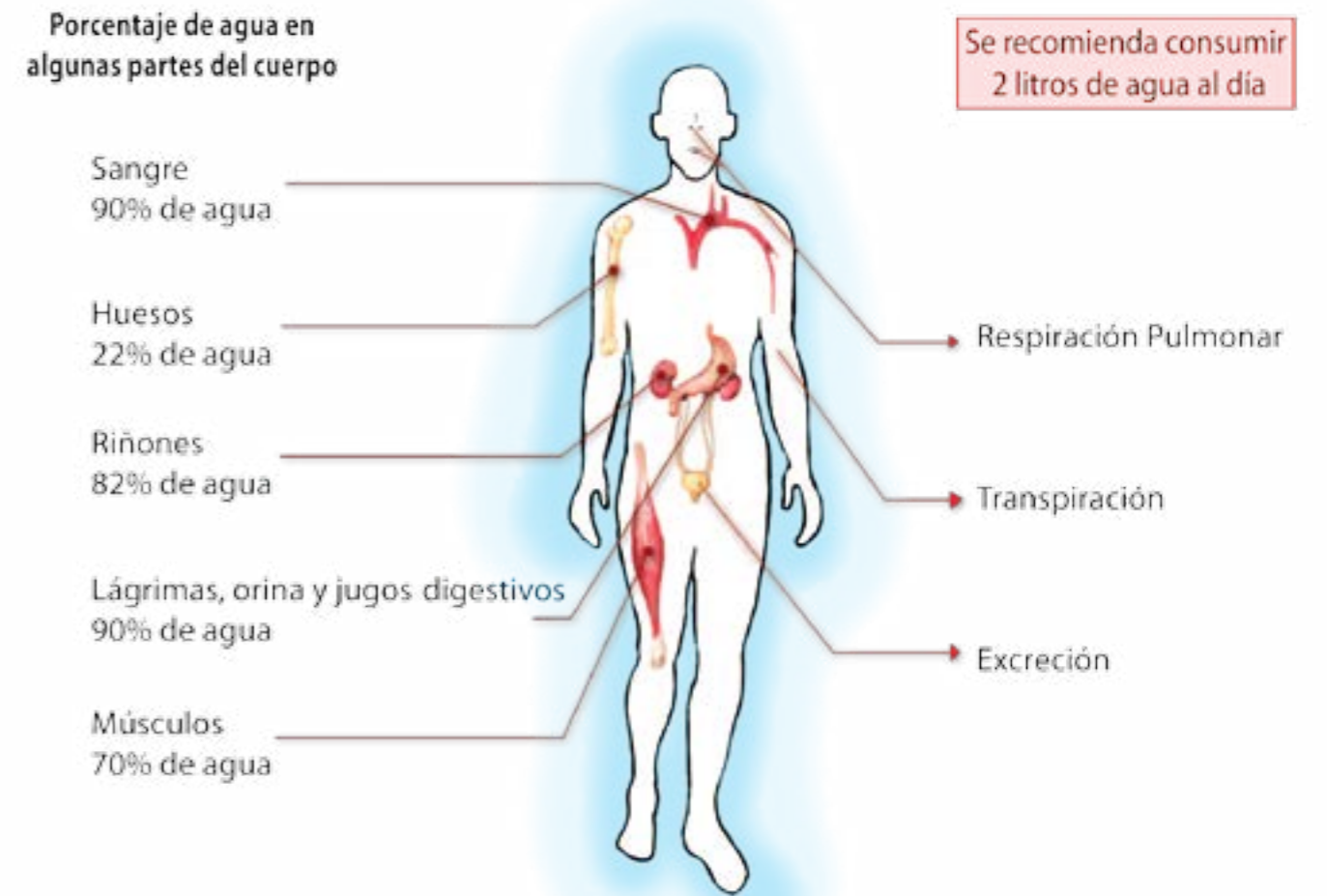


Figura 3.7. Composición hídrica del cuerpo humano.

¿De dónde viene esa agua? El agua que ingerimos a diario pasa a formar parte de nuestro organismo y, si estamos bien hidratados, constituye el 70% de nuestro cuerpo. Por eso es tan importante beber agua en cantidad suficiente para mantenernos saludables y lograr un equilibrio entre la que bebemos, la que requiere el organismo para estar en pleno funcionamiento y la necesaria para eliminar los desechos de nuestra actividad vital. Se estima que la cantidad óptima a ingerir es entre 1,7 y 2 litros diarios. Esta cantidad no sólo se aporta al organismo bebiendo agua, sino también al consumir alimentos de nuestra dieta diaria. Aunque la sensación de sed es una señal de nuestro cuerpo para reponer el agua que necesita, no debemos esperar a sentirla para beber agua.

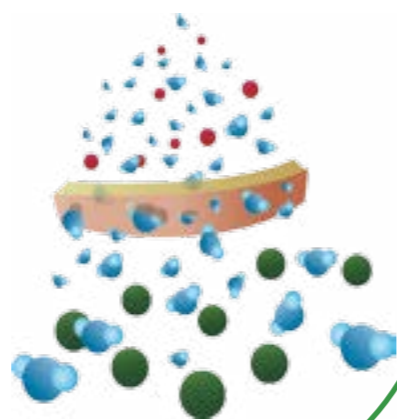
El agua participa en muchos procesos biológicos

El agua es un importantísimo componente de los tejidos y órganos de los seres vivos. Por esta razón, un alto porcentaje de su masa está constituido por agua. Su capacidad disolvente es responsable de que sea el medio indispensable para las reacciones metabólicas de los organismos. También es el medio por excelencia para los sistemas de transporte de los nutrientes y las sustancias de desecho producidas.

La **difusión** es el proceso natural mediante el cual un material se distribuye o propaga uniformemente en otro. La capacidad natural del agua para difundir las moléculas de líquidos, sólidos y gases es otra propiedad de gran importancia para las funciones orgánicas, ya que es una de las principales formas de movimiento e intercambio de sustancias entre las células y el medio donde se encuentren. El agua logra con mucha facilidad atravesar por difusión la membrana celular, desde afuera hacia el interior de la célula o viceversa. El sentido de la difusión estará determinado por la concentración relativa existente en el medio y en la célula: el agua se moverá hacia el lugar donde exista la mayor concentración de sustancia diluida para igualar o equilibrar la concentración, o cantidad de sustancia diluida por unidad de volumen.

Por eso, cuando dos soluciones acuosas están separadas por una membrana semipermeable, se produce difusión a través de un proceso llamado **ósmosis**. Según ésta, el sentido de la difusión es desde la solución de menor concentración hacia la de mayor concentración con la tendencia a igualarse.

Para saber más... La ósmosis se utiliza para la desalinización del agua de mar o de algunos pozos subterráneos en aquellos lugares donde el agua dulce escasea o donde sencillamente no la hay. En este proceso, el agua se desaliniza usando una membrana semipermeable, a través de la cual sólo pasan las moléculas del agua hacia una solución de extracción que las atrae, gracias a su baja concentración de un tipo especial de sal, que después es fácilmente extraída. Este procedimiento para obtener agua dulce es aún costoso pero resulta más barato que la destilación.



Además de la ósmosis, existen otros procesos de difusión como **la diálisis** o ultrafiltración. En ésta, los materiales pasan selectivamente desde un medio de alta concentración hacia uno de baja concentración usando el agua como vehículo. En el cuerpo humano la diálisis ocurre naturalmente en los riñones.

Para saber más... Cuando los riñones funcionan mal se sustituye su función mediante un procedimiento de ultrafiltración llamado hemodiálisis. El tratamiento consiste en bombear la sangre del paciente hacia una membrana semipermeable sumergida en una solución de menor concentración para que dialicen las moléculas pequeñas de desecho, sin perder las más grandes como los glóbulos u otras sustancias y proteínas necesarias. Este riñón artificial, desarrollado con los aportes de equipos interdisciplinarios de médicos, ingenieros, químicos y otros científicos, permite tratar a cientos de miles de pacientes renales en todo el mundo.



Ahora que hemos podido analizar la enorme importancia del agua para la vida y con el conjunto de conocimientos que hemos compartido acerca de sus propiedades tan particulares, te invitamos a comprobar y poner en evidencia algunas de ellas.

La elevada fuerza de cohesión molecular aportada por sus puentes de hidrógeno convierte al agua en un escudo protector de los organismos, al darle cierto abultamiento a las células de la piel y otros tejidos, al que llamamos **turgencia**. Por ejemplo, en los gusanos y las medusas que tienen un alto contenido de agua y carecen de esqueleto, su alta turgencia actúa como protección para sus órganos internos.

La capacidad del agua para constituir dispersiones coloidales es quizás una de las propiedades más trascendentales porque la sangre y la linfa que circulan por nuestros sistemas circulatorio y linfático, los huesos y músculos, el aire en nuestros pulmones, entre otros tejidos, son dispersiones coloidales. También lo son alimentos y sustancias como los jabones y casi todos los cosméticos.

La alta capacidad calorífica del agua y su propensión a regular las temperaturas extremas les sirven a los organismos para mantener su equilibrio térmico, en relación con los cambios extremos de temperatura del medio. El adecuado contenido de agua en los organismos actúa como un amortiguador térmico.



¡Vamos a experimentar con las propiedades del agua!

A continuación, vamos a realizar experimentos para poner de manifiesto algunas de las propiedades físico-químicas del agua, dar explicaciones para los resultados obtenidos y proponer posibles aplicaciones de las propiedades del agua en actividades de la vida diaria.

Preparación previa:

- Organizados en grupos de trabajo, pueden abordar las experiencias que les proponemos más adelante: 1.- Encantando un chorro de agua como si fuera una serpiente; 2.- Trasiego de aquí para allá; 3.- En la playa la arena me quema y el agua me refresca; 4.- Tallos sedientos; 5.- ¿Cuál es el mejor filtro?
- Discutan, en equipo, la información relacionada con las propiedades del agua. Planteen preguntas y propongan algunas respuestas, inferencias o hipótesis acerca de los resultados que obtendrán en cada experiencia.
- Tomen las previsiones para obtener los materiales, equipos y condiciones necesarias para llevar adelante los experimentos seleccionados.

Durante el desarrollo de las experiencias:

- Al realizar cada ensayo seleccionado, piensen en la posibilidad de repetirlo más de una vez para comprobar la consistencia de los resultados.
- Recojan los datos para organizarlos, tabularlos, graficarlos y analizarlos, comparándolos con las respuestas, inferencias o hipótesis que se plantearon inicialmente.
- Elaboren sus conclusiones y explicaciones para los resultados obtenidos.
- Propongan mejoras a los métodos, técnicas o procedimientos relacionados con la experiencia y evalúen si pueden realizarlas.
- Valoren los resultados, desde el punto de vista de su utilidad práctica, den a conocer sus conclusiones y hallazgos socializando con otros grupos.
- Las experiencias propuestas podrán retomarse al trabajar otras lecturas posteriores que se relacionan.



Experiencia 1. Encantando un chorro de agua como si fuera una serpiente

¿Qué necesitan?

- 1 lámina de papel de acetato, un peine de plástico o un globo inflado.
- 1 trozo de lana o de tela de algodón.
- Un grifo de agua.

¿Qué harán?

- Abrirán el grifo hasta que salga un chorro muy fino y continuo.
- Tomarán la lámina de acetato, el peine o el globo y lo frotarán insistentemente contra la tela.
- Acercarán el objeto frotado al hilo de agua sin que lleguen a tocarse entre sí.
- Observarán lo que ocurre y analizarán el resultado.
- Podrán repetir la experiencia con otras sustancias líquidas como aceite, vinagre u otra.
- Piensen qué utilidad se le podría dar al fenómeno observado en esta experiencia.



Experiencia 2. Trasiego sin esfuerzo de aquí para allá

¿Qué necesitan?

- 2 vasos o recipientes de vidrio, uno lleno de agua y el otro vacío. Pueden agregarle colorante vegetal al agua si lo desean.
- 1 lámina de papel absorbente enrollado.

¿Qué harán?

- Colocarán los 2 vasos uno junto al otro.
- Introducirán una de las puntas del papel absorbente en el vaso lleno y la otra punta en el vaso vacío.
- Observarán lo que ocurre y analizarán el resultado.
- Podrán repetir la experiencia con otras sustancias líquidas como aceite, vinagre, alcohol u otra.
- Observarán lo que ocurre y analizarán el resultado.
- ¿Podríamos utilizar esta propiedad para regar las plantas por goteo?





Experiencia 3. ¡En la playa la arena me quema y el agua me refresca!

¿Qué necesitan?

- 2 recipientes de vidrio iguales. Pueden ser matraces Erlenmeyer.
- Agua para llenar uno de los recipientes hasta la mitad.
- Arena o tierra para llenar el otro recipiente hasta la mitad.
- 1 lámpara con bombillo incandescente de 100 watts o más.
- 2 termómetros.
- Pinzas o cintas adhesivas para sujetar los termómetros. Si utilizan matraces pueden ayudarse con tapones de goma horadados.
- Cronómetro.

¿Qué harán?

- Tomarán los dos recipientes y los colocarán a la misma distancia de la lámpara.
- Colocarán los termómetros dentro de cada recipiente de modo que el bulbo esté cubierto totalmente por el agua o la arena, y ambos se encuentren a la misma profundidad. Sujetarán los termómetros al envase usando las pinzas, cinta adhesiva o los tapones de goma.
- Leerán la temperatura inicial (T_0) de cada termómetro una vez que se estabilice.
- Encenderán la lámpara y comenzarán a tomar el tiempo de modo que cada 5 minutos midan la temperatura en cada recipiente hasta completar varias lecturas con la luz encendida (T_1 hasta T_5).
- Apagarán la lámpara y continuarán midiendo el tiempo para hacer 5 lecturas más con la lámpara apagada (T_6 a T_{10}).
- Observarán lo que ocurre, organizarán sus datos en una tabla comparativa. También podrán graficar los resultados para facilitar su análisis.
- ¿Qué ocurrirá con las temperaturas al interior de la arena y del agua? ¿Serán las mismas que en la superficie?



Experiencia 4. ¡Tallos sedientos!

¿Qué necesitan?

- 3 tallos de celery o apio España con sus hojas.
- Agua.
- Colorante vegetal.
- Tres recipientes de vidrio.

¿Qué harán?

- Cortarán la parte inferior de los tallos de celery para retirar la parte reseca.
- Colocarán cada tallo en un envase diferente.
- A uno de los envases le agregarán 100ml de agua coloreada. Al otro, 100 ml de agua sin colorear. Al tercer envase no le agregarán nada. Dejarán su montaje en el laboratorio por espacio de tres días y verificarán lo ocurrido en cada tallo de celery al cabo de este tiempo.
- Observarán si aprecian cambios en hojas y tallos.
- Podrán cortar los tallos y apreciar qué ocurrió en su interior.
- ¿Observan alguna diferencia entre el tallo colocado en el agua coloreada y el colocado en agua sin colorear?



Experiencia 5. ¿Cuál es el mejor filtro?

¿Qué necesitan?

- 1 botella plástica de 1,5 a 2 litros.
- 1 colador.
- 1 jarra o recipiente de boca ancha.
- Agua.
- Sustancias sólidas diversas: tierra, aserrín, hojas secas, tiza molida, trocitos de papel, entre otras.
- Algodón, gasa, arena, grava y trozos pequeños de carbón.

¿Qué harán?

- Con cuidado, cortarán la botella a la mitad para usar el pico como embudo y lo colocarán sobre la otra mitad de la botella.

- En el embudo, organizarán capas de algodón, arena, grava, carbón en la cantidad y el orden que les parezcan apropiados.
- En la jarra, mezclarán las sustancias sólidas con el agua, agitarán, observarán y anotarán las características de la mezcla obtenida.
- Verterán la mezcla a través del colador sobre el embudo y observarán lo que ocurre.
- Repetirán la experiencia variando el orden y la cantidad en que disponen los materiales en el embudo hasta conseguir determinar cuál es la forma más efectiva para separar el agua de las partículas sólidas.



Con las propiedades estudiadas en las diferentes experiencias, seguramente has podido entender por qué el agua es llamada “el líquido vital” y también por qué se dice que es una de las sustancias más activas del planeta. ¿Comprendes ahora por qué el agua es tan susceptible de venir acompañada por variados materiales, que se van agregando a ella en su recorrido permanente de renovación y de cambio continuo? ¿Comprendes por qué el agua se puede contaminar fácilmente y debemos tomar acciones conscientes para evitarlo?

¿Cómo es el agua que bebemos?

¿Qué haces cuando sientes necesidad urgente de beber agua? Por lo general, acudes al lugar donde sabes que puedes obtenerla y la bebes. Puede ser que la prefieras fría o a temperatura ambiente; que la sirvas en un vaso o en otro recipiente. Cada quien tiene sus preferencias particulares a este respecto. Sin embargo, todas las personas tienen en común unas exigencias mínimas para poder beber el agua; ésta debe ser:

- Limpia y sin partículas visibles que estén flotando en ella y la hagan turbia.
- Incolora y transparente.
- Insípida, es decir, sin sabor, o si lo tiene, éste debe ser agradable.
- Inodora o carecer de algún olor particular.



¿Verificas estas características antes de tomar agua? Seguramente que sí, aunque no sea conscientemente. Para ello utilizamos nuestros sentidos: olfateamos, degustamos y miramos el agua; por tal razón, a todas estas características del agua las llamamos **propiedades organolépticas**, lo que significa que son apreciables mediante el uso de los órganos de los sentidos.

Pero hay otras características que no se aprecian sensorialmente y que debe poseer el agua para beberla con seguridad. Una de ellas es que esté libre de **microorganismos patógenos**, como gérmenes y bacterias causantes de infecciones u otras enfermedades transmisibles al consumirla.

La otra característica es que debe estar libre de **sustancias peligrosas** para la salud como ciertos metales, exceso de sales disueltas o incluso presencia de compuestos químicos perjudiciales e indeseables para el consumo humano. Tanto los microorganismos patógenos como las sustancias dañinas podrían pasar inadvertidas, si sólo nos atenemos a comprobar las propiedades organolépticas del agua.

Por tanto, para que el agua pueda beberse con seguridad para la salud, es necesario que posea todas estas propiedades que hemos conversado. Si es inodora e incolora, libre de partículas que la hagan turbia, insípida o con sabor agradable, libre de microorganismos o parásitos patógenos, libre de sustancias perjudiciales, limpia y transparente es **agua potable**, es decir, es apta para el consumo humano.

Desde la antigüedad los seres humanos han conseguido de la naturaleza el agua para su consumo, han aprendido a almacenarla y transportarla con seguridad para utilizarla de acuerdo con sus necesidades. Una preocupación inquebrantable de la Humanidad a lo largo de su historia ha sido procurarse el agua más limpia y pura posible. Por su naturaleza físico-química, también ha sido constante la necesidad de transportarla, tratarla o depurarla para poder consumirla.

A medida que ha ido creciendo la población que la reclama y se ha producido un incremento notable de las actividades domésticas, agrícolas e industriales, este problema se ha hecho más apremiante por el vertido de efluentes con contenido perjudicial sin el debido saneamiento. Por eso, la **potabilización del agua** es una actividad humana que se ha ido perfeccionando y tecnificando con el tiempo, para satisfacer las nuevas demandas de la población.

¿Cómo se potabiliza el agua?

Toda agua que no ha sido tratada previamente se considera **agua cruda** o prepotable. **Potabilizar** es hacer que el agua sea segura para el consumo humano. Hoy en día, el agua cruda requiere una serie de operaciones que aseguren que su calidad sea aceptable desde el punto de vista sanitario. Estas operaciones son complejas, exigen la construcción de instalaciones, la inversión de recursos y el trabajo diario de muchas personas. Por eso es muy importante que seamos conscientes de que el agua no llega de forma casual, automática y simple hasta nuestros hogares y hacia otros lugares donde se necesita.

¿Quién establece que el agua es óptima para el consumo humano? La **Organización Mundial de la Salud (OMS)** ha fijado pautas sobre calidad del agua potable. En nuestro país, se siguen sus recomendaciones y para garantizar sus óptimas condiciones de consumo, se cumplen una serie de procesos tecnológicos. Son dos los procesos previos a la potabilización, indispensables para que el agua sea distribuida con seguridad y con calidad óptima: la **captación** y la **conducción**.

En la captación se recogen las aguas de sus fuentes. El transporte por tuberías hacia el lugar donde será tratada, es la conducción. En la mayoría de los casos, son los ríos las principales fuentes de captación y generalmente ésta se hace en las zonas altas o nacientes para reducir los riesgos de contaminación y para garantizar el desnivel necesario que facilite la conducción sin sistemas de bombeo, que son costosos y exigen el uso de energía. No obstante, si la fuente del agua cruda es un pozo subterráneo o si no hay condiciones en el relieve para ello, se construyen instalaciones para el bombeo.

Una vez que el agua cruda se encuentra en las plantas, comienza el proceso de potabilización en el que se distinguen dos fases: la dirigida a desinfectar el agua para destruir los microorganismos patógenos, a la que llamamos **desinfección**, y la que elimina o separa las partículas o impurezas del agua, a la que llamamos **clarificación**.



Figura 3.8. Trabajos para la conducción y distribución de agua.

Cada una de estas fases incluye una serie de operaciones que permiten alcanzar el objetivo de obtener agua potable bajo los parámetros internacionalmente aceptados. De esto se encargan, a nivel nacional, las diferentes empresas hidrológicas agrupadas en la **Hidrológica de Venezuela (Hidroven)** bajo las directrices del **Ministerio del Poder Popular para el Ambiente**. Todos estos entes son garantes de la calidad del agua potable y son responsables del saneamiento o tratamiento de las aguas servidas. Por tal razón, en nuestro país accedemos a agua segura para el consumo humano. No hay razones para desconfiar de la calidad del agua potable suministrada.

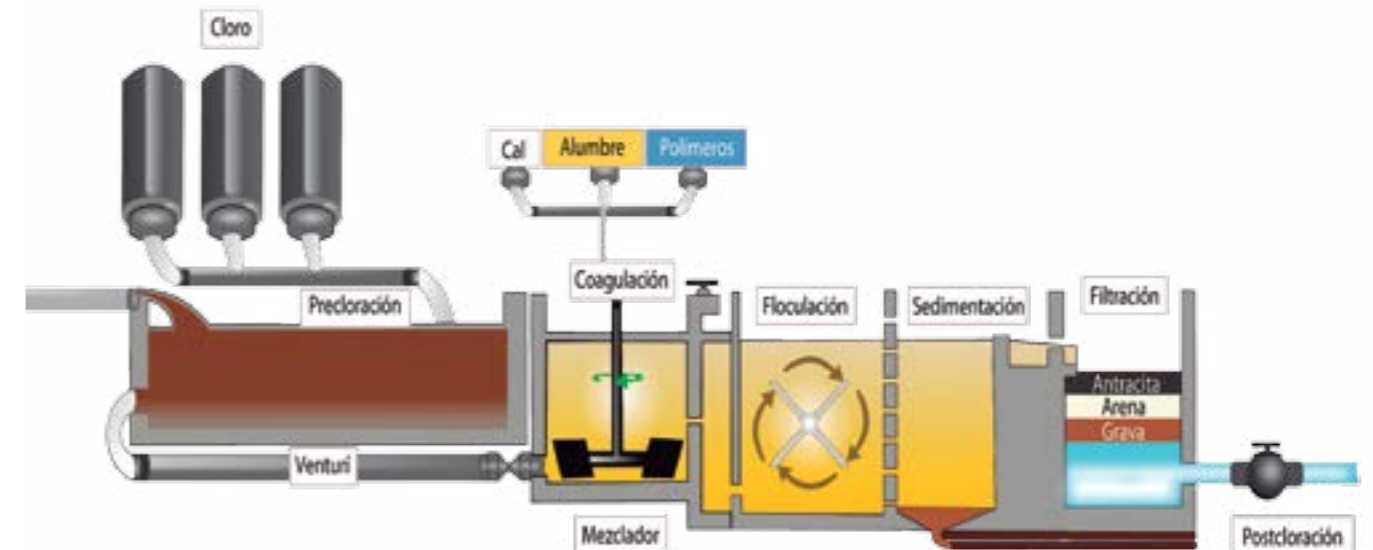


Figura 3.9. Operaciones del proceso de potabilización. Fuente: Hidrocapital.

Para potabilizar el agua, se realizan las siguientes operaciones:

1. Filtrado inicial: Se pasa el agua cruda recién captada y conducida a la planta a través de rejillas para separar los fragmentos sólidos de gran tamaño, como hojas, ramas y guijarros de grava y arena. Como ya sabemos, la filtración ayuda a separar el agua de otras sustancias con la que forma mezclas heterogéneas.

2. Precloración: Se añade cloro, en dosis apropiadas e inofensivas para el consumo humano, para eliminar los microorganismos y otras impurezas del agua. Se emplea, por su efectividad desinfectante para erradicar gérmenes y microbios, suprimir olores, decolorar el agua, evitar la proliferación de algas, eliminar compuestos de hierro o de manganeso y ayudar a la coagulación de algunas materias orgánicas.

3. Coagulación y Floculación: Se agregan productos químicos como el alumbre o el similar sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$ para favorecer que las partículas sólidas, en suspensión y dispersión coloidal, se agrupen formando coágulos o **flóculos**, que precipitan más fácilmente arrastrando todo lo que estaba en suspensión. Esta operación se usa principalmente para separar los materiales coloidales.

4. Sedimentación: En esta operación se decantan o se asientan los flóculos y otras partículas al dejar el agua en reposo en tanques muy grandes que se llaman sedimentadores. El lodo del fondo del sedimentador se remueve cada cierto tiempo con una maquinaria barredora que lo recoge y lo saca del sistema.

5. Filtración: Se hace pasar el agua por sucesivos filtros para eliminar cualquier resto de impurezas que hubiesen podido quedar luego de las operaciones anteriores. Los filtros suelen ser de, antracita, arena y grava.

6. Post-cloración y envío a la red de abastecimiento: Para eliminar los microorganismos más resistentes y para la desinfección o "purga" de las tuberías de la red de distribución, se puede añadir nuevamente cloro mientras el agua es distribuida por la red.

Puesto que todos estos procedimientos funcionan en forma secuencial y encadenada, y por los enormes volúmenes de agua tratada, es que se considera a las unidades potabilizadoras como verdaderas plantas o fábricas que producen agua potable a escala industrial.

Cada proceso operativo está acompañado de análisis de laboratorio para el control de calidad física, química y bacteriológica del agua. Estos análisis son realizados con rigurosidad para entregar a la población un servicio confiable de agua potable. En la figura 3.10, se detallan los controles que se realizan antes, durante y después del tratamiento de potabilización y lo que se hace en caso de que los resultados no estén dentro de las normas establecidas. Por todo lo que hemos planteado en esta lectura, debemos valorar el trabajo de tantas personas que están detrás de este enorme esfuerzo.

Para saber más...

En nuestro país, hemos cumplido una de las Metas del Milenio porque 96% de la población tiene servicio de agua potable. Contamos con una producción total de agua potable para abastecer una población cercana a los 30 millones de habitantes en 156 plantas potabilizadoras. Además, contamos con otros sistemas o estaciones cloradoras, todo lo cual garantiza una calidad óptima para el agua distribuida.

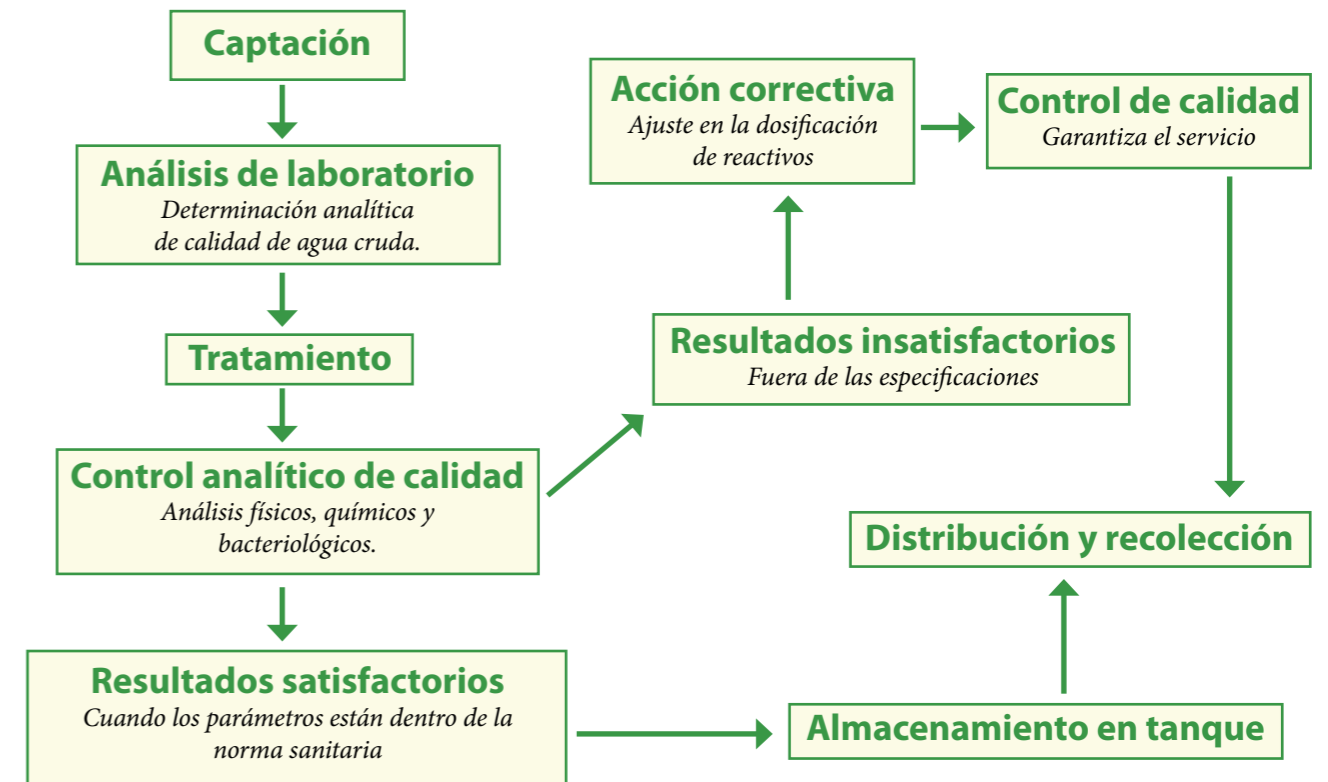


Figura 3.10. Diagrama de procesos operativos y controles analíticos de la calidad de la potabilización.



¡Un trabajo de campo que nos lleve a aprender más!

Visitaremos la planta potabilizadora o la estación de cloración más cercana al liceo.

Antes de la visita:

- Infórmense de la ubicación de la planta potabilizadora de su comunidad. Con sus docentes de Ciencias Naturales, organicen una visita a dicha planta para que conozcan en detalle cómo se realiza el proceso de potabilización.
- Deben tomar en cuenta que se necesita realizar una serie de trámites para obtener autorización de las autoridades de la planta, del personal del liceo y de los padres o representantes. Inviten a participar a estos últimos, quienes pueden ayudar a planificar y desarrollar la visita.
- Organicen un conversatorio con docentes, estudiantes y representantes sobre el tema de la visita y preparen un conjunto de preguntas sobre aspectos que les interesaría conocer, profundizar o ver durante la visita.
- Pregunten con antelación si es posible llevar cámaras fotográficas para dejar registro del recorrido.

Durante la visita:

- Atiendan todas las instrucciones y medidas de seguridad que les indicarán.
- Tomen nota de las informaciones suministradas por las personas encargadas de guiar su recorrido. Si está permitido, tomen fotos de las operaciones que sean de su interés.
- No se separen innecesariamente del grupo para evitar inconvenientes.
- Formulen al personal guía sus preguntas y otras dudas que les surjan.
- Soliciten material informativo o divulgativo del trabajo de la planta.

Después de la visita:

- Organizados en grupos de trabajo, preparen materiales, presentaciones audiovisuales, maquetas, instrumentos y filtros, usando los principios sobre los que se basa el proceso de potabilización.
- Organicen una feria exposición para dar a conocer a sus compañeras y compañeros de otros cursos, los resultados de esta visita.
- Si en la comunidad no hay planta potabilizadora o unidad de cloración, averigüen sobre la existencia de mesas técnicas de agua. Éstas son organizaciones del poder popular, que agrupan a los vecinos de la comunidad para resolver los problemas de suministro y abastecimiento de agua.
- Consulten a los miembros de esas mesas técnicas sobre los proyectos de soluciones que tienen planificados o que hayan desarrollado.

El acceso al agua potable es un derecho humano

Como seguramente han podido comprender, para que el agua potable llegue a nuestras manos se necesita una serie de medidas, operaciones y actividades que constituyen un enorme esfuerzo que debemos valorar en su justa dimensión. Esto no sólo significa que debemos pagar el servicio, sino que debemos hacer un uso eficiente y adecuado del agua en actividades que realmente la requieran. **Recuerden que el agua potable es exclusiva para consumo humano.** Podemos usar agua no potable como la de lluvia y aguas servidas razonablemente limpias para otros usos, en los que no se requiera el agua potable.

Todas y todos tenemos derecho a acceder al servicio de agua potable. Por eso, podemos exigir a las autoridades competentes la creación y funcionamiento de plantas potabilizadoras del agua que consumimos y la colocación de plantas para el saneamiento de las aguas servidas. El derecho universal al acceso al agua potable también exige la responsabilidad de usarla correctamente de manera que alcance para satisfacer las necesidades de toda la población actual y futura. Por eso, debemos hacer un uso adecuado del agua en nuestra vida diaria.

Podemos participar activamente en la constitución y funcionamiento de las mesas técnicas de agua, destinadas a la defensa y garantía del derecho al agua potable. Allí se identifican los problemas asociados a la disposición y almacenamiento del agua potable en cada comunidad y las medidas o soluciones transitorias y definitivas para solventarlos.



Fuente: Gobernación del estado Vargas.



También es interesante participar en campañas para ahorrar el agua en nuestra comunidad educativa, combatiendo el derroche innecesario, el despilfarro por instalaciones sanitarias en mal estado y cualquier otro uso inadecuado del agua potable.



Figura 3.11. Imágenes de usos inadecuados del agua potable.

¡Recuerda, el agua es un recurso natural que nos pertenece a todas y todos!



Actividades de autoevaluación

1. A continuación se presenta un resumen del cuadro de compromisos propuestos por la Organización de los Estados Iberoamericanos (OEI) en su iniciativa “Década para una Educación para la Sostenibilidad”. Aquí se incluyen las contribuciones de ciudadanas y ciudadanos ante la emergencia del planeta por el agotamiento de los recursos naturales, la creciente contaminación y el consumo desmedido. Hemos hecho una selección de aquellos compromisos relacionados con el uso responsable del agua potable. Analiza el consumo de tu hogar y responde a los siguientes planteamientos.

Posibles acciones	¿Lo hacen?	¿Qué impide hacerlo?
Eliminar el goteo de grifos y WC.		
Dar mantenimiento permanente a las tuberías de aguas blancas.		
Incorporar dispositivos de ahorro de agua en grifos, cisternas y tanques.		
Usar ducha rápida. Cerrar grifos mientras nos cepillamos los dientes o enjabonamos.		
Proceder al riego de plantas por goteo a primeras y últimas horas del día.		
Reutilizar el agua (por ejemplo la del lavado de frutas o cocción de alimentos para regar las plantas; la de la ducha para bajar el WC o la de lluvia para regar las plantas o coletear el piso).		
No echar residuos inadecuados al WC ni a los desagües (pilas, aceite, productos tóxicos).		
Conservar las fuentes naturales de agua. Utilizar tecnologías y productos respetuosos con el ambiente. Evitar usar detergentes no biodegradables, sprays y demás productos dañinos.		
Realizar tareas de divulgación e impulso sobre el consumo racional del agua potable para la sostenibilidad.		

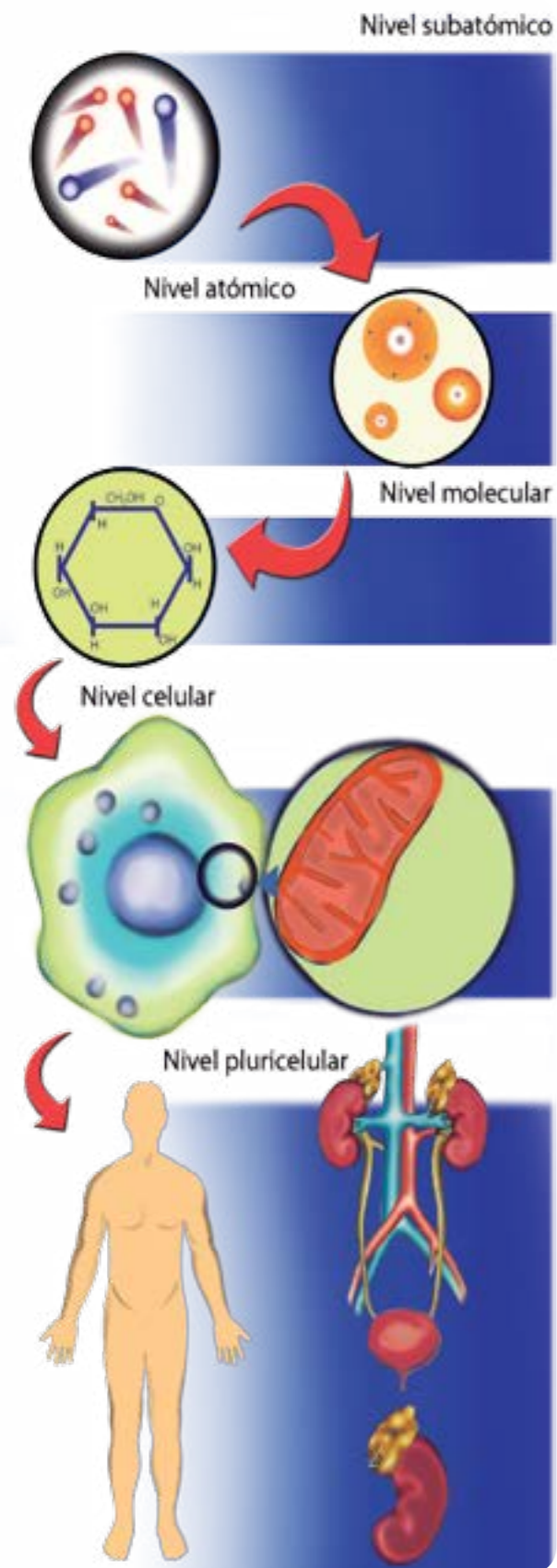
2. Sugiere por lo menos 5 acciones adicionales a las planteadas en el cuadro anterior.

3. Analiza un recibo o factura de agua, preferiblemente el de tu hogar. Compara la evolución del consumo en los últimos meses. Identifica el consumo en m^3 del mes y el número de días facturados. Calcula el consumo promedio diario por familia y por persona. Identifica las actividades domésticas habituales en las que se consume agua potable. Prepara con tu familia un plan para reducir el consumo y aplíquenlo durante un mes. Determinen si hubo una significativa reducción del consumo diario y mensual. Discutan sobre la necesidad de usar el agua potable, de manera eficiente y responsable.

4. Si a nuestros hogares llega periódicamente el agua potable, ¿por qué crees que utilizamos diversas técnicas para tratar el agua, tales como hervirla, usar filtros, e incluso invertimos cantidades de dinero en la compra de agua emvasada?

5. Regresa a las preguntas que se formularon Diana y Sofía, las muchachas que fueron de visita al estado Falcón, ¿qué les responderías a sus inquietudes?





Toda la materia existente en nuestro planeta se encuentra formada por átomos; de acuerdo con su organización e interacciones éstos pueden formar parte de la materia sin vida y en otros casos de la materia viva, la cual presenta una organización específica y compleja.

Recordarás que todos los seres vivos poseen una estructura particular y una organización definida. ¿Has leído antes acerca de los niveles de organización de la materia? La vida en nuestro planeta depende de las interacciones entre los componentes de cada nivel de organización, un nivel superior depende del anterior para poder constituirse.

¿Te has puesto a pensar alguna vez cómo están formados todos los seres vivos? ¿Has observado a tu alrededor la diversidad de seres que comparten el planeta contigo? Imagina la cantidad de plantas, hongos, animales y organismos microscópicos que incluso no puedes observar a simple vista, y están en tu entorno.

Todos ellos tienen algo en común y en esta lectura nos centraremos en establecer y describir el funcionamiento de esa pieza fundamental de todo ser vivo, la **célula**.

La célula como unidad de vida

Todos los seres vivos, ya sean animales, vegetales, hongos, bacterias, están formados por células. Ese es el principio fundamental de la teoría celular, que fue planteada entre 1838 y 1855, por los científicos alemanes Matthias Schleiden, Theodor Schwann y Rudolf Virchow. Dicha teoría señala además, que la célula es la unidad vital, estructural (anatómica), funcional (fisiológica) y genética de todo ser vivo.

Una célula es capaz de cumplir todas las funciones necesarias de un ser vivo, nutrirse, crecer, reproducirse, responder a estímulos y diferenciarse. Para realizar sus funciones, la célula tiene en su interior estructuras fundamentales (organelos) y sustancias químicas que permiten su actividad. Los **organelos** celulares son estructuras con una organización específica que poseen una función determinada en la célula.

Se considera la unidad estructural ya que todos los seres vivos se encuentran formados por una o más células, desde los organismos más pequeños hasta los más grandes: desde el organismo más diminuto conocido actualmente que es llamado *Nanoarchaeum equitans*, el cual mide 400 nanómetros de ancho y se encuentra emparentado con las bacterias, hasta el más grande que es la *Armillaria ostoyae*, un hongo conocido como "hongo de la miel" que llega a cubrir superficies aproximadas de 890 hectáreas.

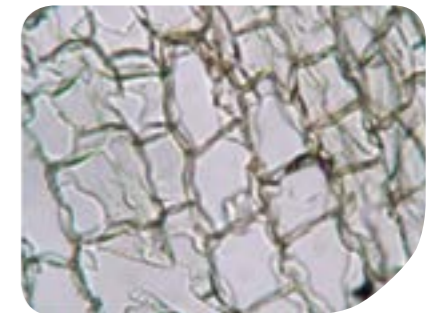
Además, la célula es la unidad funcional, porque en ella se realizan las funciones de respiración, excreción, digestión, fotosíntesis (en células vegetales) reproducción, entre otras.

También se considera a la célula como la unidad genética de todos los seres vivos, ya que cada célula contiene la información necesaria para el control de su propio ciclo celular, para su desarrollo y funcionamiento, además de su capacidad de transmitir esa información a la siguiente generación celular.

Los organismos se pueden clasificar según:

Para saber más...

El primero en observar una célula vegetal fue Robert Hooke, científico inglés, que en 1665 utilizando un microscopio compuesto observó "celdas" en el corcho y en otros tejidos vegetales, a las que llamó células; palabra que proviene del latín cellulae y significa pequeño compartimiento o celda. Este científico tuvo aportes importantes en otros campos como la física.



Células vegetales vistas al microscopio.

- El número de células que lo forman: Los organismos formados por una sola célula son unicelulares y si están formados por varias células, se les denomina pluricelulares.
- La organización de su material genético: Se establece la diferencia entre los organismos procariotas y eucariotas. Observa las imágenes de las figuras 4.1.
- La organización estructural del material genético en las células: Existen diferencias estructurales entre las células de animales, de vegetales, de hongos, de líquenes, así como de otros grupos, lo cual se expresa en la diversidad de seres vivos que habitan el planeta.

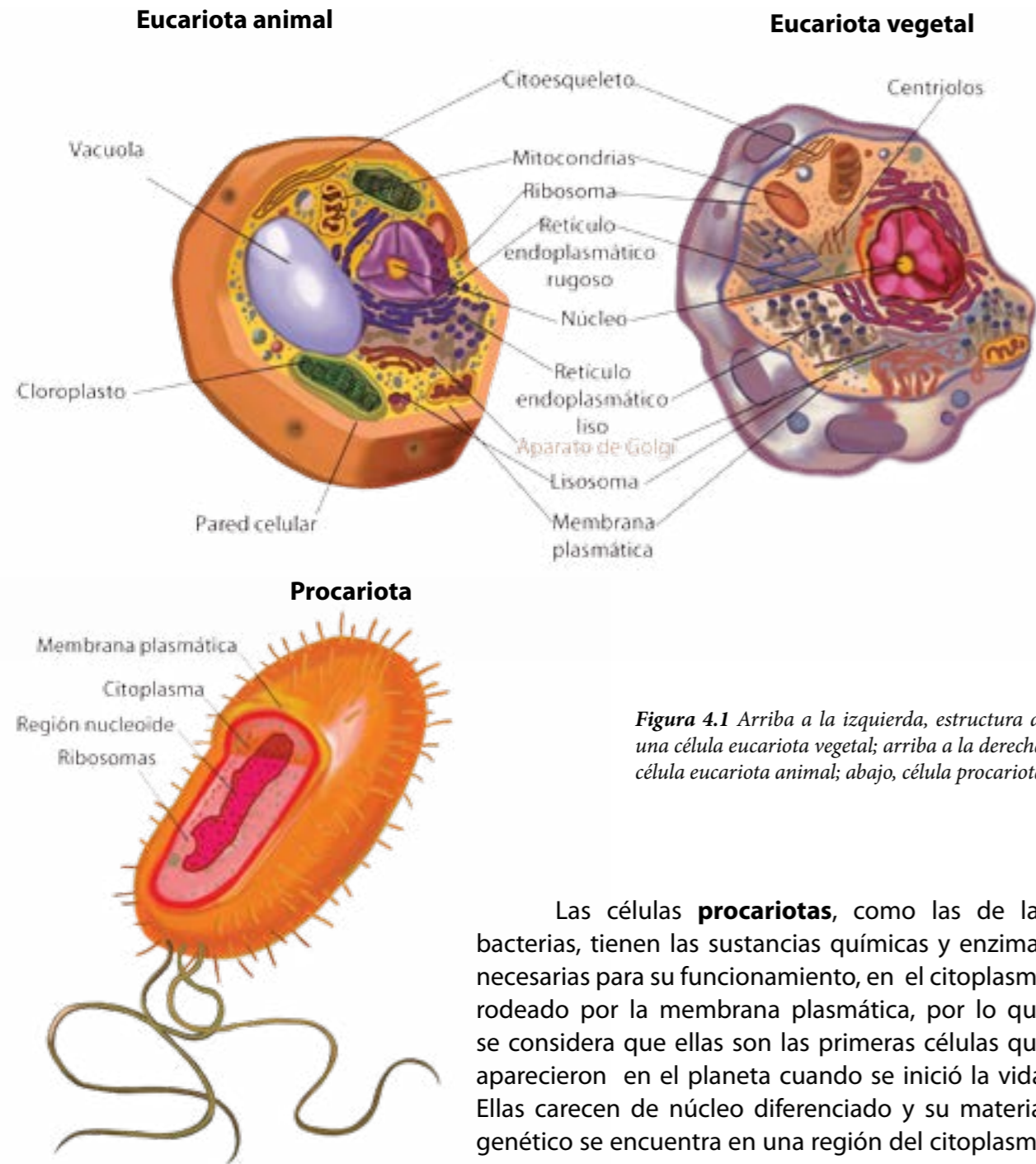


Figura 4.1 Arriba a la izquierda, estructura de una célula eucariota vegetal; arriba a la derecha, célula eucariota animal; abajo, célula procariota.

Las células **procariotas**, como las de las bacterias, tienen las sustancias químicas y enzimas necesarias para su funcionamiento, en el citoplasma rodeado por la membrana plasmática, por lo que se considera que ellas son las primeras células que aparecieron en el planeta cuando se inició la vida. Ellas carecen de núcleo diferenciado y su material genético se encuentra en una región del citoplasma llamada región nucleoide.

Por otra parte, las células **eucariotas** (figuras 4.2a y 4.2b) son de mayor tamaño que las procariotas, poseen una organización más evolucionada y compleja; además de la membrana plasmática tienen una membrana nuclear que rodea el material genético formando el núcleo, y unas estructuras diferenciadas que pueden realizar funciones específicas, como las reacciones internas y el metabolismo que se realizan básicamente en los organelos específicos (figura 4.2.c).

Con relación a la diferencia estructural entre células animales y vegetales, el tercer criterio de clasificación, se tiene que las **células vegetales** poseen una pared celular que ofrece protección y mantiene su forma; además presentan **cloroplastos**, unos organelos especializados en realizar el proceso de fotosíntesis, mientras que en las células animales estas estructuras no se encuentran (figuras 4.1 y 4.2).

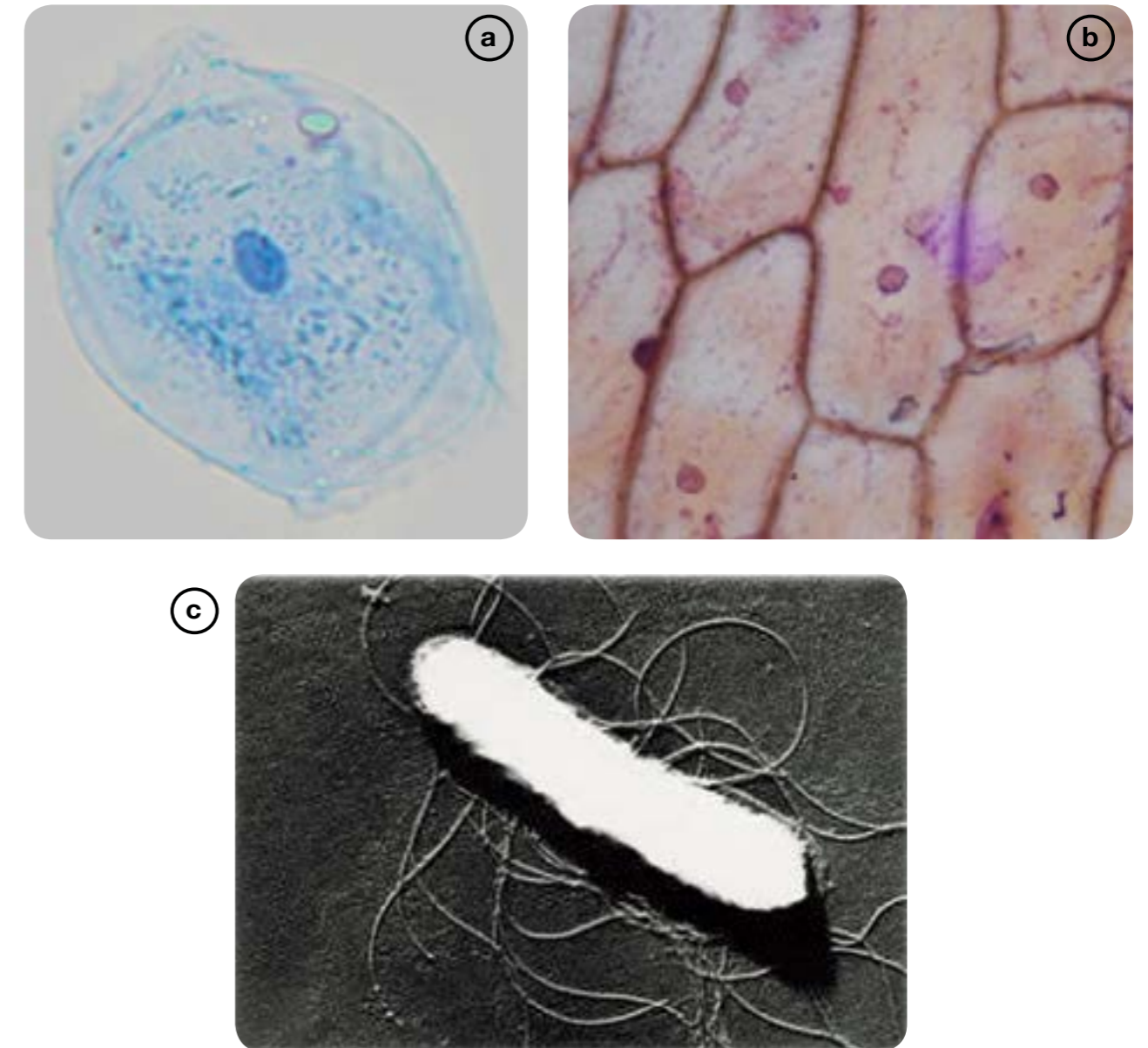


Figura 4.2. Células eucariotas: a) Célula epitelial humana. b) Células de cebolla (se aprecia su pared celular, más rígida que la membrana también presente). El núcleo es visible en ambos tipos de células. c) Célula procariota (bacteria).

La célula bajo el microscopio

Para que una célula, como constituyente fundamental de la materia viva, se mantenga debe cumplir día a día con diversas funciones, y requiere así de ciertas estructuras básicas que se lo permitan. A continuación vamos a analizar cada una de esas estructuras básicas que posee una célula para lograr comprender las diferencias funcionales que presentan entre ellas y el funcionamiento de cada una.

La guardiana de la célula

Todas las células poseen una **membrana celular o plasmática** (figuras 4.3 y 4.4) que se encarga de permitir que la célula interactúe con el medio en el que se encuentra, además:

- Sirve de barrera de protección y delimitación del contenido celular.
- Regula la entrada y salida de materiales.
- Transmite señales e información entre células.
- Da lugar a compartimentos dentro de cada célula.

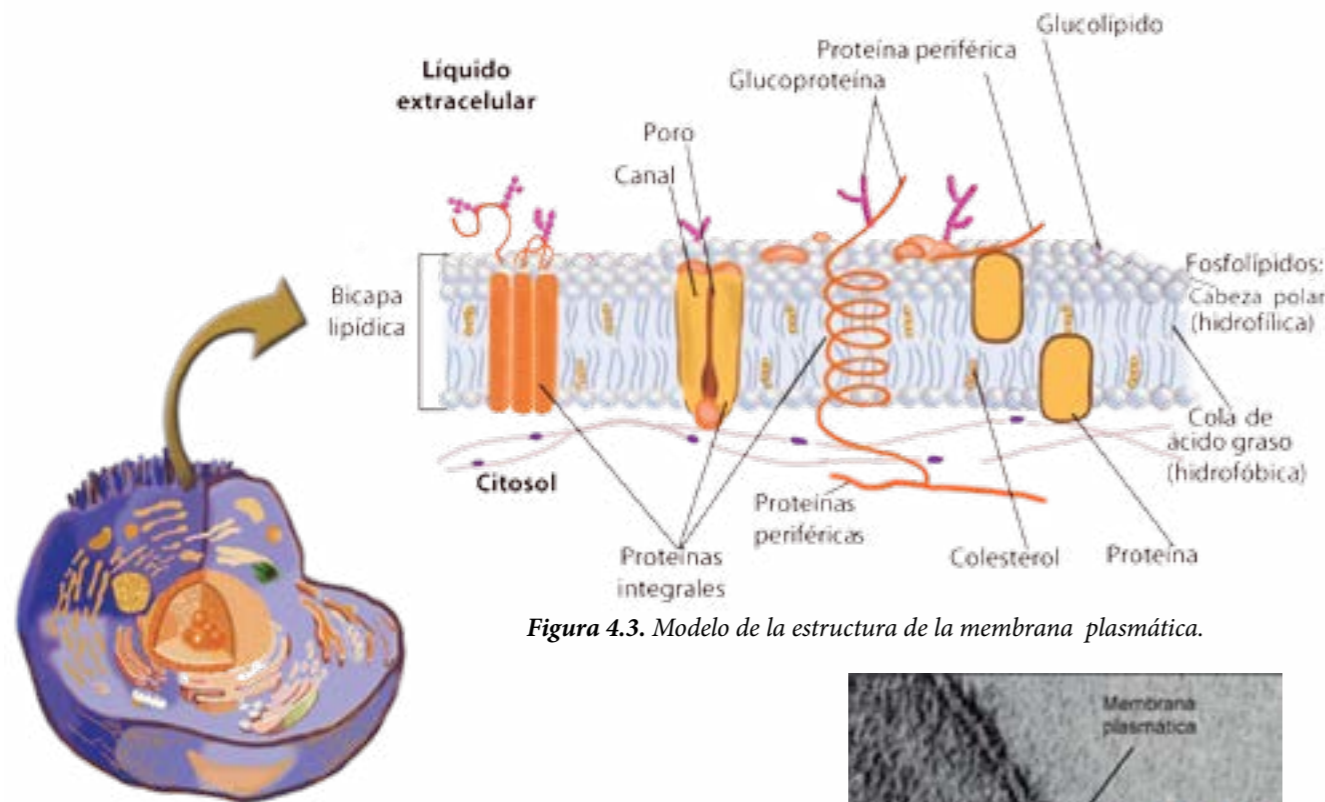
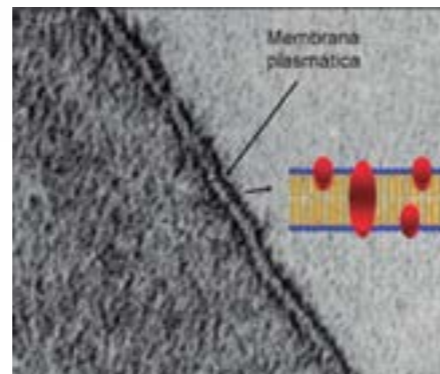


Figura 4.3. Modelo de la estructura de la membrana plasmática.

Figura 4.4. Micrografía de la membrana plasmática. Observa el esquema a color donde se representan los distintos tipos de proteínas presentes en la membrana. Según lo que se aprecia en la fotografía ¿qué es lo de adentro de la célula y qué es lo de afuera?



El modelo de membrana celular adoptado hasta ahora es el propuesto en 1972 por S. J. Singer y G. L. Nicolson, llamado modelo del mosaico fluido. Si observas la figura 4.3 podrás notar que el modelo propone que la membrana celular está formada por una capa doble y fluida de moléculas de lípidos, en la cual hay proteínas asociadas. Al presentar estas características la membrana plasmática resulta **selectivamente permeable**, es decir, que según las necesidades celulares puede impedir el paso de una sustancia determinada, o en otros momentos puede permitir el paso de la misma. Más adelante en el texto trabajaremos en qué forma pueden pasar las sustancias a través de la membrana plasmática.

En las células de los organismos vegetales y en algunos de los hongos procariontes, además de la membrana plasmática se encuentra la **pared celular**, la cual se encarga de dar rigidez, dar forma y proteger a la célula, es muy importante que tengas presente que la composición de la pared celular de estos seres vivos es diferente en cada caso.

Te invitamos a que con tus compañeras y compañeros busquen información para establecer las diferencias que presentan las diversas paredes celulares.

Fluido vital

La célula contiene en su interior una solución de consistencia viscosa cuyo componente fundamental es el agua, es decir, es una solución acuosa formada por varios iones (partículas microscópicas con carga eléctrica) y sustancias orgánicas que la célula incorpora para realizar sus funciones, esta solución coloidal se llama **citósol**. En esta solución se encuentran inmersos los organelos celulares que en conjunto forman el citoplasma.

De igual forma, en el citoplasma se encuentra el citoesqueleto, formado por filamentos de proteínas encargados de estabilizar la estructura celular, organizar los organelos, permitir la comunicación celular e intervenir durante la división celular (figura 4.5).

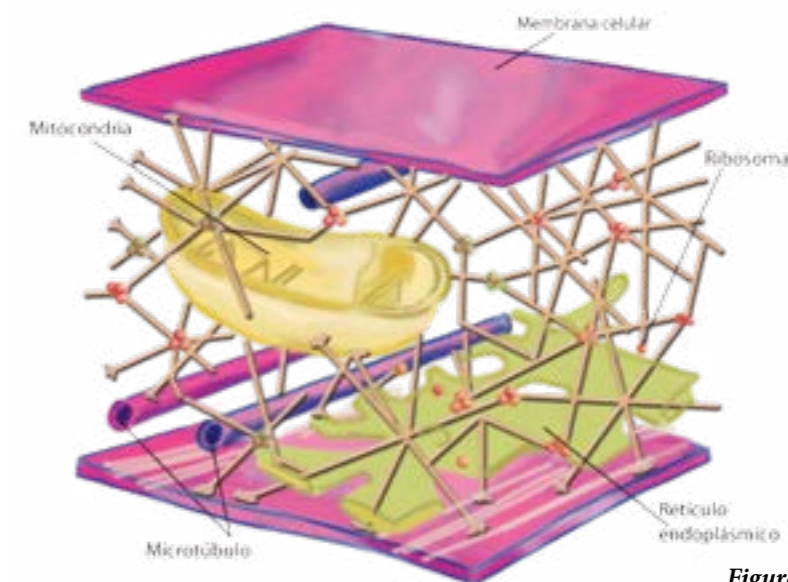
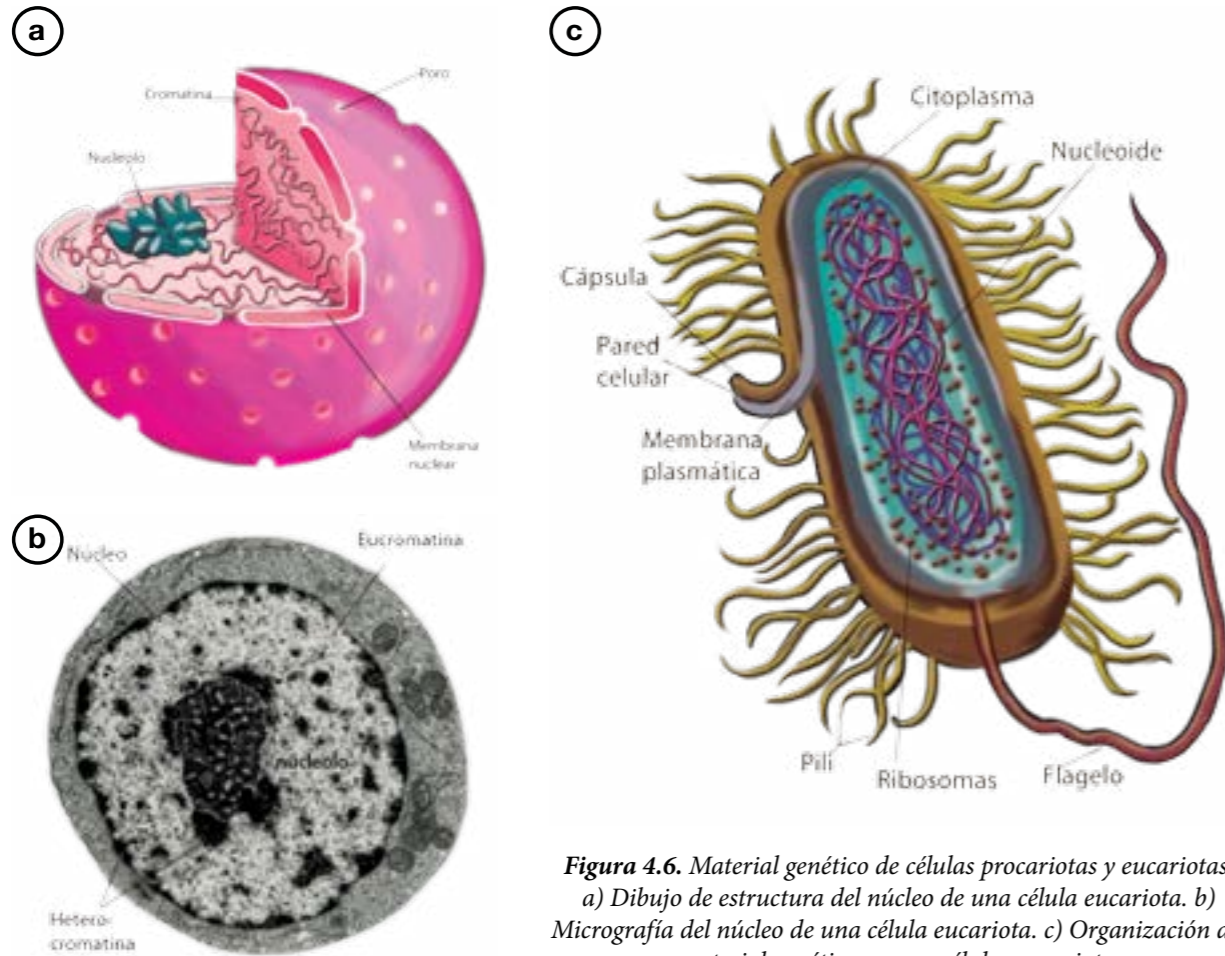


Figura 4.5. Citoesqueleto.

Las instrucciones de la vida

Toda célula posee en su interior **información genética** que establece las instrucciones para elaborar partes de la célula, coordinar funciones de crecimiento, nutrición, reparación y permitir la producción de células nuevas. Como vimos anteriormente, las células procariontas y eucariotas presentan diferencias, en el caso de las procariontas, la información genética se encuentra en el citoplasma formando un cromosoma circular ubicado en una región llamada **nucleoide**, mientras que en los eucariotas la información genética se encuentra organizada en una estructura bien delimitada llamada **núcleo** (figura 4.6).



El **núcleo** de las células eucariotas se encuentra delimitado por una membrana doble denominada **membrana nuclear**, ésta posee poros que permiten el intercambio de materia entre el núcleo y el citoplasma.

Internamente el núcleo presenta un líquido denominado **nucleoplasma** en el que se encuentra la **cromatina**, que son hebras muy finas y enmarañadas de ADN asociado a proteínas. Existen procesos en los que la cromatina se compacta apretadamente dando origen a estructuras llamadas **cromosomas**. En el interior del núcleo se encuentra el **nucléolo**, región donde se originan los componentes ribosómicos.

Fábricas de energía

Todas las células requieren de energía para realizar sus funciones, desde el transporte de sustancias hasta la división celular, en las células eucariotas esta energía es aportada por los procesos que ocurren en los cloroplastos y las mitocondrias.

En las células de los vegetales y de las algas se encuentran los **cloroplastos**, la forma de los mismos y sus componentes se muestra en la figura 4.7. Los cuales son organelos que contienen un pigmento verde llamado **clorofila** y otros pigmentos llamados **carotenos** (de color amarillo, rojo o naranja). Gracias a estos pigmentos, los cloroplastos realizan una función esencial para la vida sobre el planeta denominada **fotosíntesis**, que permite utilizar la energía del Sol para la elaboración de carbohidratos (azúcares), fuente de energía para las células, adicionalmente en el proceso se libera oxígeno, elemento indispensable para la respiración de los seres vivos.

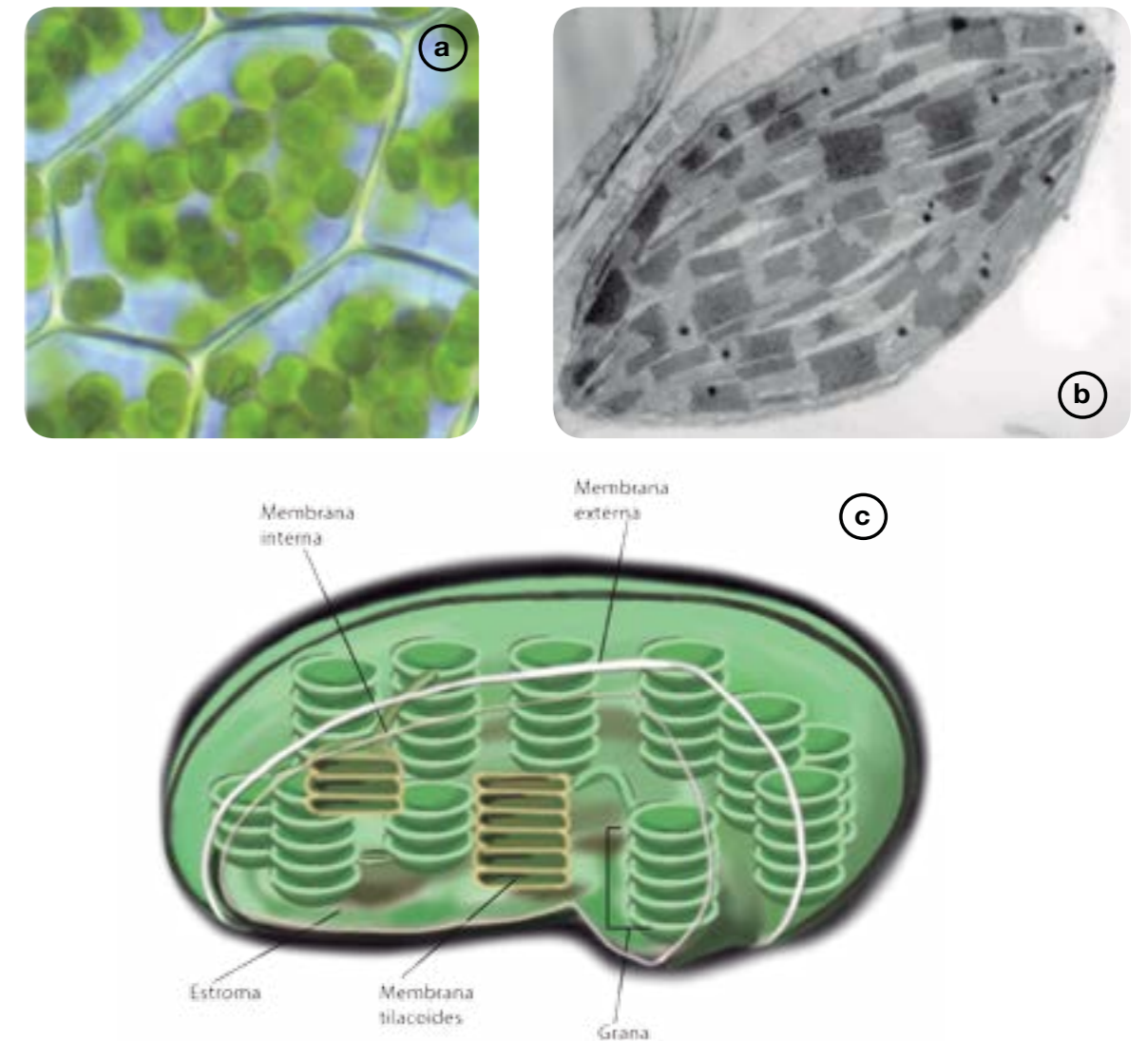


Figura 4.7. a) Células vegetales al microscopio, se observan los cloroplastos. b) Micrografía de un cloroplasto, compárala con el esquema del dibujo. c) Dibujo de estructura de un cloroplasto. En los grana se encuentran los pigmentos.

Por lo general, todas las células de los organismos eucariotas, sean vegetales o animales, presentan mitocondrias, aunque hay excepciones, como los glóbulos rojos de nuestro cuerpo y algunas amibas. Las **mitocondrias** (figura 4.8) son conocidas como la central eléctrica de la célula, permitiendo la **respiración celular** para producir energía. Estos organelos poseen una doble membrana, una **membrana externa** lisa que está en contacto con el citoplasma y una **membrana interna** que se pliega hacia un espacio entre las crestas que contiene iones y moléculas donde se realizan reacciones químicas, como el ciclo de Krebs, para formar las **crestas mitocondriales**.

Los cloroplastos y las mitocondrias tienen su propio ADN. El ADN mitocondrial sólo se hereda de la madre, a partir de las mitocondrias que se encuentran en el óvulo.

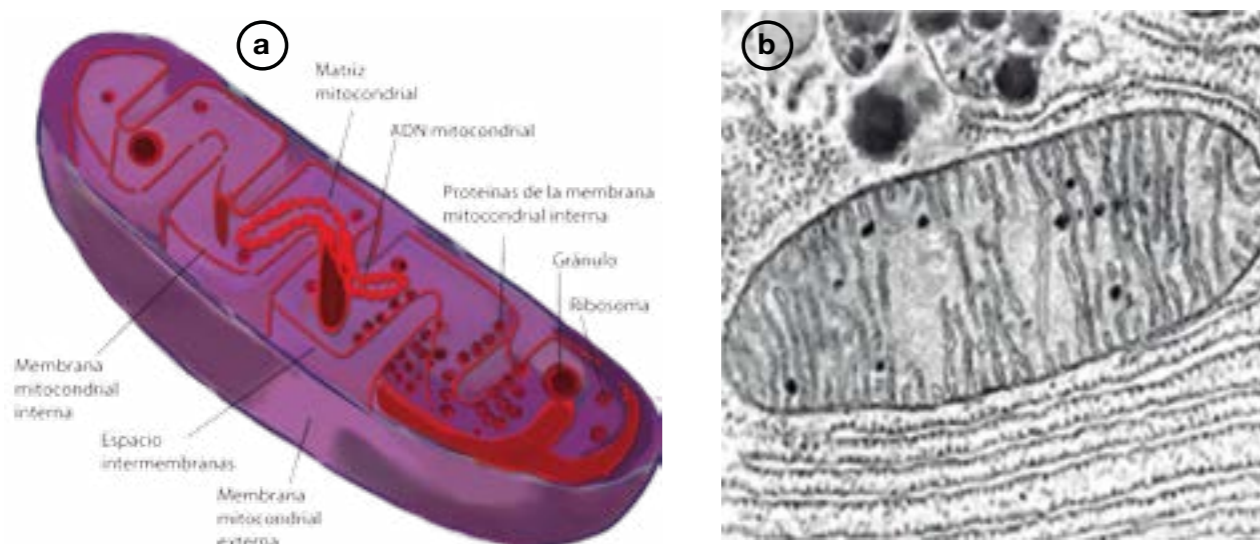


Figura 4.8. a) Estructura de una mitocondria. b) Micrografía de una mitocondria.

Para saber más...

El venezolano **Humberto Fernández Morán** contribuyó al conocimiento de la organización celular submicroscópica, y estudió partículas mitocondriales que permitieron comprender procesos que ocurren en estos organelos.



Sistemas de membranas internas

En las células eucariotas existen sistemas de membranas, como un sistema de canales, que forman una red que existe a lo largo del citoplasma. Entre ellos se encuentra el retículo endoplasmático, que sirve como vía para transportar materiales a través de la célula. A lo largo de la superficie de las membranas se realizan muchas reacciones bioquímicas. Hay de 2 tipos: el retículo endoplasmático liso (REL) y el retículo endoplasmático rugoso (RER) (figuras 4.9-a y 4.9-b).

Junto con los retículos endoplasmáticos trabaja el **aparato de Golgi**, el cual tiene como función incorporar carbohidratos y lípidos a las proteínas provenientes del RER para que intervengan en la formación de la membrana plasmática. También, en el aparato se encuentran los **lisosomas**, éstos son vesículas que contienen enzimas digestivas, lo que hace que intervengan en la digestión de sustancias a nivel celular, también degradan materiales peligrosos absorbidos por la célula, para luego liberarlos a través de la membrana celular.

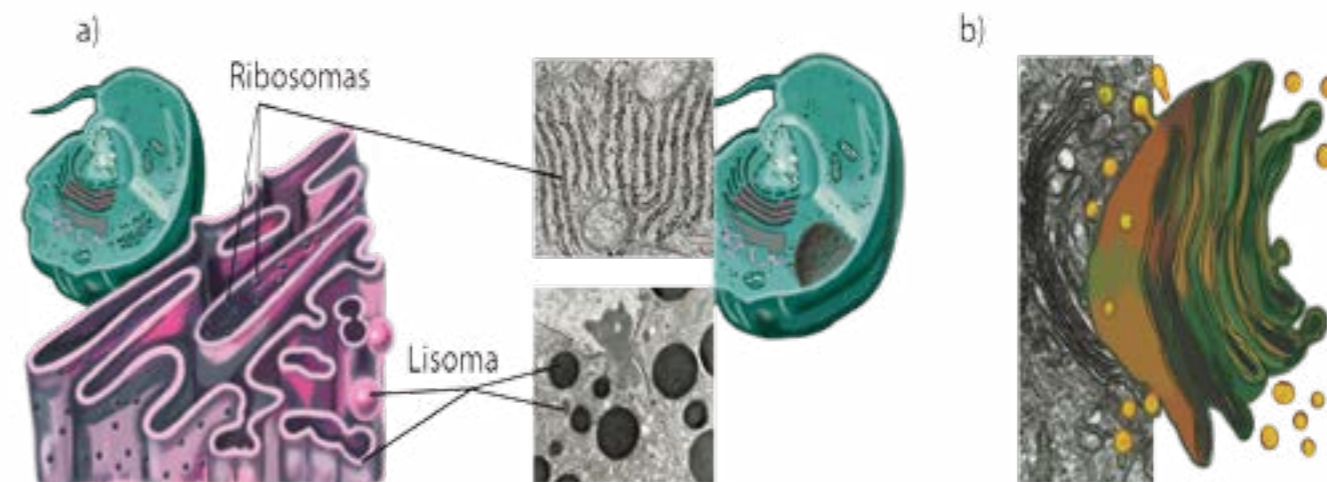


Figura 4.9. Estructura del retículo endoplasmático a) rugoso y b) liso. Compara las microfotografías con los dibujos explicativos.

El almacén celular

Casi todas las células contienen sacos de diverso tamaño formados por una membrana y denominados **vacuolas**, éstos se encargan básicamente de almacenar materiales ingeridos, así como productos de desecho y agua, también pueden digerir sustancias o regular la cantidad de agua. En el caso de las células vegetales, las vacuolas tienen además la función de dar soporte a la célula.

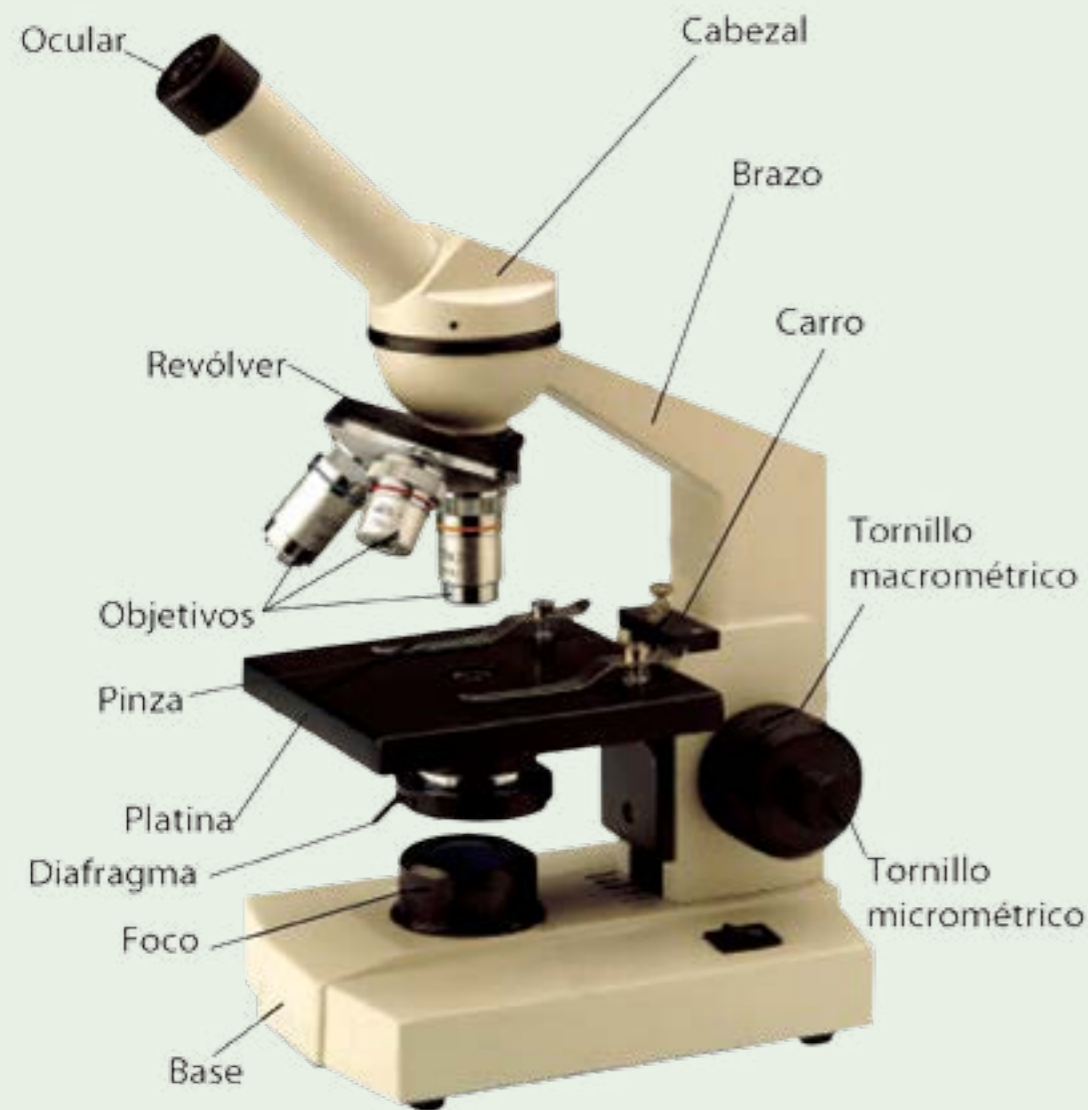


El microscopio, instrumento esencial en el estudio de las células

El microscopio óptico es un instrumento indispensable para observar la mayoría de las células, ya que éstas son muy pequeñas para verlas a simple vista. Con esta actividad aprenderás cómo se utiliza y observarás algunos tipos de células.

¿Qué necesitan?

- Microscopio óptico, lámina portaobjetos, lámina cubreobjetos, bandeja, bisturí, muestras de agua estancada, hojas de diversos tipos de plantas y raíces de cebolla.



Antes de utilizar el microscopio es necesario preparar las muestras que vas a observar, para ello:

1. En la bandeja coloca las distintas muestras que se observarán.
2. Toma las láminas portaobjetos y cubreobjetos y límpialas muy bien para eliminar residuos (figura 4.10 a).
3. En la lámina portaobjetos coloca la muestra, en el caso de muestras líquidas agrega 1 a 3 gotas, en el caso de que la muestra sea sólida y grande realiza un corte muy delgado con el bisturí, considera que mientras más delgado el corte, mejor será la observación (figura 4.10), añade 1 a 3 gotas de agua.
4. Luego colocas sobre la muestra la lámina cubreobjetos muy lentamente como se muestra en la figura 4.10.

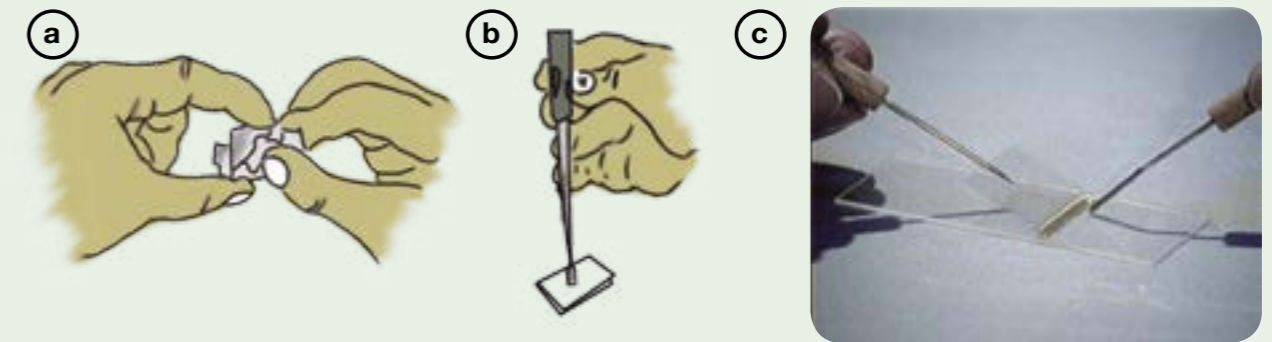


Figura 4.10 Preparación de muestras para observar al microscopio.

Para utilizar el microscopio considera las siguientes recomendaciones:

1. Enciende el microscopio y coloca el objetivo de menor aumento, ya que esto permite observar la panorámica de la muestra.
2. Coloca la muestra sobre la platina y sujétala con las pinzas.
3. Para enfocar observa la muestra mirando por el ocular y ajustando primero el tornillo macrométrico y luego, para mayor precisión, el micrométrico.
4. Observa toda la preparación con ayuda del carro y selecciona la parte de la muestra que deseas detallar.
5. Cambia a otros objetivos de mayor aumento (20X, 40X o 100X)
6. Ten cuidado al utilizar el tornillo macrométrico con los objetivos de mayor aumento, ya que al estar cerca de la muestra se corre el riesgo de romperla.
7. Para controlar la cantidad de luz en la muestra abre o cierra el diafragma.
8. Realiza la observación detallada y haz un dibujo de lo observado.
9. Al finalizar la observación retira la muestra, regresa al objetivo de menor aumento, limpia las lentes de los objetivos en caso de ser necesario y guarda el microscopio de manera adecuada.



Descubriendo el mundo celular

Vas a analizar a nivel celular diversos organismos naturales. Para ello puedes organizar junto con tu docente una salida de campo, al patio, un parque, un jardín botánico o un ambiente natural cercano a tu liceo.

¿Qué necesitan?

- Recipientes con tapa (preferiblemente reutilizables)
- Pinzas
- Lupa de bolsillo
- Bolsas
- Etiquetas
- Pinceles
- Cámara fotográfica de ser posible
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Microscopio
- Agujas de disección
- Cápsula de Petri
- Varios colorantes (azul de metileno, verde de metilo acético)
- Bisturí u hojilla

¿Cómo lo harán?

1. Organízate junto con tus compañeras y compañeros en grupos de trabajo.
2. Observen debajo de las piedras, o la hojarasca, también pueden revisar qué organismos hay en el suelo.
3. Colecten muestras de todos los organismos vivos que puedan y recuerden etiquetar cada muestra tomada con los siguientes datos: lugar, N°, fecha, sustrato de donde se tomó, recolector u otra observación que consideren importante.

4. Recuerden que cuando colecten una especie deben tomar sólo los organismos que necesiten, ya que su intervención en este espacio tiene un impacto en el ecosistema.

5. Lleven al laboratorio de su liceo todos los organismos recolectados e intenten con ayuda de su docente averiguar cuál es el nombre científico y vulgar de cada uno. Con la orientación del docente y tus conocimientos observa al microscopio cada muestra que seleccionaste.

6. Dibuja en tu cuaderno lo que observas y anota las observaciones.

¿Qué explicaciones darán a lo observado?

Realicen un reporte de lo hallado y preséntenlo a sus compañeras y compañeros en clase para que puedan compartir las experiencias; para ello piensen en: ¿se parecen las muestras?, ¿qué diferencias presentan?, ¿a qué creen que se deberán estas diferencias?, ¿son todas las células iguales al observarlas en el microscopio?, ¿todas las células de un organismo tienen la misma forma?, ¿por qué será tan importante el microscopio en el estudio de las células?, ¿todos los organismos están formados de las mismas células?, ¿a qué conclusión pueden llegar luego de realizar esta experiencia?

Si no pudiste organizar una salida de campo, ¿qué piensas que podemos hacer para observar células al microscopio?



Para saber más... La mayoría de las células son diminutas y no se pueden observar a simple vista, pueden medir entre 1 y 100 micrómetros ($1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ mm}$).

Se reserva el derecho de admisión

Las células no se encuentran aisladas, necesitan interactuar con otras células o con su medio circundante: para ello realizan un intercambio de sustancias necesarias y de desecho a través de la membrana plasmática, y esto ocurre gracias a la propiedad de **permeabilidad selectiva** que posee esta membrana. El intercambio de sustancias ocurre gracias a diversos tipos de transporte celular que se mencionan en la figura 4.10.

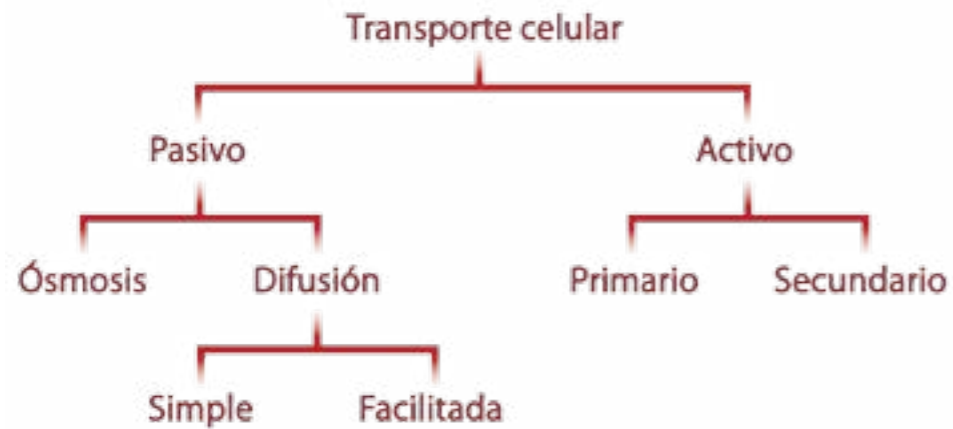


Figura 4.10. Esquema de los tipos de transporte celular.

El intercambio de sustancias en una célula se puede dividir en dos tipos desde la perspectiva energética, cuando el transporte de sustancias no requiere de energía, se le llama **transporte pasivo**. Mientras que si la célula tiene que invertir energía se le conoce como **transporte activo**. Estos procesos se relacionan con la manera en que las sustancias pasan a través de la membrana plasmática.

En el primer caso, tenemos diversos procesos: Cuando las partículas de una sustancia pasan a través de los lípidos de la membrana plasmática, desde la zona donde hay mayor cantidad hacia otra donde se encuentran en menor cantidad, estamos ante un fenómeno que llamamos **difusión simple** (Figura 4.11).

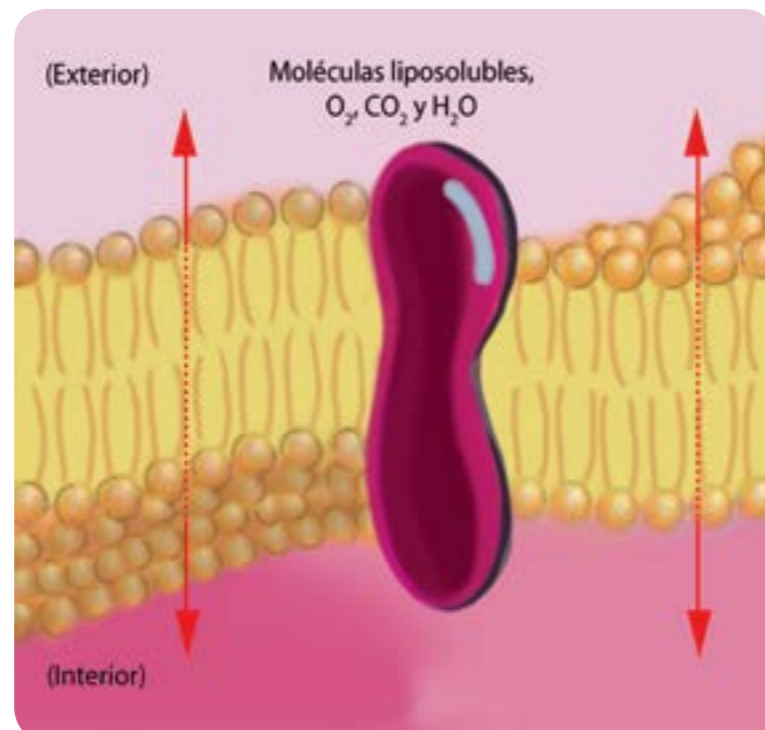


Figura 4.11. Difusión simple.

A veces hay una disolución en contacto con la membrana plasmática y sucede que esta membrana es impermeable al soluto (no lo deja pasar), pero sí deja pasar al solvente. La membrana tiene así permeabilidad selectiva. Entonces ocurre la **ósmosis** (figura 4.12). En este transporte el que pasa es sólo el solvente: desde donde hay menor concentración de soluto hacia donde hay mayor concentración de soluto.

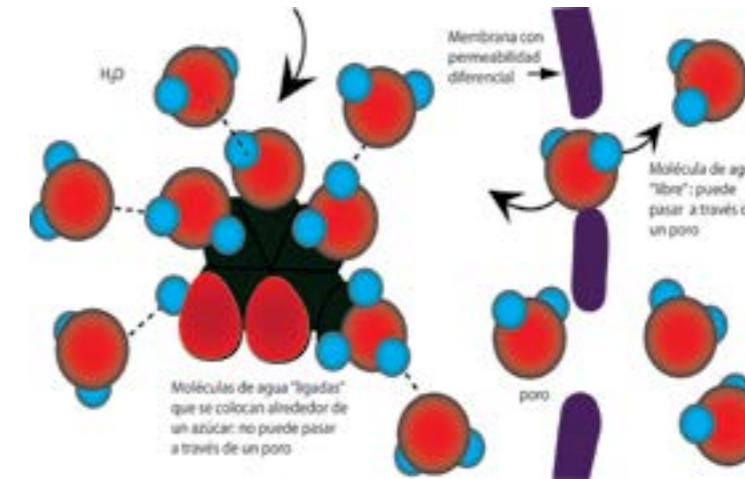


Figura 4.12. Ósmosis.

Algunas partículas, por su mayor tamaño u otras características, no pueden pasar a través de la doble capa de lípidos que constituyen la membrana plasmática. Entonces, puede ser que pasen por canales que abren unas proteínas. O bien, gracias a proteínas que cambian su forma para permitir el paso de sustancias. Ésta es la **difusión facilitada** (figura 4.13): las partículas pasan desde donde están en mayor concentración hacia donde están en menor concentración, pero con "ayuda" de la membrana.

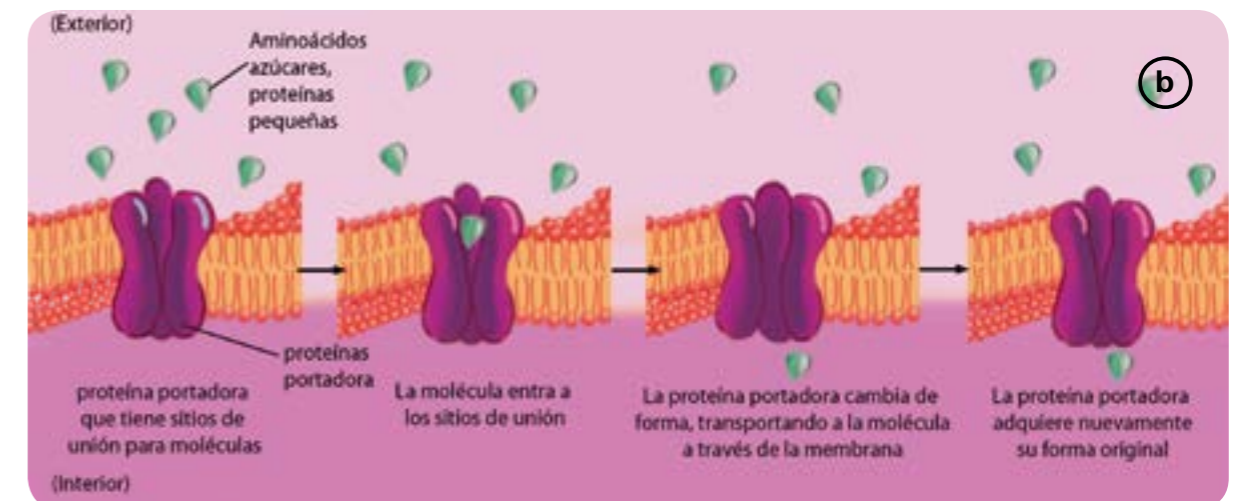
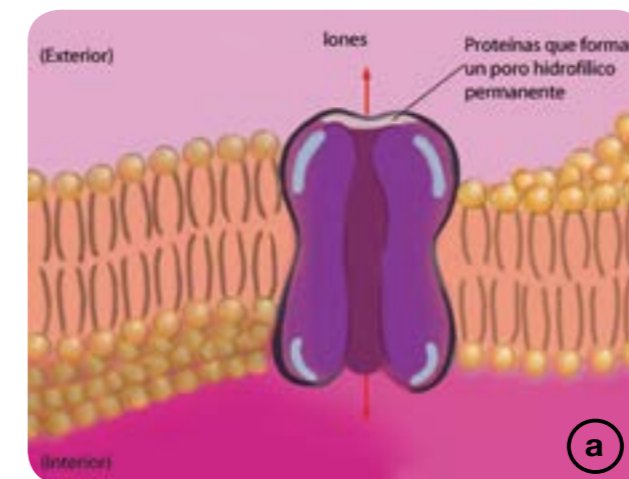


Figura 4.13. Difusión facilitada. a) Se puede realizar por proteínas que abren un canal, b) o por proteínas que cambian su forma para permitir el paso de sustancias.

El **transporte celular de tipo activo** es realizado por las llamadas bombas transportadoras, recuerda que en este proceso hace falta suministrar energía (figura 4.14); las sustancias transportadas se mueven desde donde están menos concentradas hacia donde están más concentradas, por lo que requieren un aporte de energía para que ese transporte se realice.

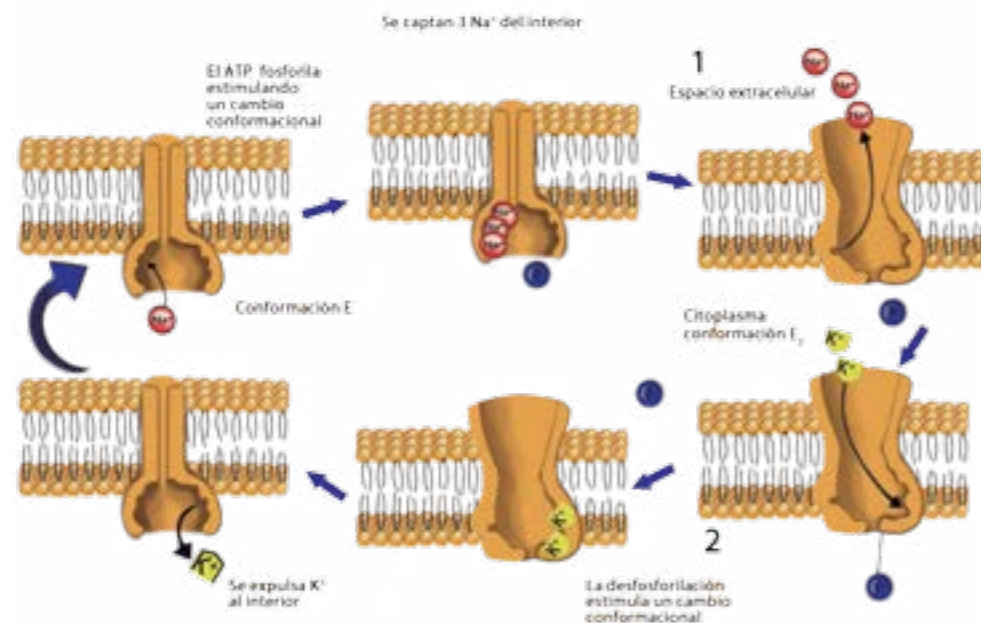


Figura 4.14. Esquema del transporte activo de iones de sodio (Na⁺) y de potasio (K⁺). Hay más sodio fuera que dentro de la célula, por lo que la célula invierte energía para “ir contracorriente” y moverlo al exterior gracias a una proteína. Luego, el potasio que está fuera de la célula se une a la misma proteína, que vuelve a su forma inicial permitiendo que el potasio entre, también “contracorriente”. La energía proviene de la molécula de ATP.

Además de los dos tipos de transporte mencionados, existen otras formas de transporte de sustancias como macromoléculas, enzimas, ácidos nucleicos, entre otros; dichas sustancias son recubiertas por membranas en forma de vesículas para permitir su entrada o salida de la célula. Si las partículas entran a la célula desde el medio exterior hablamos de **endocitosis** (Figura 4.15a), mientras que se denomina **exocitosis** al proceso inverso de expulsar sustancias desde la célula (Figura 4.15b).

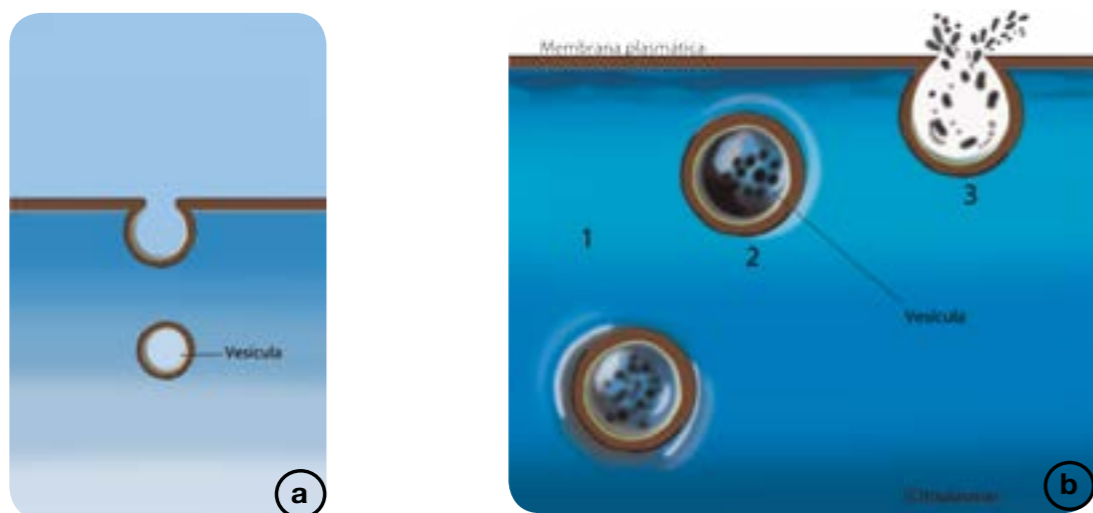


Figura 4.15. a) Endocitosis, ingreso de partículas a la célula. b) Exocitosis, salida de partículas al exterior de la célula.

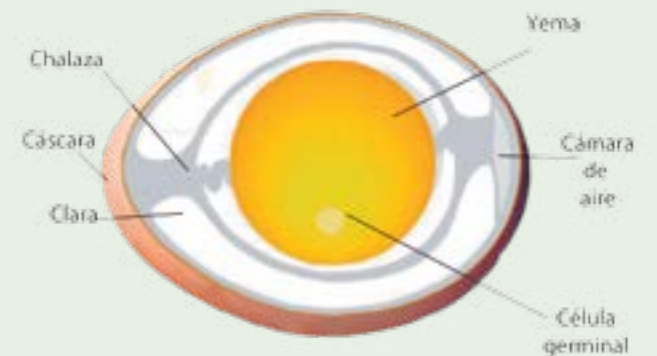


Movimiento de partículas a través de una membrana

Así como existen células muy pequeñas que no se observan a simple vista, también hay otras que podemos observar sin problemas, tal es el caso de los huevos de gallina. En sus inicios, el huevo es una sola célula, aunque no deja de ser una célula muy atípica. La mayor parte de esta célula es sustancia nutritiva para el futuro embrión (la yema); ella tiene un líquido envolvente (la clara) y una cáscara protectora. Organízate en un grupo para esta actividad. El objetivo es estudiar cómo ocurre el transporte de ciertas disoluciones a través de las membranas de esta célula.

¿Qué necesitan?

- 2 huevos de gallina.
- Cuatro recipientes de vidrio.
- Vinagre, sal o azúcar, agua.
- Balanza.



¿Cómo lo harán?

1. Les proponemos estudiar qué sucede en el huevo cuando está sumergido durante un tiempo en una solución, por ejemplo, en vinagre, en agua con sal o con azúcar.
2. Discutan acerca de cuáles propiedades y características de los huevos es relevante observar antes y después del ensayo.
3. Elaboren una tabla para registrar las observaciones cualitativas y cuantitativas de estas propiedades que vayan a realizar antes y después del ensayo.
4. Observen y midan las características y propiedades de cada huevo antes del ensayo.
5. Coloquen cada huevo de gallina en un recipiente con una solución diferente durante un tiempo, por ejemplo 24 horas. Es bueno tener una muestra de control, es decir, un huevo en agua.
6. Registren nuevamente las características y propiedades de cada huevo.



¿Qué explicaciones darán a lo observado?

- Comparen los resultados y construyan posibles explicaciones de lo sucedido en términos de proceso de transporte de sustancia y otros saberes que cada quien aporte.
- Compartan con otros grupos y con las y los docentes para llegar a conclusiones.
- ¿Qué efecto tendrá la concentración del medio exterior sobre estas células?

Tu salud a través del conocimiento de la célula

El conocimiento de la célula y su funcionamiento nos permite comprender mejor cómo funciona nuestro cuerpo. ¿Te has preguntado por qué cuando vas al médico siempre te piden un examen de sangre, heces u orina? La razón es que estos exámenes arrojan un análisis químico minucioso que permite saber si tu organismo está funcionando correctamente o es necesario suministrar algún tipo de tratamiento especial que contribuya a su mejora.

Este tipo de exámenes le dan al médico información del funcionamiento de tus células y también le indican la posible presencia de agentes externos que puedan estar alterando la actividad celular.

Las células de nuestro organismo constantemente se están renovando para mantenernos sanos, es decir, se dividen mediante un proceso complejo, muchas células viejas se destruyen y otras nuevas surgen. Pero a veces el control de la reproducción celular se ve afectado, la célula pierde su capacidad de dividirse normalmente y comienza a sufrir modificaciones, formando masas celulares o tumores que llegan a afectar considerablemente nuestra salud. En este caso, también interviene el estudio de las células, con el propósito de buscar tratamientos que permitan controlar las que estén afectadas y tratar los tumores cancerígenos.

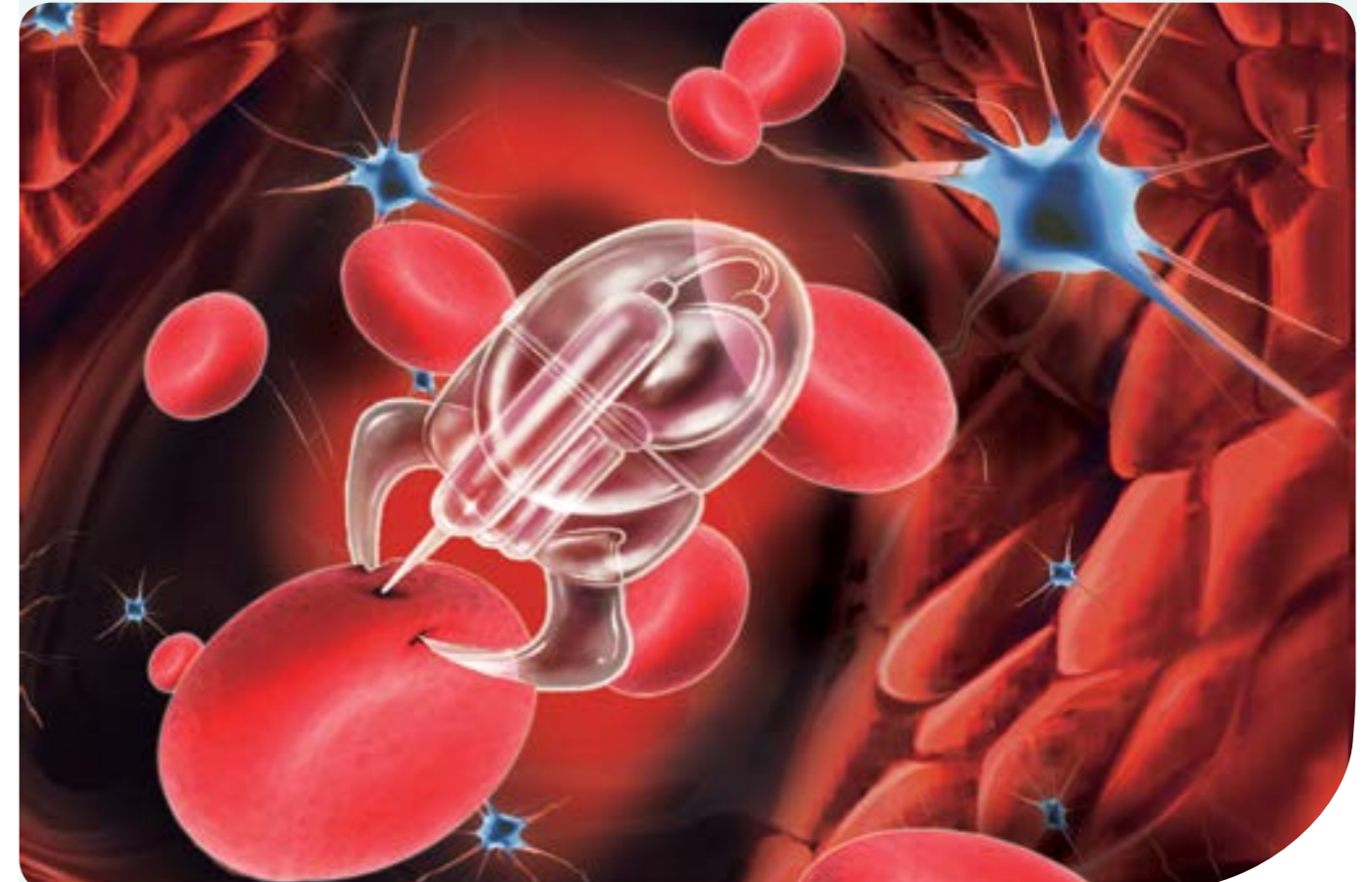


Figura 4.16. En el Centro de Microbiología y Biología Celular del IVIC se adelantan diferentes investigaciones sobre las células. Como un estudio de Lizeth Caraballo, bajo la asesoría de su tutor Howard Takiff, acerca de la presencia de leptospirosis en el estado Vargas. La leptospirosis es una enfermedad causada por una bacteria y afecta a las células de nuestro cuerpo, en especial a las del riñón.
Fuente: IVIC.



Actividades de autoevaluación

- 1• Construye con tus compañeras y compañeros una línea de tiempo para establecer la evolución de los estudios sobre la célula.
- 2• Elabora modelos de célula y de organelos celulares y organiza una galería o museo donde cada quien presente sus trabajos.
- 3• Si tuvieras la posibilidad de viajar al interior de una célula, ¿qué tipo de célula escogerías? ¿Por qué? Según lo que conoces sobre la célula, ¿cómo harías para entrar a ella?, ¿existe alguna estructura que te impida el ingreso a la célula?, ¿existe algún peligro para ti luego de ingresar? ¿Con qué te vas a encontrar una vez dentro? ¿Qué actividades podrás presenciar? Forma equipos de trabajo para hacer un cuento o una historieta sobre el "Viaje al interior de una célula". Compartan las creaciones con el resto de la clase. ¿Les sirvió su viaje para conocer mejor a las células? ¡Recuerda que tú misma o tú mismo estás formado por ellas!





Supón que encendemos un trozo de madera, esperamos que se consuma un poco y luego lo apagamos. ¿Qué sucede con el humo que se genera? ¿Adopta una forma conocida? o ¿se dispersa de forma irregular por el espacio?; o cuando un carro emite sus gases por el tubo de escape, ¿de qué forma se esparcen por el lugar? Si observamos las experiencias planteadas en las líneas anteriores varias veces, es probable que no observemos los mismos patrones de dispersión en el humo.

Los sistemas naturales no biológicos tienden a buscar la mayor dispersión o desorden, a diferencia de los sistemas biológicos que tienden al máximo de orden y al mínimo de desorden. ¿Cómo lo hacen?

Para mantener un sistema con extremo orden como los vivos, es necesario un conjunto de factores que en conjunto contribuyan a evitar la dispersión y mantengan el orden de dicho sistema. Por ejemplo, si una planta creciera sin la coordinación de ciertas sustancias químicas presentes en ella, no podríamos observar el patrón de hoja, tallo, raíz, flor, presente en casi todas las plantas terrestres.

En esta lectura vamos a conocer cómo los sistemas biológicos mantienen el orden en un mundo que tiende al desorden. Cómo es almacenada y aprovechada la energía en su interior. Hablaremos también del papel de las enzimas en el mantenimiento de la vida y cómo es su contribución a favor del orden. Así mismo, discutiremos qué factores afectan a las enzimas, entre otros aspectos importantes.

Energía: ¿algo del más allá? o ¿algo de este mundo?

Todos los días en la televisión, en los periódicos, en la calle, con tus amigos y familiares, escuchas hablar de la “energía que se utiliza”, del “costo de la energía” o de que “necesitamos energía para vivir”. Pero ¿qué es realmente la energía? Hablamos de energía en casos como, por ejemplo, cuando colocamos una olla con agua a calentar, la energía térmica que suministra la llama de la cocina se transfiere al agua líquida, ésta se calienta hasta lograr que parte de ella se evapore, es decir, el agua pasa al estado gaseoso, el cual se caracteriza porque sus moléculas se mueven mucho más rápido que en el estado líquido.

Se podría resumir que la energía está asociada a transformaciones o cambios. En este caso, la transferencia de la energía térmica al agua líquida provocó un aumento en la rapidez del movimiento de sus moléculas.

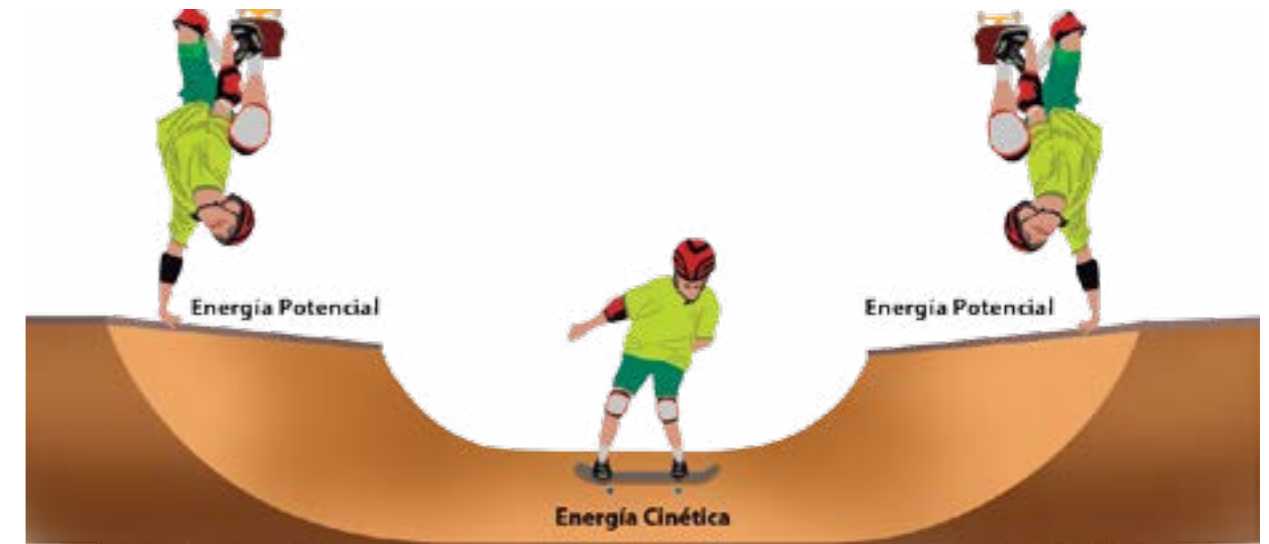


Figura 5.1. Se representan tres posibles posiciones de un patinador, cuando está arriba tiene energía potencial debido a la altura, esta se transforma casi toda en energía cinética del patinador cuando baja.

Existen básicamente dos formas en las que se manifiesta la energía: energía potencial y energía cinética (figura 5.1). Los organismos vivos tienen una gran capacidad de transformar la energía de una a otra. En la figura 5.2 se ilustra a un joven con una “china” o resortera lanzando una piedra. Primero que nada, al estirar la liga con la mano, el joven le transfiere energía a la liga, que se almacena mientras está tensa. Cuando está seguro de hacia dónde dirigir la piedra, suelta la liga, saliendo la roca disparada. Al realizar esto, estamos en presencia de un cambio, la energía almacenada (potencial) en la liga de la resortera se transforma en energía del movimiento (cinética) de la liga-piedra, cuando la liga se libera, vuelve a su estado natural y la energía se transfiere a la piedra; toda la energía proviene inicialmente de la energía que está contenida en nuestros músculos.



Figura 5.2. Energía potencial en una “china”.

La investigación científica ha planteado dos leyes que parecen gobernar las transformaciones de la energía. La primera ley señala que hay una cantidad de energía finita en el Universo y que ésta no se puede destruir, ni crear, sólo se puede transformar. Cuando corremos, por ejemplo, no gastamos energía sino que la transformamos. En efecto, la energía química almacenada en las grasas y azúcares de nuestro cuerpo se transforma: una parte en energía cinética (pues nos movemos), y otra parte en energía térmica, pues la temperatura aumenta (figura 5.3).

La segunda ley señala que los procesos en el Universo tienen una dirección de cambio, van de un estado alto de energía hasta uno más bajo y después de un tiempo se llega al equilibrio. Por ejemplo, la energía térmica se transfiere del cuerpo de un atleta en actividad (lugar más caliente, con mayor temperatura) al entorno (lugar más frío, con menor temperatura), pero no lo hace en sentido contrario.



Figura 5.3. En el desplazamiento de los niños se aprovecha la energía química para moverse y mantener el equilibrio térmico corporal, además una parte se transfiere al ambiente en forma de energía térmica.

Al transformarse una manifestación de energía en otra, es inevitable que parte de ella se disipe, es decir, se transforme en energía térmica que incrementa la temperatura del entorno. Por lo general, esta energía no la utilizamos.

Los organismos vivos y las moléculas que los componen son sistemas ordenados en un Universo que tiende de manera natural al mayor desorden. Para ir en el sentido contrario al del Universo, los sistemas vivos tienen que utilizar energía que les permita mantener el orden y no inclinarse a favor de la mayor dispersión. Cuando un organismo muere pierde la capacidad de mantener el orden en su complejidad y comienza a aumentar su desorden, se desestructura. La dispersión es la tendencia de todo lo que existe en el Universo y uno de los sistemas que lucha para ir en contra de ello es la vida, que tiene alta cantidad de energía útil en comparación con su entorno.

El metabolismo construye y mantiene el edificio celular

Alrededor de tu casa o escuela, ¿alguna vez has observado la construcción de un edificio o casa? ¿Qué elementos participan en dichas construcciones? Es seguro que uno de los elementos observado es la arena, también es posible conseguirse camiones, paredes elaboradas o armazones, los obreros, grúas, bloques, entre otros. La finalización y mantenimiento de la obra depende del trabajo en conjunto de todos los elementos que participan, por ejemplo, algunos tendrán que demoler, otros construir, al final todos están conectados y uno depende del trabajo del otro.

En comparación con lo anterior, cada célula de tu cuerpo o del cuerpo de cualquier ser vivo también tiene que construir y sintetizar, también debe degradar y producir energía para repararse y mantenerse (las reparaciones provenientes de una molécula llamada ATP, y el mantenimiento de un edificio dependen de los recursos económicos y la célula depende del ATP para hacerlo), todo esto le va a permitir estar viva. Tales procesos se dan gracias a una serie de reacciones químicas, ordenadas en una secuencia llamada vías metabólicas, que permiten las transformaciones físicas y químicas de las moléculas en las células. A todo ello se le denomina **metabolismo** (figura 5.4).



Figura 5.4. Edificio celular y el metabolismo. Actividades de síntesis y degradación.



Figura 5.5. ¿Cuáles procesos predominarán en las niñas y los niños: los catabólicos o los anabólicos?

Este último se puede dividir en dos partes: el **anabolismo**, proceso de síntesis o construcción de sustancias químicas, y el **catabolismo**, proceso de ruptura y degradación de moléculas (figura 5.5). Por ejemplo, la fotosíntesis es un proceso anabólico porque en ella se sintetizan azúcares para la planta; mientras que la respiración celular es un proceso catabólico porque en ella se degrada la glucosa para producir energía. Más adelante, en otra lectura, se amplía la información sobre fotosíntesis y respiración. Las reacciones químicas de construcción del proceso anabólico no liberan energía, por lo contrario, se requiere de ésta para iniciarlas. La energía es obtenida de los procesos catabólicos de degradación en los que se libera mucha energía.



Conociendo el equilibrio entre los alimentos, la energía que adquirimos de ellos y nuestro estilo de vida

Vas a determinar la relación que existe entre los alimentos que ingieres, su energía, tu peso corporal y tu actividad física, con el mantenimiento de la salud, a través de una simulación en la computadora.

¿Qué necesitas?

- Computadora. Cuaderno y lápiz. Simulación.

¿Cómo lo harás?

Descarga de la siguiente página web la simulación e instálala haciendo doble clic sobre el archivo. <http://phet.colorado.edu/es/simulation/eating-and-exercise>.

Cuando la simulación aparezca en la pantalla (figura 5.6), observarás un dibujo de una persona y debajo una serie de datos que podrás completar con tu información personal (edad, estatura, peso, estilo de vida: sedentario, activo, otros). Luego, al lado verás un plato vacío y un libro abierto. Arriba del plato podrás observar una lista de alimentos, los cuales puedes movilizar de izquierda a derecha y viceversa.

Al lado derecho del plato está una escala de las calorías (energía) que aportan los alimentos contenidos en él. En la zona izquierda del libro de ejercicios verás otra escala que te indica la cantidad de calorías “quemadas” o transformadas por el ejercicio, el estilo de vida y la velocidad del metabolismo basal. Una unidad de medida para la energía aceptada internacionalmente es la caloría (cal). 1 kcal (kilocaloría) equivale a 1.000 cal. Pero en la simulación utilizan una unidad que se usa en nutrición, la Cal (con C mayúscula), 1 Cal equivale a 1 kcal. También recuerda que un adolescente, dependiendo del sexo, su actividad física y con una edad comprendida entre los 12 y 16 años, debe consumir en promedio entre 1,820 kcal y 3,380 kcal al día.



Figura 5.6. Ventana de la simulación sobre energía y metabolismo.

Debajo de los alimentos y ejercicios seleccionados, encontrarás dos cuadros blancos donde verás en una gráfica lo que sucede con tu peso, calorías tomadas de los alimentos y las que quemas en 2 años.

Para orientar tu interacción con la simulación puedes hacer lo siguiente:

- Selecciona los alimentos que consumes en un día de la lista que corresponde a los alimentos con el botón izquierdo del ratón y arrastra las figuras al plato. Por arriba del libro de ejercicio se encuentra un listado de actividades físicas, selecciona las que haces en un día.
- Observa lo que te plantea la simulación para el transcurso de dos años con la dieta y la actividad física seleccionada.
- Repite esta actividad, colocando en tu plato más alimento (en especial muchos dulces) del que comes normalmente y sin actividad física. Observa al lado del dibujo de la persona qué le está sucediendo a su corazón.
- Luego repite la actividad colocando poco alimento en el plato y mucho ejercicio y observa lo que sucede con la salud del individuo.

Basado en toda la información obtenida en la simulación responde: ¿qué le sucedería a tu cuerpo en dos años con la dieta, la actividad física y el estilo de vida que llevas? ¿Cómo es tu metabolismo basal? (recuerda que el metabolismo basal es la energía mínima que necesita un organismo en reposo para funcionar de manera óptima). ¿Qué significado puedes extraer de éste? ¿Qué consecuencias tiene la dieta alta en azúcares y baja en ejercicios? ¿Qué diferencias puedes detectar con la otra experiencia, donde los niveles de alimentos eran bajos y el ejercicio alto? ¿Qué cambiarías en tu alimentación y estilo de vida para mejorar?

ATP, una “moneda energética” de la vida

En la sección anterior, pudiste leer sobre el metabolismo y cómo este mantiene a la célula, pero para que se conserve y funcione correctamente la maquinaria metabólica son necesarias dos tipos de sustancias importantes, el **Adenosintrifosfato (ATP)** y las enzimas, de las cuales podrás leer a continuación.



Figura 5.7. El ATP, moneda energética de la vida.

Nuestras actividades económicas y el uso del dinero tienen similitud con el funcionamiento de la célula y con la utilidad que le da ésta al ATP. En los organismos, los lípidos y los carbohidratos son las principales reservas de energía (esto representaría ese dinero que ahorramos), pero para que estén a disposición se necesita activar varios mecanismos metabólicos y así extraer la energía contenida en ellos (de modo similar, para utilizar el dinero guardado en el banco es necesario ir hasta éste, llenar la planilla y hacer la cola para obtenerlo). En cambio, el ATP aporta energía de forma inmediata por un tiempo finito (el ATP es similar al dinero que tenemos en nuestro bolsillo para uso inmediato) (figura 5.7).

El trifosfato de adenosina o adenosintrifosfato (ATP), es una molécula integrada por un azúcar llamada ribosa, una base nitrogenada (molécula que contiene nitrógeno) y tres grupos fosfatos (combinación de fósforo con oxígeno, representados con P). A la unión de los tres anteriores se les llama nucleótido (figura 5.8).

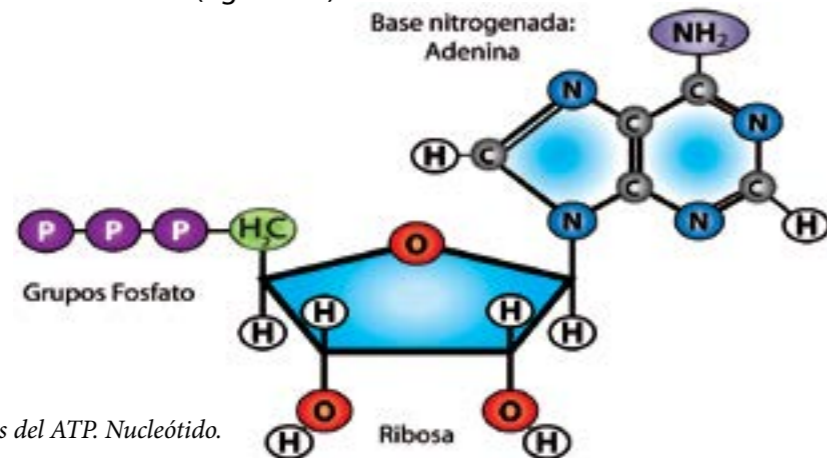


Figura 5.8. Partes del ATP. Nucleótido.

Para entender qué es el **ATP** y cuál es su función en la célula, debemos compararlo con algo común en nuestras vidas y en la sociedad, como lo es un banco. En el banco depositamos una cierta cantidad de dinero para ahorrarlo y siempre tenemos una parte de nuestros ingresos para el uso inmediato en nuestras carteras y bolsillo. Con ese dinero pagamos el pasaje en la camioneta y compramos la merienda, entre otras necesidades.

Los grupos fosfatos contenidos en esta molécula poseen gran cantidad de energía, que se aporta para el funcionamiento de muchas reacciones celulares. Cuando el fosfato terminal de la molécula de ATP se desprende, libera energía y así el fosfato consigue unirse a otra molécula para formar una sustancia activa, que puede continuar con otras reacciones. (figura 5.9).

Al hecho de transferir un fosfato a otra molécula se le llama fosforilación. Podemos fosforilar moléculas con ATP o tomando fosfato de una molécula ya fosforilada. El consumo de ATP se da en el siguiente orden: En las figuras 5.9: a, b y c, respectivamente, se ilustra cuando un ATP cede su fosfato terminal forma ADP (adenosindifosfato) (D, significa que tiene dos fosfatos). Luego, este último transfiere su fosfato terminal y forma AMP (adenosinmonofosfato) (M, significa mono, porque tiene un solo fosfato) (figura 5.9. c-d-e).

Pero existen otras “monedas energéticas” en los seres vivos. Ellas no transfieren fosfatos, como en el caso del ATP, sino que transfieren electrones. Estas son el NADP, el FAD y el NAD, tres moléculas que transportan o ceden electrones a otras moléculas. Los electrones están energizados, por lo cual estas moléculas ceden energía, que es utilizada en las reacciones de síntesis en la célula, como la fotosíntesis y la respiración. Por ejemplo, en la figura 5.10, la molécula de NADH se transforma en NAD⁺ al ceder dos electrones a otras moléculas.

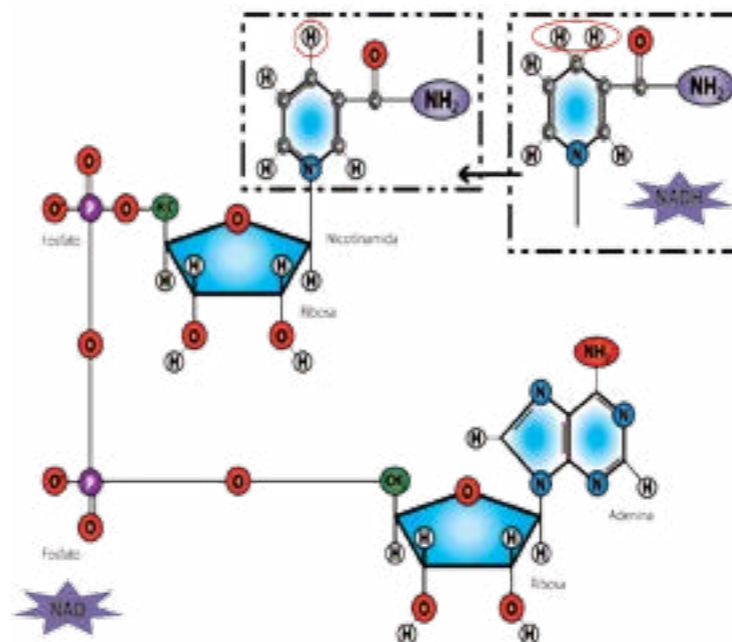


Figura 5.10. La molécula de NAD es otra “moneda energética” pero no cede grupos fosfato sino electrones.

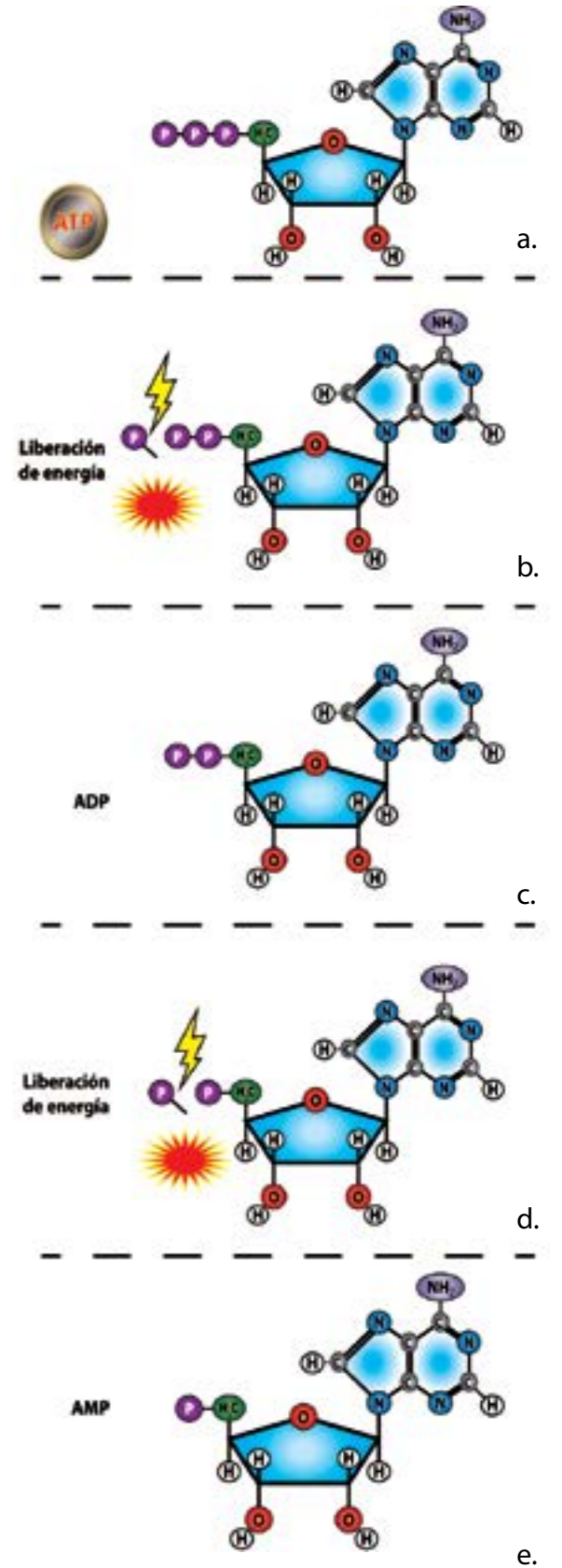


Figura 5.9. Transformación de ATP en ADP y ADP en AMP, para aportar energía.

La molécula que construye, separa y realiza cambios en la célula

Piensa un momento en cómo es el proceso para elaborar un jugo de melón. Ahora imagina que tienes todo lo necesario para realizarlo en una mesa y te sientas frente a estos materiales, pero no los tocas esperando a que el jugo se haga solo. ¿Qué crees que va a suceder? La respuesta es evidente, los materiales permanecerán tal como al principio y el jugo estará ausente. ¿Qué sucedería si en una segunda ocasión te decides a tener contacto con los materiales y elaborar el jugo de la forma en que lo sabes hacer? La respuesta es simple, el jugo aparecerá gracias a tu colaboración y podrás disfrutarlo.

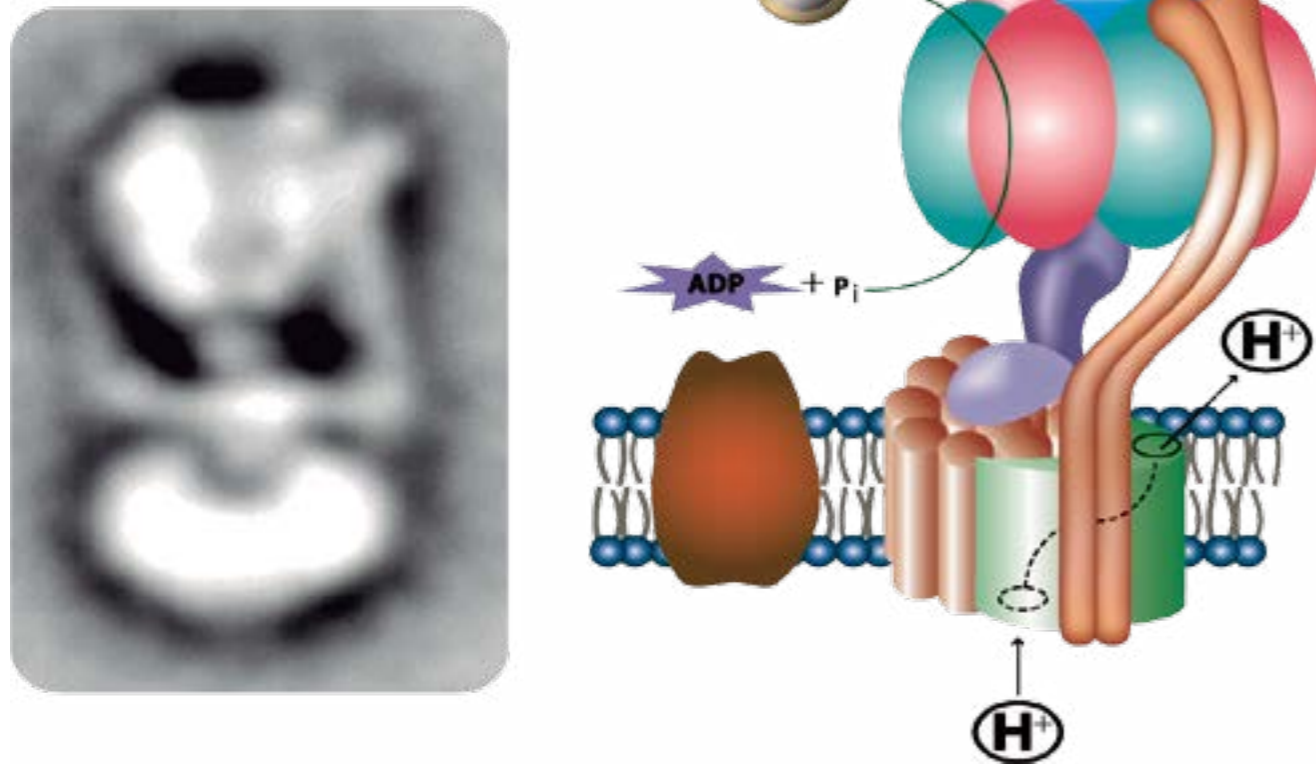


Figura 5.11. Microfotografía y modelo de la enzima que sintetiza ATP, llamada ATPasa.

En la lectura de 2º año sobre los cambios y las reacciones que ocurren en la naturaleza, pudiste leer sobre las reacciones químicas y que muchas de éstas no serían posibles a corto plazo si no existieran las enzimas. También en párrafos anteriores leímos sobre el ATP como moneda energética. En la figura 5.11, del lado izquierdo, se presenta una microfotografía electrónica de la enzima que sintetiza ATP y del lado derecho de la imagen se presenta un modelo de esta enzima y la unión de ADP (adenosin difosfato) con Pi (una molécula de fosfato) para formar ATP. Siguiendo con el ejemplo del melón, los materiales para realizar el jugo como: el azúcar, el agua y la fruta, son el sustrato y nosotros junto con la licuadora seríamos las enzimas que permiten que la reacción se dé y se forme el jugo (producto).

Las **enzimas** son sustancias químicas, en su gran mayoría proteínas (aunque se conoce que algunas moléculas de ARN también tienen función enzimática), que modifican la velocidad de una reacción química, sufriendo cambios en su estructura temporalmente pero volviendo a su condición original al terminar la reacción. En otras palabras, las enzimas son aceleradores o inhibidores de las reacciones químicas que se realizan en un organismo. La actividad enzimática se basa en disminuir la energía de activación, es decir, la cantidad de energía necesaria para que se rompan los enlaces de una molécula y se inicie una reacción. Al reducir la energía de activación las reacciones serán más rápidas y se obtendrán con mayor prontitud los productos.

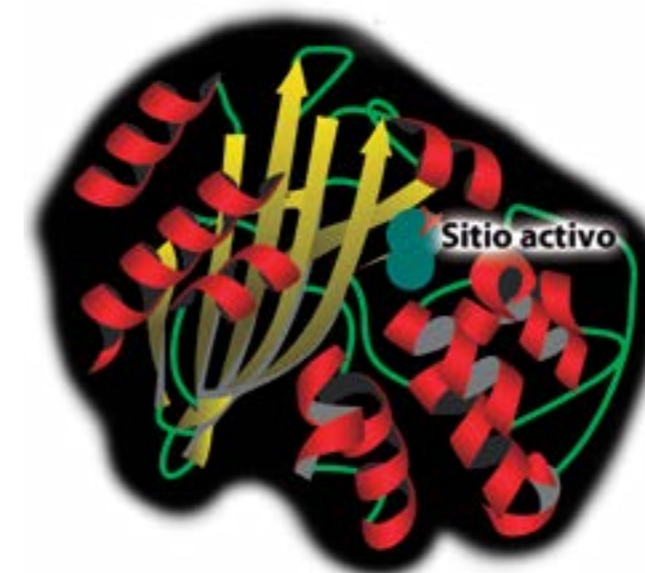


Figura 5.12. Este modelo representa de manera simplificada la estructura de la enzima β -lactamasa. Como podrás apreciar, las enzimas son moléculas grandes con largas cadenas de átomos que se enroscan sobre sí mismas.

Las enzimas poseen en su estructura una cavidad, surco o bolsillo, llamado sitio activo, donde ocurre la unión con el sustrato (sustancia química que se une a la enzima y sobre la cual ésta va a actuar) y allí se va a dar la reacción. Pueden existir en una misma enzima uno o varios sitios activos (figura 5.12). La unión entre la enzima y el sustrato da origen al complejo enzima – sustrato, cuando éste se disocia, se libera el producto y la enzima se recupera para formar un nuevo complejo y continuar con las reacciones.

La asociación entre el sustrato y la enzima es muy íntima, inclusive llega a modificar su forma temporalmente. Muchas enzimas, gracias a esta unión, tienen un alto nivel de especificidad, es decir, sólo aceleran ciertas reacciones y no afectan la energía de activación de todos los sustratos existentes. Así, algunos de estos catalizadores biológicos actúan sobre varios sustratos, en cambio otros sólo actúan sobre un sustrato específico. Por ejemplo la ureasa es una enzima que solo actúa sobre la urea y la descompone. (Recordarás que la urea es un producto de excreción presente en la orina). Mientras que la fosfatasa alcalina y la quimiotripsina son ejemplos de enzimas de especificidad amplia, es decir, pueden actuar sobre varios sustratos. La fosfatasa alcalina, que se encuentra en nuestro hígado, huesos y riñones, entre otros órganos, y la quimiotripsina es producida por el páncreas y contribuye con la digestión de las proteínas.

La denominación que se le da a la mayoría de las enzimas surge del nombre del sustrato sobre el cual actúan, añadiéndole a éste el sufijo "asa". Por ejemplo, el azúcar que usamos en nuestras casas se llama sacarosa, y la enzima que la degrada se llama **sacarasa**. Sin embargo, hay nombres de enzimas que no corresponden a esta regla.

¿Todas las enzimas de nuestro cuerpo degradan sustancias?

Hay enzimas que intervienen en procesos de síntesis de compuestos y otras que permiten la degradación de moléculas. Esto se puede apreciar en las reacciones anabólicas, donde las enzimas aceleran la síntesis de nuevos compuestos, y en las reacciones catabólicas, donde se degradan o descomponen moléculas complejas produciéndose compuestos más simples, gracias a la participación de catalizadores biológicos.

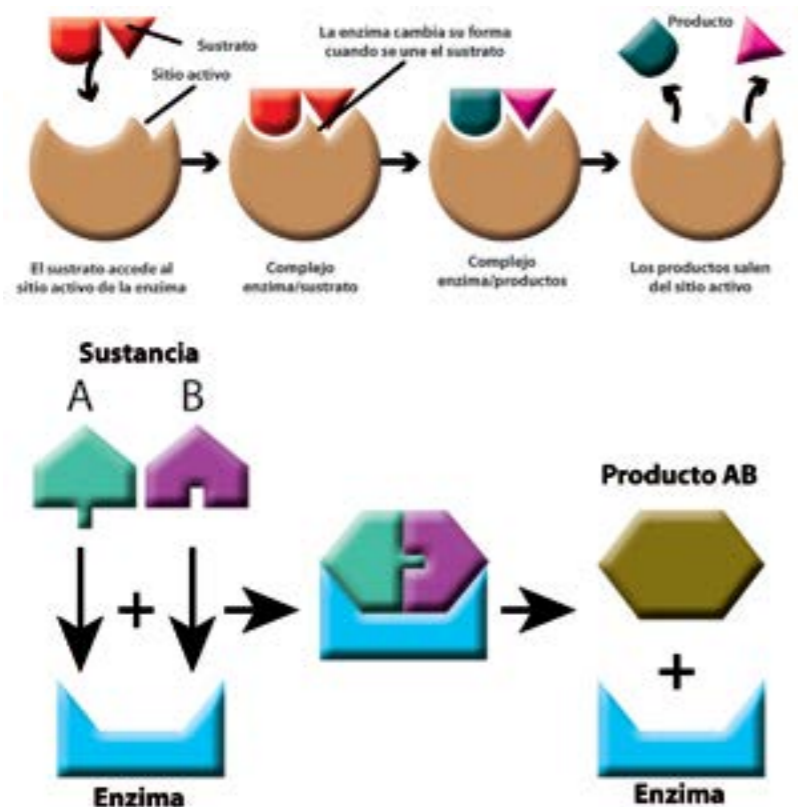


Figura 5.13. Complejo enzima-sustrato. Reacciones de degradación en la parte superior y reacciones de síntesis en la parte inferior.

¿Conoces cuál es la función que tiene una mecha en un taladro?

Podría parecer que esta pregunta no tiene sentido, porque todos sabemos que para abrir agujeros en una superficie con un taladro necesitamos de la mecha, que con ayuda del motor girará a grandes velocidades y permitirá realizar el trabajo. De manera similar a lo planteado ocurre con algunas enzimas, que necesitan un complemento o pieza que las haga funcionar.

A dichos complementos se les llama cofactores, que son sustancias no proteicas que se unen con la enzima para activarla, es decir, para que adopte la forma adecuada para unirse con su sustrato, y de esta manera pueda realizar sus funciones. Los cofactores pueden ser metales como hierro, cobre, calcio, entre otros; algunos cofactores son moléculas más complejas y se les llama coenzimas. A este tipo de enzimas que necesitan un cofactor se les llama apoenzimas. Las moléculas nombradas en párrafos anteriores como NADP, NAD y FAD, son coenzimas.

Para saber más...

Los gatos siameses poseen un pigmento llamado melanina que es el responsable del color oscuro de sus patas, cola, orejas y cara. Una de las principales enzimas participantes en la producción de este pigmento es la tirosinasa, que se hace menos activa en las zonas más calientes del cuerpo, y como consecuencia el pelo nuevo que crece en esas zonas es más claro. Los criadores de los gatos siameses aprovechan esto para aclarar las patas de sus animales colocándoles guantes.



Las enzimas le dan el funcionamiento a la célula y regulan sus actividades, pero, ¿quién regula a las enzimas y cómo lo hace? Existen muchos mecanismos que regulan la actividad enzimática, algunos son factores ambientales que influyen en la célula, y otros son factores internos como el propio metabolismo, que por supuesto incluye a las enzimas.

Entre los factores ambientales podemos mencionar la temperatura y la concentración de sal, entre otros.

Los factores internos son variados y muchas veces forman complejos procesos; podemos mencionar entre estos:

- La presencia de la enzima alostérica, que se caracteriza porque además del sitio activo, posee un sitio llamado regulador o alostérico, donde puede unirse un compuesto para activarla o desactivarla;
- La activación o desactivación del material genético que contiene la información para construir la enzima;
- La presencia de inhibidores competitivos que estructuralmente se parecen mucho al sustrato y compiten por ocupar el sitio activo de la enzima, y no competitivos, porque no compiten por colocarse en el sitio activo de la enzima. Sin embargo, se unen a otra parte de la estructura enzimática y como consecuencia, deforman su estructura, inactivándola;
- La concentración de ácidos;
- La concentración de sustratos.

Por ejemplo, el metotrexato se usa a menudo en quimioterapia contra el cáncer, porque inhibe una enzima implicada en la síntesis de nucleótidos. Como los nucleótidos constituyen moléculas clave como ADN, ARN y ATP, al frenar su síntesis se frena el crecimiento de las células cancerosas. También existen anticonvulsivos que inhiben la expresión de los genes que permiten la producción de ciertas enzimas involucradas en la enfermedad.



Figura 5.14. Bioluminiscencia en larvas de algunos insectos. Esta reacción es catalizada por la enzima luciferasa y la energía la aporta el ATP. El resultado es el desprendimiento de energía, luz fluorescente.

Normalmente, en la regulación de una enzima intervienen no uno sino varios factores reguladores. En el siguiente esquema (figura 5.15) se muestran algunos mecanismos de regulación de la actividad enzimática, que afectan la velocidad de reacción:

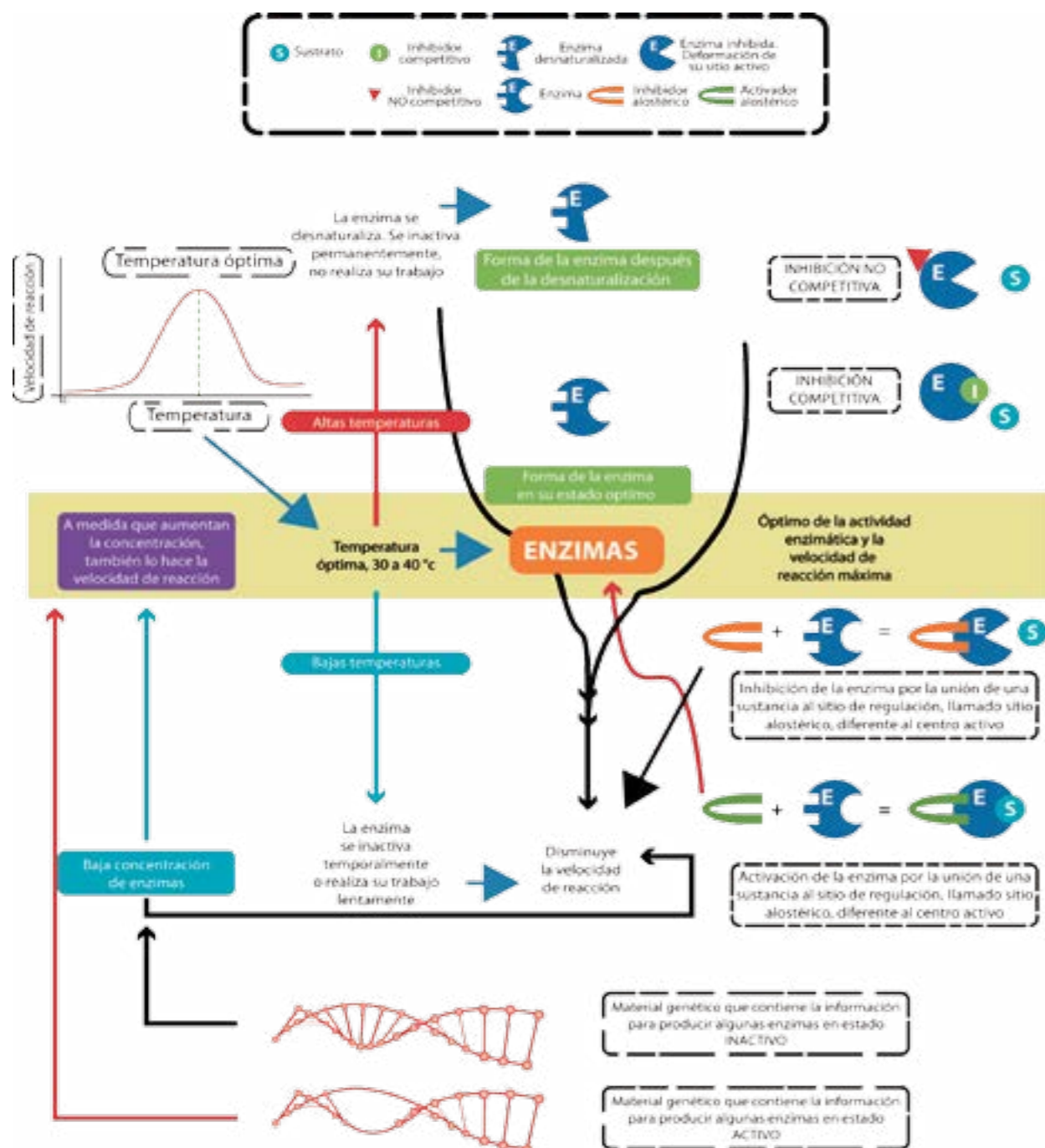


Figura 5.15. Regulación de la actividad enzimática.

Basándote en la información del esquema, te invitamos a realizar en tu cuaderno un cuadro de diferencias y semejanzas entre los mecanismos que regulan la actividad de las enzimas. También te sugerimos elaborar un esquema personal con tu visión del proceso enzimático y regulatorio.

Nos acompañan todos los días de nuestra vida

Si miramos a nuestro alrededor, podremos ver distintos procesos donde actúan las enzimas. Por ejemplo, la maduración de los frutos depende de enzimas como las celulasas que disminuyen la fibra durante ese proceso. Algo tan único y preciado como el chocolate, adquiere su sabor y aroma durante el periodo de fermentado (proceso enzimático) del cacao. La producción de café, la elaboración del pan, el té negro, los quesos, son algunos de los muchos ejemplos de la acción de las enzimas en nuestras vidas. Entre las aplicaciones en las cuales están implicadas las enzimas, se pueden mencionar el procesamiento del cuero con una enzima digestiva (la tripsina) que permite una mejor limpieza de la piel, y la limpieza de derrames petroleros con enzimas bacterianas que degradan el hidrocarburo sin generar daños en el ecosistema.



Figura 5.16. En la fabricación de algunos alimentos, como estos jugos de fruta, se utilizan enzimas.

El conocimiento sobre las enzimas y su actividad data desde muchos siglos atrás. Por ejemplo, hace más de 4.000 años ya los egipcios fabricaban cerveza gracias a procesos enzimáticos. Este conocimiento de la actividad de las enzimas se ha traducido de dos maneras diferentes: por un lado, está el beneficio para las poblaciones humanas, y por el otro, la ambición de lucro de grandes empresas que utilizan la ciencia y la tecnología para acumular ganancias y no para el bien común. Así, los costos de las patentes para usar ciertos productos pueden llegar a ser exageradamente altos, fuera del alcance de muchas sociedades que los necesitarían.



Figura 5.17. Preparando cerveza y pan. Obra del 2300 a. C. aproximadamente. Museo Egipcio de El Cairo.

Otro ejemplo es la producción de alimentos y otros productos mediante la utilización de sustancias que a largo plazo afectan la salud, por ejemplo, en países en vías de desarrollo se utiliza el pesticida endosulfán para eliminar plagas que atacan al algodón, a sabiendas de que tiene efectos negativos a largo plazo.

El conocimiento libre y de acceso público representa una de las alternativas para la construcción de un nuevo orden científico, tecnológico y social. Saber cómo funcionan las enzimas de una levadura para elaborar el pan, conocer que existen jabones con enzimas que son ecológicos, conocer los organismos descomponedores para la producción de gas y de abono orgánico, entre otros saberes, permite a las comunidades realizar mejoras y avances en sus procesos productivos y minimizar la generación de contaminantes. En definitiva, las enzimas y los organismos que los contienen deben ser preservados y cuidados, son fuente de estabilidad y sustentabilidad que generan calidad de vida.



Observando la actividad de las enzimas digestivas

Algunos medicamentos que ingerimos pueden ejercer distintos efectos sobre la actividad de las enzimas que nos ayudan a digerir los alimentos, pudiendo generar algunos trastornos en la digestión y en la nutrición. Tomando como base dicha información podemos realizar en el liceo un pequeño experimento, planteándonos lo siguiente:

¿Cuál será el efecto de las enzimas contenidas en los digestivos comerciales sobre las proteínas de la carne? y ¿qué efecto tendrán algunos medicamentos de uso cotidiano sobre la actividad de las enzimas contenidas en el digestivo de uso comercial?

¿Qué necesitan?

Tubos de ensayo y gradillas o frascos de vidrio (pueden ser de mayonesa, vasos de precipitado, cilindro graduado u otro frasco de vidrio entre 200 mL y 300 ml), palillos, agua, cocinilla eléctrica o de gas (las cafeteras eléctricas son otra alternativa), jarras de metal para calentar, si es el caso, goteros, termómetro con escala entre 0 °C y 50 °C o más, enzimas, alimento y medicamentos (tintura de yodo, suero fisiológico, pastillas digestivas de uso comercial, una porción de carne molida, una pastilla de acetaminofén, una pastilla de ibuprofeno, una pastilla de diclofenaco sódico o potásico).

¿Qué medidas de seguridad deben seguir?

Las pastillas que aquí se indican son para uso de la actividad, no deben ser ingeridas sin la prescripción médica. Se debe cuidar de que no entren en contacto con los ojos. Las personas alérgicas no deben manipular estos medicamentos. Se recomienda informarse sobre las medidas de seguridad y primeros auxilios en el laboratorio.

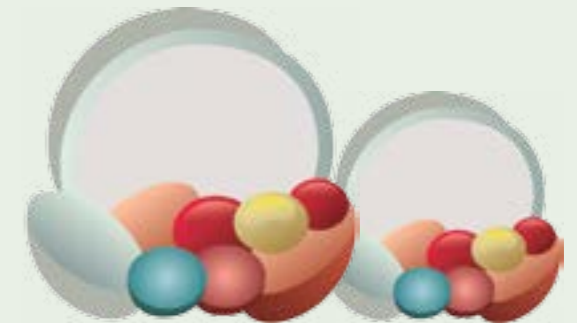
¿Cómo pueden trabajar?

En una reacción química, las sustancias iniciales (también llamadas reactivos) reaccionan y generan un producto, lo que se evidencia por cambios de color, forma, textura, el desprendimiento de un gas, entre otras alteraciones. En las reacciones químicas mediadas por enzimas, también se pueden observar los cambios ya mencionados. Uno de los aspectos a observar en esta experiencia es el efecto de las enzimas digestivas de uso comercial sobre la carne de res a través del tiempo y otro es cómo afectan algunos medicamentos la actividad enzimática y el tiempo de reacción.

¿Cuáles son las condiciones óptimas para el trabajo con las enzimas digestivas que van a actuar sobre la carne?

Es importante que conozcamos cuáles son las condiciones óptimas de funcionamiento de las enzimas y, bajo esas condiciones, dónde se obtiene la mayor actividad enzimática. Por ejemplo, la temperatura de funcionamiento óptimo de la mayoría de las enzimas humanas es de 37 °C aproximadamente. Podemos hablar de un rango entre 30° C y 40° C. Las enzimas digestivas de uso comercial, al entrar en nuestro cuerpo, están influenciadas por las condiciones internas del sistema digestivo, entre estas condiciones está la temperatura. Para representar lo mejor posible las condiciones internas humanas, debemos colocar las muestras a una temperatura similar a la del cuerpo, en agua destilada o suero fisiológico en un baño de maría. El suero fisiológico contiene una concentración de sales similar a la de nuestros líquidos internos.

En nuestra experiencia vamos a utilizar un grupo control que no estará sujeto a la influencia de los medicamentos y representará las condiciones internas de una persona. Los grupos experimentales van a ser aquellas muestras que contienen los medicamentos.



Las enzimas se van a preparar en disolución utilizando 100 partes de agua o suero fisiológico (100 mL) y disolviendo una pastilla o dos (éstas son las cantidades aproximadas que recomiendan los fabricantes que producen dichas enzimas). La cantidad de agua o suero fisiológico puede variar mientras se mantenga la proporción entre la cantidad de pastilla y agua. En referencia a los medicamentos, las disoluciones se van a preparar utilizando las dosis prescritas para casi todos los medicamentos mencionados, es decir, una pastilla que vamos a disolver en 100 partes de agua (100 mL).

¿Cómo preparar las muestras para la experiencia? ¿Qué criterios y condiciones deben respetar?

La preparación de las muestras depende del recipiente que estemos utilizando, por ejemplo si son tubos de ensayo pequeños las cantidades de carne y de solución de enzimas deben ser pequeñas para no rebasar la capacidad de dichos recipientes. Lo importante es que la muestra de carne esté cubierta en su totalidad por la solución de enzimas para así asegurar que todo el tejido entre en contacto con éstas. Cuando conozcan la cantidad de carne y de enzimas que consideraron adecuada, anoten dichas cantidades y replíquenlas en las demás muestras para que de esta manera controlen la cantidad de sustrato y de enzima en la experiencia. Recuerden que entre los factores que afectan la actividad de las enzimas está la concentración de las mismas.

¿Qué cantidad de disolución de medicamento se debe colocar a las muestras?

Al igual que la solución de enzimas, es necesario que la disolución de cada medicamento cubra por completo la muestra de carne, en consecuencia las cantidades de disolución de enzimas y medicamento van a ser similares.



¿Cuál será la cantidad de tiempo necesaria para medir la actividad enzimática sobre las muestras de carne?

Para determinar el tiempo de observación de la digestión de la carne debemos considerar el tiempo que tarda ésta en digerirse en el sistema digestivo del cuerpo humano. Este tiempo puede ser de varios minutos hasta inclusive horas. Consideren utilizar cantidades pequeñas, esto minimizará de manera apreciable el tiempo en que ocurren las reacciones. Una actividad previa que puede ayudarlos a conocer el tiempo necesario a medir en la actividad, consiste en colocar una pequeña cantidad de carne molida con disolución de enzimas y observar cuándo se detienen las reacciones enzimáticas, a través del cese de cambios en la coloración, forma y textura de la carne. Esto les indicará que la mayoría de las reacciones ya se han dado. El tiempo medido les señalará el lapso total en que van a realizar la actividad. Para la observación progresiva de la actividad enzimática dividan el tiempo total en varios periodos que les permitan ver los avances de la experiencia.

¿Cómo observarán?

Elaboren tablas que les permitan recoger los datos, tomen fotografías de los fenómenos estudiados para tener una secuencia de los acontecimientos vividos. Con la orientación de su docente construyan gráficos comparativos entre las variables trabajadas.

¿Cómo pueden interpretar lo que observaron?

Orienten la discusión con las siguientes preguntas: ¿Qué diferencias encontraron entre las diferentes muestras experimentales con carne? ¿Cómo se compara el tiempo de la reacción química entre las muestras? ¿Cómo explican que unas reacciones sean más lentas que otras, si es el caso? ¿Hubo algún efecto del acetaminofén, el ibuprofeno y el diclofenaco sódico sobre la digestión de la carne? ¿Qué evidencia los cambios, si los hubo? Y ¿qué explicación dan ustedes a esos cambios, si hubo alguno? Comuniquen a sus compañeras y compañeros los resultados a través de una exposición que contenga una introducción, el procedimiento que siguieron, resultados y las principales conclusiones.

¿Qué otras maneras interesantes habrá de realizar la experiencia?

Realicen esta actividad con otros medicamentos o sustancias de uso común en sus hogares. Prueben con otros tipos de carne, quesos y dulces, y registren el efecto de las enzimas sobre éstos.



Un proyecto de aprendizaje con impacto en la comunidad: el juego de las enzimas

En grupo y con las orientaciones del docente, elaboren un juego para niños de entre 4° y 6° grados, en el que se explique qué son las enzimas, cómo funcionan y su importancia. Llévelo a la escuela más cercana a su liceo, aplíquenlo y evalúen la efectividad del juego sobre el aprendizaje de los niños. Para mayor orientación de cómo diseñar el proyecto, llevarlo a cabo y evaluarlo, revisen las lecturas sobre investigación en este libro y en los libros de 1^{er} y 2° Año.



Proyecto de aprendizaje: enzimas que nos rodean

En nuestra vida diaria están presentes muchas enzimas. No sólo las del interior de nuestro propio organismo, sino otras de las que nos beneficiamos quizás sin saberlo. Por equipos, pueden organizarse para indagar sobre algunos procesos productivos donde intervienen enzimas. Consideren áreas como: preparación de alimentos, fabricación de ropa, elaboración de medicamentos, producción de detergentes, protección del ambiente, entre otros. Luego de un sondeo, cada equipo puede escoger un proceso determinado y averiguar sus características básicas, aspectos positivos, y riesgos o aspectos negativos. Informen a la clase acerca de lo que indagaron: de ser posible, es bueno traer muestras de los productos estudiados. Con ayuda de su docente, traten de organizar una visita de todo el curso a un centro productivo donde se utilicen procesos enzimáticos.



Actividades de autoevaluación

1.- Basado en el esquema de regulación de la actividad enzimática responde: ¿qué diferencia o diferencias existen entre un inhibidor no competitivo y un inhibidor alostérico? ¿Qué otros mecanismos de regulación existen? y ¿cómo los integrarías a dicho esquema? Amplia el esquema colocando ejemplos de cada uno de los mecanismos regulatorios presentes en éste.

2.- Elabora un tríptico y afiches sobre el uso de las bolsas biodegradables y los jabones ecológicos. En estos materiales establece su relación con las enzimas y su importancia para el ambiente. Lléalos a los mercados y a las personas que están en los alrededores de tu escuela y conviértete en un multiplicador de los beneficios que tienen estos productos sobre la vida y el ambiente.



Cuando visitamos un parque, un zoológico o vamos de viaje por carretera observamos que estamos rodeados de vegetación (árboles, arbustos, hierbas, plantas epífitas) con distintos tipos de verde y otros colores. Es posible detectar que no pueden moverse como nosotros, la mayoría de las plantas están fijas en el suelo o en el agua, otras viven sobre rocas, por lo que tal vez te preguntes: ¿cómo obtienen los nutrientes que necesitan para vivir si no pueden moverse? También, seguro has escuchado que las plantas utilizan el dióxido de carbono (CO_2) del aire y producen el oxígeno (O_2) que respiramos para poder vivir, pero ¿cómo es que este gas nos mantiene vivos?, ¿cuál es su función dentro de nuestro cuerpo?

A diferencia de nosotros, existen otros organismos que son capaces de realizar todas sus funciones sin necesidad del oxígeno. ¿Por qué estos organismos no lo necesitan? ¿Qué procesos vitales los mantienen vivos?

La mayoría de la vida en el planeta se basa en dos grandes procesos energéticos: la **fotosíntesis** y la **respiración**. Crecer, desarrollarse, reproducirse, nutrirse, moverse, es decir, casi todas las funciones vitales de los organismos, dependen de estos dos procesos. ¿Conoces cuáles son las etapas que los conforman? ¿Qué estructuras celulares son capaces de realizar estas funciones?

Los receptores de fotones

Cuando en un día soleado estás en la playa, o juegas una partida de básquet en la cancha, ¿qué sientes?, ¿qué experimenta tu cuerpo? Una de las primeras reacciones que podemos percibir en el cuerpo es sudoración, enrojecimiento y, tal vez, ardor en la piel. Cuando nos sucede esto, estamos en presencia de una transferencia de energía desde la luz del Sol a nuestro cuerpo. La luz es una fuente de energía clave para la vida en la Tierra, de ella dependen muchos procesos y por eso es importante conocer cómo afecta a los organismos, en especial a aquéllos que fotosintetizan, es decir, a aquéllos que son capaces de utilizarla para producir sustancias complejas. Nosotros no somos capaces de hacerlo, pero los vegetales sí (figura 6.1).

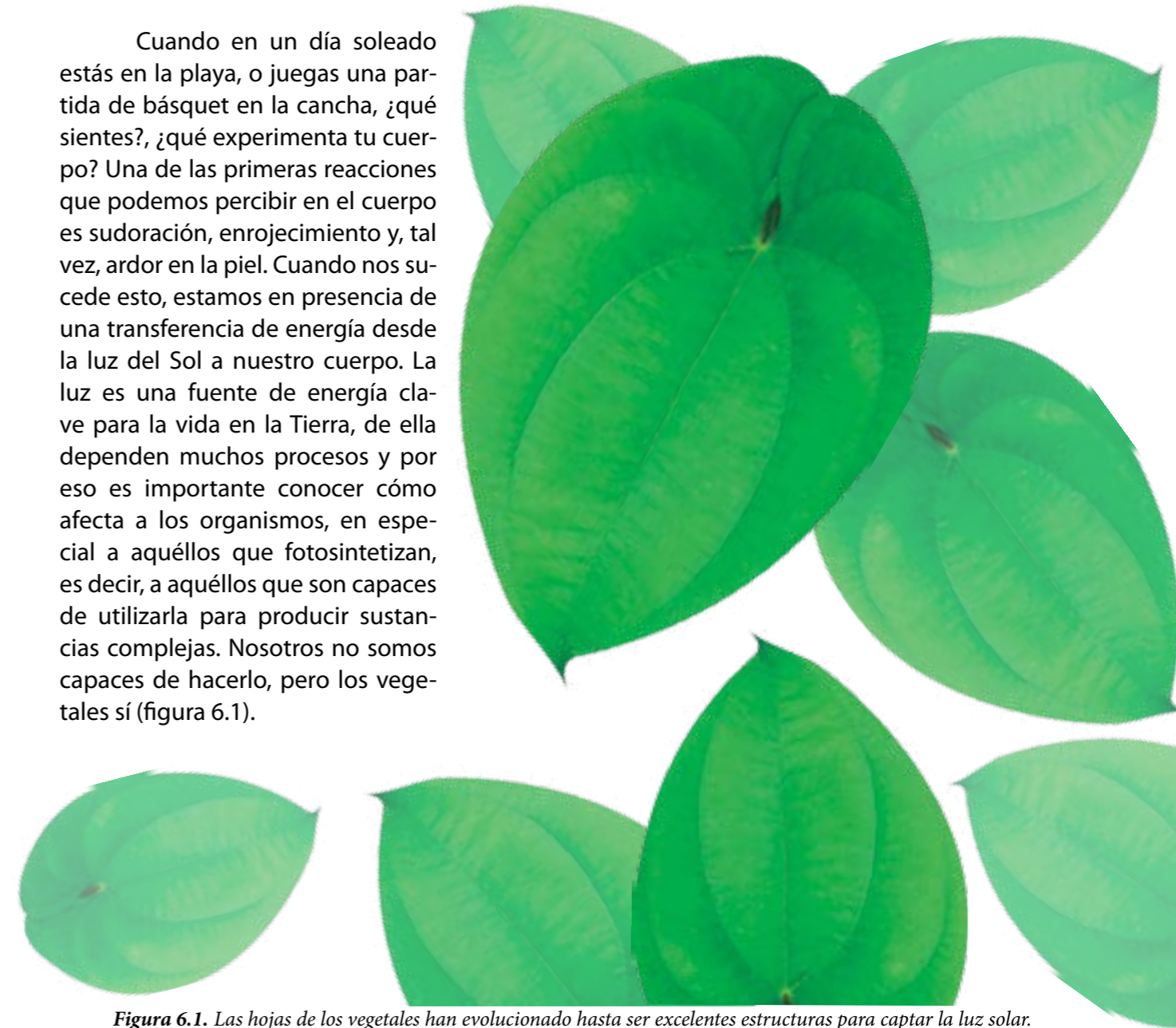


Figura 6.1. Las hojas de los vegetales han evolucionado hasta ser excelentes estructuras para captar la luz solar.

La **luz** en algunos fenómenos se comporta como partículas que corresponden a pequeños paquetes de energía llamados **fotones**. Dicha energía es utilizada por las plantas para fotosintetizar. En otros fenómenos, pensamos en la luz como un onda, por ejemplo, cuando la luz que proviene del Sol atraviesa con cierto ángulo un prisma, observamos que de éste sale luz de diferentes colores, este fenómeno se explica pensando la luz como ondas, cada color corresponde a una onda con cierta frecuencia (energía).

Los objetos no emiten luz propia, son visibles debido a que reflejan parte de la luz blanca que reciben. La parte que reflejan, es la que les da su color. Por ejemplo, una pelota roja refleja la luz roja y absorbe las otras ondas (colores) de luz. En el caso de las plantas, la mayoría son de color verde, esto quiere decir que reflejan el color verde y absorben el resto de los colores, cada uno con una longitud de onda. La clorofila *a* es el pigmento que produce la absorción. En la figura 6.2 se observa que una gráfica de velocidad en la absorción de luz (tasa fotosintética) en una planta en función del color de la luz (longitud de onda), la cual presenta dos picos:

- un pico para los colores azul y violeta (400 a 450 nm).
- otro pico a la derecha derecho, colores anaranjado y rojo (620 a 700 nm).

En la naturaleza, las plantas, las algas y algunas bacterias realizan fotosíntesis, es decir, son las especialistas del mundo natural en la captura y aprovechamiento de la luz.

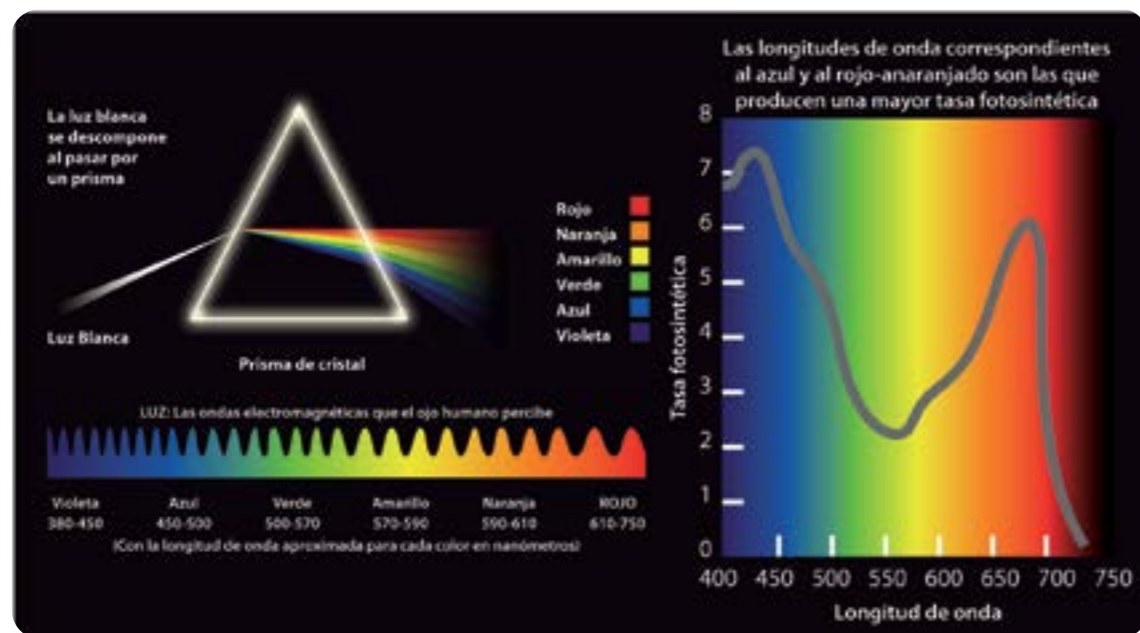


Figura 6.2. Del lado izquierdo puedes observar la descomposición de la luz visible por un prisma. Del lado derecho se observa la relación entre la tasa fotosintética y los colores que componen la luz visible (longitud de onda medida en nanómetro, nm).

¿Qué les permite a estos organismos capturar la luz?

Si viajamos al interior de la hoja de una planta cualquiera, por ejemplo de un árbol de mango, entraremos a sus células y dentro de ellas a las estructuras microscópicas u organelos celulares llamados cloroplastos (figuras 6.3 y 6.4), los cuales contienen un pigmento de color verde: la clorofila. Puedes ampliar esta información en la lectura sobre la pieza fundamental de la vida de este mismo libro.

Los átomos de la molécula de clorofila capturan fotones de luz, así como el jugador llamado receptor o *cácher* captura la pelota. En el planeta existen varios tipos de clorofila, la más común es la clorofila *a*, las otras en combinación con la primera son llamadas clorofila *b*, *c* y *d*. Junto a la clorofila se encuentran otros pigmentos que también pueden captar algo de luz, y que se ven de colores amarillo, anaranjado y rojo.

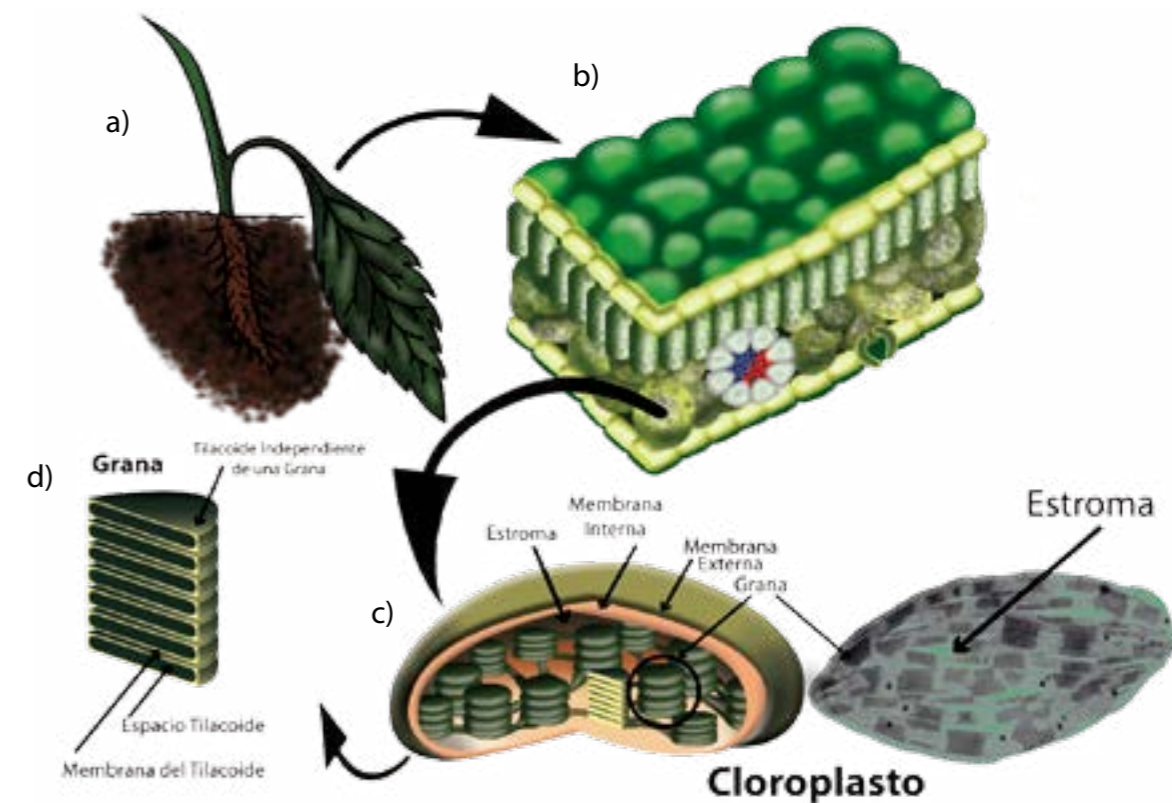


Figura 6.3. a. Hoja de una planta; b. Corte transversal de una sección de la hoja donde se muestran células vegetales; c. Cloroplasto; d. Grana.

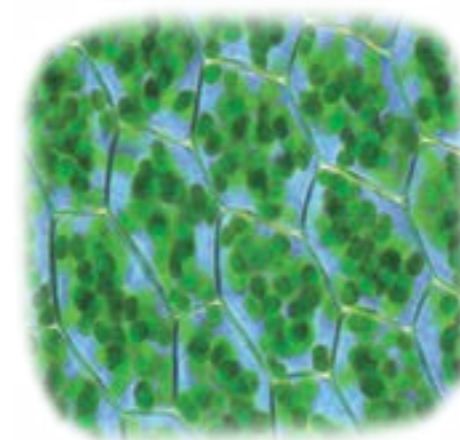


Figura 6.4. Cloroplastos en células vegetales.
Fuente: Wikimedia Commons. Autor: Kristian Peters.

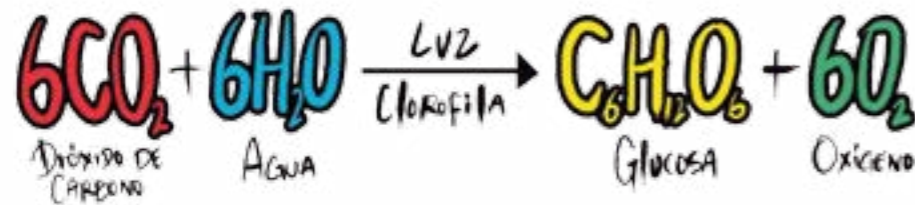
Los cloroplastos tienen forma ovalada. Están limitados por una envoltura formada por dos membranas y su interior está lleno de un material que contiene su propio ADN. Internamente, el cloroplasto está atravesado por una red compleja de discos conectados entre sí, llamados tilacoides (figura 6.3.d). Estos están superpuestos como pilas de monedas, y se llaman granas (figura 6.3.c y 6.3.d). En la membrana del tilacoide se encuentran distintos tipos de clorofilas y otros pigmentos, proteínas, lípidos, enzimas y ATP, allí es donde se realiza la fotosíntesis.

Cada hoja es plana y delgada e internamente tiene dos capas de células. Cada célula contiene un promedio de 50 cloroplastos. Puede haber hasta 500.000 cloroplastos en un milímetro cuadrado de superficie foliar. El cloroplasto es como una antena en miniatura, se orienta con sus millones de moléculas de pigmentos hacia la luz; así se logra una recepción máxima. Sin embargo, sí la energía lumínica es muy intensa, los cloroplastos se disponen de tal forma que la radiación incida oblicuamente para recibir menos luz.

Todos los organismos fotosintéticos (plantas, algas eucariotas y algunas procariotas), capturan la luz. La energía del fotón que llega a la red de pigmentos, se transfiere de pigmento a pigmento, además la molécula de clorofila que absorbe la energía del fotón pierde un electrón que pasa a otra molécula y de ésta a otra hasta llegar a una molécula específica. Este sistema de moléculas de pigmentos se llama fotosistema.

Para saber más... La fotosíntesis es el proceso por el cual las plantas transforman la energía lumínica proveniente del Sol en energía química, contenida en ciertas moléculas como la glucosa. Estas moléculas se forman a partir de dióxido de carbono y agua, con desprendimiento de oxígeno a la atmósfera.

Fórmula general de la fotosíntesis:



La fotosíntesis: ¿con luz o sin luz?

La palabra fotosíntesis significa: foto, luz y síntesis, reunión de varias sustancias para formar un compuesto. En consecuencia, es un proceso de síntesis que requiere la presencia de luz. Sin embargo, durante la fotosíntesis una parte de las reacciones bioquímicas dependen de la presencia de la luz y otra no. A las reacciones dependientes de la luz los biólogos las denominan Fase lumínica de la fotosíntesis.

La Fase lumínica consiste en la captura de fotones y el transporte de electrones; comienza cuando un rayo de luz incide sobre la hoja, llega a un cloroplasto y termina por activar una de las tantas moléculas de clorofila que se encuentran en los tilacoides. La energía del fotón de luz incidente permite que una molécula de clorofila del fotosistema libere un electrón. Éste salta energizado, perdiendo la energía poco a poco en una serie de reacciones químicas en cascada.

Así, la clorofila es capaz de "atrapar" la energía de la luz para luego formar, gracias a ella, moléculas de ATP y NADPH de las que leíste en la lectura anterior. Estas moléculas las utiliza la planta como fuente energética en la Fase no dependiente de la luz o ciclo de Calvin-Benson.

Además, simultáneamente, los enlaces químicos del agua se rompen por causa de la energía de la luz solar, con lo cual se producen 4 electrones (e⁻), 4 protones (H⁺) y una molécula de oxígeno (O₂). Estos electrones permiten que las moléculas de clorofila que habían perdido un electrón, lo recuperen restableciendo su equilibrio. Y el oxígeno liberado es el que nosotros respiramos.



La visita a un jardín botánico como éste de la Universidad de los Andes en Mérida, nos permite conocer más de la vida de las plantas.

¿Cuál es el destino final del ATP y el NADPH sintetizados en los procesos dependientes de la luz?

Sabemos por la lectura anterior sobre enzimas y la moneda energética de la vida, que el ATP y el NADPH son moléculas de múltiples usos e imprescindibles para todos los seres vivos, inclusive aquéllos que fotosintetizan. Estas moléculas, junto con las enzimas, impulsan gran variedad de procesos y reacciones químicas, entre ellas están las reacciones no dependientes de la luz o Ciclo de Calvin, que se dan en el estroma de los cloroplastos (figura 6.5).

Para entender el Ciclo de Calvin es necesario saber que su desarrollo permite la síntesis de carbohidratos, en especial la glucosa y, para que esto último se dé, es necesario que el ciclo ocurra 6 veces. También este número de veces permite restituir todos los componentes para volver a empezar.

El ATP y el NADPH son moléculas para energía "rápida", pero la planta requiere almacenar energía de forma más estable. También requiere "ladrillos" básicos para con ellos fabricar las sustancias que la forman: almidón, celulosa, proteínas, grasas... La glucosa obtenida en el Ciclo de Calvin le va a permitir al vegetal cubrir ambas necesidades. El paso más importante del ciclo se da al inicio, cuando la planta fija el dióxido de carbono (CO₂) del aire: con el carbono de esta sustancia, bastante abundante en la atmósfera, es que va a fabricar la glucosa.

Para ello va combinando el CO_2 con moléculas propias en una serie de pasos, formando diversas sustancias intermedias. La estrella de esta fase de la fotosíntesis es una enzima llamada rubisco: ella es la que facilita la reacción que permite fijar el CO_2 del aire. En realidad su verdadero nombre es mucho más largo: ribulosa-1,5-bisfosfato carboxilasa oxigenasa. ¡Seguramente estarás de acuerdo con que rubisco es un buen apodo!

Observa en el siguiente esquema (figura 6.5) el proceso de la fotosíntesis y dónde ocurre cada reacción en el cloroplasto de la célula. El proceso es complejo y se despliega paso a paso, en el mismo intervienen varias enzimas y se forman diversas sustancias intermedias hasta llegar a la glucosa. Ten presente que la fase lumínica se da en la membrana del tilacoide y presta especial atención al origen del oxígeno que va a la atmósfera. Fíjate que la fase no dependiente de la luz o Ciclo de Calvin- Benson ocurre fuera de los discos llamados tilacoides.

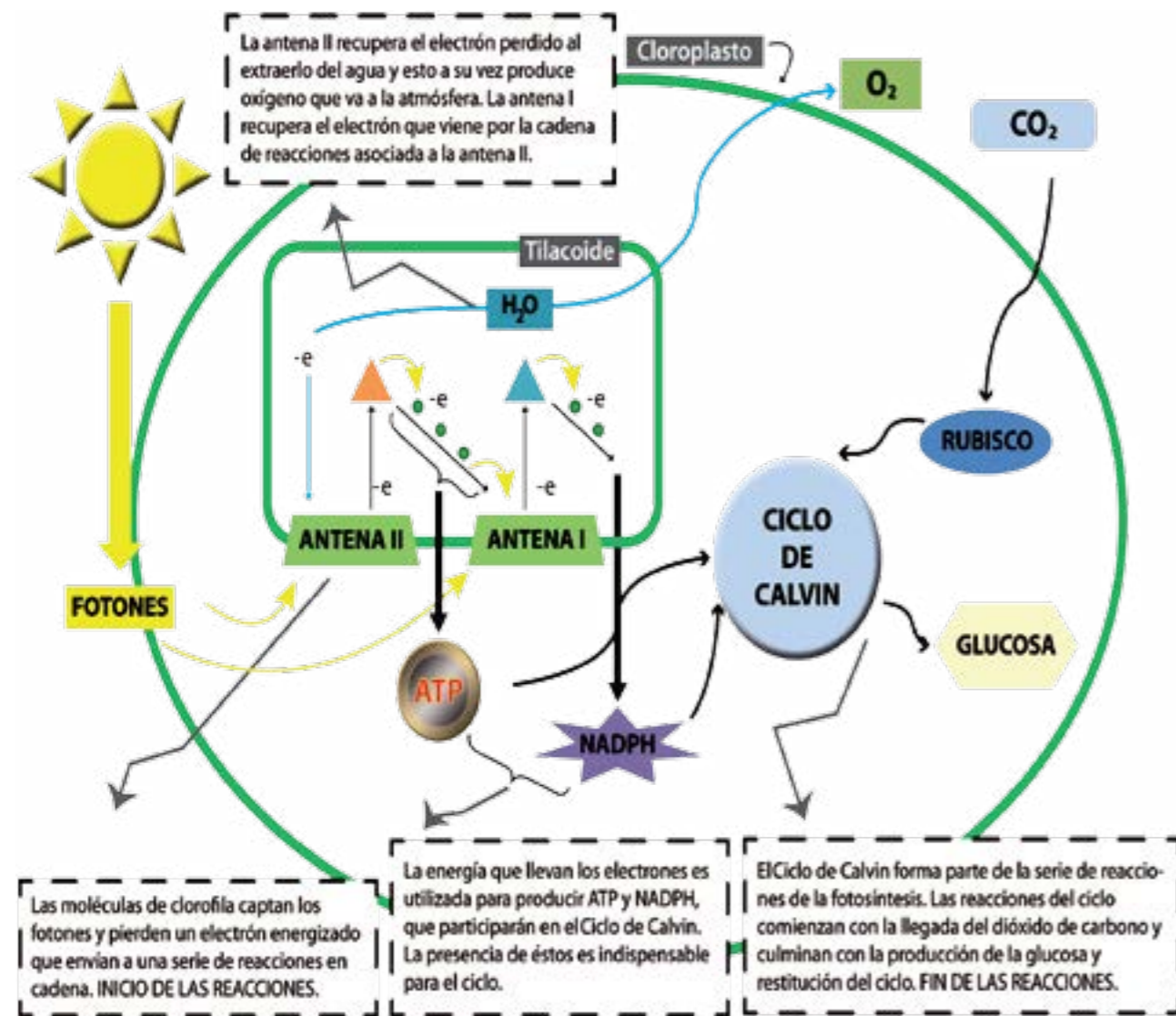


Figura 6.5. Esquema donde se muestra cómo se dan las reacciones dependientes y no dependientes de la luz en la fotosíntesis.

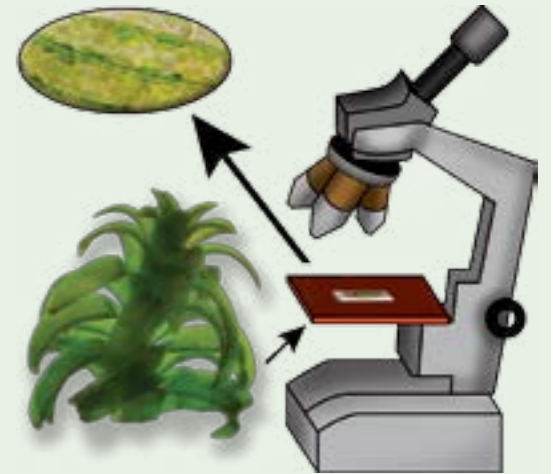


Observando a los cloroplastos

¿Cuál será la forma y el número de cloroplastos que posee una célula vegetal de *Elodea sp* o *Egeria sp*? ¿Qué color y forma posee la célula vegetal?

¿Qué necesitan?

- Rama de la planta de *Elodea sp* o *Egeria sp* (puedes conseguirlas en tiendas de mascotas).
- Microscopio. Portaobjetos y cubreobjetos. Gotero y pinza.



¿Cómo lo harán?

- Preparación de la muestra: Tomen una hoja de *Elodea sp* o *Egeria sp* con una pinza y extiéndanla sobre una gota de agua en el portaobjetos, asegúrense de colocar suficiente agua pero a la vez sin exceso. Coloquen encima de la muestra el cubreobjetos tratando de que no queden burbujas.
- Observemos al microscopio: Observen la preparación al microscopio comenzando con el lente del microscopio de menor aumento (4X). Si no conocen el instrumento pídanle orientación a su docente. Continúen sus observaciones y registros con los lentes de mayor aumento, hasta llegar al objetivo de 40X.
- Registren sus observaciones: para ello pueden dibujar y fotografiar lo que observaron, y compararlo con ilustraciones de láminas y libros al respecto. Identifiquen las partes y compartan sus aprendizajes con sus compañeras y compañeros.
- ¿Qué nombre reciben las estructuras que observaron? ¿Cuál es el color real de las células vegetales? ¿Qué forma tienen los cloroplastos? ¿Cuántos cloroplastos visualizaron en la célula? ¿Se movían los cloroplastos? ¿Por qué?

Los procesos respiratorios

Gracias a la fotosíntesis de las plantas, los demás seres vivos contamos con el azúcar glucosa y otras sustancias orgánicas que permiten nuestra existencia: las plantas verdes son la base de la gran mayoría de las cadenas alimentarias en nuestro planeta. ¿Cómo aprovechamos esos compuestos que las plantas han fabricado? Cada vez que ingieres un alimento tu sistema digestivo lo transforma en sustancias más simples, que pueden ser absorbidas por el intestino. La glucosa compuesta de seis carbonos glucosa (figura 6.6) es una de esas sustancias simples que absorbemos y representa una fuente de energía importante para nosotros y para muchos otros seres vivos. La liberación de la energía almacenada en los alimentos siendo una fuente de energía de las células de todos los organismos. Todo el proceso que permite la liberación de la energía química, contenida en los alimentos, se llama respiración celular.



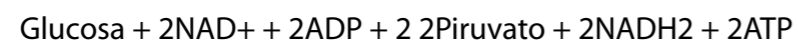
Figura 6.6.
Cristales de glucosa y modelo de su molécula.
¿Cuántos átomos de carbono observas?

Hay dos tipos de respiración: respiración aeróbica y anaeróbica. Todos los organismos, desde las bacterias hasta las ballenas necesitan una de estas vías (algunos las dos). La **respiración aeróbica**, la realizan la mayoría de los organismos y se lleva a cabo en presencia de oxígeno libre, el cual es obtenido del aire o del agua. En este tipo de respiración la glucosa se degrada hasta obtener CO₂ y H₂O y se extrae la máxima cantidad de energía. La **respiración anaeróbica** (an significa sin) la realizan los organismos unicelulares como la levadura y muchas bacterias, ello ocurre en ausencia de oxígeno. En este proceso la molécula de glucosa se degrada parcialmente y se obtienen moléculas con 3 átomos de carbono lo que libera menos cantidad de energía que en la respiración aeróbica.

Como puedes notar ambos tipos de respiración comienzan de igual forma, con un proceso llamado de degradación de glucosa.

La glucólisis

Glucólisis es el nombre que se le da a este proceso en el que la glucosa es transformada en compuestos más simples y donde a su vez se produce energía para el funcionamiento del organismo. "Lisis" significa en griego "ruptura", de ahí "glucólisis": ruptura de la molécula de glucosa. Este proceso se da en el citoplasma de cada célula, con una serie de reacciones químicas organizadas en dos etapas, que parten de la ruptura de la molécula de glucosa que contiene 6 carbonos y se obtiene como resultados: 2 moléculas de piruvato (que contiene 3 átomos de carbono), 2 moléculas de ATP y 2 moléculas de 2NADH₂.



La fermentación

Existen otras vías anaerobias bastante conocidas, por ejemplo la fermentación (figura 6.7), donde reaccionan entre si los productos finales de la glucólisis y se producen en dióxido de carbono (CO₂) y alcohol etílico (fermentación alcohólica) y no necesita oxígeno para darse. De esta manera el NAD queda libre de hidrógenos y puede estar disponible para otra reacción de glucólisis. La mayoría de los organismos que dependen de la fermentación son bacterias y hongos, pero también ocurre en tejidos de organismos más complejos, por ejemplo, en nuestros músculos. Además de la alcohólica, existen otros tipos de fermentación como la láctica y la acética. Para que la glucólisis pueda darse nuevamente se necesita desocupar de electrones al NADH y eso solo se puede lograr mediante reacciones químicas que captan los electrones del transportador y lo dejan de nuevo libre y listo para su uso.

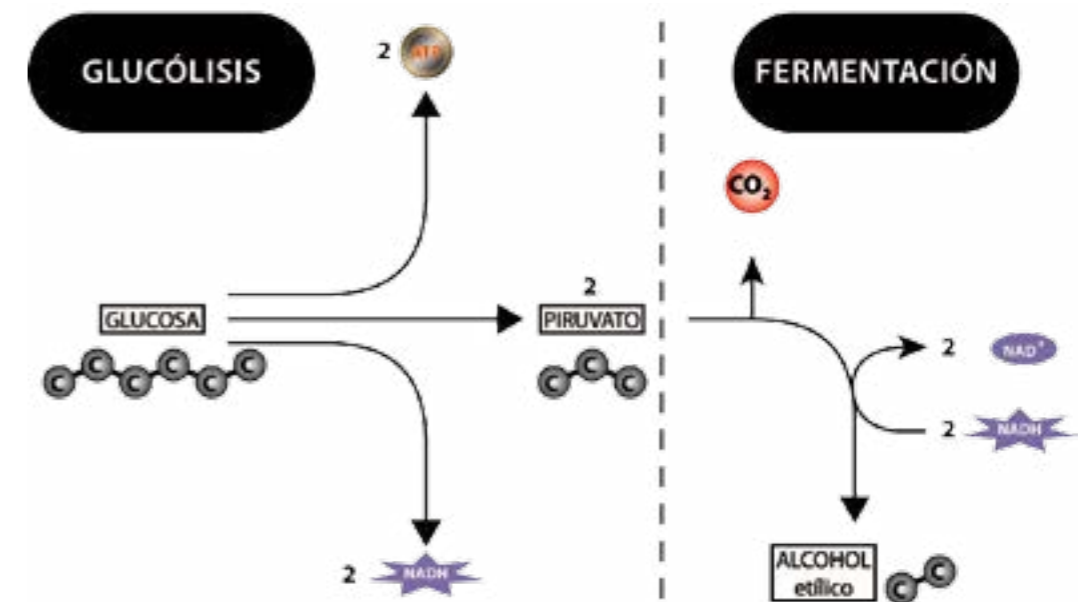
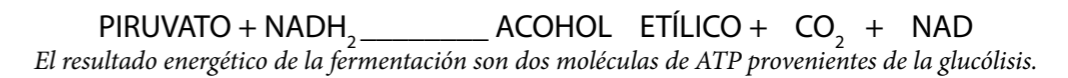


Figura 6.7. Esquema de la glucólisis acoplada a la fermentación alcohólica. Observa que el NADH producido en la glucólisis puede reaccionar con el piruvato y darse en el proceso fermentativo.

Algunos autores diferencian entre fermentación y la verdadera respiración anaeróbica. Consideran que esta última sólo se da cuando en la respiración no se utiliza oxígeno sino otra sustancia, como azufre o hierro. Sólo algunas bacterias presentan este tipo de proceso.

Comúnmente, se piensa que respirar es tomar oxígeno (O₂) y expulsar dióxido de carbono (CO₂) pero esto es sólo la parte más evidente de los procesos de la respiración aeróbica. Lo importante es lo que ocurre dentro de cada célula de un ser vivo, la llamada **respiración celular**: las reacciones químicas que permiten aprovechar la energía química contenida en la glucosa.



¿Cómo son las levaduras?

¿Qué forma y coloración tiene la levadura *Saccharomyces cerevisiae*? ¿Qué aspecto toma una levadura cuando está reproductiva? ¿Sabían que la conocida levadura utiliza la fermentación?

¿Qué necesitan?

- Cultivo de levaduras al 10% m/v (usar levadura instantánea).
- Microscopio. Láminas de portaobjetos y cubreobjetos.
- Gotero.



¿Cómo lo harán?

- Preparación de la muestra: Con un gotero, tomen una porción de cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y añadan una gota sobre el portaobjetos. Luego coloquen encima de la gota el cubreobjetos, tratando en lo posible de que no queden burbujas en la muestra.
- Observemos al microscopio: Observen al microscopio comenzando por el menor aumento (4X). Si no conocen el instrumento, pídanle orientación a su docente. Continúen sus observaciones y registros con los lentes de mayor aumento, hasta llegar al objetivo de 40X.
- Registren sus observaciones, para ello pueden dibujar y fotografiar lo que observaron, y compararlo con ilustraciones de láminas y libros. Identifiquen las partes y compartan sus aprendizajes con sus compañeras y compañeros.
- ¿Cuál es el color de las levaduras? ¿Qué forma tienen? ¿Las células están juntas o separadas? Si están juntas ¿son del mismo tamaño? Si son de diferentes tamaños ¿a qué se debe esto?

Si no hay mitocondrias no jugamos

La respiración anaeróbica no requiere de mitocondrias y no utiliza el oxígeno para darse. A diferencia de esto, la respiración aeróbica necesita a las mitocondrias (figura 6.8) y el oxígeno para llevarse a cabo, la ausencia de éstos llevaría a la célula a la muerte o bien, si es capaz de realizarla, a limitarse a la fermentación, que es una vía mucho menos productiva.

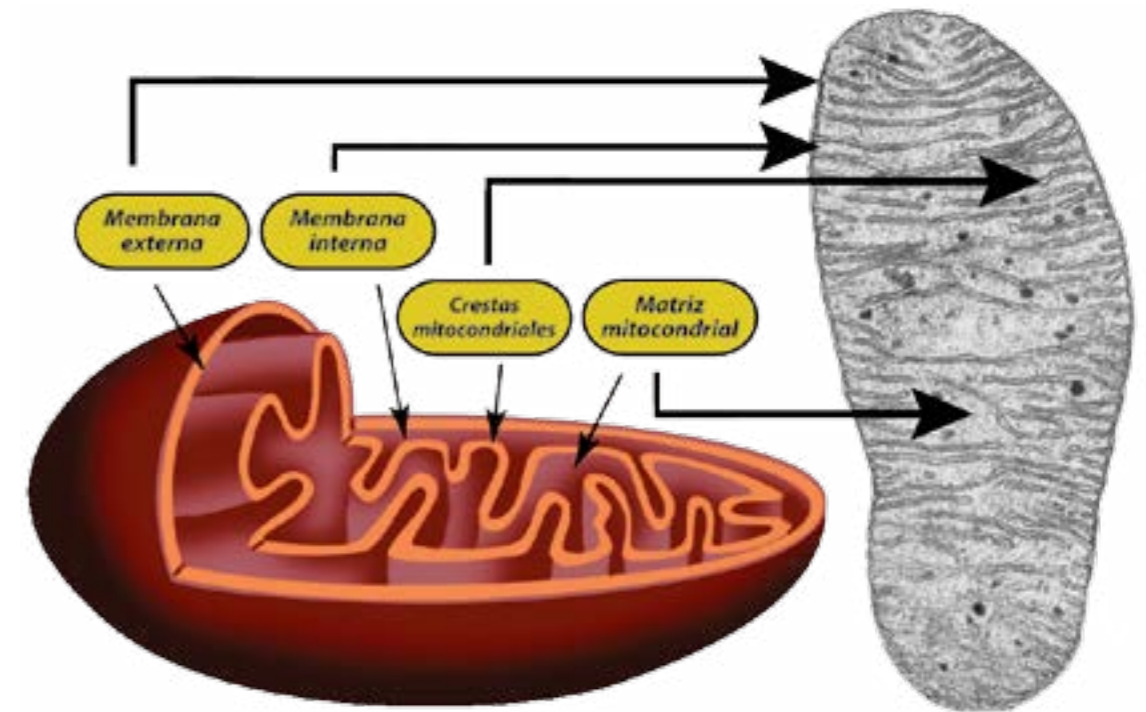


Figura 6.8. Modelo y microfotografía de mitocondria y sus partes.

¿Por qué sin mitocondrias no jugamos?

Después de la glucólisis, que es un proceso que se da fuera de las mitocondrias, en la respiración aeróbica se dan tres etapas, que son la formación de acetyl Coenzima A a partir del piruvato, el Ciclo de Krebs y la cadena respiratoria o cadena de transporte de electrones. Todas estas tres etapas ocurren dentro de las mitocondrias, y sin ellas no se puede participar en el juego de la respiración.

Las mitocondrias son organelos que se encuentran dentro de las células de seres vivos aeróbicos como nosotros. Recuerda que en la lectura "La pieza fundamental de la vida" ofrecemos información sobre las partes y la estructura mitocondrial. Conocer las partes de este organelo es de gran importancia para entender el proceso respiratorio, porque cada una de ellas interviene en la respiración celular. Los complejos moleculares de la cadena respiratoria se encuentran ubicados en la membrana interna de todas las mitocondrias y el Ciclo de Krebs se da en la matriz mitocondrial (figura 6.8).

Para saber más... La respiración es el proceso en el cual la célula extrae de ciertas moléculas (como las de los carbohidratos), a través de reacciones enzimáticas, energía en forma de ATP para su funcionamiento. En el caso de la respiración aeróbica requiere de oxígeno.



En el esquema de la figura 6.9 se detalla el proceso de respiración aeróbica, comenzando por la glucólisis hasta la cadena respiratoria. El proceso se realiza paso a paso, genera diversas sustancias intermedias y utiliza varias enzimas. Pero su lógica es sencilla: la glucosa tiene encerrada en sus enlaces una importante cantidad de energía, gracias a la respiración la célula logra romper la molécula de glucosa, liberar esa energía y guardarla en moléculas de un compuesto que la transporta rápidamente a donde haga falta: el ATP, nuestra "moneda energética".

A) En la primera fase del proceso (la glucólisis) sólo se logra romper cada molécula de glucosa en dos moléculas de tres carbonos cada una y apenas se generan así 2 ATP.

B) Pero en la segunda fase de la respiración aeróbica, las dos moléculas de tres carbonos (piruvato) terminan descompuestas en seis moléculas de un solo carbono: el dióxido de carbono o CO_2 . Esta fase del proceso es mucho más productiva: genera 36 moléculas de ATP. Recordarás que, en nuestro caso, el CO_2 producido en cada una de nuestras células lo expulsamos finalmente al exterior gracias a la sangre y los pulmones. Esta descomposición tan completa de la glucosa necesita del oxígeno para producirse. El mismo lo tomamos a través de nuestras vías respiratorias y lo llevamos a cada una de nuestras células a través de la sangre. Con la figura 6.9 puedes analizar con tus docentes los demás procesos.

Aquí hemos hablado del azúcar glucosa, pero otros compuestos pueden así mismo entrar en algún punto del proceso: concretamente, moléculas simples de grasas e incluso aminoácidos. De hecho, las moléculas de grasas son buenos reservorios de energía.

No sólo los animales, también las plantas respiran, pues la energía que atrapan del Sol la guardan en moléculas como las de glucosa y otras, y cuando necesitan de la energía, rompen estas moléculas mediante el proceso respiratorio. De hecho, la respiración aeróbica está presente en animales, plantas, algas y muchos microorganismos.

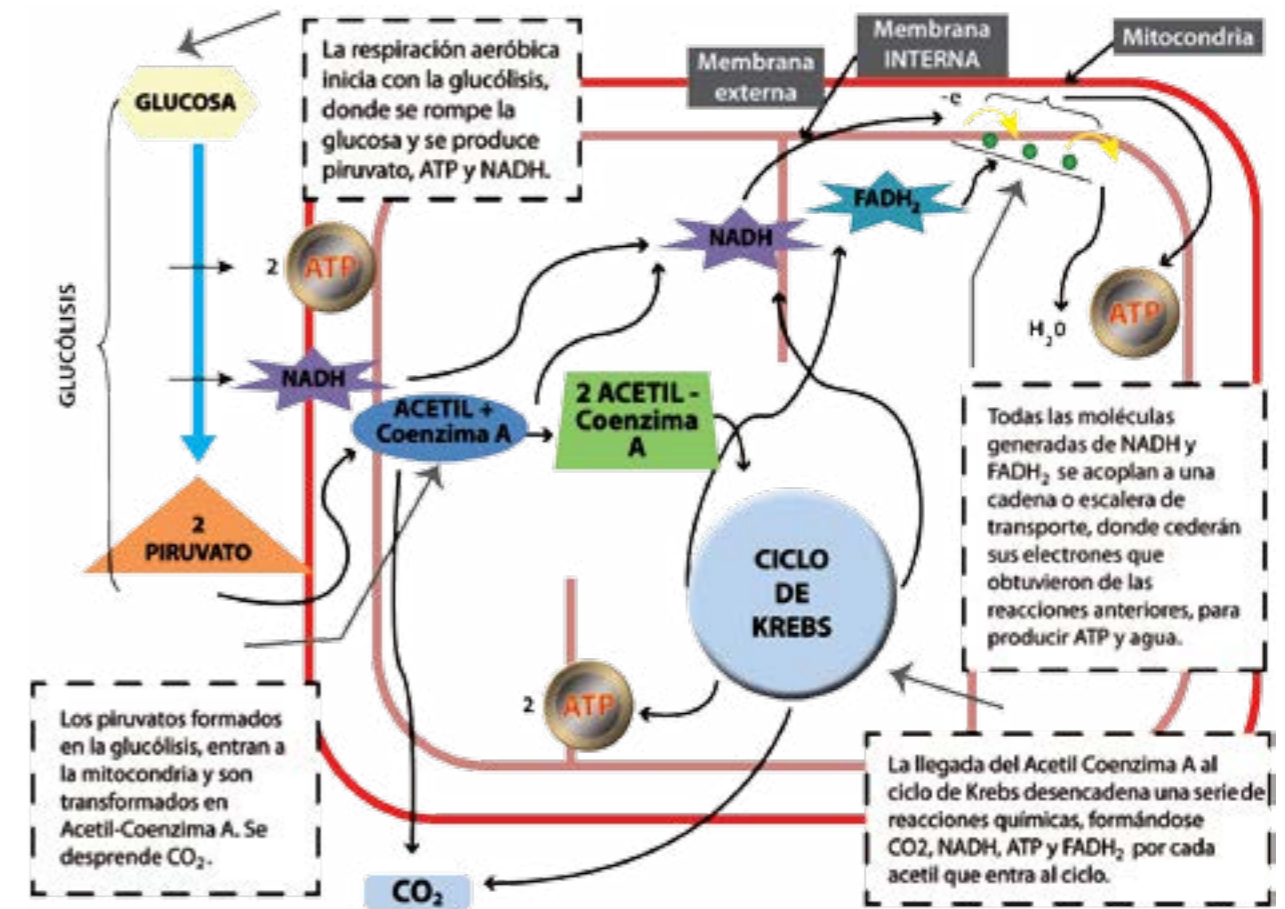


Figura 6.9. Esquema donde se muestran las reacciones químicas de la respiración aeróbica y su ubicación en la mitocondria.

La fotosíntesis y la respiración en nuestros días

El Sol es una fuente importante de energía para la vida, de hecho, es la base de casi todas las cadenas y tramas alimentarias. El productor toma dicha energía, la almacena y la utiliza para su funcionamiento. Los consumidores toman de los productores la energía transformada y almacenada para mantenerse vivos, y así sucesivamente de un ser vivo a otro.

¿Qué importancia tiene para una comunidad de personas conocer el proceso fotosintético? Nuestros pueblos campesinos conocen bien lo importante que es la luz y la intensidad de ésta para una planta. Saben que algunas plantas necesitan más sol que otras y que de esto depende la producción de los frutos, el crecimiento y la reproducción del vegetal. Toda esa información tiene su raíz en la fotosíntesis. Otro aspecto que es conocido y que cada vez más debe calar en nosotros, es el principio de que las plantas purifican nuestro aire, que cada vez que sembramos un árbol y mantenemos una planta, estamos descontaminando y contribuyendo con la disminución del calentamiento global. Un solo árbol puede fijar en promedio y dependiendo de la especie, entre 4 kg y 16 kg de CO_2 al año (algunas especies 40 kg), retirando este gas de la atmósfera, al mismo tiempo que enriquece el aire con oxígeno.



Figura 6.10. Nuestros pueblos campesinos conocen bien sus cultivos y los requerimientos de éstos.
Fuente: Min. P. P. Agricultura y Tierras

¿De qué manera hemos aprovechado desde nuestros orígenes las bondades de los procesos respiratorios? La primera respuesta a esta pregunta es que desde que nacemos, inclusive desde el vientre de nuestra madre, estamos respirando; todos los organismos respiran, necesitan de la energía que se produce en este proceso para poder vivir. Muy aparte de la necesidad vital, están otras formas de aprovechamiento de la respiración y la fermentación. Cada vez que tomamos chicha andina, comemos pan o nos tomamos una malta, estamos evidenciando la utilidad de la fermentación.

Muchas veces sin saberlo usamos biotecnología para la producción. Como pequeños obreros en una fábrica, así son las levaduras y bacterias que facilitan la generación de alimentos a través del proceso fermentativo. Debemos mejorar todas aquellas biotecnologías que nos ayuden a contaminar menos y nos permitan mejorar nuestras condiciones de vida.



Figura 6.11. La chicha andina es una bebida tradicional de esa zona de nuestro país. ¿Alguna vez la has probado?



Indagando la fotosíntesis y la fermentación

Como lo indica el título de esta lectura, la respiración y la fotosíntesis son los dos procesos biológicos que mantienen la vida en la Tierra. Las cadenas alimentarias y los ciclos biogeoquímicos, entre otros procesos, están fuertemente influenciados por estos dos grandes metabolismos. La fotosíntesis y la respiración no son procesos aislados y de una u otra manera son dependientes de las condiciones en las cuales se llevan a cabo: la temperatura, la intensidad lumínica, la calidad de la luz (longitudes de onda, colores), la salinidad, la acidez, la disponibilidad de CO_2 , la cantidad de sustratos, entre otras, pueden afectar a estas vías metabólicas.

Ustedes pueden investigar directamente estas realidades, para ello les proponemos trabajar con dos tipos de seres vivos muy usados en los laboratorios científicos: uno autótrofo, la planta *Elodea sp* (o bien *Egeria sp*), para indagar sobre la fotosíntesis. Y otro heterótrofo, la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, para indagar sobre la fermentación alcohólica, que es un tipo de proceso anaeróbico de obtener energía.

Les sugerimos que, para empezar, con la planta exploren el efecto de distintos tipos de radiación (por ejemplo, luz azul y luz verde). Y con la levadura exploren el efecto de la sal y del vinagre, pues salinidad y acidez son dos factores importantes para muchos seres vivos. Después, ustedes pudieran investigar otras situaciones que les parezcan relevantes y factibles, de acuerdo a lo que están aprendiendo sobre la fotosíntesis y la respiración. Antes de comenzar, necesitan plantearse en forma precisa sus preguntas de investigación: ¿qué es lo que van a investigar con la planta y con la levadura? Pueden guiarse por nuestra propuesta de trabajo.



En el espectro de la luz visible, algunos colores de luz son mejor aprovechados por las plantas que otros.

¿Qué necesitan?

Bombillo de luz incandescente de 100 W, sódete con cable y enchufe, rama de planta de *Elodea sp* o *Egeria sp*, 4 tubos de ensayo y una gradilla (o cualquier soporte que permita mantener estables los tubos o recipientes para realizar la experiencia), solución de bicarbonato de sodio al 0.50 % m/v, papel celofán azul y verde, lámpara, cultivo de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) al 10% m/v (usar levadura instantánea), gotero o pipeta de capacidad de 10 ml, azúcar de mesa, plastilina y 2 gradillas, mangueras de goma o torniquetes, vinagre blanco y sal de uso doméstico, agua, cronómetro, balanza.

¿Cómo lo harán?

Medición de la tasa fotosintética.

La tasa fotosintética en *Elodea sp* o *Egeria sp* se puede medir de diferentes maneras, entre éstas podemos mencionar: el consumo del gas dióxido de carbono (CO_2), la producción de glucosa, o la producción del gas oxígeno (O_2). El dióxido de carbono en nuestra experiencia vamos a controlarlo con una disolución de bicarbonato de sodio (100 partes de agua con 0.50 g de bicarbonato de sodio) que hará los aportes necesarios de este gas, para la fotosíntesis. La producción de glucosa se mide con métodos específicos y con aparatos especializados; y la producción de oxígeno se puede cuantificar contando las burbujas que se producen de este gas.

¿Por cuánto tiempo se debe observar la experiencia para cuantificar la tasa fotosintética? La cuantificación de la tasa fotosintética se debe hacer a lo largo de 15 minutos, este tiempo nos va a permitir ver las variaciones que pueden darse en la fotosíntesis que estamos midiendo. Dividan este tiempo en intervalos para secuenciar la observación.



Ilustración del montaje para el experimento.

Como en esta experiencia vamos a estudiar el efecto de la calidad de la luz, necesitamos mantener constantes otros factores. Entre ellos, es importante mantener constante la intensidad lumínica, es decir, la cantidad de luz. Para ello, debemos usar un solo tipo de bombillo a lo largo del proceso (nuestra fuente de luz) y ubicarlo a una distancia fija del vegetal, entre 10 cm y 100 cm es lo adecuado.

Cuando hablamos de calidad nos referimos a las longitudes de onda, es decir, a los colores que componen la luz visible. Para realizar nuestra experiencia utilizaremos tres muestras de la planta y colocaremos ante una de éstas una lámpara que emita la luz directa para representar las condiciones normales de iluminación, otra donde la lámpara esté cubierta con papel celofán azul y una tercera donde se cubra con papel celofán verde.



Cámara de fermentación de pan.

Medición de la fermentación en la levadura: La fermentación alcohólica es el tipo de proceso anaeróbico que realiza la levadura. Ésta degrada el azúcar y genera como productos finales el alcohol y el dióxido de carbono (CO_2). La cuantificación del alcohol debe hacerse bajo instrumental y procedimientos especializados. En cambio, el dióxido de carbono, que es un gas, puede medirse directamente contando la producción de burbujas. ¿Por cuánto tiempo se debe observar la experiencia para cuantificar la fermentación alcohólica? Recuerden que la medición del tiempo es necesaria para tener un punto de comparación inicial y final. Pueden realizar la experiencia durante 15 minutos. Dividan el tiempo en intervalos para secuenciar la observación.

¿Qué condiciones se deben controlar (mantener constantes) para poder estudiar lo que nos hemos planteado, o sea, la influencia de la salinidad o de la acidez? Primero, todas las muestras del cultivo de levaduras deben tener la misma concentración, para que la concentración de enzimas a su vez sea siempre la misma. Sugerimos 10 g de levadura en 100 partes de agua. Pueden variar esta concentración siempre y cuando la utilicen en todas las muestras de esta experiencia. Así mismo, es necesario mantener la temperatura constante, recuerden que la actividad de las enzimas dentro de la levadura es influida por cambios de temperatura. También es importante controlar la cantidad de azúcar (sustrato) en cada cultivo de levadura. Sugerimos utilizar 5 g de azúcar disueltos en el cultivo de levadura (disolver totalmente) para que comience la fermentación.

¿Cómo pueden preparar las muestras para la experiencia? ¿Qué criterios y condiciones deben tomar? La preparación de las muestras depende del recipiente que estemos utilizando; por ejemplo, si son tubos de ensayo pequeños, las cantidades de levadura y de solución salina o vinagre, deben ser pequeñas para no rebasar la capacidad de dichos recipientes. Es importante que tomen en cuenta que la fermentación con levadura produce espuma que puede derramarse del recipiente que estén utilizando. En el tubo de ensayo control de nuestra experiencia, debemos colocar partes iguales de agua y de la mezcla preparada de cultivo de levadura más azúcar.

El agua no influirá sobre los organismos y nos permitirá hacer las comparaciones necesarias con los grupos experimentales. Las muestras experimentales llevarán la misma cantidad de levadura + azúcar del grupo control y, en el primer caso, una cantidad de solución salina (se sugiere para preparar la solución salina disolver 3 g de sal en 100 ml de agua equivalente a la cantidad de agua colocada en el control).

En el segundo caso, se colocará una cantidad de vinagre blanco equivalente a la cantidad de agua colocada en el control (la muestra que contiene solución salina se prepara aparte de la que se le añade vinagre y de la que contiene sólo agua) Es importante atrapar el gas de forma efectiva. Con la ayuda de una manguera de goma (torniquete) podemos conducir el gas de los tubos con levadura a otro tubo con agua que nos permita ver las burbujas. El uso de plastilina para sellar la boca del tubo control y de los experimentales evita que se escape gas y contribuye a que solo se conduzca por la manguera de goma.

¿Qué observan?

Elaboren las tablas que les permitan recoger los datos, tomen fotografías de los fenómenos estudiados para tener una secuencia de los acontecimientos vividos. Con la orientación de su docente construyan gráficos comparativos entre las variables trabajadas.

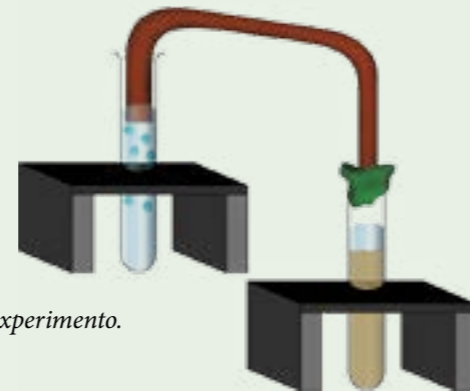


Ilustración del montaje para el experimento.

¿Cómo lo pueden interpretar?

- Orienten la discusión con las siguientes preguntas.
- Para la tasa fotosintética: ¿Cuál de las muestras rindió mayor cantidad de burbujas? ¿Por qué? ¿Qué relación tienen los resultados con el espectro de absorción de la clorofila? ¿Podríamos identificar la presencia de oxígeno en las burbujas? ¿Cómo lo haríamos?
- Para la fermentación: Comparen la producción promedio de burbujas entre las muestras. ¿Hubo algún efecto de la solución salina o del vinagre sobre la fermentación con levadura? ¿Qué evidencia los cambios, si los hubo? Y ¿qué explicación le pueden dar? Comuniquen a sus compañeras y compañeros los resultados a través de una exposición que contenga una introducción, el procedimiento que siguieron, resultados y las principales conclusiones.

- Para ambas: ¿Por qué se usa un grupo control? ¿Por qué en cada grupo experimental se modifica una sola variable a la vez?

¿Qué otras experiencias podrían realizar?



- Las que a ustedes se les ocurran. Pero, por ejemplo, sería posible estudiar la tasa fotosintética con otros colores de luz, y con otras intensidades lumínicas. Y en el caso de la fermentación, pueden variar la concentración de levadura, o la concentración de azúcar. También pueden variar la temperatura. O trabajar con otros niveles de salinidad o acidez.

Figura 6.12. Producción de toxoide tetánico por procesos de fermentación. Trabajos pioneros en Venezuela: Yolanda de Milá de la Roca, Beltrán del Valle Azuaje y Omar Gil con su Fermentador Caracas (1979).

Fuente: Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel, v. 39 n.1 Caracas jun. 2008.



Actividades de autoevaluación

1. Investiga en la localidad o estado donde vives algunos productos que se obtienen con base en la fermentación. Describe cuál es el procedimiento seguido para elaborar uno de dichos productos. ¿Cuáles son los organismos que se utilizan en el proceso? Indaga si existe alguna tradición relacionada con el producto elaborado por fermentación.
2. Realiza una visita a la página web del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente o acude a sus oficinas e investiga: ¿cuáles son los objetivos a alcanzar con la Misión Árbol? ¿Cuáles son las especies que se utilizan para la siembra en esta misión? ¿Por qué se utilizan dichas especies? ¿Qué relación existe entre la Misión Árbol y los procesos vitales estudiados en esta lectura? ¿Qué relación existe entre la Misión Árbol y el calentamiento global?

¿CÓMO LAS CÉLULAS FABRICAN SUS PROTEÍNAS?

Como has podido aprender, las proteínas son sustancias fundamentales de las células de todos los seres vivos, ya que forman parte de sus estructuras y participan en muchas de sus funciones. Si te imaginas una célula como si fuera una casa, las proteínas serían los ladrillos y otros materiales de construcción, pero también el sistema eléctrico, los tubos de gas y las tuberías de agua que mantienen funcionando la casa.

Si queremos hacer reparaciones o modificaciones a nuestra casa, necesitamos recurrir a un plano que nos indique la disposición de las vigas, cables, cañerías, etc. De la misma manera, la célula para mantenerse viva necesita tener almacenadas de alguna manera las instrucciones para fabricar sus proteínas. De hecho, unas moléculas denominadas **ácidos nucleicos** contienen las instrucciones codificadas para la síntesis de las proteínas, y de esta manera controlan todos los procesos vitales de las células. Estos ácidos nucleicos son el **ácido desoxirribonucleico (ADN)** y el **ácido ribonucleico (ARN)**.

En esta lectura conoceremos cómo la estructura de la molécula de ADN contiene la información, como si fuera un "manual de instrucciones", para que la célula fabrique sus proteínas. Descifraremos el código de este "manual" y estudiaremos cómo el ARN transcribe estas instrucciones para traducirlas a proteínas. También veremos que existen excepciones a este proceso. El modo como ocurre todo ello es objeto hoy de prometedoras e intensas investigaciones.



Un "manual de instrucciones": el ADN

Los ácidos nucleicos se denominan así porque se aislaron por primera vez del núcleo de células vivas. Existen diferentes tipos de ácidos nucleicos ubicados en el núcleo, en el citoplasma y en el interior de algunos organelos celulares como las mitocondrias y los cloroplastos. Aunque están entre las moléculas más grandes de los seres vivos, los ácidos nucleicos se componen de una reducida variedad de moléculas más pequeñas.

Los ácidos nucleicos: ácido desoxirribonucleico (ADN) y ácido ribonucleico (ARN) están formados por cuatro unidades básicas denominadas nucleótidos. Cada nucleótido está formado por una base nitrogenada: Adenina (A) Guanina (G) Citocina (C) o Timina (T) para el ADN, y para el ARN, Adenina (A) Guanina (G) Citocina (C) o Uracilo (U). Además tienen un azúcar de cinco carbonos (pentosa) y un grupo fosfato. Los dos primeros nucleótidos poseen dos anillos y se clasifican como purinas, mientras que los dos últimos poseen un solo anillo y se denominan pirimidinas. Más adelante podrás ver la diferencia entre estas dos moléculas (figura 7.1 y 7.8).

El orden y secuencia de cada nucleótido en la molécula de ADN o de ARN contiene información específica, que es la responsable de las características de cada célula, organismo y especie a la cual pertenecen. Imagina un collar formado por muchas cuentas de 4 colores: rojo, azul, verde y gris, las cuales combinas de diversas maneras. Ahora supón que este collar es una molécula del ácido nucleico ADN y las cuentas que lo forman son los nucleótidos.

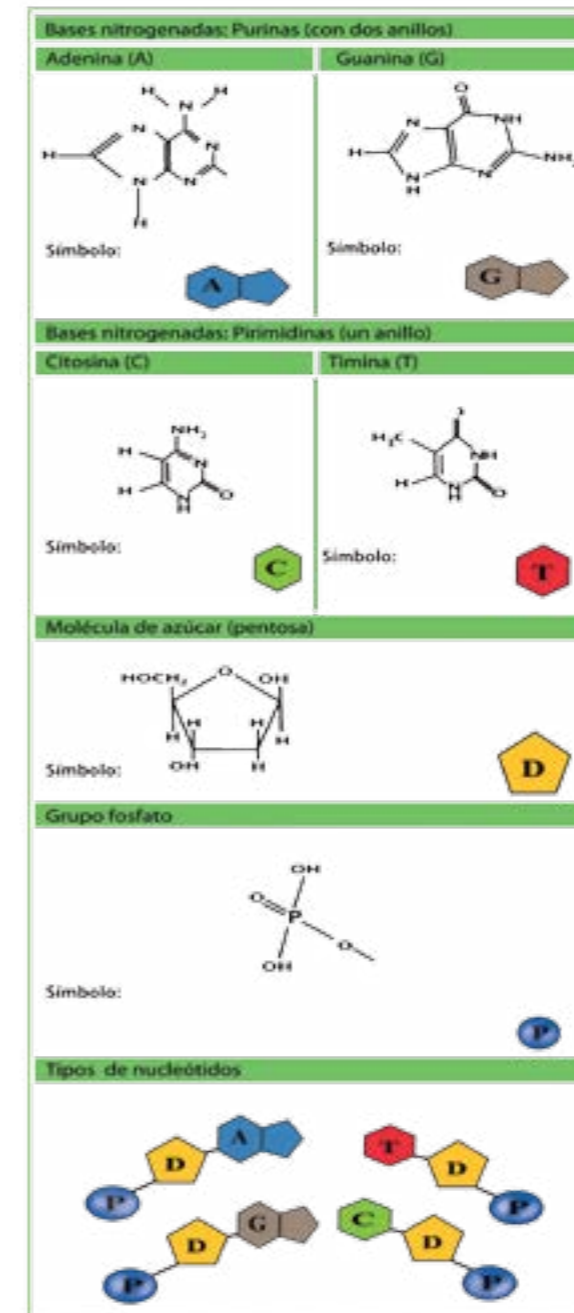


Figura 7.1. Componentes del ADN. Esquema de los cuatro tipos de nucleótidos y la composición química de las moléculas que los constituyen. Los átomos de carbono de los anillos no se marcan.

Por la década de 1930, las investigadoras e investigadores consideraban que el ADN participaba, de alguna manera, en la formación de proteínas, pero pensaban que esta molécula era demasiado sencilla para contener toda la información necesaria para la vida, por comparación con las propias proteínas, formadas por una combinación de veinte aminoácidos que permiten mayor variabilidad.

Los primeros indicios de la importancia del ADN fueron obtenidos por Oswald Avery, Colin McLeod y Maclyn McCarty en 1944, quienes consideraron los trabajos previos realizados por Frederick Griffith en 1928, los cuales se resumen en la figura 7.2.

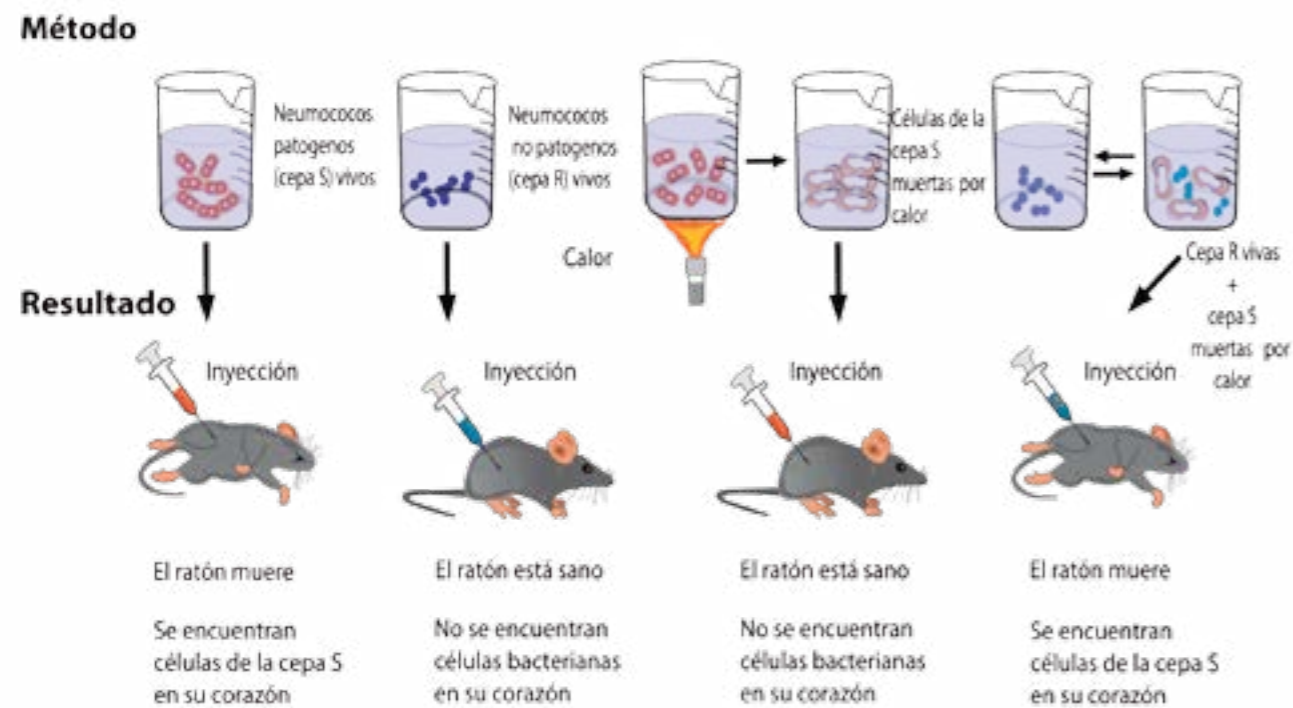


Figura 7.2. Experimento de Griffith, a partir del cual concluyó que un componente químico de una célula era capaz de transformar genéticamente a otra célula. Más adelante, Avery y sus colaboradores identificaron el componente químico como el ADN.

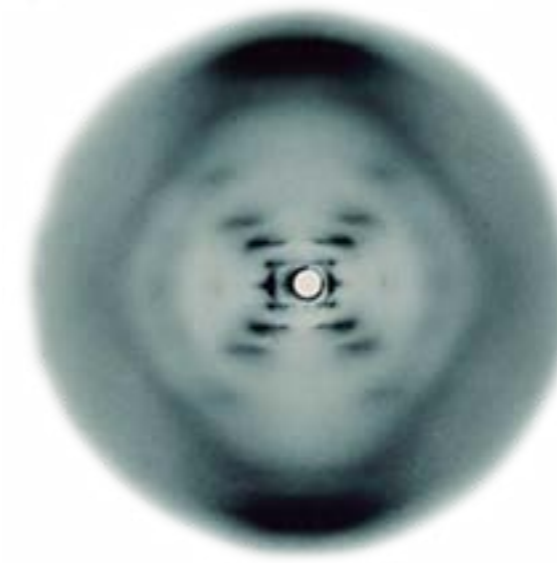
Griffith había descubierto que si se destruyen con calor neumococos patógenos (bacterias que producen neumonía), los cuales están cubiertos por una cápsula (cepa S), y se inyectan en ratones, éstos no desarrollan la enfermedad. Pero si estas células muertas se ponen en contacto con neumococos no patógenos (cepa R), los cuales carecen de cápsula, estos neumococos adquieren la información para sintetizar la cápsula y, con ella, la capacidad de producir la enfermedad. Griffith concluyó que había algún «principio» que transformaba la cepa R (no patógena) en cepa S (patógena).

Avery y sus colaboradores produjeron un extracto libre de células y aislaron distintos tipos de moléculas de las cepas patógenas, para determinar cuál podía ser ese “principio transformador”. Esperaban que fueran las proteínas, pero concluyeron que era el ADN. En otras palabras, demostraron que es el ADN de las cepas S la molécula responsable de transmitir a las cepas R la información para sintetizar la cápsula.



Figura 7.3 Avery trabajando en su laboratorio hacia 1930. Fuente: Laboratorio Cold Spring Harbor

En 1950, el científico austriaco Erwin Chargaff analizó en detalle la composición de bases del ADN extraído de diferentes organismos. Demostró que, independientemente de la especie a la que pertenecía el ADN, la proporción de purinas era igual a la de pirimidinas. Es decir, la adenina (A) aparecía con tanta frecuencia como la timina (T), y la guanina (G) con tanta frecuencia como la citosina (C). Había dos juegos de equivalencias, A y T por un lado y G y C por otro. Esto daba al ADN suficiente complejidad como para contener el código genético de los seres vivos. Faltaba ahora descifrar la estructura de esa compleja molécula.



A mediados del siglo pasado, Maurice Wilkins y Rosalind Franklin trabajaban sobre la estructura del ADN con una técnica conocida como difracción de rayos X. Mediante este procedimiento pudieron obtener una “imagen de sombra” de una molécula, la cual le puede dar a una persona experta información acerca de la estructura de dicha molécula; igual que la sombra de una silla proyectada en una pantalla nos puede decir mucho de la forma de la silla.

Figura 7.4. Imagen de difracción de rayos X del ADN tomada por Rosalind Franklin y publicada el 25 de abril de 1953 en la revista Nature. En este mismo número Watson y Crick presentaban su modelo de la estructura del ADN.

Pero no fue sino hasta 1953 cuando James Watson y Francis Crick, utilizando las fotografías obtenidas por difracción de rayos X realizadas por Rosalind Franklin, junto con los resultados de los trabajos de muchos otros investigadores y sus propias y brillantes interpretaciones de los datos disponibles, crearon un modelo para tratar de explicar la estructura de la molécula del ADN.

Este modelo permite explicar cómo se encuentran dispuestos cada uno de los componentes del ADN (de acuerdo a las relaciones entre las bases encontradas por Chargaff), pero además sugiere un mecanismo para la **duplicación** del ADN, de modo que la cantidad y la calidad de esta molécula permanece constante de generación en generación. De allí que se considere, hasta la fecha, que el ADN actúa como un "manual de instrucciones" donde se encuentra la información acerca de cómo la célula debe fabricar las proteínas que necesita, manual que es capaz de transmitirse de una generación a la siguiente.

Para saber más...

Fueron las imágenes de difracción de rayos X de alta calidad tomadas por Rosalind Franklin sobre la molécula de ADN, las que Wilkins mostró sin su permiso a Watson y Crick, lo que orientó a estos últimos para la elaboración del modelo de doble hélice.

Cuando en 1962 Watson, Crick y Wilkins recibieron juntos el Premio Nobel, Franklin ya había muerto de cáncer de ovario (a los 37 años, en 1958), por lo que no pudo recibir el galardón. Tampoco nadie mencionó su nombre en la ceremonia de premiación. Sin embargo, su invaluable aportación hoy se empieza a conocer y valorar.

De izquierda a derecha: en la parte superior, James Watson y Maurice Wilkins; en la parte inferior, Rosalind Franklin y Francis Crick.



Vamos a conocer el modelo de la doble hélice

Imagina una escalera con largueros flexibles, formada por dos mitades cuyos peldaños encajan como las piezas de un rompecabezas. No serviría para subirse en ella, pero puede ayudar a explicar el modelo propuesto por Watson y Crick. Si torcemos esta escalera, obtendremos una **doble hélice**, con uno de los largueros en una dirección y el otro en la dirección opuesta. En esta "escalera", los largueros están constituidos por fosfato y desoxirribosa y los peldaños por bases nitrogenadas a las cuales nos referimos anteriormente.

Cada mitad de la "escalera" está formada por una cadena de nucleótidos, de modo que la molécula de ADN está constituida por dos cadenas de nucleótidos arrolladas una sobre la otra, formando una doble hélice. Cada peldaño está formado por un par de bases nitrogenadas, que pueden ser adenina y timina, o bien citosina y guanina, unidas por un tipo de enlace que se puede romper con relativamente poca energía, llamado **enlace de hidrógeno** (igual al que mantiene juntas las moléculas de agua). La figura 7.5 muestra la forma en que Watson y Crick concibieron el modelo de la doble hélice.



Figura 7.5. Modelo de la molécula de ADN. La doble hélice puede formarse mediante la torsión de una "escalera", donde cada larguero está formado por grupos fosfato (P) conectados a una molécula de desoxirribosa (D) y los "peldaños" se encuentran constituidos por pares de bases nitrogenadas. Las combinaciones de "peldaños" posibles son: A-T, C-G, G-C y T-A.

Puedes observar que la secuencia de los nucleótidos en una de las cadenas, digamos la izquierda, no tiene que tener un orden particular, e incluso pueden repetirse. En la figura 7.5, por ejemplo, tenemos dos nucleótidos de adenina seguidos (el tercero y cuarto). Pero siempre una adenina debe hacer par con una timina de la otra cadena, y una timina con una adenina; una citosina de una cadena con una guanina de la otra, y una guanina con una citosina.

De esta forma, si conoces la secuencia de nucleótidos de una cadena, puedes determinar la secuencia de nucleótidos de la otra cadena. Esto sugiere que la molécula de ADN puede hacer copias exactas de sí misma: cada cadena o mitad de la "escalera" serviría de patrón para construir la otra mitad, de modo que una molécula nueva de ADN está formada por una cadena original y otra complementaria. Este mecanismo se denomina **duplicación semiconservativa**. Posteriormente a la publicación del modelo de la molécula de ADN, experimentos llevados a cabo por Matthew Meselson y Francis Stahl en 1958 con la bacteria *Escherichia coli* confirmaron la validez del mecanismo propuesto de autoduplicación semiconservativa del ADN.

Este mecanismo se muestra en forma esquemática en la figura 7.6. Podemos imaginarnos el ADN como una especie de cierre de cremallera; una por una, cada base puede separarse de su base compañera, como un cierre que se abre, separándose así las dos cadenas de nucleótidos. Nuevos nucleótidos se van uniendo a cada mitad (A con T, C con G...) a medida que se separa la cadena original, de modo que cuando termina de abrirse el "cierre" original, se han formado dos "cierres" nuevos o moléculas de ADN.

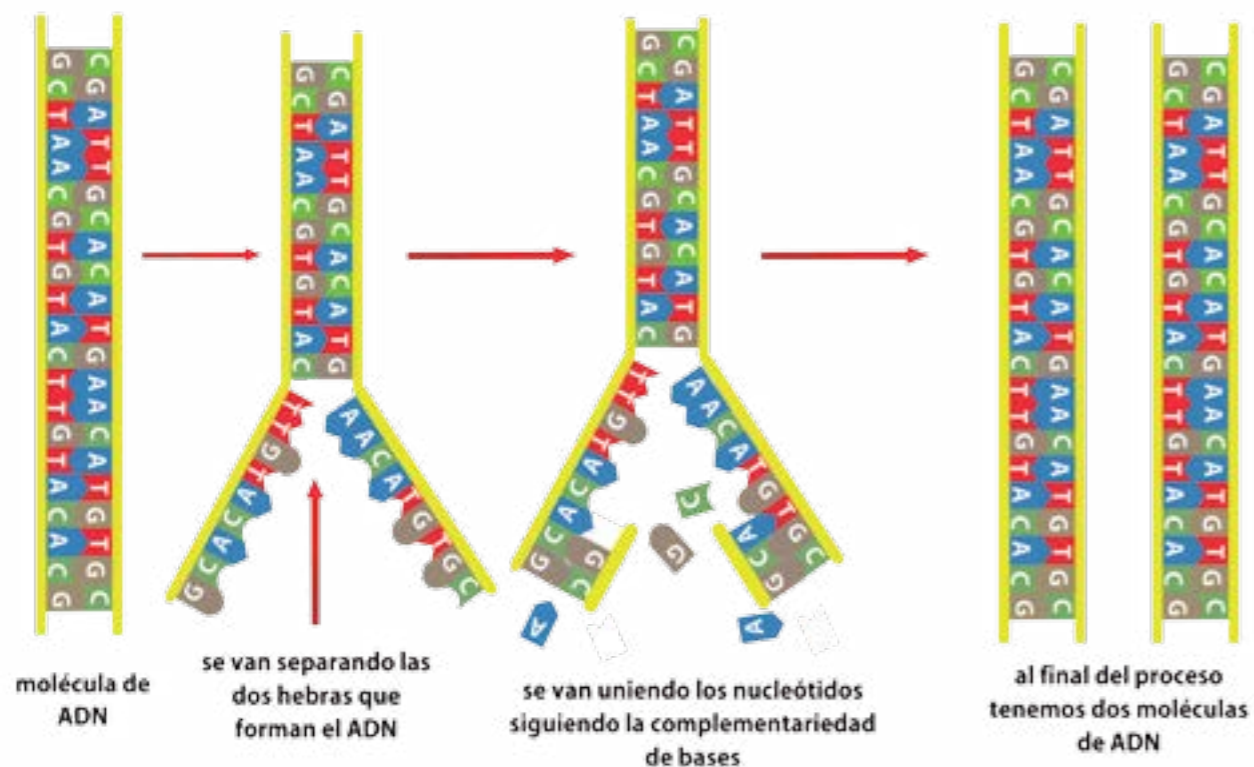


Figura 7.6. Mecanismo de duplicación semiconservativa del ADN.

Descifrando las instrucciones del manual: el código genético

Una molécula de proteína consiste en una o más cadenas formadas por unidades más pequeñas llamadas **aminoácidos**. La secuencia de los aminoácidos en la cadena de la molécula de proteína determina su carácter biológico, y basta una pequeña variación en esta secuencia para que su función se altere o destruya. Para que la secuencia de los aminoácidos durante la síntesis de una proteína específica sea correcta, deben existir mecanismos celulares encargados de ello.

Cuando escribimos una palabra en nuestro idioma tenemos que escoger de entre las 28 letras de nuestro alfabeto aquéllas que formen dicha palabra en el orden correcto. Por ejemplo, no es lo mismo escribir "**AMOR**" que "**RAMO**", o "**MORA**", aunque tengan las mismas letras. Así mismo, para que una proteína realice su función en la célula de manera correcta, el orden en que estén colocados los aminoácidos que la constituyen debe ser correcto. Existen 20 tipos de aminoácidos que serían como las "letras" de las "palabras" llamadas proteínas.

Las personas invidentes utilizan un tipo de alfabeto denominado "alfabeto Braille", que consiste en celdas de seis puntos en relieve, organizados como una matriz de tres filas por dos columnas. La presencia o ausencia de punto en cada posición determina de qué letra se trata.

Si queremos escribirle a una persona invidente con este alfabeto, necesitamos el **código** que nos permita traducir del alfabeto español (28 signos o letras) al alfabeto Braille (presencia o ausencia de uno a seis puntos). La figura 7.7 muestra la equivalencia entre ambos alfabetos.



Figura 7.7. Alfabeto Braille.



Elabora una molécula de ADN

Utilizando como guía el modelo de la figura 7.5, elabora tu modelo de molécula de ADN. Puedes utilizar alambre, madera, cable de colores, marcadores o colores, goma o silicón, cartulina o lo que quieras. Toma en cuenta cómo deben aparearse las bases. Llévalo a la clase y compáralo con los de tus compañeras y compañeros. ¿Qué diferencia una molécula de ADN de otra? Discutan sobre las propiedades representadas en el modelo. Pueden hacer una exposición para el resto del liceo explicando la relación entre la estructura del ADN y sus propiedades.

Igualmente, científicas y científicos de diferentes disciplinas tuvieron que descifrar el **código genético** que permite pasar de la secuencia de nucleótidos en el ADN a la secuencia de aminoácidos en las proteínas.

Cuando Watson y Crick esclarecieron la estructura del ADN, razonaron que si el ADN era la molécula que transmitía la información genética a las células hijas, ésta debía funcionar como un código; en otras palabras, existe una relación entre la ordenación lineal de nucleótidos en el ADN y la ordenación lineal de aminoácidos en las proteínas. Para mediados de 1950 la comunidad científica había aceptado esta hipótesis.

La cuestión entonces se convirtió en un problema de traducción: ¿de qué manera el orden de los nucleótidos en el ADN especifica la secuencia de aminoácidos en una molécula de proteína? La búsqueda de la respuesta a esta pregunta llevó a una importante conclusión: el **ácido ribonucleico** o **ARN** era un buen candidato para desempeñar un papel en la traducción de la información.

Este ácido nucleico, descubierto en 1868 junto con el ADN, posee las siguientes características:

- Tiene un esqueleto de azúcares y fosfatos, si bien el ARN en vez de desoxirribosa tiene el azúcar ribosa, con un átomo más de oxígeno.
- Tanto el ADN como el ARN usan las mismas bases nitrogenadas, pero el ARN tiene uracilo (U) en vez de timina.
- El uracilo se puede unir a la adenina como lo hace la timina.
- El ARN es una cadena simple.
- El ARN se encuentra tanto en el núcleo como en el citoplasma de la célula.

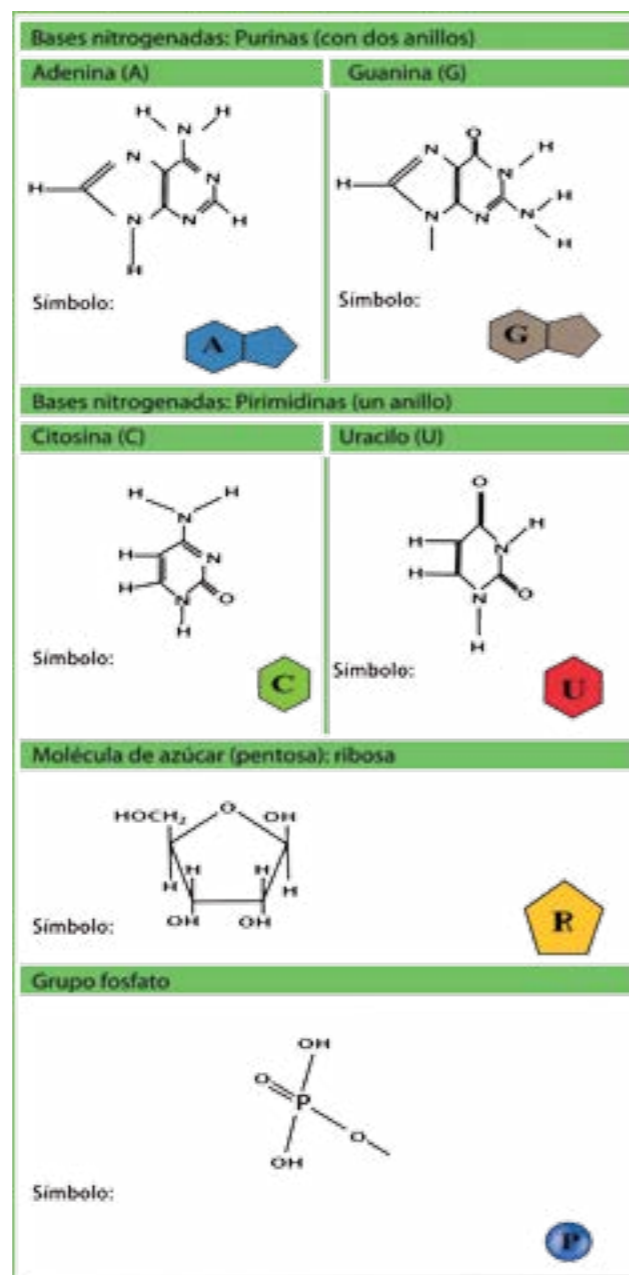


Figura 7.8. Componentes del ARN.

En 1953, George Gamow postuló que un código de tres bases o **codones** debía ser el empleado por las células para codificar la secuencia de aminoácidos; es decir, cada tres nucleótidos determina un aminoácido. Su razonamiento fue el siguiente:

- Si un solo nucleótido "codificara" un aminoácido, entonces sólo cuatro aminoácidos podían ser especificados por las cuatro bases nitrogenadas (A, T, C, G).
- ¿Y si usáramos dos nucleótidos para especificar un aminoácido? Entonces podría haber, usando todos los arreglos posibles, un número máximo de $4 \times 4 = 16$ aminoácidos. Este número es aún insuficiente para codificar los 20 aminoácidos.
- ¿Qué pasaría si se utilizaran tres nucleótidos en secuencia para especificar cada aminoácido? Esto resultaría en $4 \times 4 \times 4 = 64$ combinaciones posibles.

Así pues, con una combinación de tres nucleótidos sería más que suficiente para especificar cada uno de los 20 aminoácidos, pues tendríamos un código de 64 "letras". En 1961, Francis Crick y sus colaboradores demostraron experimentalmente que el código genético es leído de una manera secuencial empezando desde un punto fijo en la molécula de ADN y que el código era efectivamente un **triplete**.

El desciframiento de la **clave genética**, es decir, la asignación de un aminoácido a cada triplete, se llevó a cabo fundamentalmente gracias al esfuerzo de tres grupos de investigación: el grupo de Marshall Nirenberg, el grupo de Severo Ochoa y el equipo de Hargobind Khorana.

En 1955, el grupo de Severo Ochoa aisló una enzima capaz de sintetizar ARN a partir de cualquier tipo de nucleótidos que hubiera en el medio, sin necesidad de células. Utilizando esta enzima, el grupo de Nirenberg fabricó en 1961 una secuencia de ARN que solo tenía nucleótidos de uracilo (U-U-U-U-U-U...) y descubrió que a partir de ese "trozo" de ARN se sintetizaba una molécula proteica corta (un polipéptido) que sólo contenía el aminoácido fenilalanina. De esto se pudo deducir que el codón **UUU** especifica el aminoácido **fenilalanina**. De esta forma, fabricando cadenas de ARN sintético con distintos codones, los equipos de Nirenberg y Khorana para 1966 llegaron a descifrar todo el código genético.

		Segunda letra					
		U	C	A	G		
Primera letra	U	UUU Fenilalanina UUC UUA Leucina UUG	UCU Serina UCC UCA UCG	UAU Tirosina UAC UAA Código de parada (Stop codon) UAG	UGU Cisteína UGC UGA Código de parada UGG Triptófano	U C A G	
	C	CUU Leucina CUC CUA CUG	CCU Prolina CCC CCA CCG	CAU Histidina CAC CAA Glutamina CAG	CGU Arginina CGC CGA CGG	U C A G	
	A	AUU Isoleucina AUC AUA AUG Metionina (Iniciación)	ACU Treonina ACC ACA ACG	AAU Asparagina AAC AAA Lisina AAG	AGU Serina AGC AGA Arginina AGG	U C A G	
	G	GUU Valina GUC GUA GUG	GCU Alanina GCC GCA GCG	GAU Ácido Aspártico GAC GAA Ácido Glutámico GAG	GGU Glicina GGC GGA GGG	U C A G	
						Tercera letra	

Figura 7.9. Código genético. En esta tabla se identifica el aminoácido codificado por cada triplete o codón. Por ejemplo, el codón UGG sintetiza el aminoácido triptófano.

La figura 7.9 muestra qué aminoácido corresponde a cada triplete o codón del ARN, de acuerdo a los resultados de estas investigaciones. Puedes observar que el codón AUG codifica el aminoácido metionina, pero también sirve para iniciar la cadena de proteínas. También puedes ver que los codones UAA, UAG y UGA son codones de finalización (no codifican ningún aminoácido).

Las principales características del código genético son las siguientes:

- **El código está organizado en codones.**
- **El código genético es degenerado:** existen más codones que aminoácidos, de forma que un determinado aminoácido puede estar codificado por más de un triplete. Pero un codón sintetiza un solo aminoácido.
- **El código genético es sin superposiciones:** un nucleótido solamente pertenece a un único triplete. Esto significa que dos codones sucesivos no pueden compartir dos nucleótidos. Además, el cuadro de lectura de los codones se realiza de forma continua "sin comas" o sin que existan espacios en blanco.
- **El código genético es universal:** el mismo triplete en diferentes especies codifica para el mismo aminoácido. Sin embargo, existen excepciones, como en el caso del ADN de las mitocondrias en las células eucariotas.

Cómo se lleva la información desde el ADN hasta las proteínas

De acuerdo a la evidencia experimental presentada hasta ahora, la información contenida en el ADN se traduce en ARN y éste, a su vez, dirige la producción de proteínas. La transmisión de información implica que el ADN es capaz de duplicarse de manera de obtener dos moléculas iguales a partir de la molécula inicial. Este proceso se llama **replicación**, el cual hemos explicado anteriormente. El ADN permite la formación del ARN en el núcleo, en un proceso denominado **transcripción**. Luego la información contenida en el ARN es empleada para construir proteínas en el proceso de **traducción**, que tiene lugar en el citoplasma. En 1958, Francis Crick sintetizó esta idea en lo que él llamó el dogma central de la biología:



Figura 7.10. Desde la replicación del ADN hasta la síntesis de proteínas.

Es importante que sepas que Crick usó el término "dogma" en un sentido figurado. Según el diccionario, se denomina **dogma** a una proposición que se asienta por firme y cierta y no admite réplica. Pero las ideas científicas sólo son aceptadas hasta que aparezca evidencia experimental que las desmienta. La ciencia es dinámica y nunca alcanza la verdad absoluta, sólo se aproxima a ella. Por tanto, nunca se afirma en "dogmas".

A pesar de ello, durante algún tiempo esta idea adquirió cierta dimensión de verdad absoluta en la mayoría de los libros de texto, y aun se habla del "dogma" y de las "excepciones al dogma", de las que hablaremos más adelante.

A continuación te presentamos el proceso por el cual partiendo de una molécula de ADN encerrada en el núcleo de la célula, se logra formar una nueva molécula de proteína en el citoplasma de la misma célula. Recuerda que hay microorganismos cuyas células no tienen núcleo (procariotas), en ellos el proceso es algo diferente.

Transcripción: La información contenida en determinadas secuencias de codones son los **genes**. La transcripción consiste en que la secuencia de nucleótidos correspondiente al gen en cuestión se **transcribe** a una molécula de ARN, que se separa del ADN y viaja desde el núcleo al citoplasma. Es como si de toda la información que existe en una enorme biblioteca (el núcleo con su inmensa cantidad de ADN) se sacara una fotocopia de una sola página o de unas pocas páginas de un libro (la molécula de ARN).

La figura 7.11 muestra un esquema del proceso de transcripción. Puedes observar que la molécula de ADN se abre en un sitio determinado (como si abrieras un cierre no por su extremo, sino por el medio) e interviene una enzima llamada **ARN polimerasa**, la cual se une a una secuencia específica en el ADN denominada **promotor** y sintetiza ARN a partir de una de las cadenas de ADN.

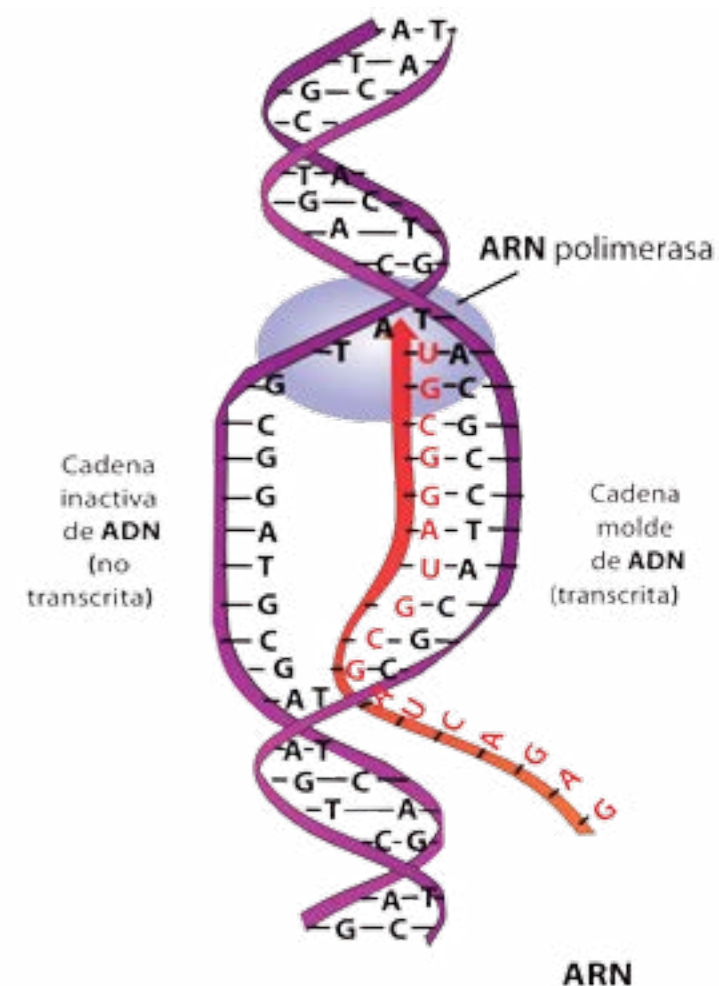


Figura 7.11. Esquema de la transcripción del ADN.

La transcripción de genes puede dar lugar a varios tipos de moléculas de ARN. El que nos interesa aquí y que se muestra en la figura es el **ARN mensajero (ARNm)**, el cual viaja del núcleo al citoplasma de la célula llevando, como un correo o mensajero, la información del ADN ya transcrita. Como todo ARN, el ARNm tiene una sola banda de nucleótidos, complementaria a la del ADN del cual se origina.

Traducción: Es el proceso que convierte una secuencia de ARNm en una cadena de aminoácidos para formar una proteína. Ocurre en unas estructuras que se encuentran en el citoplasma, denominadas ribosomas. Cada **ribosoma** está constituido por un tipo de ARN denominado **ARN ribosomal (ARNr)** y proteínas en cantidades iguales. Si observas la figura 7.12 te darás cuenta de que un ribosoma está formado por dos subunidades de distinto tamaño que se unen a la molécula de ARNm.

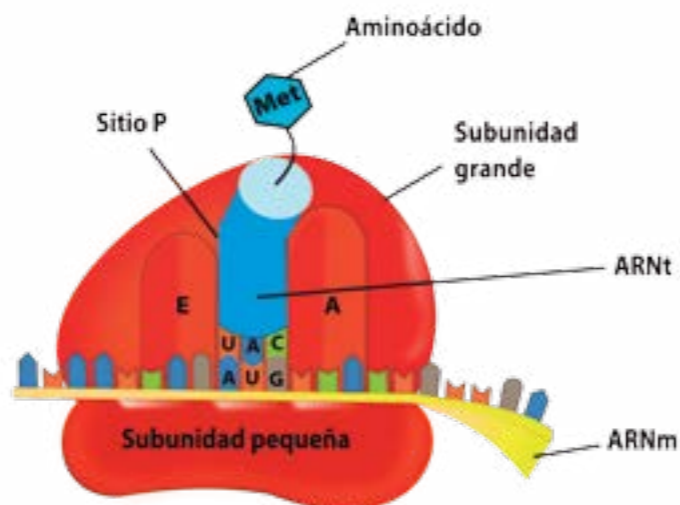


Figura 7.12. Ribosoma unido a una molécula de ARNm e iniciando la síntesis de proteínas.

Una vez que el ARN mensajero (ARNm) se fija al ribosoma, unas moléculas se encargan de transportar los aminoácidos hasta allí y de reconocer los codones del ARN mensajero durante el proceso de traducción. Ellas son los **ARN de transferencia (ARNt)**.

Como puedes ver en la figura 7.13, la molécula de ARNt tiene una forma que recuerda a la de una hoja de trébol. En uno de los extremos, tiene un sitio donde se une un aminoácido específico. En el lóbulo central de la "hoja" tiene una secuencia de tres nucleótidos denominada **anticodón**, ya que es complementaria al **codón** del ARNm.

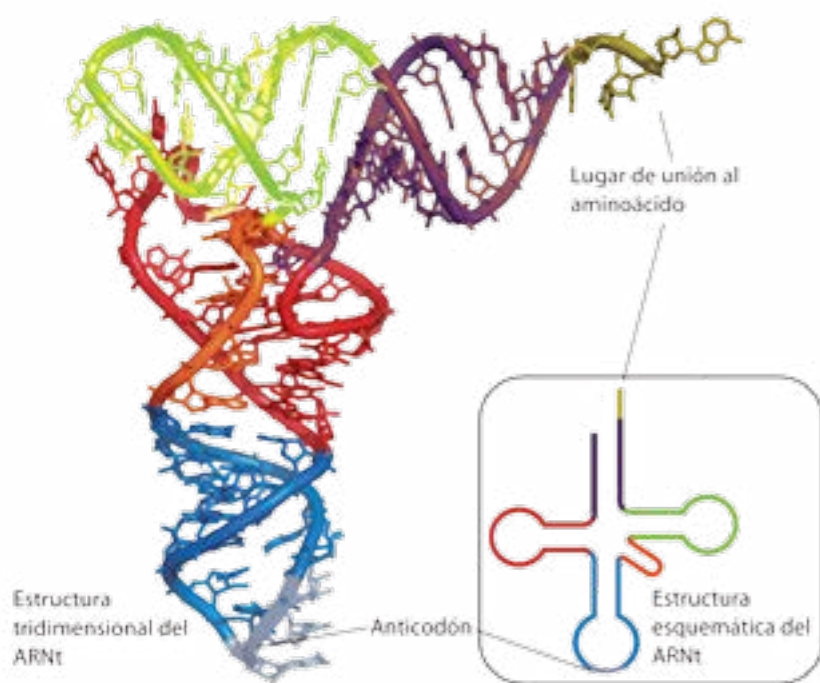


Figura 7.13. Estructura del ARNt.

La **traducción o síntesis de proteínas** tiene lugar en los ribosomas del citoplasma celular. Los aminoácidos son transportados por el ARNt, específico para cada uno de ellos, y son llevados hasta el ARNm, donde se aparean el codón de éste y el anticodón del ARNt, por complementariedad de bases, y de esta forma se sitúa cada aminoácido en la posición que le corresponde. Una vez finalizada la síntesis de una proteína, el ARN mensajero queda libre y puede ser leído de nuevo.

La figura 7.14 muestra en forma resumida los procesos de transcripción y traducción para células eucariotas. En el caso de los procariontes, el ARN se transcribe a partir de una molécula de ADN circular y, a medida que ocurre la transcripción, se produce la traducción en el mismo compartimiento.

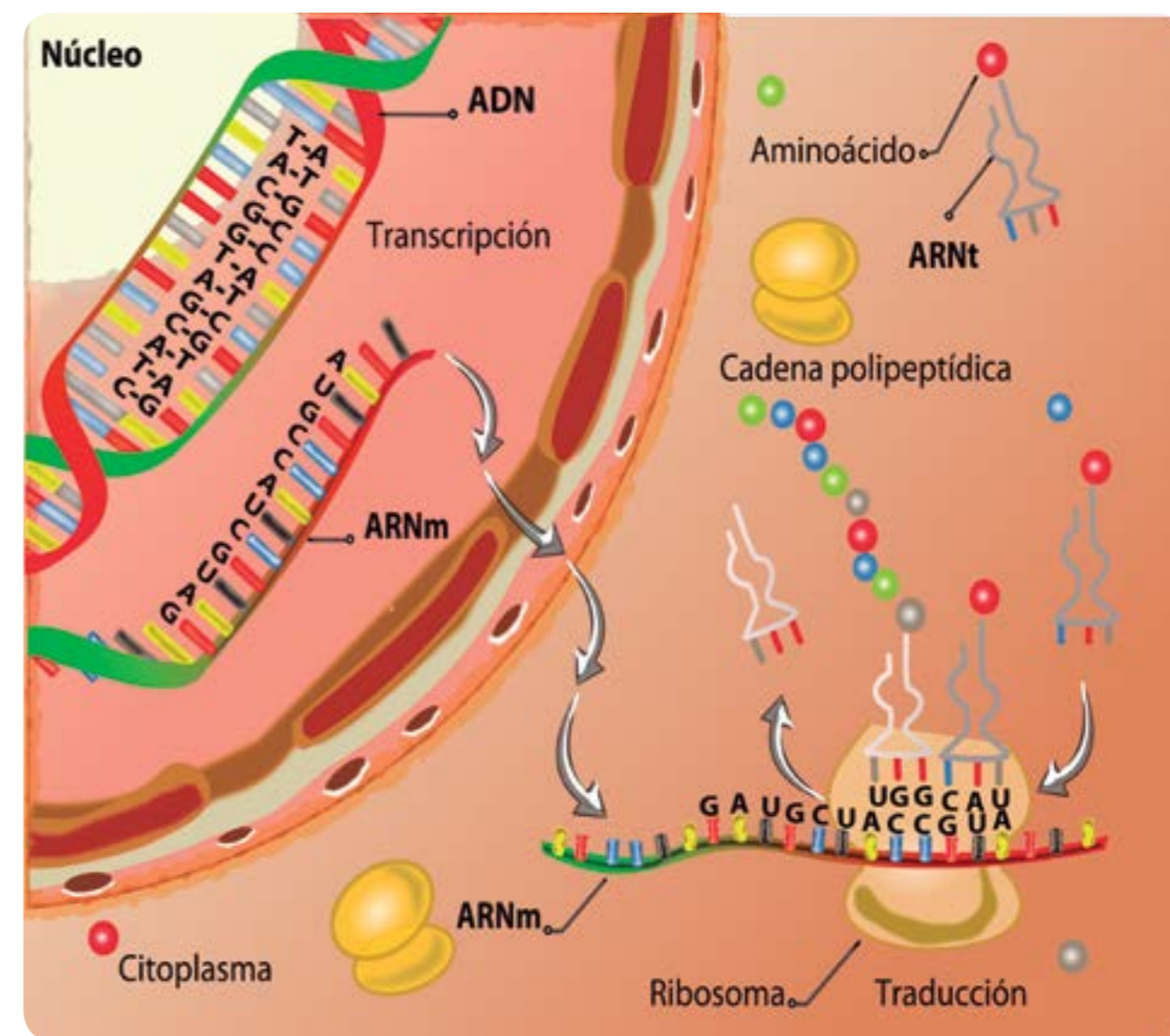


Figura 7.14. Procesos involucrados en la síntesis de proteínas en células eucariotas. La transcripción ocurre en el núcleo de la célula, mientras que la traducción ocurre en el citoplasma.



Simulemos la síntesis de una proteína

La insulina es una hormona sintetizada por células del páncreas y formada por 51 unidades de aminoácidos. Esencialmente consta de dos cadenas, una de 21 aminoácidos y la otra de 30 aminoácidos.

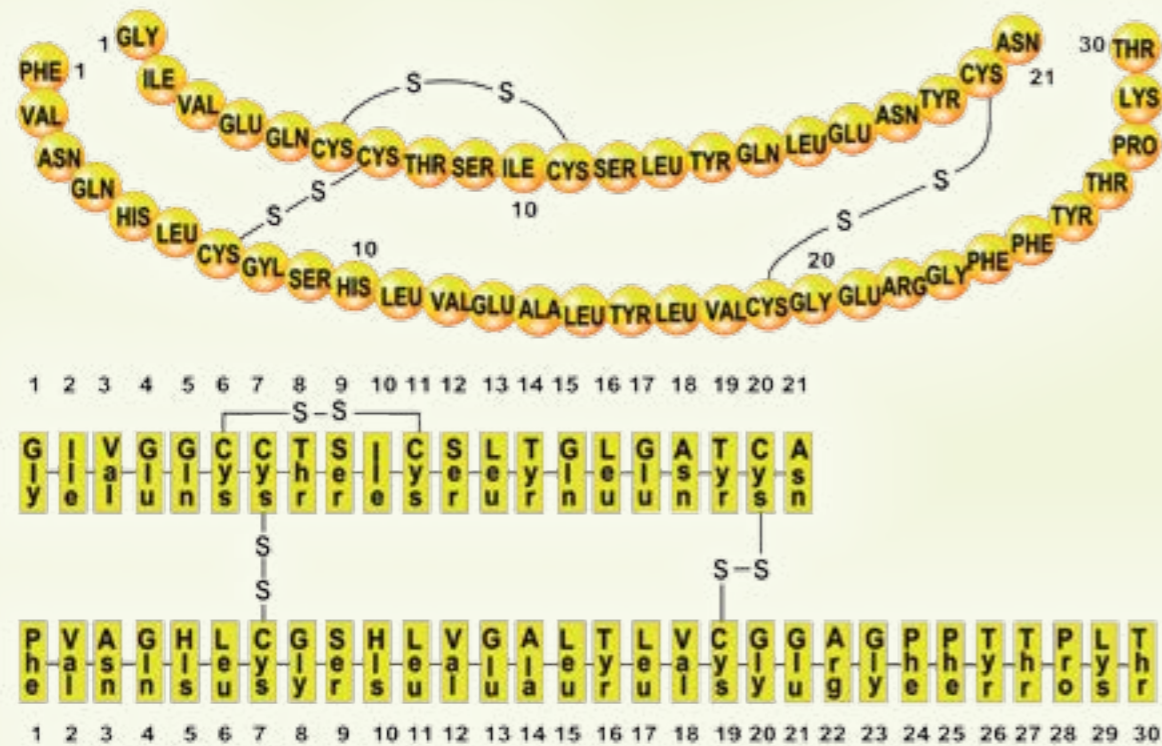


Figura 7.15. Molécula de insulina.

Vamos a suponer que las dos cadenas se sintetizan por separado y observemos el flujo de información para la síntesis de la cadena más corta.

1. Copia la siguiente tabla en tu cuaderno y complétala, con ayuda de la figura 7.9.

Número	Símbolo	Aminoácido	Codón (o codones) de ARNm
1	Gly	Glicina	
2	Ile	Isoleucina	

Número	Símbolo	Aminoácido	Codón (o codones) de ARNm
3	Val	Valina	
4	Glu	Ácido glutámico	
5	Gln	Glutamina	
6	Cys	Cisteína	
7	Cys	Cisteína	
8	Thr	Treonina	
9	Ser	Serina	
10	Ile	Isoleucina	
11	Cys	Cisteína	
12	Ser	Serina	
13	Leu	Leucina	
14	Tyr	Tirosina	
15	Gln	Glutamina	
16	Leu	Leucina	
17	Glu	Ácido glutámico	
18	Asn	Asparagina	
19	Tyr	Tirosina	
20	Cys	Cisteína	
21	Asn	Asparagina	

2. Escribe la secuencia correspondiente de la cadena de ADN. Si hay más de un codón que codifica a ese aminoácido, escoge uno solo. No olvides las tripletas correspondientes a "inicio" y "final"

3. Transcribe la cadena correspondiente de ARNm

4. Escribe los anticodones correspondientes de los ARNt

5. Completa la siguiente tabla:

ADN	
ARNm	
Anticodón	
Cadena de aminoácidos	

Cuando el “dogma” no se cumple

Normalmente, el “dogma central de la biología” se cumple en los organismos más diversos, que guardan su información genética en forma de ADN, utilizan el ARN como intermediario y las proteínas como estructuras o maquinaria enzimática. Sin embargo, la ciencia nunca puede asentarse en “dogmas”; y este en particular ha tenido que ampliarse ante nuevas evidencias experimentales. Algunas de las excepciones incluyen:

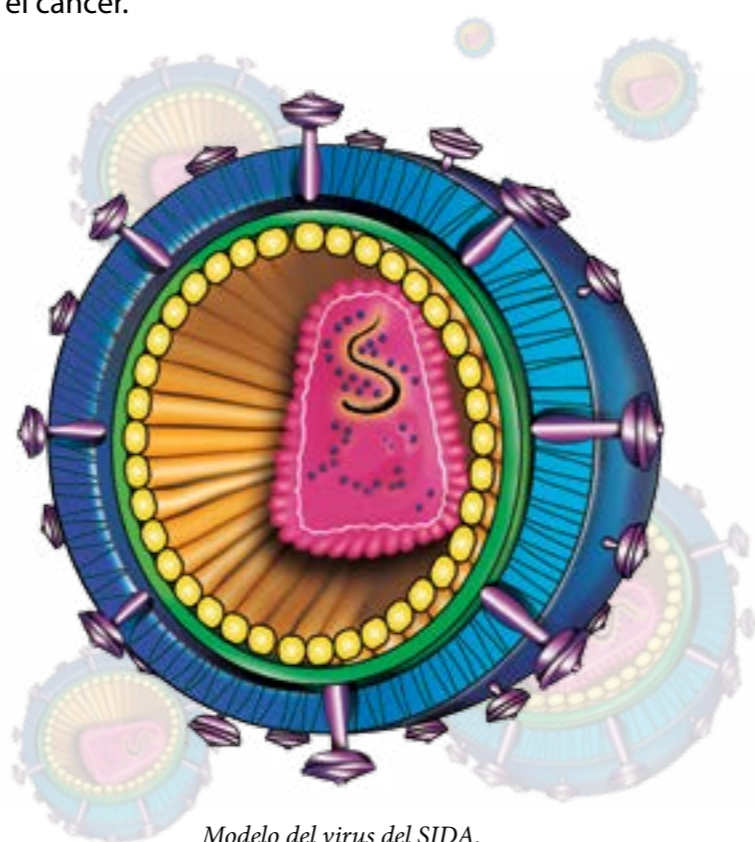
- Ciertos virus, como el de la inmunodeficiencia humana (VIH), guardan su información genética en forma de ARN y la duplican utilizando ADN. Así, en estos virus la información fluye del ARN al ADN, al contrario de lo que postula el “dogma”; es por esto que se les denomina **retrovirus**. Cuando los retrovirus se introducen en una célula huésped convierten su ARN, de cadena simple, en ADN, de cadena doble, y este segmento se inserta en el ADN de la célula. El ADN modificado es transcrito por enzimas celulares y luego es traducido. Las proteínas generadas, junto con el ARN viral, se ensamblan y forman una nueva partícula viral capaz de infectar nuevas células.

- Otros tipos de virus, como el de la fiebre hemorrágica argentina, cuyo genoma también está formado por ARN en lugar de ADN, poseen una enzima mediante la cual son capaces de sintetizar ARN utilizando ARN (en lugar de ADN) como molde. Tanto las moléculas originarias como las sintetizadas son utilizadas como molde para la traducción de proteínas virales.

- Otra situación que rompe con la secuencia definida por el dogma es la posibilidad de obtener proteína *in vitro*, es decir, en un sistema libre de células y en ausencia de ARN, por lectura directa del ADN mediante ribosomas, en un entorno en presencia de neomicina, una sustancia que se utiliza en quimioterapia para combatir el cáncer.

- Existen determinados tipos de proteínas que son capaces de autorreplicarse: se denominan **priones**. No se conoce la manera por la cual los priones adquieren esta propiedad, pero lo cierto es que el cambio les permite no sólo formar cúmulos proteicos, sino que pueden “contagiar” a sus pares normales (las proteínas del mismo tipo cuya estructura es correcta) y convertirlas a su vez en priones. La proteína prión es la responsable del mal de la vaca loca (encefalopatía espongiforme bovina) y de enfermedades similares en humanos y ovejas. Aunque se está estudiando su posible rol positivo en los mecanismos de la memoria.

- También se han descubierto unas moléculas de ARN llamadas **ribozimas**, capaces de modificarse y duplicarse a sí mismas, en ausencia de proteína y ADN.



Todos estos hallazgos nos llevan a cuestionarnos el “dogma central”, término que en realidad resulta inapropiado. La figura 7.16 presenta el esquema utilizado actualmente por la comunidad científica para tratar de comprender, según los avances de la Biología, el proceso que ocurre en las células para producir proteínas. También se utiliza para interpretar cómo el proceso es bidireccional.

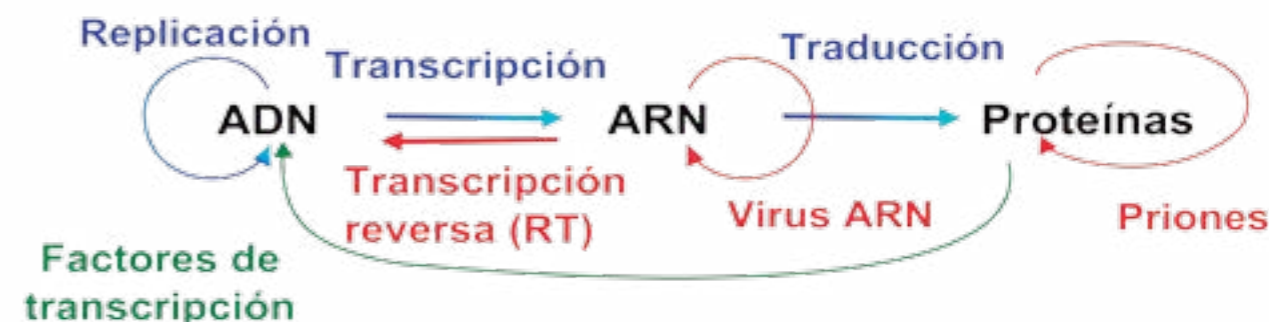


Figura 7.16. La información es bidireccional ya que las proteínas influyen en la expresión de genes (pero no pueden convertirse en ADN).

El conocer cómo se transmite la información genética ha revolucionado la forma de ver nuestra vida

A medida que aumentaba la comprensión acerca de la estructura y la función de los distintos tipos de genes, diferentes grupos de científicas y científicos comenzaron a buscar la forma de aislarlos, analizarlos, modificarlos y hasta de transferirlos de un organismo a otro para conferirle a este último una nueva característica. Del conocimiento sobre el proceso de transmisión de la información y sobre la naturaleza y propiedades del material genético surge la **ingeniería genética**, que se refiere al conjunto de metodologías que permiten transferir genes de un organismo a otro, lo que ha favorecido otro campo de conocimiento: la **biotecnología moderna**.

Entre las numerosas aplicaciones de la biotecnología moderna se encuentran: la producción de organismos genéticamente modificados (**transgénicos**), como plantas resistentes a enfermedades; el tratamiento de enfermedades genéticas específicas modificando los genes causantes de la enfermedad; y el desciframiento del Genoma Humano (investigación internacional denominada Proyecto Genoma Humano). Estos nuevos e interesantes trabajos biotecnológicos se han enfocado en el conocimiento de la información contenida en los genes y las instrucciones que los mismos traen.

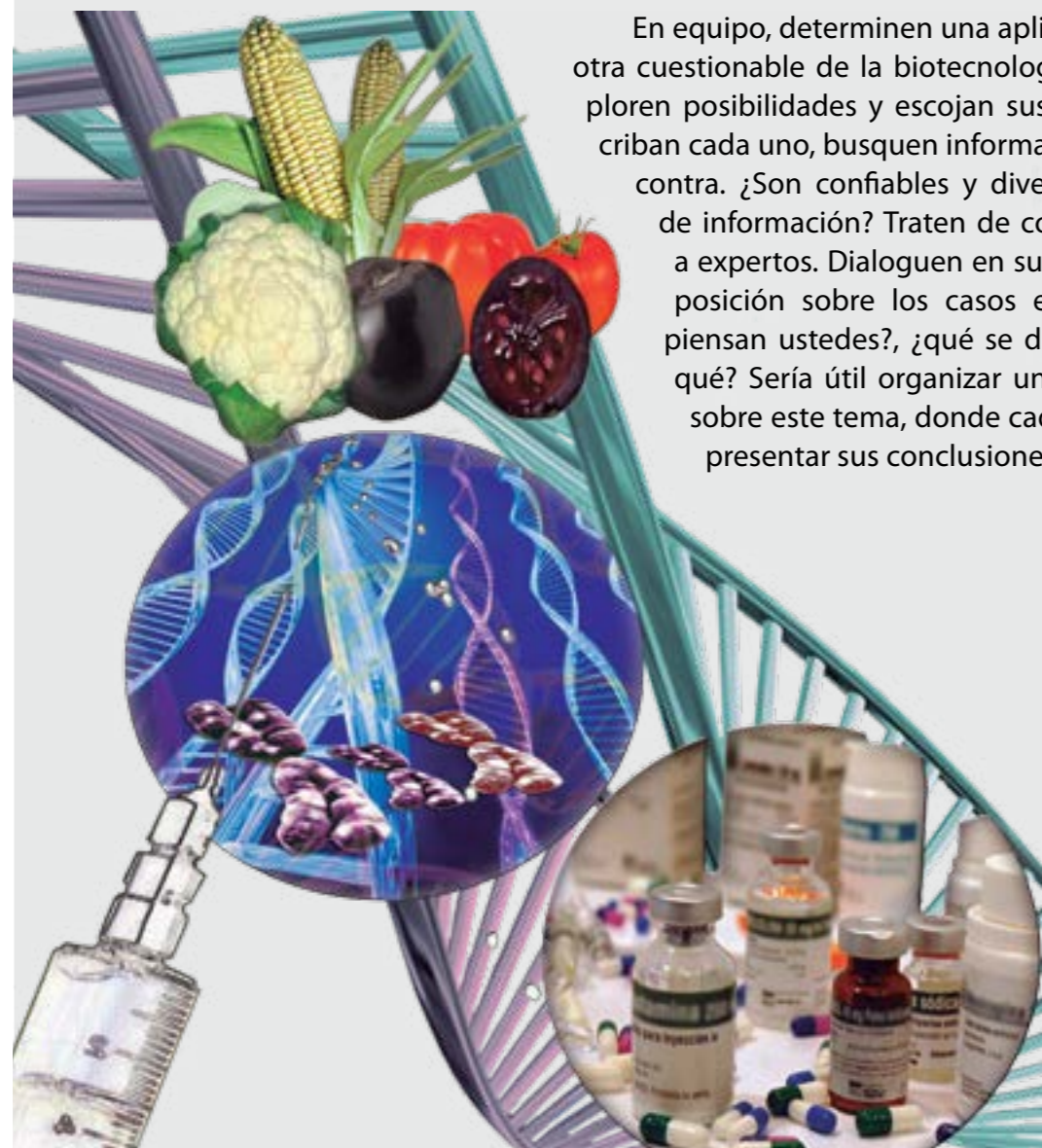
La ingeniería genética permite **clonar** (multiplicar) fragmentos de ADN y **expresar genes** (producir las proteínas para las cuales estos genes codifican) en organismos diferentes al de origen. Por ejemplo, hoy día podemos sintetizar proteínas como la hormona insulina, en lugar de extraerla de animales, lo que ha reducido el costo de tratamiento de la diabetes. Investigadores cubanos en los años 90 iniciaron estudios que les han permitido desarrollar un medicamento a base del factor de crecimiento epidérmico humano, que resulta exitoso en la cicatrización de úlceras del pie diabético, lo que ha disminuido la necesidad de amputación; ya está registrado en muchos países.

Estos desarrollos han abierto muchas posibilidades de mejorar nuestra existencia. Sin embargo, también han surgido problemas éticos acerca de hasta dónde podemos llegar al manipular la vida. Por ejemplo, los organismos transgénicos pueden producir graves efectos en nuestra salud y en la del ambiente; también pueden afectar la seguridad alimentaria cuando son producidos por empresas transnacionales que reclaman "derechos de propiedad" sobre ellos, a pesar de que se basan en siglos o milenios de ensayos de las y los agricultores. La toma de decisiones sobre cómo aplicar los conocimientos genéticos debe hacerse en el marco de un debate donde todas y todos participen, pero para ello debemos estar bien formados e informados.



Biotecnología moderna: pros y contras

En equipo, determinen una aplicación positiva y otra cuestionable de la biotecnología moderna. Exploren posibilidades y escojan sus dos casos, describan cada uno, busquen información a favor y en contra. ¿Son confiables y diversas sus fuentes de información? Traten de consultar también a expertos. Dialoguen en su equipo y tomen posición sobre los casos estudiados: ¿qué piensan ustedes?, ¿qué se debe hacer?, ¿por qué? Sería útil organizar un foro en el liceo sobre este tema, donde cada equipo pueda presentar sus conclusiones.



Observemos el ADN

Aplicando un procedimiento sencillo podrán obtener y observar ADN a simple vista, a partir de material vegetal. Este procedimiento se basa en el hecho de que los iones positivos de una sal son atraídos hacia las cargas negativas del ADN, permitiendo que esta molécula pueda disolverse y posteriormente extraerse.

Gracias a la acción de un detergente, es posible romper (**lisar**) las células, y luego vaciar su contenido molecular en una disolución que va a contener así ADN y un surtido de restos moleculares, tales como: ARN, carbohidratos, proteínas y otras sustancias en menor proporción. Las proteínas asociadas al ADN, de gran longitud, pueden ser separadas utilizando para ello enzimas (presentes en el jugo de lechosa y en el de piña). De la mezcla preparada es posible extraer el ADN utilizando alcohol, ya que es menos denso que el agua.

Pueden conformar varios equipos, cada uno de los cuales puede utilizar un material vegetal diferente y de esta manera comparar el ADN obtenido.

¿Qué necesitan?

- Agua destilada.
- Champú o lavaplatos líquido de color claro.
- Una taza de muestra vegetal picada en cuadritos (cambur, la parte central de una cebolla, acelga, tomate).
- Sal de mesa.
- Jugo de lechosa o de piña.
- Etanol al 95% o alcohol isopropílico al 91% bien frío.
- Dos tazas o vasos de plástico (por equipo).
- Varios recipientes de vidrio o tubos de ensayo limpios.
- Licuadora.
- Una cuchara plástica para medir y mezclar.
- 2 filtros de papel de café N° 2 (conos).
- Una pipeta plástica o un gotero.
- Una cava con hielo o congelador para enfriar el alcohol.
- Una varilla de vidrio o un palillo.

¿Cómo lo harán?

- En una licuadora, mezclen la media taza de muestra vegetal con una taza de agua (250ml).

- Licuen por 15-20 segundos a alta velocidad, para romper las paredes celulares y obtener un triturado de células.
- En una taza, preparen una solución consistente en una cucharadita de champú o lavaplatos, dos pizcas de sal y 20 ml (4 cucharaditas) de agua destilada, revolviendo lentamente para evitar formar espuma. Usen la cuchara de plástico.
- Mezclen en un recipiente limpio el triturado celular con la solución de detergente y sal ya preparada, revolviendo con la cuchara de plástico durante al menos 5 minutos.
- Mientras tanto, otro miembro pondrá el filtro N° 2 de café dentro de otra taza cuidando de que no toque el fondo. Para ello pueden doblarlo sobre el borde.
- Filtren la mezcla y dejen que drene por algunos minutos. Viertan unos 5 ml de filtrado en varios recipientes de vidrio o tubos de ensayo limpios.
- Añadan a cada recipiente unas gotas de jugo de piña o de lechosa y mezclen muy suavemente para no formar espuma. Dejen reposar diez minutos.
- Inclinen cada recipiente y añadan **lentamente desde su borde** el alcohol frío como en la figura 7.17(a) hasta que vean una capa sobre el contenido.

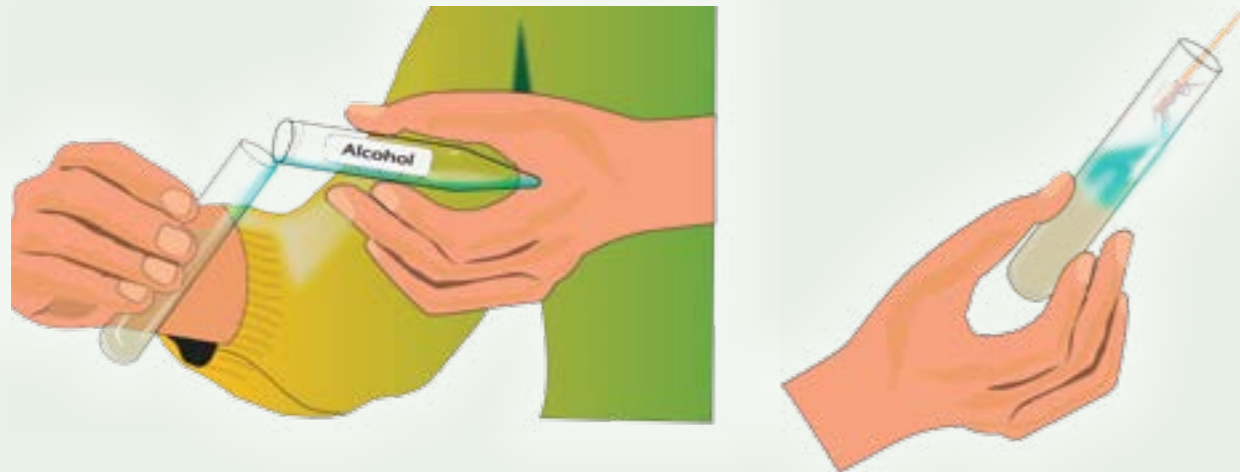


Figura 7.17. (a) Añadiendo alcohol frío al filtrado. (b) Extracción de ADN de la fase de alcohol.

¿Qué observan?

- El ADN se verá como una masa blancuzca que se eleva desde la mezcla hasta la capa de alcohol. Pueden “pescarlo” con ayuda de una varilla de vidrio o un palillo, como en la figura 7.17(b).
- Comparen el ADN que extrajeron los diferentes grupos.

¿Cómo lo pueden explicar?

Discutan los resultados obtenidos utilizando como guía las siguientes preguntas:

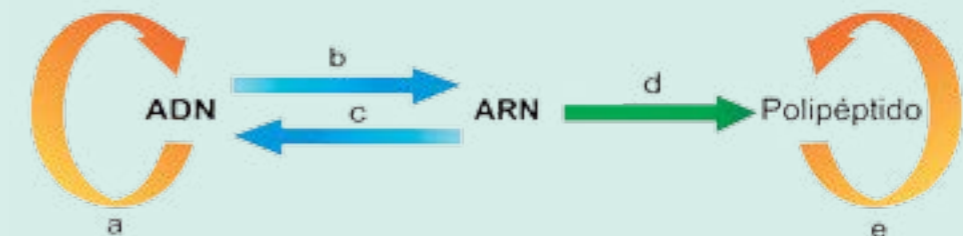
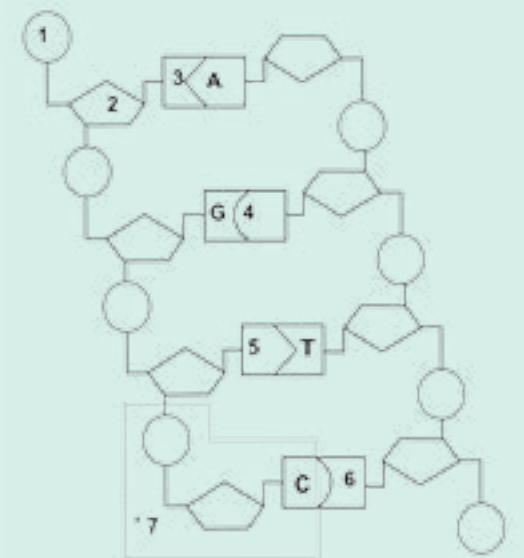
- ¿Por qué es posible obtener ADN de diversos vegetales? ¿Dónde se encuentra el ADN?

- ¿Cuál es la función de la sal, el detergente, el jugo de lechosa (o de piña) y el alcohol en esta experiencia?
- ¿Qué se encuentra en la fase acuosa?
- ¿Podemos observar una molécula de ADN a simple vista? ¿Qué fue lo que obtuvieron entonces?
- ¿Es diferente el ADN obtenido a partir de diferentes materiales vegetales? ¿Por qué?
- Diseñen un experimento para obtener ADN de una muestra de origen animal. ¿Creen que sería diferente del que obtuvieron a partir de vegetales?



Actividades de autoevaluación

1. Elabora una tabla comparativa entre los tipos de ácidos nucleicos.
2. Identifica en la figura siguiente el nombre de las partes numeradas.
3. ¿Por qué la cantidad y la calidad de ADN en las células deben permanecer constantes de generación en generación?
4. ¿Por qué el ADN necesita un intermediario como el ARN para dirigir la síntesis de proteínas?
5. ¿Qué es un codón y cuál es su importancia?
6. ¿Cuántos tipos diferentes de ARNt pueden existir en una célula? Describe la estructura y la función de cada uno.
7. Elabora un esquema explicando las fases de la síntesis de proteínas.
8. Supón que estás hablando con alguien que nunca ha escuchado acerca del ADN. ¿Cómo le explicarías que el ADN es el material genético?
9. ¿Qué representa esta figura? Identifica las letras y su significado.



EXPLORANDO EL MISTERIOSO MUNDO DE LA MATERIA



Muchos de nosotros nos maravillamos con las observaciones que podemos hacer a simple vista de nuestro entorno, por ejemplo cuando vemos las noches estrelladas estamos contemplando y observando los fenómenos de la materia que nos rodea y sus propiedades macroscópicas a través de nuestros sentidos. Por eso es posible notar que un material está oxidado porque adquiere una coloración diferente, o es atraído por imanes, o conduce electricidad.

Sin embargo, para poder describir y entender lo que existe en la estructura más interna de la materia y su funcionamiento, debemos buscar los modelos que nos acerquen a estos universos microscópicos y así poder "observar" lo que no se puede ver a simple vista.

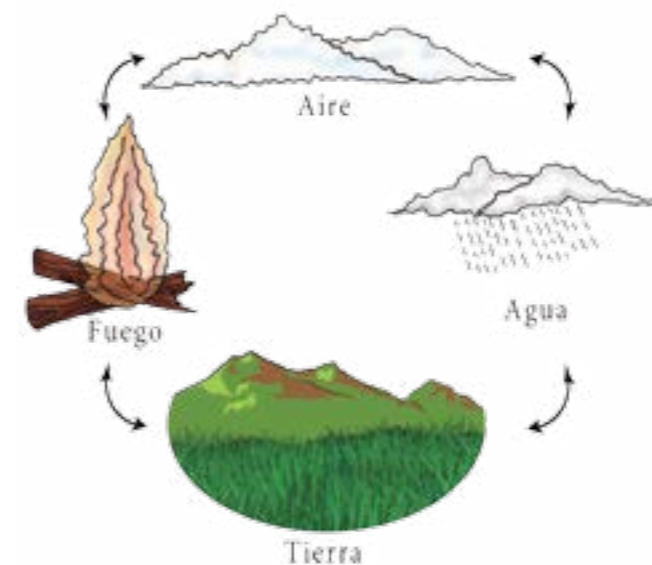
Sería algo parecido a lo que hacemos con una foto o imagen como la de la playa de los Indios, ubicada cerca de la localidad de Chuspa, estado Miranda. Los pescadores de la zona hacen inmersiones a pulmón y sin equipos de buceo, no logran ver la gran biodiversidad que en el mar existe.

Si hacemos un viaje desde lo macroscópico a escala humana, por ejemplo, 1dm (10^{-1} m) sería el tamaño de la palma de tu mano. Nuestra visión ya no distingue a una escala microscópica, con tamaños de una décima de milímetro (10^{-4} m), como es el caso de las células vegetales. Cuando la medida alcanza una centésima de micrómetro (10^{-8} m), hablamos de una escala submicroscópica, donde comienzan a aparecer las primeras partículas internas de la materia.

El avance de la ciencia y tecnología ha permitido conocer la naturaleza de la materia a través de la construcción de modelos que representan el mundo submicroscópico y nos permiten explicar su estructura y comportamiento, dentro de un conjunto de teorías científicas que le dan sentido y que están en permanente contrastación con la naturaleza. En este sentido, te invitamos a responder preguntas como: ¿qué modelos informan sobre la constitución de la materia? ¿Cómo han evolucionado en el tiempo?

¡Un viaje al interior de la materia!

Para conocer cómo está formada la materia y cuál es su estructura, te invito a hacer un viaje hacia el interior de la misma; vamos a sumergirnos en un mundo submicroscópico, que abarca materiales tan pequeños que ni siquiera pueden verse con el microscopio más potente, a una escala de 1 picómetro (10^{-12} m). Para ello nos remontamos a la antigua Grecia, hace aproximadamente 2.500 a.n.e (antes de nuestra era). En aquellos tiempos, los filósofos griegos pensaban que la materia era una combinación de cuatro elementos fundamentales: aire, tierra, fuego y agua.



Estos pensadores de Grecia también se preguntaron si la materia podía dividirse indefinidamente en partes cada vez más pequeñas, o si había una última partícula de materia tan diminuta que no pudiera seguir dividiéndose. Entre los filósofos destaca **Demócrito**, 460-370 a.n.e., quien sostenía que todos esos elementos: aire, tierra, fuego y agua, podrían ser divididos en partículas más pequeñas, hasta obtener unas de tamaño diminuto e indivisibles, a las que Demócrito llamó **átomos**. Además pensaba que existían diferentes tipos de átomos según cada tipo de materia, átomos de la piedra, átomos del elefante...



Las ideas de Demócrito acerca de que la materia estaba conformada por átomos no fueron aceptadas por los filósofos de su época, y tuvieron que transcurrir alrededor de 2.000 años para que la idea de los átomos fuera tomada en consideración.

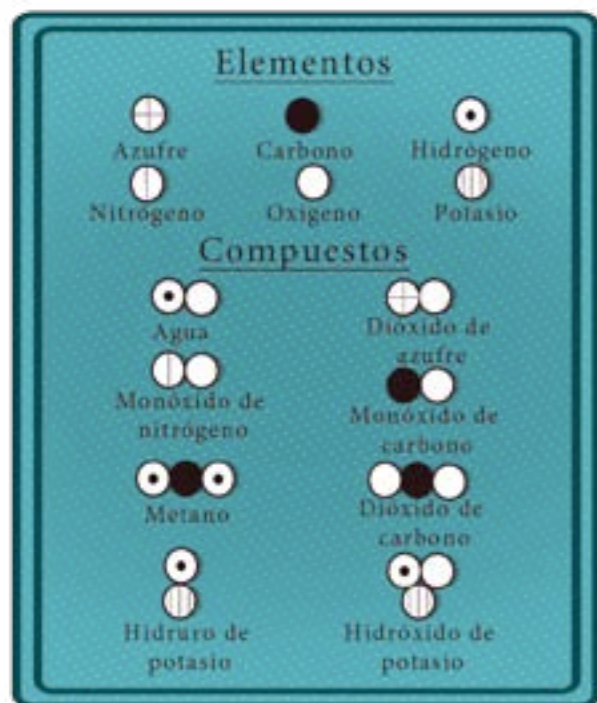
Mucho tiempo después, podemos resaltar los trabajos experimentales sobre los cambios químicos en la materia de **Antoine Lavoisier**, químico francés; él observó que la masa antes y después de una reacción no cambiaba, siendo esta idea la que explicaría la regularidad de la **conservación de la masa**.

Casi al mismo tiempo, entre 1794 y 1799, **Joseph Proust** observó que la masa de los reactivos siempre se combina entre sí en **proporciones definidas** de números enteros. Actualmente estos resultados se conocen como ley de la conservación de la masa y ley de las proporciones definidas respectivamente.

Posteriormente, **John Dalton** (1766-1844), químico británico, retomó las ideas antiguas de Demócrito acerca de que la materia está formada por partículas indivisibles llamadas átomos, y los resultados de Lavoisier y Proust, y propuso un modelo para explicar lo que ocurre en una reacción química entre sustancias distintas, planteando cómo era el reacomodo de los átomos en interacción, sin la desaparición de ninguno de ellos, a fin de que se conservara la masa.

En sus experimentos Dalton estudio los elementos oxígeno, carbono, hidrógeno, nitrógeno, azufre y potasio, a los que representó gráficamente (figura 8.1).

De acuerdo a estas representaciones, al combinar en una reacción química algunos de estos elementos, los compuestos resultantes serían una agrupación de estos átomos, lo que representaba de esta forma:



Observa las representaciones gráficas de compuestos trabajados por Dalton (Figura 8.1). ¿Cómo se agruparán los elementos para dar estos compuestos?

Figura 8.1. Representación gráfica de Dalton para los seis elementos y algunos compuestos.

Las propuestas teóricas de Dalton acerca del átomo y sus combinaciones fueron los primeros pasos hacia la teoría atómica. Él dio el aporte a la ciencia de un modelo corpuscular del átomo. De esta forma, asentó en 1803 los detalles de su teoría atómica, cuyas ideas principales son:

1. Toda la materia está compuesta por partículas **submicroscópicas** indivisibles, denominadas **átomos**, a los que Dalton imaginaba como esferas indivisibles, separadas e indestructibles (figura 8.2).



Figura 8.2. Modelo de átomo de Dalton, pensado como una esfera sólida e indivisible.

2. Todos los **elementos** están formados por átomos, que mantienen su identidad en un cambio químico, el cual ocurre cuando se reacomodan los componentes (átomos) de la materia, formando otros compuestos.

3. Los átomos de un mismo **elemento químico** son todos iguales entre sí y diferentes a los átomos de otros elementos, en cuanto a su forma, tamaño y masa.

4. **Una molécula** se forma al unirse los átomos de dos o más elementos, los cuales se combinan en proporciones constantes y sencillas, en números enteros. Analiza la figura 8.3. Esto era un postulado, ya que para la época no contaban con equipos que les permitieran hacer mediciones experimentales para comprobarlo. Fíjate en la representación de la reacción que da origen al agua que te mostramos antes, Dalton la imaginó diferente de lo que hoy conocemos sobre la constitución de esta molécula.

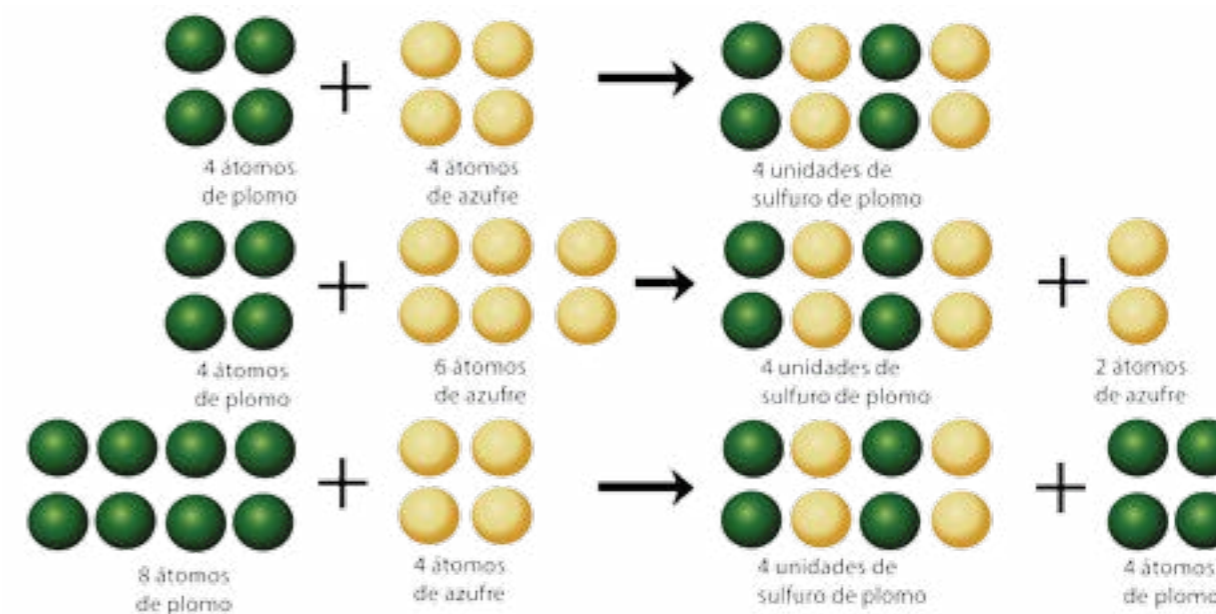


Figura 8.3. Representación de reacciones químicas basadas en el modelo de átomo de Dalton.



Este modelo atómico sobre la estructura interna de la materia implicaba que en el acomodo de los átomos (esferas compactas), debían quedar espacios vacíos y pequeños entre ellos. Esta es la primera idea acerca de que la materia es de **naturaleza discontinua**. Veamos una analogía para comprender esto.

Te invitamos a que pienses en unas cuantas pelotas rígidas y compactas que se encuentran juntas (figura 8.4); por más apretadas que ellas estén, observarás que quedan espacios vacíos en los cuales no pueden tener contacto directo. Algo así imaginaba Dalton que ocurría al interior de los compuestos.

Figura 8.4. Agrupación de pelotas que asemejan la geometría atómica propuesta por Dalton para los compuestos.

Este modelo sugiere que los átomos y moléculas tienen un tamaño en el orden de $10^{-10}m$, se hallan en constante movimiento, se pueden trasladar, rotar, vibrar, otras; mientras que a nivel macroscópico, cuando todos juntos forman un material, nos dan la impresión de ser algo continuo y estático.

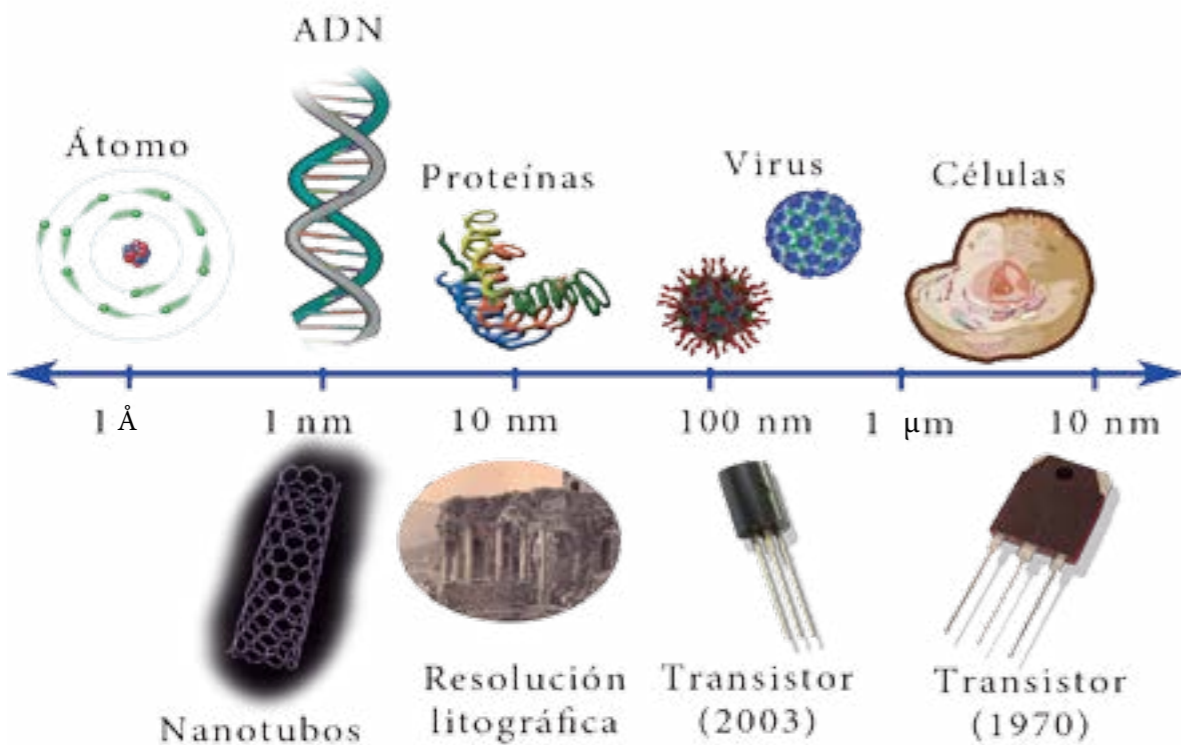


Figura 8.5 Escala submicroscópica ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} m$; $1 \text{ nm} = 10^{-9} m$; $1 \mu m = 10^{-6} m$).

Hacia lo más interno del átomo

El ser humano siempre ha estado en busca del conocimiento sobre la naturaleza de la materia, y hace más de 2.500 años **Tales de Mileto** (figura 8.6) y otros pensadores griegos descubrieron que al frotar una varilla de ámbar con una tela, aquélla atraía a objetos livianos como polvo o plumas ligeras. Posteriormente observaron que dos varillas de ámbar frotadas se repelían entre sí, pero eran atraídas por una varilla de vidrio frotada con seda. Estas evidencias son conocidas hoy como manifestaciones eléctricas de atracción y repulsión.



Figura 8.6. Tales de Mileto.

La palabra eléctrico viene del término griego ELEKTRON que significa ámbar. A pesar de estos aportes de los griegos, tuvieron que pasar varios siglos antes de que **William Gilbert** observara que había otros cuerpos como el ámbar, que al frotarlos ejercían atracción sobre cualquier otro cuerpo. Como la designación griega que corresponde al ámbar es *elektron*, Gilbert comenzó a usar el término "eléctrico" para referirse a todo cuerpo que se comportara como el ámbar, con lo cual surgieron las expresiones "electricidad", "electrizar", "electrización", entre otras. Trabajos que Gilbert publicó en 1600 en su obra "De Magnete".



En nuestra vida diaria estamos rodeados de fenómenos que se producen en la naturaleza como, por ejemplo, los rayos producidos en las tormentas (figura 8.7), los cuales son un fenómeno electrostático macroscópico. A partir de las evidencias de estos fenómenos se continuó con el estudio de la naturaleza interna de la materia, lo cual permitió penetrar en la estructura misma del átomo y tener mayor idea de sus características.

Figura 8.7. Tormenta eléctrica.

¡El átomo tiene cargas eléctricas!

Al mismo tiempo que se realizaban continuos experimentos con la materia, para poder establecer a qué se deben los cambios y transformaciones químicas en las reacciones, se estaban haciendo investigaciones exhaustivas sobre la naturaleza conductora de electricidad de algunos elementos metálicos. De manera que aquellos postulados atómicos que explicaban cómo se relacionaban los elementos entre sí para dar origen a compuestos, comenzaron a responder las inquietudes de quienes buscaban explicar el fenómeno de la electricidad.

En 1800, **Humphry Davy**, químico inglés, publicó algunas evidencias sobre la estructura atómica, pues encontró que al hacer pasar una corriente eléctrica a través de algunos materiales, éstos se descomponían (electrólisis). Por esta razón, Davy sugirió que los elementos de un compuesto químico se mantenían unidos por fuerzas eléctricas.

Para 1834, un discípulo de Davy, **Michael Faraday**, físico y químico británico, determinó la relación cuantitativa entre la cantidad de electricidad que se consumía en la electrólisis y la masa de la sustancia descompuesta. Así evidenció que la electricidad producía cambios químicos en la materia.

Al estudiar los trabajos de Faraday, George Stoney sugirió en 1874 que los átomos llevaban consigo unidades de cargas eléctricas, a las que llamaría "electrón".

Posteriormente, en 1897, un físico británico, **Joseph J. Thomson**, a través de las evidencias encontradas por sus antecesores, planteó que el modelo atómico de Dalton, de la esfera sólida, no podía dividirse en partes menores, por lo cual no permitía explicar este comportamiento eléctrico de la materia.



Figura 8.8. Joseph John Thomson en su laboratorio.

J. J. Thomson llegó a esta conclusión por las evidencias encontradas en sus experimentos. El experimento más conocido de Thomson consistió en usar un tubo al vacío, como el que se muestra en la figura 8.9, del cual se extrajeron todos los gases. En cada extremo del tubo se colocó una pieza metálica llamada electrodo conectada a un terminal metálico fuera del tubo. Al encender la fuente de electricidad, se establece entre los electrodos un alto voltaje, entre 10.000 voltios y 20.000 voltios. El electrodo negativo, llamado por convención cátodo, se calienta y emite una descarga eléctrica, un rayo, que viaja hacia el electrodo positivo llamado ánodo. Estos rayos son invisibles pero al salir por un agujero e impactar con una pantalla impregnada de un material fosforescente, ésta brillaba. A estos rayos los conocemos como rayos catódicos.

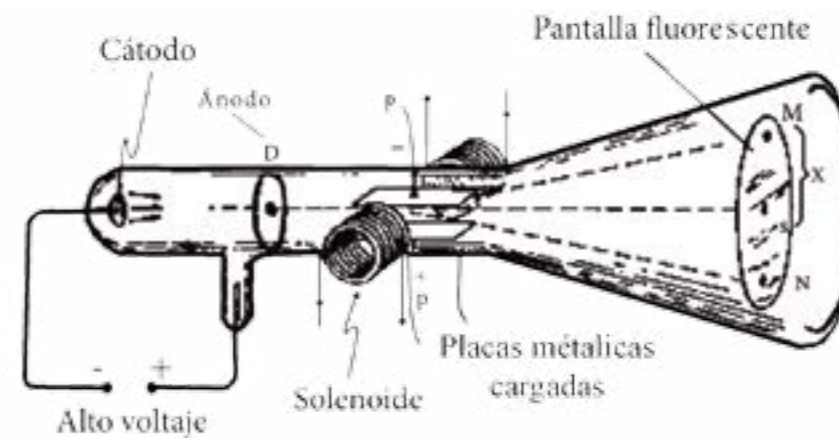


Figura 8.9 Tubo de rayos catódicos. Entre el cátodo y el ánodo hay un alto voltaje, que acelera los electrones. Cuando pasan por los puntos P, estos rayos se desvían en su viaje hacia la pantalla; esto es debido a otro nuevo voltaje variable en dirección perpendicular al anterior, que se genera entre las placas, y que permite controlar el lugar de llegada.

A partir de las evidencias experimentales, J. J. Thomson planteó que los rayos catódicos tenían que estar constituidos por partículas indivisibles con carga negativa a las que llamó corpúsculos de electricidad, que se tenían que desprender de los átomos del cátodo. Con lo cual concluyó que el átomo tenía que ser divisible, y que estas partículas subatómicas tenían carga eléctrica.

De acuerdo a lo planteado, Thomson sugiere un modelo científico del átomo diferente al propuesto por Dalton. Este modelo explica que los átomos son divisibles en partículas subatómicas, denominadas electrones, además, se pensó que la carga positiva necesaria para contrarrestar las cargas negativas de los electrones en un átomo neutro estaba distribuida de manera uniforme en todo el átomo. En efecto, Thomson sugirió que los electrones estaban incrustados en una masa de carga positiva, semejante a una masa de gelatina con trozos pequeños de frutas impregnados en ella. A este modelo atómico que imaginaba Thomson se le dio el nombre de pudín de pasas, por su semejanza con este postre (figura 8.10).

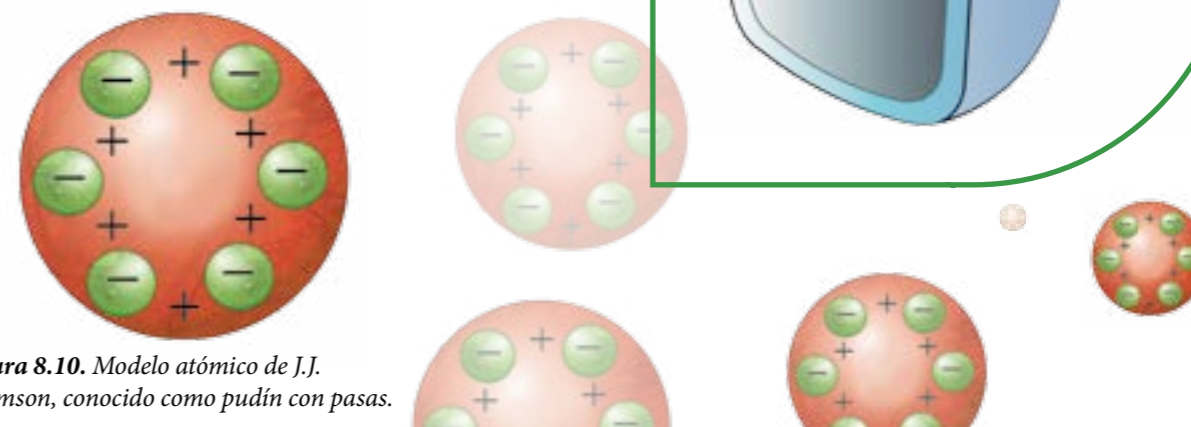
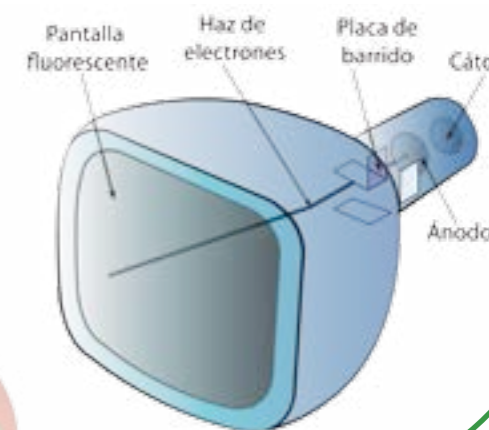


Figura 8.10. Modelo atómico de J.J. Thomson, conocido como pudín con pasas.

Para saber más...

Algunos televisores utilizan tubos de rayos catódicos. El punto luminoso que se produce en la pantalla sirve así para formar la imagen que vemos. La variación de la intensidad de los rayos, y su dirección en cada momento hacen que aparezcan en la pantalla muchísimos puntos luminosos y puntos oscuros. La lentitud del cerebro y de nuestra visión en comparación con los cambios en la pantalla, nos permite construir una imagen bastante definida.



Con base en los experimentos de J. J. Thomson, los científicos concluyeron que los átomos no eran esferas compactas, indivisibles y sin carga, sino algo formado por partículas con carga eléctrica, llamadas partículas subatómicas, siendo el electrón una de estas partículas ya identificada experimentalmente.

Con el modelo que planteó Thomson, se continuó trabajando para argumentar la idea de que si los átomos contienen partículas de menor tamaño con carga negativa, también deben contener partículas positivas, probablemente con una masa mucho mayor que la de los electrones.

En 1886, el físico alemán Eugen Goldstein llevó a cabo algunos experimentos con un nuevo tubo, el tubo de Crookes, cuyo cátodo era un disco metálico lleno de orificios, como se muestra en la figura 8.11. Con este aparato, Goldstein observó no sólo la corriente de electrones emitidas por el cátodo, sino además otros rayos en la región situada detrás del cátodo que, por viajar en dirección contraria a los rayos de partículas negativas, debían ser partículas positivas, a las cuales posteriormente denominaron **protones**.

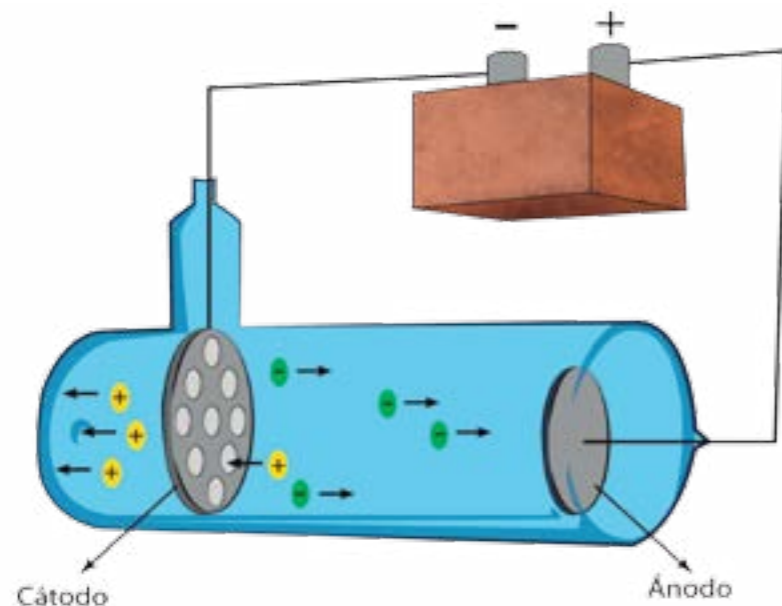


Figura 8.11. Tubo de Crookes.

Con todas las evidencias de J. J. Thomson de la existencia de los electrones, y las de Goldstein sobre los protones, se comprobó que el átomo es divisible en partículas más pequeñas (partículas subatómicas).

A principios de la década de 1900, era evidente que cada átomo se componía de cargas tanto positivas como negativas. La pregunta era: ¿cómo estaban distribuidas dichas cargas en el átomo? La respuesta dominante en esa época quedaba resumida en el modelo de J. J. Thomson.

Sin embargo, poco después, uno de sus estudiantes, Ernest Rutherford, un físico experimental sobresaliente de su tiempo, puso mucho empeño en estudiar la estructura interna del átomo. Y para el año 1911, se llevaron a cabo una serie de experimentos que permitieron modificar las ideas aceptadas hasta el momento.

Ernest Rutherford y sus colaboradores hicieron incidir partículas alfa (α), que son átomos de helio que han perdido sus electrones y por tanto tienen carga eléctrica positiva, sobre una lámina de oro. Observaron que la gran mayoría de las partículas atravesaban dicha lámina sin derivarse, pero unas pocas rebotaban. Esto los llevó a pensar que cada una de las partículas alfa que rebotaba había chocado con un punto de gran masa y de carga positiva. Era un resultado completamente inesperado, incompatible con el modelo de átomo de Thomson.

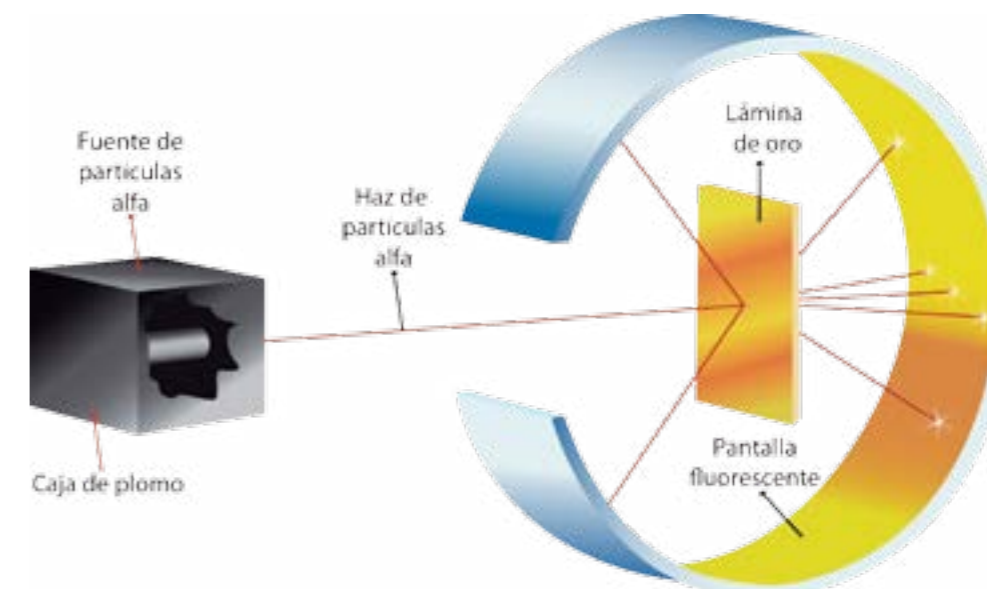


Figura 8.12. Experimento de Ernest Rutherford y colaboradores.

Mediante un análisis matemático de las fuerzas involucradas, Rutherford demostró que la dispersión de las partículas alfa era causada por un pequeño núcleo cargado positivamente, situado en el centro de cada átomo de oro. De esta forma dedujo que la mayor parte del átomo es espacio vacío, lo que explicaba por qué la mayoría de las partículas que bombardeaban la lámina de oro, pasaban a través de ella sin desviarse. Así, estableció el llamado modelo atómico de Rutherford o modelo atómico nuclear. Este modelo considera que el átomo está formado por dos partes: el núcleo y la corteza. El núcleo es la parte central, de tamaño muy pequeño, donde se encuentra toda la carga positiva y, prácticamente, toda la masa del átomo (Figura 8.13). La corteza es casi un inmenso espacio vacío, en relación con las dimensiones del núcleo, en el cual están los electrones.

En el año 1918 Rutherford descubrió que cuando se disparan partículas alfa contra un gas de nitrógeno, se detectan signos de núcleos de hidrógeno. Señaló que la única fuente de la cual podían provenir estos núcleos era el nitrógeno, y que por tanto el nitrógeno debía contener núcleos de hidrógeno, partícula fundamental de todo átomo que hoy llamamos **protón**. Y sabemos que tiene la misma cantidad de carga eléctrica del electrón pero positiva, y una masa 1.800 veces mayor.

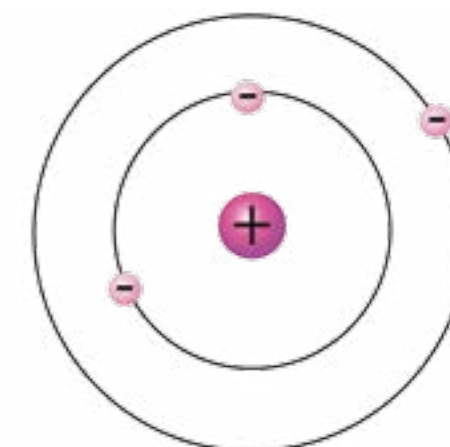


Figura 8.13. Modelo atómico de Ernest Rutherford.

¡El átomo además de cargas tiene partículas neutras!

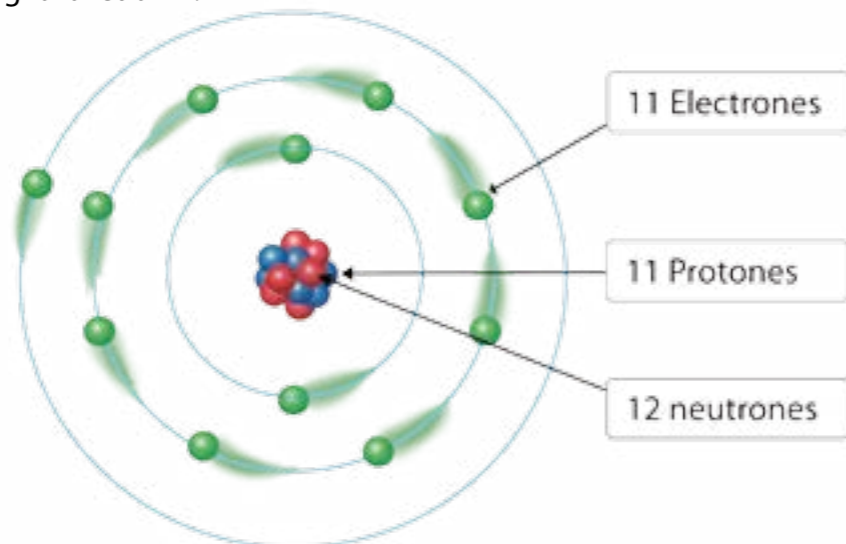
Ahora bien, los electrones tienen masa despreciable en comparación con la masa de los protones pero al sumar las masas, de éstos no se consigue el valor de la masa del átomo. Por eso surgió la pregunta, ¿de dónde procede el resto de la masa del átomo? Se hacía necesaria la existencia de otra partícula subatómica.

En 1932, **James Chadwick** descubrió la existencia de una nueva radiación de altísima energía, emitida por los átomos que se bombardeaban con partículas alfa. Esta radiación tenía que ser de otro tipo de partícula subatómica, que denominó **neutrones**, eran partículas con masa parecida a la de los protones pero sin carga eléctrica. El hecho de no poseer carga eléctrica le da a los neutrones un poder de penetración, debido a que no son desviados ni repelidos por interacción eléctrica. Esto permitía explicar el misterio de la diferencia en la masa del átomo.

Con esta idea de la existencia de los neutrones se fortalece el modelo nuclear del átomo de Rutherford. Por lo tanto, el átomo está constituido por **un núcleo** formado por partículas de gran masa y tamaño reducido, **neutrones** (sin carga eléctrica) y **protones** (cargados positivamente), rodeado por **electrones** (cargados negativamente) que se encuentran en la corteza y girando alrededor del núcleo.

El número de protones que se encuentran en el núcleo, es igual al número de electrones que lo rodean, lo que resulta en un átomo eléctricamente neutro. Este número es un entero, que se denomina **número atómico** y se designa por la letra "**Z**". Por otra parte, como la masa del átomo se concentra en el núcleo, formado por protones y neutrones, la suma de ambos recibe el nombre de **número de masa** y se le designa la letra "**A**".

De acuerdo a esto, en la actualidad caracterizamos el núcleo de un átomo por su número atómico (Z) y su número de masa (A). Por ejemplo, consideremos el átomo de sodio libre en la naturaleza, éste contiene 11 electrones, 11 protones y 12 neutrones, lo que da como resultado: número atómico, $Z = 11$ y número de masa, $A = 23$ ($11+12$).



Por otra parte, todos los núcleos de los átomos de un elemento en particular tienen el mismo número atómico, sin embargo, pueden tener diferente número de masa, ¿por qué? Debido a que entre los átomos de un mismo elemento químico si bien sus núcleos tienen el mismo número de protones, pueden tener diferente número de neutrones. A estos átomos con diferente número de masa e igual número atómico, se les conoce con el nombre de **isótopos**.

Para saber más... Los isótopos son utilizados en muchos campos de la ciencia y tecnología, como en la medicina nuclear, en muchas investigaciones biológicas, en el cálculo de la edad de los fósiles, para determinar la edad y evolución de la Tierra, nuestra Luna y el resto de los planetas y satélites que integran nuestro Sistema Solar y del Universo en general. También tienen diversas aplicaciones en la industria. Pero, lamentablemente, se ha hecho también un uso inadecuado de carácter bélico.

Retomando las ideas que se han generado a lo largo de la historia hasta la época de J.J. Thomson, E. Rutherford y J. Chadwick, tenemos que el átomo está constituido por electrones en la corteza, los cuales tienen carga negativa, y un núcleo que contiene los protones, con carga positiva, y los neutrones, sin carga.

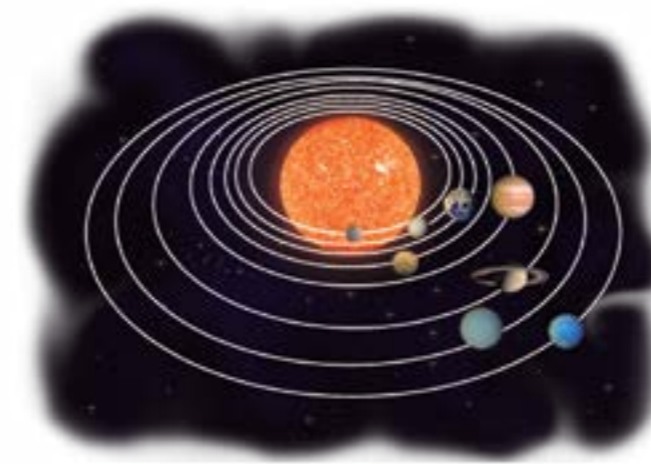
¿Por qué los electrones no se "caen" hacia el núcleo?

Otra vez surgen nuevas preguntas; conociendo que las partículas con cargas eléctricas diferentes se atraen, y que los electrones son menos masivos que los protones, ¿cómo se explica el hecho de que los electrones de la corteza no se precipiten sobre el núcleo cargado positivamente, debido a la atracción eléctrica? Esto inquietaba mucho a los científicos de principios del siglo XX.

En el modelo de Rutherford se supone a los electrones estacionarios, entonces ninguna distribución de éstos alrededor del núcleo evitaría que "cayeran" sobre él. Esta situación parecía resolverse si dejamos que los electrones se muevan alrededor del núcleo en recorridos similares a los de los planetas alrededor del Sol. ¡Un modelo bastante estable!

Sin embargo el movimiento alrededor del núcleo es acelerado. Entonces, como los electrones están cargados, deberían liberar energía en forma de radiación, de acuerdo a los planteamientos electromagnéticos de la época, y por tanto, describirían trayectorias en espiral que los irían acercando al núcleo hasta chocar contra él. Por lo cual, no había esperanza de que los átomos según el modelo de Rutherford se mantuvieran estables.

Niels Bohr, científico danés, tomó estas objeciones como punto de partida para tratar de resolver la estabilidad del modelo del átomo, e incorporó ciertos postulados inspirados en los experimentos de radiación con algunos elementos.



El primer postulado establece que el electrón se mueve en una órbita circular alrededor del núcleo, como consecuencia de la fuerza de atracción eléctrica que existe entre ellos. En analogía al modelo de atracción gravitacional que se usa para explicar el movimiento planetario del Sistema Solar.

Así, compara el movimiento de los electrones con el movimiento de los planetas que giran alrededor del Sol. Aunque éste atrae a los planetas mediante la fuerza de gravedad, los planetas se mueven con suficiente energía para permanecer en órbitas estables alrededor de él.

¿En qué órbitas pueden estar girando los electrones?

Cuando desde la Tierra se hace el lanzamiento de un satélite, el cohete lleva la suficiente energía de movimiento para que permanezca en órbita alrededor de la Tierra. Esta cantidad de energía determina a qué distancia de la Tierra llegará. Si se le proporciona un poco más de energía, el satélite alcanzará una órbita ligeramente más alta, y si es menor la energía se ubicará en una órbita más baja, como se muestra en la figura 8.14. Esto quiere decir que se necesita un "paquete de energía" exacto para ubicarlo en la órbita deseada.

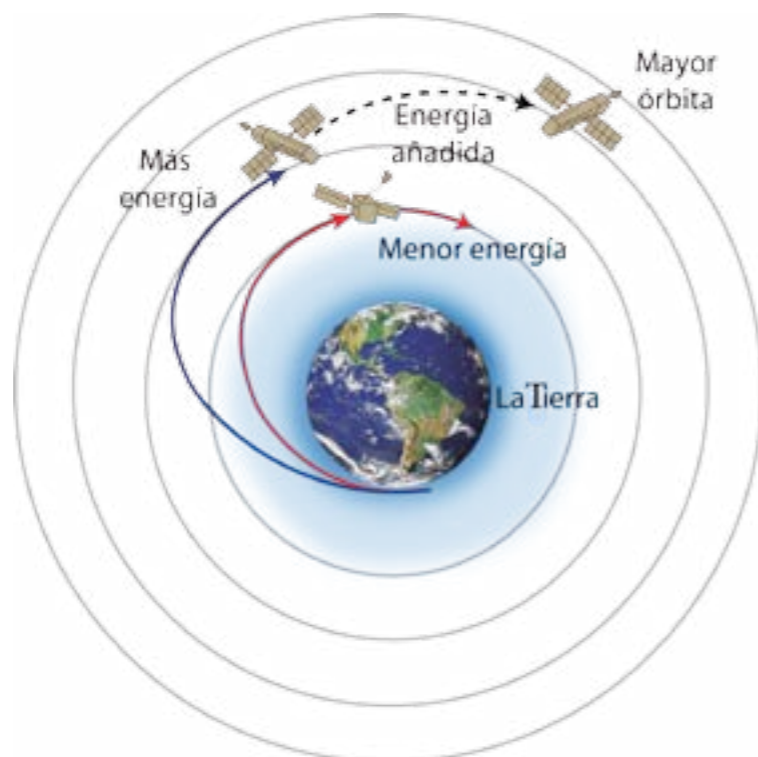


Figura 8.14. Posicionamiento de un satélite en una órbita según la cantidad de energía suministrada al cohete lanzado.

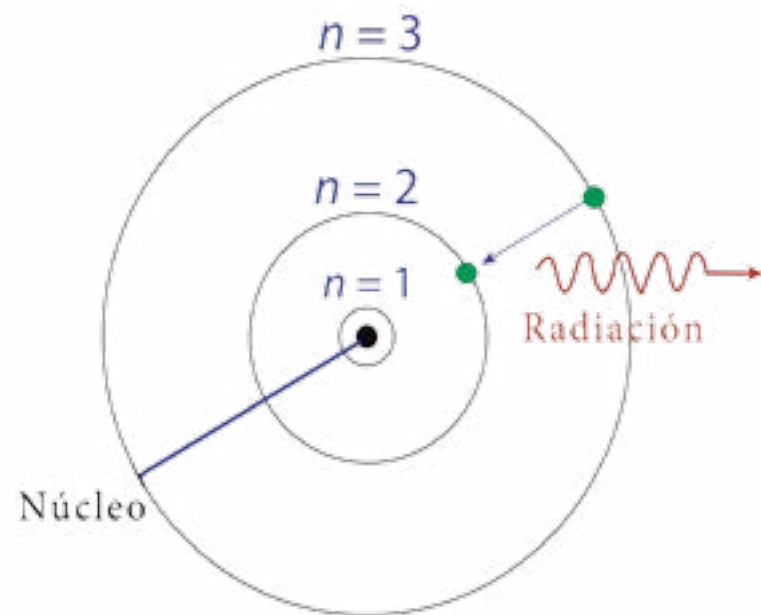


Figura 8.15. Modelo atómico de Bohr. El electrón excitado del nivel 3, al decaer al nivel 2 emite radiación.

Al relacionar lo anterior con el movimiento de los electrones orbitales, tenemos que cada electrón tiene una energía de movimiento específica, que le permite vencer la atracción del núcleo positivo y lo mantiene en movimiento constante alrededor del núcleo en una órbita particular, sin liberar energía, es decir, sin emitir radiación. Esto constituye el segundo postulado de Bohr relativo a las posibles órbitas de movimiento que pueden tener los electrones. De esta forma, el modelo de átomo de Bohr, propuesto en 1913, se llamó el modelo del sistema planetario (figura 8.15).

El tercer postulado de Bohr tiene que ver con la radiación electromagnética que liberan algunos átomos cuando se les suministra cierta cantidad de energía externamente. Por ejemplo, una lámpara de gas de hidrógeno, que se conecta a un voltaje muy alto, emite energía en forma de radiación (luz). Al pasar por algunos elementos ópticos, se separan los colores que componen esa radiación lumínica. Así como le ocurre a la luz que viene del Sol al pasar por gotas de agua de lluvia y formar lo que conocemos como el arco iris.

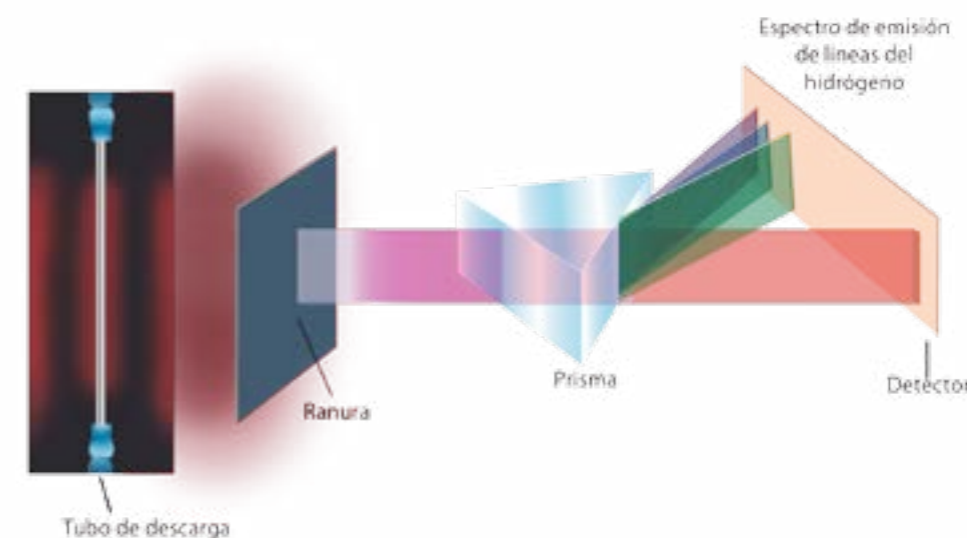


Figura 8.16. Experimento para observar las líneas de color de luz de emisión del hidrógeno (espectro de emisión).

A nivel subatómico, esto se explica porque los electrones que son excitados mediante la energía suministrada pasan a determinados orbitales más alejados del núcleo, y cuando luego regresan a un estado de menor energía, emiten ondas de luz (figura 8.15).

Pero, ¿por qué se liberan sólo ciertos colores de luz (frecuencias)? Para contestar esta pregunta Bohr sugirió que los electrones sólo podían tener ciertas y determinadas **cantidades de energía**. Dedujo que se pueden mover alrededor del núcleo únicamente a distancias que corresponden a esas cantidades de energía. Las regiones espaciales en las que se pueden mover los electrones alrededor del núcleo de un átomo reciben el nombre de niveles energéticos. Puedes comparar el movimiento de electrones entre los **niveles energéticos** con el subir y bajar unas escaleras.

Los niveles energéticos son como peldaños de una escalera (figura 8.17). Cuando subes o bajas una escalera debes apoyarte en peldaños específicos de la escalera, pero no en el espacio entre ellos. El mismo principio se aplica para el movimiento de los electrones entre los niveles energéticos de un átomo. Es decir, los electrones sólo pueden estar en los diferentes niveles de energía, mas no dentro del espacio entre ellos.

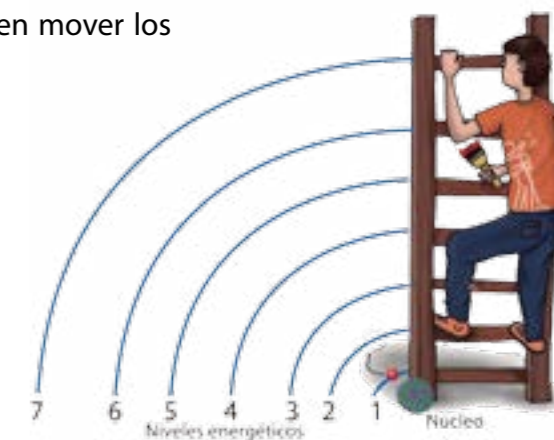


Figura 8.17. Niveles energéticos determinados por la ubicación de los peldaños respecto del suelo. El joven no puede estar en un nivel entre dos peldaños.

Los electrones pueden absorber sólo ciertas cantidades de energía para desplazarse hacia niveles más altos. La cantidad está determinada por la diferencia de energía entre los niveles. Cuando los electrones regresan a los niveles más bajos, desprenden esa diferencia energética en forma de luz. Este modelo de Bohr explica el comportamiento de los electrones del átomo de hidrógeno a través de órbitas circulares, y permite hacer predicciones para otros sistemas físicos. Sin embargo, presenta debilidad para explicar los espectros de emisión de otros elementos.

Así, surgen nuevos planteamientos para poder explicar lo que ocurre con los espectros de elementos que tienen más de un electrón. En 1916, **Arnold Sommerfeld** (1888-1951), físico alemán, propuso que los electrones se mueven en órbitas que pueden ser más o menos elípticas de acuerdo al nivel energético que se esté estudiando; además, consideró que el núcleo también se mueve. Los planteamientos teóricos de Sommerfeld llevaban a establecer que en un mismo nivel de energía existen otros subniveles.

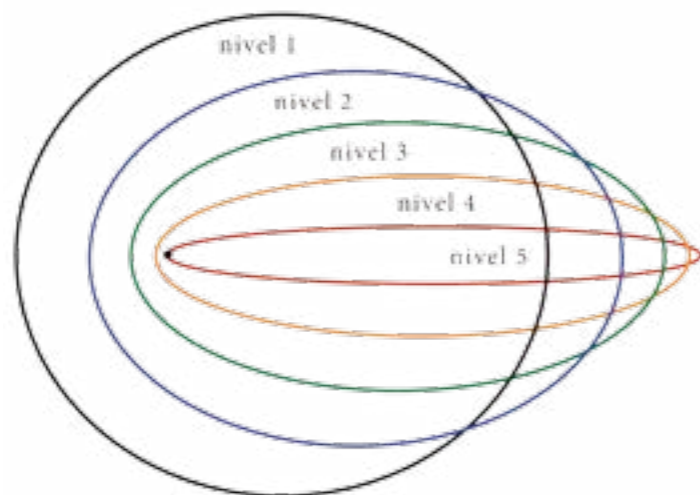


Figura 8. 18. Modelo de Bohr y Sommerfeld.

En 1926, como resultado de los estudios de **Louis Broglie**, **Erwin Schrödinger** y **Werner Heisenberg**, se planteó que los electrones no se comportaban como partículas girando en órbitas (como los planetas), alrededor del núcleo de un átomo. En lugar de ello, se propuso que los electrones ocupaban probabilísticamente regiones espaciales esféricas alrededor del núcleo; es decir, no se puede determinar con exactitud la posición y la velocidad del electrón en el espacio, tal como lo hacemos en los cálculos del movimiento de un móvil. En consecuencia, las probables posiciones de los electrones en cada nivel y subnivel energético pueden describirse como una **nube electrónica** (figura 8.19).

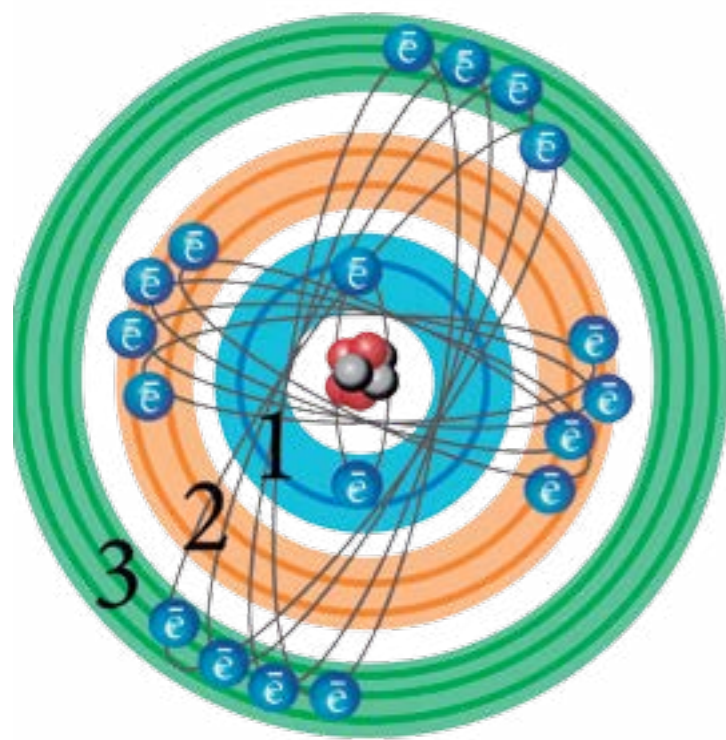


Figura 8.19. Modelo atómico de la nube electrónica.

De acuerdo con este modelo atómico los electrones se encuentran ordenados en niveles energéticos y los mismos pueden contener un número limitado de electrones. El nivel energético menor es el más pequeño y próximo al núcleo. Este primer nivel energético puede contener un máximo de dos electrones. El segundo nivel, que es más grande porque está más alejado del núcleo, puede contener un máximo de ocho electrones. Es decir, que para cada nivel energético existe una cantidad determinada de electrones, y los que se encuentran en la parte más externa del núcleo se conocen como **electrones de valencia**. Estos electrones son los responsables de las interacciones para la formación de un enlace entre dos o más átomos, dando origen a los compuestos químicos.

Hasta ahora hemos visto que los modelos atómicos se referían a un núcleo que posee protones y neutrones, y a su alrededor partículas cargadas negativamente que son los electrones, con energía definida y ubicaciones probabilísticas en cada nivel. Sin embargo, hoy en día se conoce que hay más partículas en el átomo, algunas inclusive conforman los protones y neutrones, como los quarks. Otras han surgido de planteamientos teóricos para explicar las fuerzas nucleares que se presentan en los núcleos; incluso hay partículas que para detectarlas es muy difícil con las condiciones experimentales y tecnológicas que tenemos, pues se manifiestan como interacción de los rayos cósmicos con la atmósfera y su tiempo de vida es muy corto como para "observarlas".

Para saber más... El 4 de Julio de 2012, en el acelerador de partículas Gran Colisionador de Hadrones (**LHC**) de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN, siglas en francés), después de años de experimentos con altas energías y con gran precisión, científicas y científicos del mundo, incluyendo de Venezuela, encontraron la evidencia más contundente de la existencia de una partícula, el bosón de Higgs, prevista teóricamente en 1960. Este hallazgo es un avance para resolver incógnitas sobre la materia y el origen de su masa.



El núcleo atómico y nuestro entorno

Con el avance del conocimiento científico en el área, hoy sabemos que el núcleo de los átomos de algunos elementos es inestable. Estos núcleos inestables se desintegran, emitiendo radiaciones y dando origen a núcleos más pequeños de otras sustancias. Por ejemplo, el uranio luego de cientos de millones de años acaba convirtiéndose en plomo. Otros elementos radiactivos son el polonio y el radio. Se trata de un fenómeno espontáneo que ocurre en la naturaleza, y se relaciona con el equilibrio entre el número de protones y neutrones en el núcleo atómico. Por eso, para el mismo elemento algunos isótopos son más radiactivos que otros. Es el caso del uranio 235, mucho más radiactivo que el mayoritario uranio 238. Además de la natural, los seres humanos hemos logrado inducir radiactividad bombardeando los núcleos de algunos elementos con partículas cargadas de energía, por ejemplo partículas alfa. También hemos aprendido a concentrar y controlar los procesos radiactivos, lo que ha llevado a diversos usos.

En el campo alimentario, ayudan en la conservación de alimentos. La aplicación de radiaciones en cantidades pequeñas destruye microorganismos y permite que los alimentos duren más tiempo. El mismo principio se aplica en la esterilización de instrumental quirúrgico y en la preservación de obras de arte.



En el campo de la medicina, la radiación se utiliza ampliamente. En el diagnóstico, para generar imágenes de órganos; en el tratamiento, para atacar ciertos tipos de cáncer; como trazadores, para seguir la distribución de compuestos químicos en el organismo, entre otras posibilidades. En nuestro país, el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) desarrolla estudios relacionados con la radiación nuclear y presta servicios a la comunidad, como la evaluación y el control de equipos de radiodiagnóstico, así como la irradiación de diversos productos. Recientemente, se instaló la planta de esterilización mediante radiación gamma (PeGAMMA).



Como contraparte a estos beneficios, está el problema del manejo de los materiales radiactivos. ¿Qué hacer con sus residuos? En algunos casos son de corta vida y baja intensidad, pero en otros conservan la radiactividad durante miles de años. Así sucede con los residuos de las centrales que generan energía eléctrica a gran escala a partir de reacciones nucleares. Hasta ahora no se ha encontrado una solución definitiva a tal cuestión. A ello se suman los peligros de accidentes en esas instalaciones, con fugas radiactivas que pueden afectar a millones de personas y otros seres vivos, junto al aire, agua y suelos (recordemos Chernobyl, Fukushima...). En nuestro país no tenemos este tipo de centrales. Hay quienes piensan que el uso de la radiación nuclear para generar energía es "un mal necesario", ¿qué piensas tú? Te invitamos a reflexionar con tu grupo sobre el tema.



La materia. ¿Es continua o discontinua?

El libro que estás leyendo, el lápiz con el que escribimos, el agua que bebemos y el aire que respiramos son materia. Esta materia que vemos, nos parece que es de forma continua, es decir, no nos damos cuenta de que está conformada por átomos y que hay espacios vacíos en ellos y entre ellos. Sin embargo, a través de esta lectura viste que, si logras viajar al interior de la materia, encontrarías que está conformada por átomos y éstos a su vez por partículas muy pequeñas que se distribuyen en el espacio, quedando muchos espacios vacíos. Lo cual ha sido modelado y contrastado con la naturaleza a lo largo de la historia de la humanidad. De manera similar, te invitamos a construir un modelo de un fenómeno, a partir de las evidencias experimentales de esta actividad práctica.

¿Qué necesitan?

- Un globo, un gotero y esencia de vainilla.

¿Cómo lo harán?

- Si colocan unas gotas de vainilla en lo más profundo del globo, lo inflan y lo anudan, ¿qué piensan que sucederá? ¿Qué evidencias esperas tener de esos sucesos? ¿Cómo argumentan ese resultado esperado? Construyan un modelo explicativo del resultado esperado, justificando sus postulados, tomando en cuenta lo leído sobre la estructura de la materia.
- Comparen su modelo con el resto de los equipos. ¿En qué se parecen? ¿En qué se diferencian? Discutan y reconozcan con el docente. ¿Cuál o cuáles dan mejor cuenta de lo esperado? Justifiquen los resultados y anoten su escogencia.
- Diseñen uno o varios experimentos controlados para poner a prueba el modelo seleccionado.
- Registren las evidencias observadas.

¿Cómo lo pueden explicar?

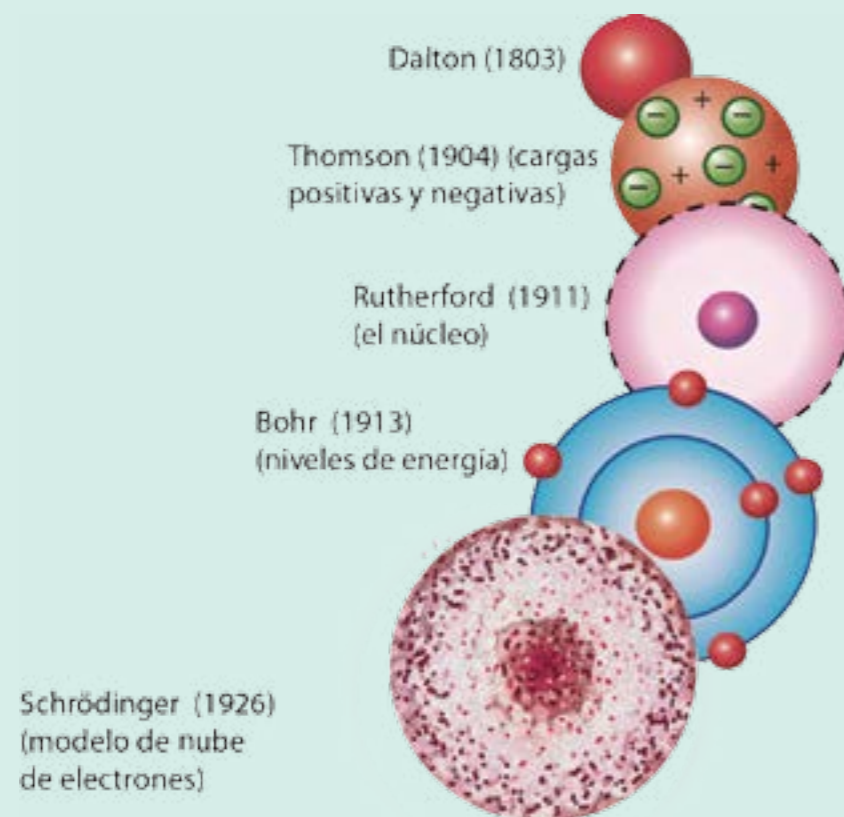
Contrasten los resultados con lo esperado. Revisen los planteamientos del modelo. Realicen una síntesis del proceso realizado y compárenlo con el de otros equipos. ¿Es similar la construcción que ustedes hicieron de modelos para la explicación del fenómeno esperado y observado, con la presentada en esta lectura sobre los modelos científicos?



Actividades de autoevaluación

1. De acuerdo con la evolución histórica del átomo, desde Demócrito, Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr, hasta el modelo atómico actual, reflexiona sobre:

- ¿Por qué podemos decir que quienes plantearon por primera vez la idea atomista concibieron también el vacío?
- ¿Cuáles fueron las contribuciones de Dalton, Thomson, Rutherford y Bohr al modelo atómico? Te sugerimos sistematizar la información a través de un esquema, mapa o línea de tiempo. Complementándolo con sucesos ocurridos en el mundo y Venezuela en los campos social, científico, artístico, entre otros.
- ¿Por qué concluyó Rutherford que el núcleo de un átomo tenía una carga positiva y no una carga negativa? Resume las conclusiones del grupo de Rutherford acerca de la estructura del átomo.
- ¿En qué difiere el modelo atómico actual de la nube electrónica del modelo atómico planetario original de Bohr?



2. En 1911, el equipo de científicos encabezado por Ernest Rutherford acababa de anunciar un gran avance científico. Habían elaborado un modelo nuclear del átomo basado en unas investigaciones que databan de 1909. Imagina que vives en esa época y eres una reportera o un reportero de ciencias y quieres escribir un artículo de divulgación científica acerca de este modelo. Te invitamos a realizar este trabajo pensando en que el lector del artículo no sabe nada acerca de los átomos.

3. Discute sobre: ¿hay partículas más pequeñas que los protones y los neutrones? ¿Cuáles serán esas partículas? ¿Cómo se formarán? ¿Cuáles han sido detectadas experimentalmente? Es posible que tengas que ampliar la información que encuentres en esta lectura en otras fuentes.



En la naturaleza podemos encontrar una gran variedad de seres, tales como: animales, plantas, hongos, bacterias, sin dejar a un lado al ser humano, los cuales conforman el conjunto de la materia viva. Es importante conocer que todos los seres vivos que habitamos el planeta Tierra estamos constituidos, básicamente, por carbono, oxígeno e hidrógeno.

Estos átomos fundamentales a su vez se componen de partículas subatómicas. Por lo tanto, alguna vez te has preguntado **¿cuál es la relación entre los elementos químicos y toda la materia viva?** El análisis químico de la materia viva nos ha revelado que de los 92 elementos en la naturaleza, unos 27 son esenciales para los diferentes seres vivos. El carbono es considerado como el elemento clave de la materia orgánica, ya que constituye compuestos vitales como los carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos. Otro de los elementos esenciales que podemos destacar es el oxígeno, que se utiliza en el proceso de respiración. Además, es uno de los productos del proceso de fotosíntesis que realizan las plantas. Por lo tanto, estos y otros elementos son estudiados por científicas y científicos.

¿Te gustaría saber más acerca de los elementos químicos? Te invito a que leas a continuación sobre el origen de éstos en el Universo. ¿Qué entendemos por elemento químico?, ¿dónde podemos encontrar algunos elementos en la naturaleza? Además, conocer sus nombres, su simbología y su organización en la Tabla Periódica de los Elementos Químicos.

El origen de los elementos químicos en el Universo

El ser humano siempre ha tenido curiosidad por conocer el origen del Universo, es decir, de dónde vino todo lo que está en él, sus elementos constituyentes. Por ello, en la historia de la humanidad encontramos diferentes hipótesis que han tratado de explicarlo, desde su procedencia a través de un ser superior hasta diversas teorías científicas. Una de las teorías más aceptadas es la teoría del "Big Bang", la cual considera que el Universo comenzó hace unos 13 o 14 mil millones de años, con una gran explosión de toda la materia y la energía que se encontraba concentrada en un espacio tan pequeño como un átomo. "Explotó" y empezó a expandirse a velocidades inimaginables, conformando progresivamente lo que hoy conocemos como el Universo, con sus enormes distancias y sus múltiples galaxias, el cual se sigue expandiendo pero de manera mucho más lenta.

A este modelo, Einstein le agregó la idea de que el Universo también puede contraerse y que no tiene que ser único, sino que puede haber muchos, que surgen, se expanden y se contraen, desapareciendo. Esta propuesta ha dado pie a otra hipótesis en debate, la de Universos paralelos. Como puedes notar, hay mucho por conocer al respecto.

Hablemos ahora de la génesis de los elementos químicos. En la teoría del Big Bang se presume que, en el instante del estallido, la materia en expansión estaba constituida por protones, neutrones, electrones y átomos de hidrógeno. En esta fase, se presume que se produjeron uniones a alta temperatura y alta energía de estas partículas.

A estas uniones se les llama **fusión nuclear**. Por ejemplo, el helio, que es un elemento químico cuyo átomo está formado por 2 electrones, 2 protones y neutrones, resultó de la fusión a altas temperaturas (10^9 K) y alta energía, de núcleos de hidrógeno constituidos cada uno por 1 protón. Estos elementos, hidrógeno y helio se formaron y siguen formándose en diversos tipos de estrellas, las cuales evolucionan y desaparecen. En su evolución, la fusión nuclear no cesa, con lo cual se van formando átomos con mayor número de protones y electrones que los de hidrógeno y helio, átomos más pesados como carbono, oxígeno y silicio; con éstos se forman otros y así, sucesivamente, hasta llegar a hierro, cobalto y níquel. Estos procesos hacen que la estrella se vaya haciendo más masiva.



Representación de la teoría del Big Bang sobre el origen del Universo.
Fuente: http://www.proyectosalohogar.com/Origen_vida/Indice3.jpg

Se ha postulado que las estrellas que se hacen muy masivas, terminan estallando en lo que se conoce como una explosión estelar (supernova). Así se difundieron al espacio los elementos químicos. Las fracciones de gas y polvo que se van aglutinando forman luego partículas cada vez más grandes, desde rocas hasta los planetoides y planetas gigantes. Es así como se supone que el planeta Tierra logró conformarse con los elementos químicos que hoy conocemos. Estas explicaciones dan cuenta de la abundancia y distribución de los elementos en el Universo. Todos somos "polvo de estrellas".

Para saber más...

En febrero de 1987, los científicos Ian Shelton y Oscar Duhalde en un observatorio de la región de Atacama, en Chile, y de forma independiente Albert Jones en Nueva Zelanda, observaron la supernova SN1987A que estaba ubicada en una galaxia enana (Gran Nube de Magallanes) de la zona exterior a la Vía Láctea. Esta observación permitió poner a prueba algunas teorías sobre el origen del Universo.



¿Pero qué es un elemento químico?

A través de la historia de la ciencia, se han desarrollado diferentes definiciones sobre elemento químico. En el siglo XVII, el químico y físico **Robert Boyle**, como alternativa al conocimiento tradicional de "elemento", que estaba revestido de connotaciones místicas, propuso una noción de elemento químico: éste era una sustancia que en la práctica no puede ser descompuesta.

Posteriormente en el siglo XVIII, **Antoine Lavoisier**, químico francés considerado como el padre de la Química, introduce el análisis experimental de la descomposición del agua y plantea con mayor contundencia la noción de Boyle, manteniendo la equivalencia entre elemento y cuerpo simple. De esta manera se abandona la teoría griega de los cuatro elementos que constituían la materia: aire, agua, tierra y fuego, aceptada desde 600 años a.n.e (antes de nuestra era).

En el año 1808, **John Dalton**, con la revolución que implicó la teoría atómica que postuló, planteaba que los átomos de un mismo elemento tienen igual masa y todas las demás cualidades. Esta noción de elemento fue apoyada por el ruso Mendeléyev, quien logra hacerla más precisa, en el marco de su propuesta de la ley de periodicidad; en 1869, Mendeléyev señala que cada elemento se asocia a un tipo de átomo.

El postulado de Dalton se mantuvo hasta 1914, cuando **Frederick Soddy** demostró que un mismo elemento puede estar formado por átomos **isótopos**, es decir, átomos con igual número de protones y electrones, pero diferente cantidad de neutrones. Así que los elementos considerados hasta entonces como formados por átomos idénticos en todas sus propiedades, estaban constituidos en realidad por átomos de masas diferentes.

Para el siglo XX, los conocimientos y hallazgos experimentales sobre la estructura interna del átomo han llevado a establecer el **elemento químico** como una sustancia constituida por átomos que contienen el mismo **número atómico (Z)**, es decir que está formado por átomos que en su núcleo contienen igual número de protones, lo cual incluye a todos los isótopos y admite las diferencias de las masas. Como puedes ver elemento químico y átomo no son sinónimos, aunque están asociados.

¿Dónde podemos encontrar algunos de los elementos químicos?

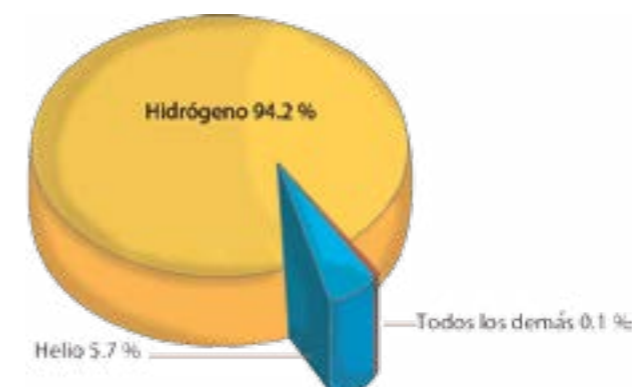


Figura 9.1. Proporción de los elementos químicos que encontramos en el Universo.

Resulta interesante saber que en el Universo encontramos el elemento *hidrógeno* con una abundancia alrededor del 94,2%, el cual es el combustible de las estrellas; y en segundo lugar se encuentra el *helio* con 5,7%, lo que deja aproximadamente 0,1% para el resto de los elementos. (Figura 9.1).

Dentro del 0,1% que incluye a los otros elementos químicos, 11 elementos forman más del 99% de la masa de la corteza terrestre, del agua de los océanos y ríos, y de la atmósfera. El más abundante es el oxígeno, que está preferentemente en forma de agua, le sigue el silicio, que aparece sobre todo en formas de roca y arena.

Continúan, en orden de abundancia en la corteza terrestre, otros elementos como: aluminio, hierro, calcio, sodio, potasio, magnesio. En el caso de los elementos químicos que constituyen a los seres vivos del planeta, la proporción difiere de los que encontramos en la composición de la Tierra (figura 9.2).

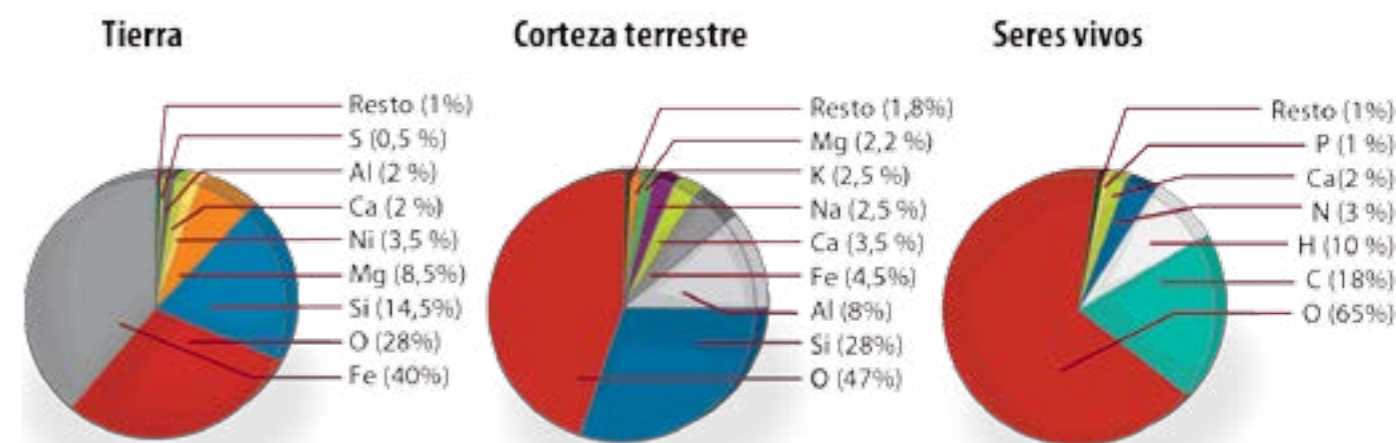


Figura 9.2. Distribución del 0,1% de los elementos químicos del Universo en la Tierra, su corteza y los seres vivos.

Ello se debe a que los seres vivos, como entes selectivos que son, han utilizado aquellos elementos más idóneos para sus estructuras y funciones. Además, la abundancia no es sinónimo de disponibilidad. Es lógico pensar que la vida, además de necesitar elementos idóneos, requiere que estén disponibles. Por ejemplo, el aluminio es un elemento muy abundante en la corteza terrestre pero difícil de obtener en forma soluble, como lo pueden utilizar los seres vivos. Algunos de los elementos más abundantes en la vida (carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno) se obtienen fácilmente de las capas fluidas de la Tierra, la atmósfera y la hidrósfera.

En este sentido, a los elementos químicos más abundantes en los seres vivos (plantas, animales y personas), se les conoce con el nombre de bioelementos. De acuerdo a su abundancia se agrupan en tres categorías: los **Bioelementos primarios o principales** incluyen al: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno; entre los **Bioelementos secundarios**, tenemos: azufre, fósforo, magnesio, calcio, sodio, potasio y cloro. Por último, existen otros elementos que se hallan en menores cantidades, que llamamos **Oligoelementos** como: hierro, manganeso, cobre, zinc, flúor, yodo, boro, silicio, vanadio, cromo, cobalto, selenio, molibdeno y estaño.

Vamos a conocer los símbolos de los elementos químicos

En nuestra vida cotidiana es común usar símbolos para comunicar diferentes tipos de información. Observa la figura 9.3, ¿qué significado tienen para ti esas señales? Seguramente que pensaste en: A) una salida de emergencia, B) un hospital que está a 500 m, C) no se puede usar el celular y D) la ubicación de sanitarios para mujeres y hombres. Las señales son signos o símbolos que sustituyen expresiones verbales escritas, las cuales han sido acordadas por un colectivo; éste puede ser local o internacional. Como puedes notar, estos símbolos representan una economía en la comunicación. Claro está que para poder "leer" los símbolos tenemos que familiarizarnos con ellos.



Figura 9.3. Señales que sintetizan información.

De igual forma, la química tiene su propio lenguaje y se utilizan **símbolos, fórmulas y ecuaciones químicas** para representar, por ejemplo, la estructura y composición de la materia, su estado de agregación, sus transformaciones (cambios químicos) y las condiciones para lograrlas. Este lenguaje ha ido evolucionando, adaptándose a las nuevas necesidades; producto del desarrollo de la ciencia a lo largo del tiempo, tal como sucede con los idiomas. Una parte importante e imprescindible de este lenguaje químico lo constituye la representación de los **elementos químicos** mediante **símbolos**.

A través de la historia, se han utilizado diferentes simbologías y denominaciones para representar los elementos y compuestos químicos, diversos alquimistas de la Edad Media idearon sus propias notaciones para mantener oculto su trabajo, así sólo ellos las entendían (figura 9.4). Por ejemplo, al mercurio (nombre actual) lo llamaron agua blanca y al óxido de hierro, azafrán de Marte.

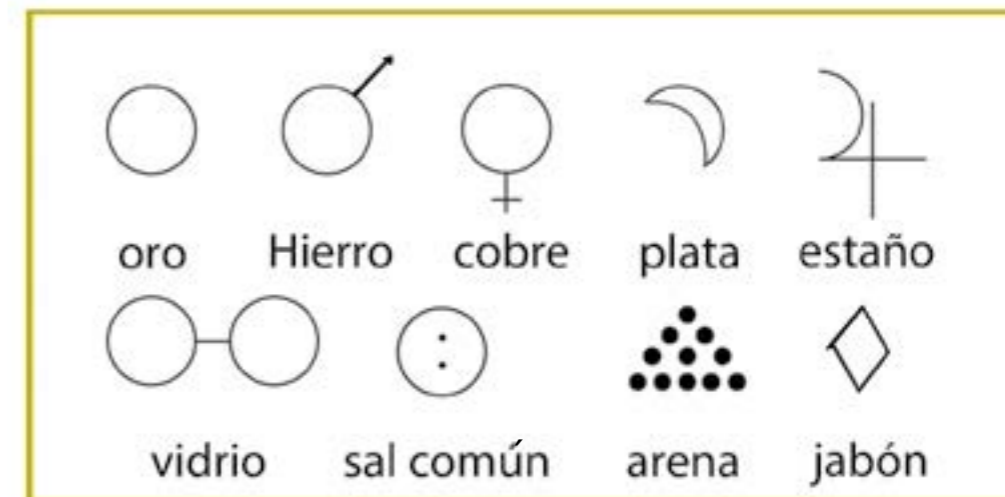


Figura 9.4. Parte de la simbología originalmente creada por los alquimistas de la Edad Media, que se mantuvo hasta el siglo XVIII.

La simbología utilizada por estos alquimistas persistió hasta finales del siglo XVIII. En el siglo XIX aún se utilizaban para algunas sustancias los nombres que les habían dado los alquimistas. De hecho todavía algunos llaman al amoníaco "cuerno de ciervo", por ejemplo.

Sin embargo, cuando se fueron conociendo más elementos químicos, estos nombres y símbolos resultaban difíciles de recordar; por lo tanto, Dalton en 1808, al proponer su teoría atómica, ideó una nueva forma de representar los átomos de los elementos mediante círculos distintos, como se muestra en la figura 9.5.

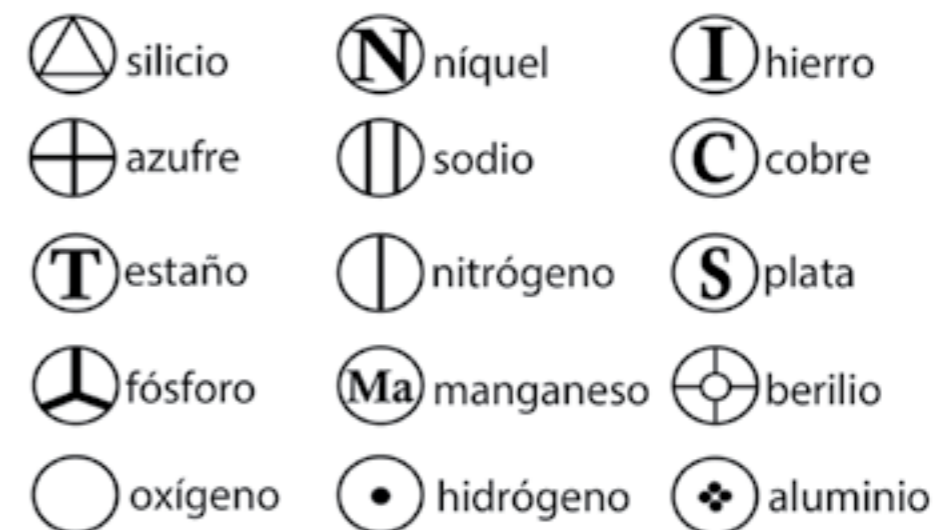


Figura 9.5. Simbología creada por Dalton para representar diferentes átomos.



Jons Jacob Berzelius (1779-1848).

Para el año 1818, el químico sueco Jons Jacob Berzelius desarrolló un sistema sencillo de notación; sustituyó los símbolos de Dalton por letras. Este lenguaje es el que hoy en día se utiliza en todo el mundo. Estos símbolos son letras tomadas del nombre del elemento: la primera siempre se escribe en mayúscula, mientras que la segunda y tercera letras, si las hay, con minúsculas. Por ejemplo, carbono se representa con C y calcio con Ca.

¿A quién se le ocurrió poner esos nombres que damos hoy a los elementos químicos? Pues bien, provienen de muchas fuentes: origen mitológico, como por ejemplo el nombre del elemento helio, que deriva de Helios, dios Sol de los griegos; etimológico, es decir, derivado de palabras latinas, griegas o alemanas que describen una propiedad característica del elemento, tal es el caso del oro que proviene de la palabra latina aurum, y significa aurora resplandeciente; el país o lugar donde lo descubrieron, como el nombre galio se deriva de Gallia, el nombre en latín de Francia; o en honor de alguna científica o científico, como el elemento meitnerio en honor a Lisa Meitner, científica que con Otto Hahn descubrió la fisión nuclear.

Dada la necesidad de tener una convención internacional, en la actualidad contamos con una normativa acordada por científicas y científicos, quienes se han organizado en la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, siglas de su nombre en inglés), para la representación de los símbolos de todos los elementos químicos, conocidos y por conocer. En la tabla 9.1, presentamos información relacionada con el nombre, símbolo, origen y aplicación o uso de algunos elementos químicos más comunes.

Tabla 9.1. Nombre, símbolo, origen del nombre y uso de algunos elementos químicos.

Elemento Químico	Símbolo	Origen del Nombre	Algunos usos importantes
Aluminio	Al	Latín, <i>alumen</i> (alumbre)	Utensilios de cocina, aeronaves...
Arsénico	As	Latín, <i>arsenicum</i>	Semiconductores (es tóxico)...
Carbono	C	Latín, <i>carbo</i> (carbón)	Carbón vegetal, tintas...
Cobre	Cu	Latín, <i>cuprum</i>	Cable eléctrico, latón, monedas...
Hierro	Fe	Latín, <i>ferrum</i>	Acero, imanes, máquinas, herramientas...

¿Cómo se organizan los elementos químicos?

Seguramente alguna vez has observado las luces en los anuncios luminosos durante la noche. Éstas se producen mediante unos gases, llamados gases nobles. Todos ellos tienen propiedades similares, son incoloros, inodoros y muestran una reactividad química muy baja en condiciones normales, por eso se integran en un grupo. De la misma manera, otros elementos que comparten características similares, pueden agruparse para ser estudiados con facilidad.



Podemos preguntarnos, entonces, ¿qué características de los elementos vamos a comparar para agruparlos? ¿Desde cuándo se han estudiado los elementos para poder agruparlos? ¿Quién o quiénes han sido los responsables de hacer estos conjuntos? Para responder estas interrogantes, vamos a hacer un breve recorrido por la historia de la Tabla Periódica. La tabla que empleamos hoy en día es el resultado del esfuerzo de diversas científicas y científicos que a lo largo del tiempo han permitido el desarrollo de un sistema periódico, que organiza los elementos que conocemos de acuerdo con sus características. Seguramente, ya habrás tenido oportunidad de conocerla y hasta emplearla para obtener información.

Los primeros aportes a la Tabla Periódica datan del año 1817, con el químico alemán Johann Döbereiner, quien observó que había grupos de tres elementos que tenían propiedades físicas y químicas similares. Con base en sus observaciones, clasificó los elementos en grupos de tres, a los que llamó **triadas**.

Esta clasificación de las **triadas** señala que la masa atómica (número de protones y neutrones en un átomo) del elemento central del grupo, era aproximadamente el promedio aritmético de las masas de los otros dos elementos. Por ejemplo, en la triada: cloro, bromo, yodo, las masas atómicas son 36, 80 y 127 respectivamente; al promediar los valores extremos, obtenemos 81, que es aproximadamente 80.

Posteriormente, en el año 1864 el químico inglés Johan Alexander Newlands ordenó los elementos conocidos para la época, de acuerdo con sus masas atómicas crecientes; observó que después de ubicar siete elementos, en el octavo se repetían las propiedades de las masas atómicas del primero. Newlands llamó a este patrón la **ley de las octavas**, utilizando como analogía la escala musical. Sin embargo, esta regla no se cumplía para los elementos ubicados después del calcio, resultando insuficiente; razón por la cual fue motivo de descalificación por parte de otros científicos, aunque posteriormente se le reconoció la observación.

En 1869, el químico ruso **Dimitri Ivanovich Mendeléyev**, basándose en las ideas que habían propuesto Döbereiner y Newlands, organizó los 63 elementos que ya se conocían en orden creciente de sus masas atómicas y analizó algunas propiedades de ello. Así, se dió cuenta de que las propiedades físicas y químicas se repetían de forma periódica, esto se conoce como **periodicidad**.

En ese año de 1869, a la edad de 35 años, Mendeléyev publicó una **Tabla de los Elementos**. En ella estaban los elementos organizados por grupos. Identificó al hidrógeno (H) como un grupo unitario. Luego seguía con el litio (Li), berilio (Be), entre otros, analizando sus propiedades; al encontrar un elemento cuyas propiedades se parecían a algunos de los que ya había analizado antes, lo ubicaba en una nueva fila en la misma columna o grupo que estos. Por ejemplo, al llegar al flúor (F), el sodio (Na) lo colocó en el mismo grupo del litio (Li), pues se parecían. El magnesio (Mg) se parecía al berilio (Be), y así continuó con el resto de los elementos.

De esta manera, los elementos con propiedades similares quedaban acomodados en un mismo grupo (I, II, III...). En 1871 revisó nuevamente su tabla e identificó ocho grupos de elementos, tomando en cuenta además la composición de los óxidos que formaban. Una síntesis de su clasificación se muestra en la figura 9.6. Esta tabla fue la antecesora de la Tabla Periódica actual.

Mendeléyev, para agrupar los elementos con propiedades similares en las mismas columnas, tuvo que dejar espacios en blanco en su tabla. Así, audazmente predijo la existencia de elementos que aún no habían sido descubiertos y que debían ocupar dichos lugares de acuerdo con las propiedades correspondientes.

C	F	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H								
2	Li	Be	B	C	N	O	F		
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl		
4	K	Ca		Ti	V	Cr	Mn	Fe, Co, Ni, Cu	
5	(Cu)	Zn			As	Se	Br		
6	Rb	Sr	?Y	Zr	Nb	Mo		Ru, Rh, Pd, Ag	
7	(Ag)	Cd	In	Sn	Sb	Te	I		
8	Cs	Ba	?Di	?Ce					
9									
10			?Er	?La	Ta	W		Os, Ir, Pt, Au	
11	(Au)	Hg	Tl	Pb	Bi				
12				Th	U				

Figura 9.6. Representación de la tabla de los elementos construida por D.I. Mendeléyev en 1871.

Para saber más... Para el año 1869, el ruso Dimitri Ivanovich Mendeléyev y el alemán Julius Lothar Meyer, trabajando de forma independiente ambos químicos, produjeron resultados notablemente similares sobre la clasificación de forma creciente de las masas atómicas de los elementos en la tabla periódica. En este sentido, Lothar Meyer publicó una versión de la tabla periódica que era muy parecida a la de Mendeléyev, sin saber que había otra propuesta.



Mendeléyev, en los espacios en blanco, ubicó hipotéticos elementos y les asignó nombres como **eka-boro**, **eka-aluminio** y **eka-silicio** (*eka* proviene del sánscrito y significa "uno"). Para el año 1875, unos químicos franceses descubrieron el eka-aluminio y lo llamaron galio (Ga). El eka-silicio se descubrió en Alemania en 1886 y se le llamó germanio (Ge).

Propiedad	Predicción (1869)	Observación (1886)
Masa atómica	72 u	72,6 u
Color	Gris oscuro	Blanco grisáceo
Densidad	5,5 g/mL	5,32 g/mL
Punto de fusión	Muy alto	937°C
Fórmula del óxido	EsO ₂	GeO ₂
Densidad del óxido	4,7 g/mL	4,70 g/mL
Fórmula del cloruro	EsCl ₄	GeCl ₄

Tabla 9.2. Semejanzas de las propiedades observadas del germanio y las que predijo Mendeléyev para el eka-silicio.

La tabla 9.2 muestra la notable semejanza entre las propiedades observadas en el germanio y las propiedades que predijo Mendeléyev 17 años antes. Esta extraordinaria semejanza fue uno de los factores determinantes para la aceptación de la teoría de la periodicidad entre los elementos y la organización de éstos en una tabla periódica.

Sin embargo, la Tabla Periódica de Mendeléyev no fue la última respuesta, pues a medida que se fueron descubriendo otros elementos, como los gases nobles, resultó que el argón (Ar) tenía una masa atómica superior a la del potasio (K), mientras que los restantes gases nobles tenían masas atómicas inferiores a los elementos posteriores. Por lo tanto, era evidente que no resultaba totalmente aceptable el aumento de la masa atómica como referencia para ubicar los elementos en el sistema periódico.

En 1913, **Henry G. J. Moseley**, sugirió que los elementos se ordenaran de acuerdo con su **número atómico** (Z), es decir, según su número de protones, el cual es el factor teórico que explica la organización de los elementos químicos en la tabla periódica. Por lo tanto, la organización de los elementos a través de los números atómicos, y no de sus masas atómicas, trajo como consecuencia que la regularidad **periódica** de los elementos cambiara su enunciado de tal manera que desde entonces se enuncia como: *Las propiedades físicas y químicas de los elementos son función periódica de sus números atómicos*.

A partir del trabajo de Moseley, la tabla fue tomando la forma que hoy tiene y se conoce como la **Tabla Periódica Moderna**, en la cual se han ido añadiendo los elementos descubiertos en los últimos años. Esta tabla está organizada por sus propiedades físicas y químicas similares. Al examinar cualquier grupo de la tabla periódica, se observa que todos los elementos en el grupo tienen la misma cantidad de **electrones de valencia**, lo cual fue trabajado en una lectura previa. Es sorprendente que estructuras electrónicas similares, conduzcan a propiedades físicas y químicas semejantes.

Leyendo la Tabla Periódica Moderna

La Tabla Periódica proporciona variada información acerca de los elementos químicos. Los elementos se clasifican como **metales, no metales, metaloides y gases nobles**, según sus propiedades físicas y químicas. En cuanto a los elementos metálicos, podemos encontrarlos en todas partes, por lo que constituyen muchas de las cosas que usamos todos los días. Por ejemplo, automóviles y bicicletas, monedas, alambres eléctricos, aparatos domésticos y computadoras. Por su resistencia y durabilidad, se utilizan en las construcciones y puentes.

Los metales se caracterizan por su brillo, porque conducen la energía térmica y la electricidad. También pueden ser estirados hasta convertirse en alambre, esto se conoce como **ductilidad**. Además tienen la capacidad de cambiar de forma, cuando se les martilla, o formar hojas delgadas cuando se laminan, lo que se conoce como **maleabilidad** (figura 9.7).



Figura 9.7. Rollos de alambre y láminas delgadas elaboradas de aluminio.

En general, en un metal los electrones de valencia son atraídos con menos fuerza por las cargas positivas del núcleo, eso hace que se muevan con libertad en el metal sólido, además pueden ser extraídos del átomo con facilidad. Esta libertad de movimiento de los electrones es lo que confiere a los metales la capacidad de ser buenos conductores de la electricidad. Por otro lado, los electrones de valencia de los no metales y metaloides están atraídos con mayor fuerza al núcleo, siendo difícil su extracción. Además, cuando los metales experimentan reacciones químicas tienden a perder los electrones de valencia, mientras que los no metales y metaloides tienden a compartir electrones o ganar los de otros átomos.

Por otra parte, los elementos **no metálicos** son muy abundantes en la naturaleza, como por ejemplo el oxígeno, el nitrógeno y el carbono, este último constituye la base fundamental de toda la materia orgánica. La mayor parte de los no metales son malos conductores de la electricidad y de la energía térmica; además son quebradizos en estado sólido. Muchos son gases a temperatura ambiente, y los que están en estado sólido carecen del brillo de los metales.

En cuanto a los **metaloides**, presentan algunas de las propiedades físicas y químicas de los no metales y los metales. Por ejemplo, el silicio (Si) es uno de los metaloides más conocidos y útiles, debido a su capacidad de semiconductor, es decir, no conduce la electricidad tan bien como un metal, pero lo hace algo mejor que un no metal. Esta capacidad de semiconductor se puede aumentar al añadirle una pequeña cantidad de otros elementos, mejorando el material, por lo que tiene un rol importante en la industria electrónica y microelectrónica.

De acuerdo a lo planteado, los elementos metálicos, no metálicos y metaloides presentan diferencias en sus propiedades físicas y químicas. El número y la distribución de los **electrones de valencia** y la fuerza eléctrica con que se mantienen en el átomo, son factores importantes que determinan el comportamiento del mismo. **¿Dónde se ubican estos elementos en la Tabla Periódica?** La ubicación de los elementos metálicos, no metálicos, metaloides (semimetales) y gases nobles en la tabla periódica, se muestra en la figura 9.8.

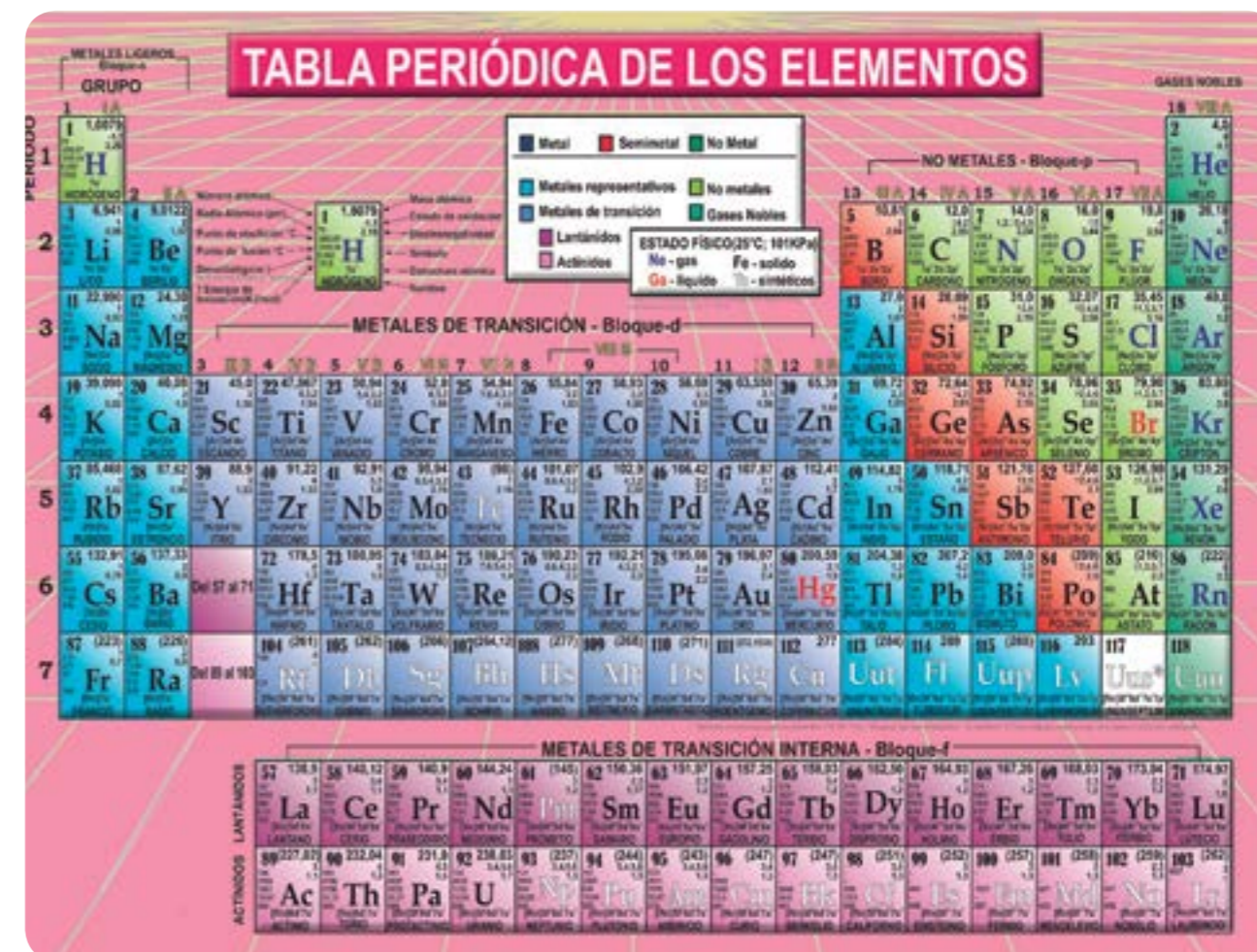


Figura 9.8. Ubicación de los elementos químicos de acuerdo a su clasificación como metales, no metales, metaloides y gases nobles. (Puedes ver una tabla mas amplia al final de la lectura)

En el recuadro de un elemento (figura 9.9) encontrarás datos fundamentales como: el nombre y símbolo del elemento, número atómico (número de protones o electrones), y la masa atómica, ésta corresponde a la masa del isótopo de mayor abundancia en la naturaleza.

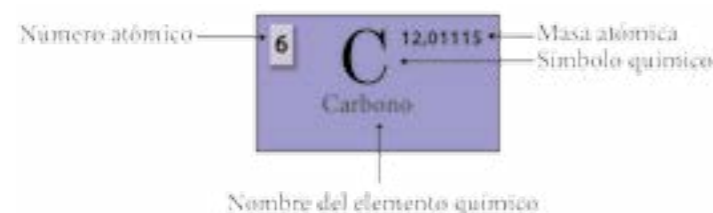


Figura 9.9. Descripción de cada elemento químico.

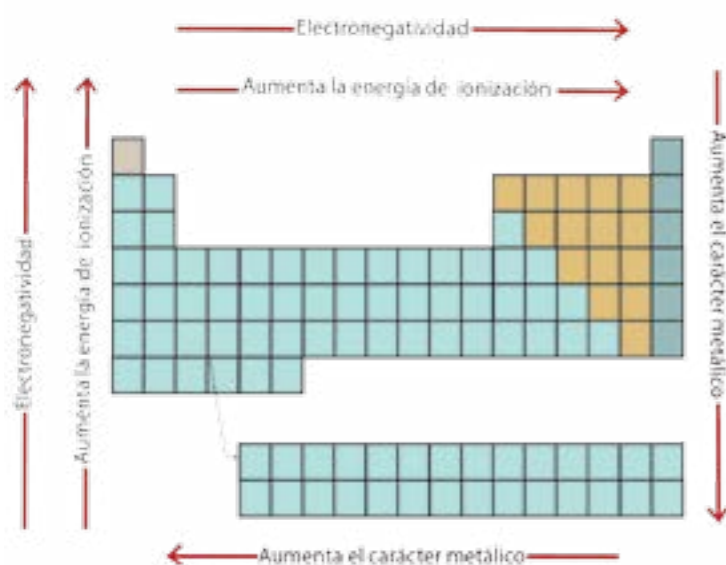
Por otra parte, los elementos químicos se ubican en la Tabla Periódica de acuerdo a la siguiente información:

- **Períodos de los elementos:** cada período se encuentra en una fila de la Tabla Periódica, los elementos en una fila presentan variaciones en las propiedades físicas y químicas que muestran un estrecho paralelismo con la variación de las propiedades de otros períodos.

Por ejemplo en la figura 9.8, el tercer período comienza con elementos brillantes y reactivos, seguidos: a la izquierda de sólidos opacos y no metales reactivos, como el aluminio (Al), silicio (Si) fósforo (P), azufre (S) y cloro (Cl). Cada período termina con un gas noble incoloro y no reactivo, en este caso argón (Ar).

- **Grupos y familias de elementos:** se encuentran en las columnas de la Tabla Periódica, se les conoce como **grupo de elementos** cuando se incluye el número de columna, o bien **familias químicas** cuando se incluye el nombre de la familia. Por ejemplo, los metales del Grupo IA pertenecen a la familia de los metales alcalinos (figura 9.8). Los elementos de una misma familia tienden a tener propiedades similares.

En cuanto a las **propiedades periódicas** de los elementos químicos se destacan:



La **energía de ionización** es la energía necesaria para separar un electrón de un átomo gaseoso y formar un ion, es decir una subpartícula cargada eléctricamente. La **electronegatividad** de un elemento químico viene por la capacidad relativa de un átomo de ese elemento para atraer electrones hacia sí. Y el **carácter metálico**, aumenta hacia la izquierda en un período de la Tabla y hacia abajo en los grupos de los elementos representativos (figura 9.10).

Figura 9.10. Esquema de la tabla periódica, que resalta la variación de la electronegatividad, energía de ionización y carácter metálico de los elementos químicos.

Para saber más... La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), el año 2012, aprobó oficialmente los nombres de los elementos químicos flerovio (Fl) y livermorio (Lv), los cuales se ubican en la Tabla Periódica Moderna con los números atómicos 114 y 116 respectivamente. El nombre Flerovio del elemento 114 es en honor al Laboratorio de Reacciones Nucleares Flerov, del centro nuclear de Dubná, Rusia, donde se sintetizan los elementos superpesados. En cuanto al elemento 116, Livermorio, su nombre es en honor al Laboratorio Nacional de Livermore, California, cuyos físicos participan en experimentos de la síntesis de nuevos elementos desde hace más de 20 años.

¿Cuánto conoces acerca del daño ambiental que han causado en Venezuela algunas industrias?

Venezuela es un país con gran diversidad de recursos, no sólo humanos sino también por las riquezas minerales, especialmente en hierro y aluminio, ambos metales de gran importancia para la economía nacional y mundial. También posee riquezas significativas de oro, diamantes, níquel, carbón y otros minerales, de ahí el crecimiento de las diversas industrias químicas. Por ejemplo, contamos con las industrias petroleras, encargadas de la exploración, perforación, transporte, refinación y mercadeo de petróleo; las industrias metalúrgicas, que se encargan de la extracción, purificación y procesamiento de metales; y las industrias siderúrgicas, encargadas de transformar el hierro en acero.

No obstante, aunque el desarrollo industrial ha permitido un crecimiento económico en nuestro país, no siempre se han tomado las medidas necesarias para prevenir los problemas ecológicos causados en los ambientes y poblaciones cercanos a las industrias. A manera de ejemplo, se puede mencionar la contaminación con mercurio en las playas de Puerto Cabello, producto de la industria petroquímica de Morón; o los derrames de petróleo en el Lago de Maracaibo, producto de las industrias petroleras, como se muestra en la figura.



Todo esto ha traído como consecuencia alteraciones en nuestros ecosistemas, modificando patrones de conducta de los animales, cambios de hábitat, pérdida de especies, inutilidad de algunos recursos hídricos por causa de la contaminación, desertificación de los suelos, entre otros.

El reto de lograr reducir el daño al ambiente, debe ser asumido por todas y todos. ¿Cómo podemos empezar? Por ejemplo podría ser con algo tan sencillo como utilizar las bolsas biodegradables, en vez de usar grandes cantidades de bolsas plásticas hechas de polietileno, un polímero de plástico que tarda alrededor de cincuenta años para destruirse por completo, siendo muy dañinas para el medio marino en concreto. Se han formado "islas" que no son más que concentraciones de plásticos desechados en el mar.



¡Te invito a reflexionar sobre lo que puedes hacer en tu hogar, escuela o comunidad para contribuir con el ambiente que necesitamos!



¿Cómo se clasifican los elementos químicos?

¿Alguna vez has pensado de qué manera influye la química en tu vida? Para ello te invito a observar las cosas materiales que están a tu alrededor. En nuestra vida cotidiana utilizamos diversos elementos químicos, por ejemplo, los cables de electricidad están elaborados con cobre; los flashes fotográficos están compuestos principalmente por magnesio; algunos protectores de la corrosión esta constituidos por zinc; la fabricación de pólvora o fungicidas es a base de azufre; la fabricación de latas emplea el aluminio; en la industria fotográfica, el yodo se utiliza para fabricar placas y papeles sensibles. Todos estos elementos químicos tienen una posición determinada en la tabla periódica que permite conocer sus propiedades, las cuales son aprovechadas para las diferentes aplicaciones antes mencionadas. Es por esto que te proponemos estudiar:

¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas de los siguientes elementos químicos: cobre, magnesio, zinc, hierro, aluminio, estaño, yodo y azufre?

Para esta actividad necesitarás conformar un equipo cooperativo y recordar las normas de seguridad en el laboratorio. Con la finalidad de identificar las características comunes de los elementos metálicos y no metálicos, así como también la reactividad en ácido, lo que les posibilitará finalmente clasificarlos.

¿Qué necesitan?

Materiales: cobre, magnesio, zinc, hierro, aluminio, estaño, yodo y azufre. Ácido clorhídrico, ocho (8) tubos de ensayo, cápsula de porcelana, mechero, trípode, pinza metálica.

¿Cómo lo harán?

Para guiar el trabajo experimental, es importante que elaboren preguntas de investigación, que posteriormente serán sometidas a prueba. En este caso algunas de las preguntas que los pueden guiar son:

- ¿Cuáles son las propiedades físicas de los elementos: cobre, magnesio, zinc, hierro, aluminio, estaño, yodo y azufre?
- ¿Cuáles de los elementos antes mencionados tiene mayor reactividad con el ácido clorhídrico? Para ello te recomendamos tener mucha precaución con la manipulación del ácido clorhídrico, debido a que puede provocar daño en la tela de tu ropa y quemaduras graves de la piel. Además, se requiere de pequeñas cantidades de los elementos, para llevar a cabo la reacción, dentro de los tubos de ensayo.



- ¿Qué sucederá al calentar cada uno de los elementos: azufre, hierro, zinc, estaño y aluminio? Recuerden tener precaución al calentar en el mechero las diferentes muestras, por separado.
- ¿Qué ocurrirá si exponemos, con la ayuda de una pinza metálica, un trozo de magnesio a la llama de un fósforo? Se sugiere hacer la misma experiencia con un trozo de estaño.

¿Qué observaron?

Recuerden que un aspecto clave en el trabajo experimental es el registro ordenado de las observaciones. En función de sus preguntas decidan una manera para registrar sus observaciones (tabla, otras).

¿Cómo lo pueden explicar?

- De acuerdo a las características observadas en cada grupo, ¿cuáles materiales son metálicos y cuáles no metálicos?
- Con lo observado y la caracterización teórica de la lectura, contrasten sus resultados y elaboren conclusiones. Propongan una clasificación de los elementos manipulados y discutan su validez con otros grupos de trabajo.
- ¿Qué explicación podrían elaborar en cuanto al comportamiento de los elementos metálicos al hacerlos reaccionar con el ácido?
- Escriban los electrones de valencia de los elementos trabajados. ¿Observan similitudes o diferencias? Justifiquen sus respuestas.
- Tomando en cuenta la lectura y complementando con otras fuentes de información, analicen:

1. ¿Cuáles son los símbolos de los elementos químicos trabajados en la actividad?
2. ¿Cuál es la ubicación en la Tabla Periódica de los elementos químicos trabajados en la actividad? Resalten la implicación en la vida cotidiana, de acuerdo a la caracterización como metal o no metal.



Vamos a divertirnos aprendiendo sobre los elementos químicos

En equipo de trabajo, y con las orientaciones del docente, seleccionen un elemento químico de cada grupo de la Tabla Periódica Moderna, y elaboren una campaña publicitaria, a través de afiches, periódico mural, cartelera, entre otros medios, para difundir la información acerca de las propiedades, usos, procesamiento e impacto social del elemento seleccionado. Para mayor orientación de cómo diseñar el proyecto, revisen las lecturas sobre investigación en este libro.



¿Conoces algunos elementos químicos en tu comunidad?

Nuestro país cuenta con una gran diversidad de recursos minerales, como por ejemplo: carbón, hierro, aluminio, oro, níquel, entre otros. Estos minerales se utilizan como materia prima básica en los procesos industriales; por ejemplo, el caso del mineral de hierro, que representa junto al carbón y el aluminio la materia prima para la industria siderúrgica, mediante la cual se obtiene una variada gama de productos de hierro y acero, que a su vez permiten el funcionamiento y desarrollo de otras industrias. Organizados en equipos, pueden seleccionar un estado de Venezuela e indagar: ¿cuáles son los elementos metálicos, no metálicos y metaloides de mayor abundancia en el estado seleccionado? ¿En qué región se concentra la riqueza de estos recursos minerales? ¿Cuál es la importancia de esos recursos de mayor presencia en el país, para el desarrollo socioproductivo? Entre otras cuestiones de interés para el grupo.



Actividades de autoevaluación

1. De acuerdo con la información relacionada a los elementos químicos en la materia viva, y a otras informaciones que investigues, responde las siguientes interrogantes:

- ¿Qué características comunes presentan los bioelementos primarios?
- ¿Cuáles son los oligoelementos universales? ¿Por qué se denominan así?
- El elemento Arsénico (As) es un veneno para las personas. Sin embargo, está en nuestra lista de oligoelementos. ¿Cómo se puede explicar esta aparente contradicción?
- ¿Qué elemento es más importante para el mantenimiento de la vida de un mamífero: el carbono o el silicio? ¿Por qué?

2. De acuerdo con los diferentes aportes de los científicos Döbereiner, Newlands, Mendeléyev y Moseley, responde las siguientes interrogantes:

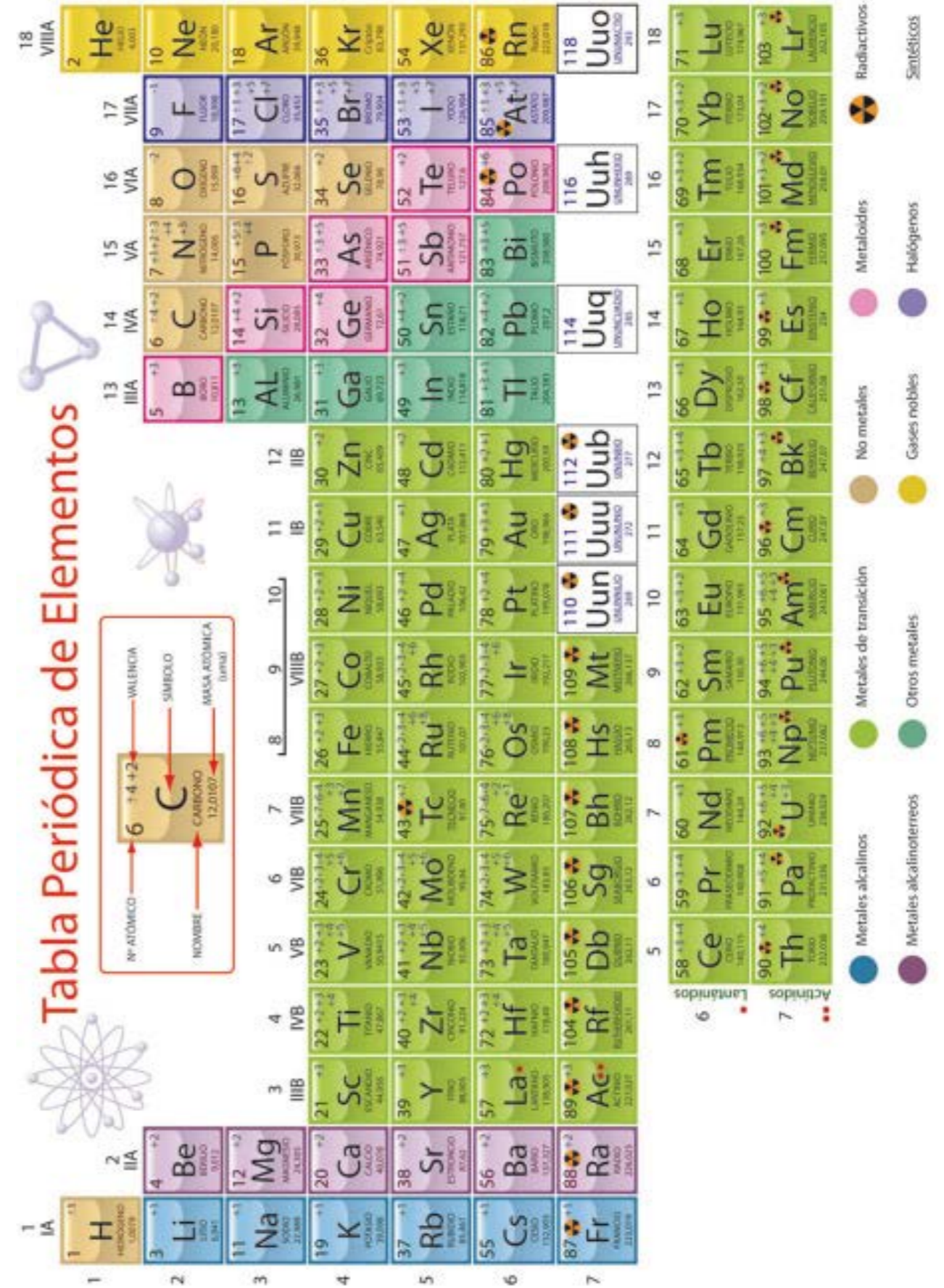
- ¿Cuál es la Ley Periódica actual? ¿Qué la distingue de la ley periódica de Mendeléyev?
- ¿Cuáles son los dos factores que contribuyeron para que la tabla periódica de Mendeléyev se aceptara por completo?

• ¿Cuáles de las triadas de Döbereiner que aquí se muestran conforman un mismo grupo en la Tabla Periódica Moderna? Clasifica las triadas según sean: metales, no metales, metaloides o gases nobles.

Triada 1	Triada 2	Triada 3
Li	Mn	S
Na	Cr	Se
K	Fe	Te

• En la Tabla Periódica Moderna de la página siguiente, se encuentran entre otros los siguientes elementos químicos: hidrógeno, litio, zinc, hierro, níquel, cobalto, plata, oxígeno, selenio y cloro. Contesta estas preguntas relacionadas con cada uno de ellos:

- ¿Cuál es el número de fila y columna del elemento?
- ¿El elemento es un metal o un no metal?
- ¿Cuál es la aplicación del elemento en la vida cotidiana?
- ¿Qué propiedades del níquel y del zinc los hacen ser buenos sustitutos del cobre y la plata en las monedas?



Si observas a tu alrededor con atención, te darás cuenta de que el mundo en el cual vivimos está en constante cambio; desde los seres vivos hasta las cosas inanimadas, las naturales o las artificiales. Esto se debe a que la materia está sometida a constantes interacciones que generan continuos cambios, los cuales pueden ser perceptibles o imperceptibles, rápidos o lentos.

Existen cambios que pueden ser físicos, como el cambio de estado; por ejemplo, la evaporación del agua líquida, bien sea porque se calienta en un recipiente o está en un lugar abierto expuesto a la temperatura del ambiente. Otro cambio físico se puede evidenciar cuando disolvemos una cantidad de azúcar en un vaso de agua.

También existen **cambios químicos**, como es el caso de objetos elaborados con hierro, que al exponerlos al aire cambian de color gris a un color rojizo, debido a la formación de un compuesto comúnmente llamado herrumbre y cuyo nombre químico es óxido férrico. Éste se forma por la reacción del hierro con el oxígeno del aire lo cual se conoce como reacción de oxidación.

Cuando se quema la madera o el papel, las macromoléculas que forman su tejido, principalmente celulosa, **reaccionan** con el oxígeno del aire, produciéndose un cambio químico en la materia, ahora tenemos dióxido de carbono, y agua, además de emisión de energía. En esta lectura, nos enfocaremos en los cambios químicos que ocurren a nuestro alrededor y te daremos herramientas para responder las siguientes interrogantes: ¿cómo sabemos que ocurre un cambio químico? ¿Cómo se representa un cambio químico? y ¿cuán rápido puede ocurrir una reacción química?

Cambios físicos





Cambios químicos

¿Cómo sabemos si ocurre un cambio químico?

Vivimos alrededor de muchos cambios químicos que ocurren de forma natural o espontánea; otros son provocados por el ser humano para obtener sustancias o productos específicos. En esta oportunidad te invito a recordar tus conocimientos acerca de los cambios y las reacciones que ocurren en la naturaleza. Observa en la figura 10.1 cada uno de los siguientes casos de cambios químicos que ocurren en la naturaleza.



Figura 10.1. Algunos cambios químicos que ocurren en la naturaleza.

Tomando en cuenta las características físicas que presenta cada material en el estado inicial (lado izquierdo de cada imagen) y el estado final (lado derecho de cada imagen), podemos decir que hubo cambios, como los indicados en el cuadro:

Material	Observaciones	
	Estado Inicial	Estado final
Naranja	Color anaranjado.	Coloración blanca o verduzca.
Clavo	Color gris. Brillo. Textura lisa.	Color rojizo. Opaco. Textura corrugada.
Madera	Color marrón. Forma definida.	Color gris. Forma no definida, polvo.

De acuerdo con estas observaciones podemos evidenciar diferentes cambios. Los diversos materiales que se encuentran en la naturaleza pueden sufrir transformaciones en sus propiedades de un estado inicial a otro final, lo cual nos puede dar indicios de que está ocurriendo un **cambio químico**. En los ejemplos anteriores, ha ocurrido una descomposición en la naranja; una oxidación del clavo y la combustión de la madera, todos estos cambios químicos son resultado de reacciones químicas.

Los cambios químicos que se presentan en la naturaleza pueden ser sorprendentes. Por ejemplo, el Relámpago del Catatumbo que ocurre en la cuenca del mismo nombre, en el occidente de Venezuela. Al parecer se produce debido a la formación de cristales polarizados (cargados eléctricamente) por la combinación del agua de las nubes y el gas metano emanado de la descomposición de materia orgánica en un manantial del gas, de manera permanente, lo cual permite que se alcance un voltaje suficiente para producir la descarga eléctrica. Ésta interactúa con las moléculas de oxígeno del aire, produciendo moléculas de ozono (O_3). Cuando una sustancia experimenta un **cambio químico** decimos que participa en una **reacción química**. Una vez que la sustancia ha reaccionado, ya no tiene la misma naturaleza química.



Relámpago del Catatumbo, en la cuenca del Catatumbo, en el occidente de Venezuela, ocurre de manera casi permanente pero se percibe sólo de noche.

Entre otras de las reacciones que presenciamos con frecuencia están: la oxidación de un metal como el aluminio, también conocido como alúmina, ampliamente utilizado como materia prima para refractarios, formas de cerámica, papel de lija; las reacciones de respiración y fotosíntesis de las plantas, entre otros. Estamos tan acostumbrados a ver esos procesos químicos que no reflexionamos acerca de la importancia y trascendencia que tienen para la vida.

Para saber más... La bioluminiscencia es la capacidad que tienen algunos seres vivos de producir luz: esto resulta de una reacción química. La proteína llamada luciferina se oxida con el oxígeno y la enzima luciferasa ayuda a acelerar este proceso, el ATP (Adenosintrifosfato) aporta la energía, para que la reacción ocurra, y parte del resultado es la emisión de luz fluorescente. Esta reacción está siendo utilizada para evaluar contaminación en alimentos procesados y control ambiental.



¿Cómo sabemos cuándo ocurre una reacción química?

En este preciso instante diversas sustancias están reaccionando en tu organismo, y te proporcionan la energía necesaria para vivir. Existen diversas evidencias que te indican que ha ocurrido una reacción química, aunque ninguna de ellas por sí sola prueba que se trata de un cambio químico, esto se debe a que algunos cambios requieren de varias pruebas observables para confirmarse a nivel macroscópico. Entre las evidencias tenemos las siguientes:

Cambio de color o de olor, por ejemplo en la vida diaria la putrefacción de las frutas y otros alimentos, producto de la formación de nuevas sustancias en la descomposición química.

El **desprendimiento de un gas** se puede reconocer por la formación de burbujas durante la reacción, algunos gases pueden ser coloreados y otros no. Las burbujas se visualizan al salir del envase, producto de la reacción; como por ejemplo cuando un antiácido efervescente reacciona con agua, evidenciamos un burbujeo, estas burbujas son del gas dióxido de carbono que se desprende en el cambio químico y por ser menos densas que el agua suben a la superficie mezclándose finalmente con el aire (Figura 10.2).

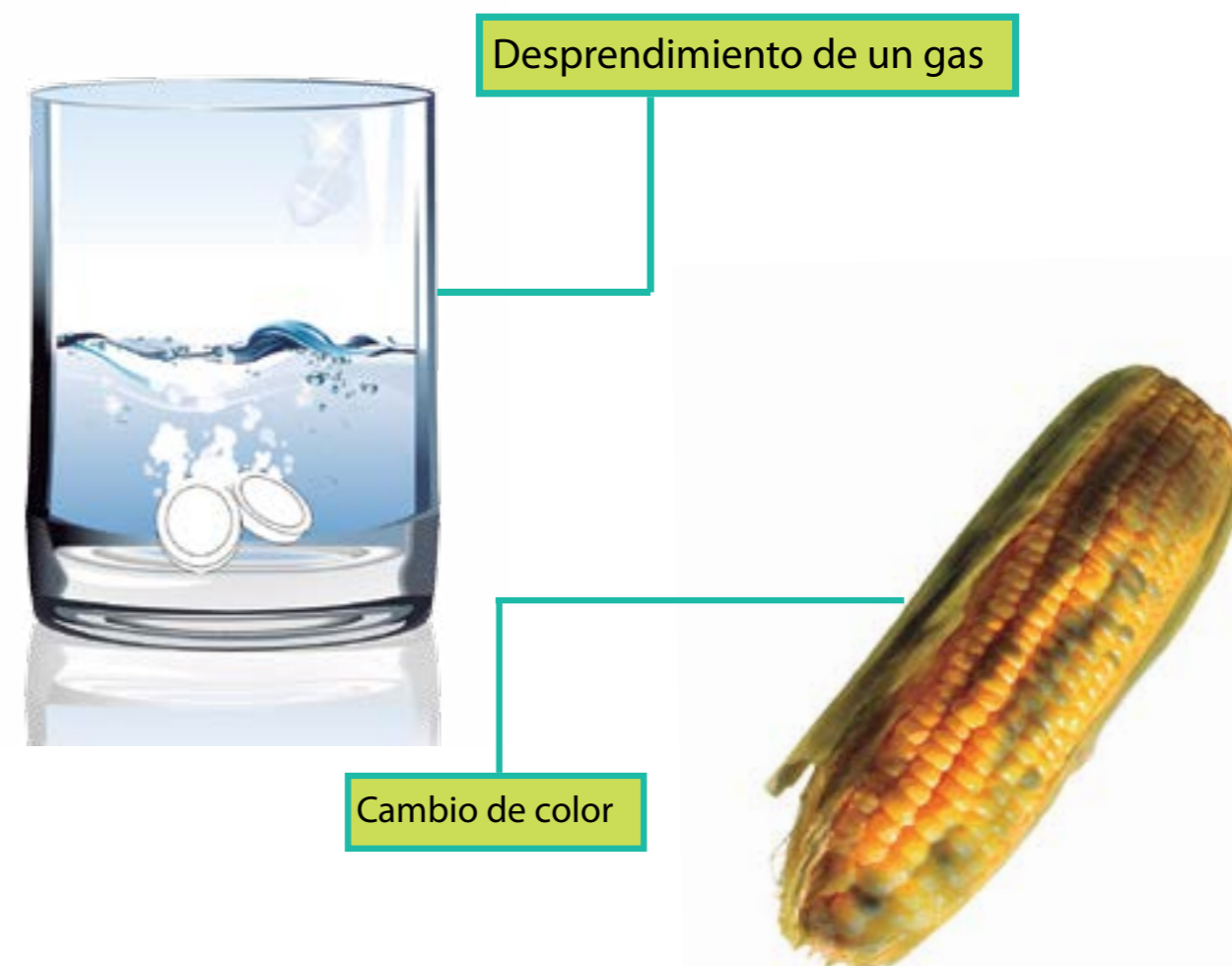


Figura 10.2. Evidencias de cambio de color y desprendimiento de un gas en una reacción química.

Formación de un precipitado es la aparición de un sólido insoluble que se va al fondo del recipiente. Por ejemplo, en la reacción química entre el yoduro de potasio y el nitrato de plomo, se observa la formación de un precipitado amarillo intenso de yoduro de plomo.

El **cambio de temperatura**. Puede ocurrir que la temperatura disminuya o aumente de acuerdo con el tipo de reacción. Si la reacción requiere de energía (**reacción endotérmica**), se siente que el envase se enfría. Si por el contrario libera energía (**reacción exotérmica**), el envase se calienta. Por ejemplo, en un volcán la energía interna de las rocas fundidas puede transformarse en energía térmica que se transfiere al exterior, incrementando su temperatura (figura 10.3).

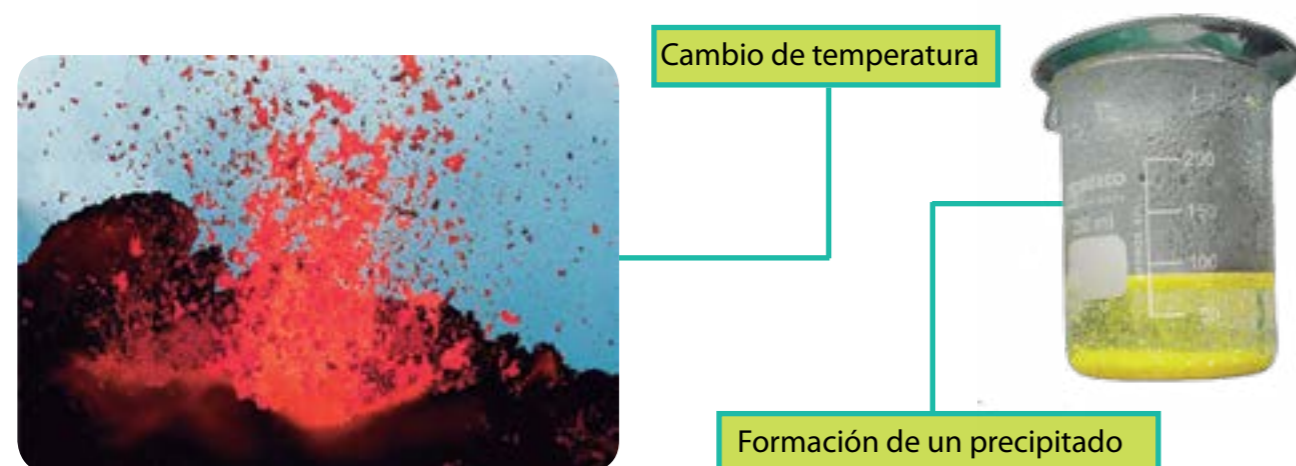


Figura 10.3. Evidencias de la formación de un precipitado (yoduro de potasio) y cambio de temperatura (volcán).

¿Cuáles son los cambios en una reacción química?

Señalar los cambios observables que ocurren en una reacción química permiten reconocerla; sin embargo, es necesario entender por completo la reacción. Esto implica que reconozcas, ¿cuáles sustancias reaccionan? y ¿cuáles se forman? A las sustancias que reaccionan las llamamos **reactivos** y después de que éstos sufren un cambio químico se forman nuevas sustancias, que llamamos **productos**.

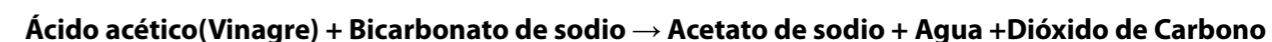
Por ejemplo, al simular un volcán en casa usamos como reactivos vinagre y bicarbonato de sodio, y observamos un fenómeno análogo a la erupción del volcán (figura 10.4). Las burbujas que observas salir del recipiente son el desprendimiento de un gas (dióxido de carbono) que se produce en la reacción.



Figura 10.4. Experimento de un “volcán” casero.

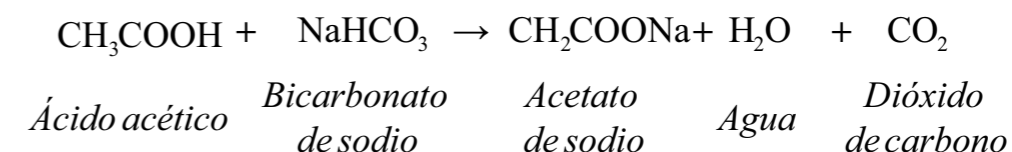
¿Cómo podemos representar una reacción química?

La forma más sencilla de representar una reacción es describir, por medio de palabras, los reactivos y los productos colocando una flecha entre ellos que indica un cambio. Así, la reacción que viste en la figura 10.4 se puede representar en forma de una ecuación:



Nota que los reactivos se colocan en el lado izquierdo de la flecha, mientras que los productos se encuentran en el lado derecho. Pero, al expresar las ecuaciones con palabras, resultan muy largas e impiden identificar con precisión las sustancias implicadas, limitando la descripción del reordenamiento que ocurre entre los átomos de forma objetiva y cuantitativa.

Por lo tanto, estas ecuaciones expresadas con palabras se pueden convertir en **ecuaciones con símbolos químicos**, sustituyendo los nombres de los compuestos y elementos por las respectivas fórmulas químicas. En este sentido, la ecuación química del ejemplo anterior quedaría de la siguiente manera:



¿Cómo ocurren estos cambios químicos?

Para explicar los cambios químicos que ocurren en la naturaleza, nos centraremos en la información relacionada con la teoría atómica, presentada en una lectura previa. Recuerda que la materia está formada por partículas submicroscópicas (átomos, moléculas), conocer esta información nos permite explicar cómo una sustancia se transforma en otra u otras sustancias. Por ejemplo, cuando el gas natural metano reacciona con el oxígeno del aire, da lugar a una reacción de combustión, de la cual se obtiene dióxido de carbono, agua y la liberación de cierta cantidad de energía. Esta reacción química se puede representar de la siguiente manera:

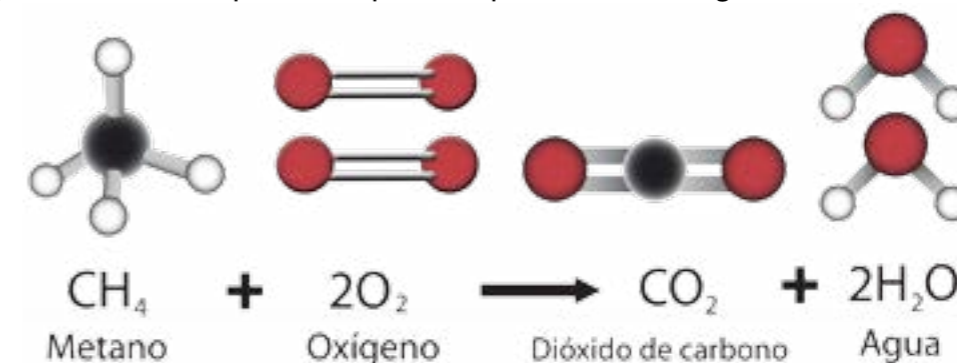


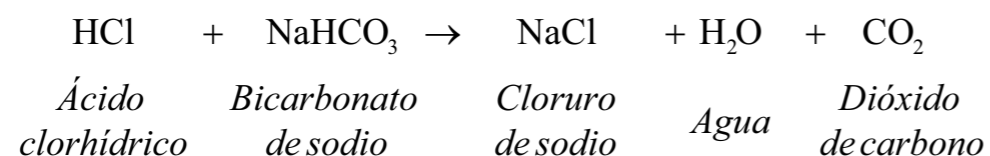
Figura 10.5. Representación icónica, simbólica y verbal de la reacción de combustión del gas natural metano con el oxígeno.

De la figura 10.5, fíjate que se deben romper los enlaces químicos entre los átomos en las moléculas de los reactivos metano y oxígeno, para dar lugar a la formación de los nuevos enlaces entre los átomos de los productos, dióxido de carbono y agua. Sin embargo, ¿qué hace que las moléculas se escindan y sus átomos se unan de manera diferente? Esto se explica analizando las interacciones electrostáticas entre las moléculas que chocan de forma efectiva entre sí, es decir, colisionan con suficiente energía cinética como para separar los átomos que están unidos, superando la energía de los enlaces químicos (unión de dos o más átomos). A esta energía cinética mínima que deben tener las moléculas para que se produzca la ruptura de enlaces y por ende la reacción, se le conoce como **energía de activación**.

Reacciones químicas en la vida cotidiana

Las reacciones químicas están presentes en todos los ámbitos de la naturaleza, sin dejar a un lado que todo cuerpo vivo o inerte está formado por sustancias, las cuales a su vez están compuestas en átomos y moléculas. Entre las sustancias se dan constantemente reacciones químicas.

Por ejemplo, cuando en el estómago hay un exceso de ácido clorhídrico se produce dolor, por esto se recomienda el uso de los antiácidos. Estos se componen de bicarbonato de sodio, el cual en una reacción neutraliza el exceso de ácido en el estómago. Esta reacción puede ser representada de la siguiente manera:



Entre otras reacciones que ocurren en nuestro entorno podemos destacar: la corrosión de los metales, la combustión y la descomposición de la materia orgánica.

En cuanto a la corrosión de los metales, tenemos que ocurre una reacción de oxidación siendo uno de los cambios frecuentes en la naturaleza. El protagonista principal es el oxígeno del aire, esto es debido a que el mismo tiene una fuerte tendencia a ganar electrones, transformándose en una carga negativa, denominada **anión**, y cuando esto sucede decimos que el oxígeno se ha reducido.

Estos electrones que gana el oxígeno provienen de otros elementos químicos, que tienen la tendencia a perderlos. Estos elementos suelen ser metales, como el hierro o el cobre. Cuando un metal pierde electrones, adquiere la propiedad de carga positiva y lo denominamos **catión**, decimos que se ha oxidado.



Figura 10.6. Oxidación de una moneda de cobre.

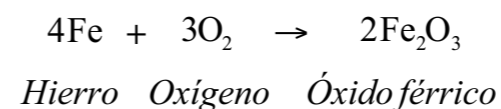
Por ejemplo, el cobre experimenta una **reacción de oxidación** si al exponerlo al aire reacciona con el oxígeno, dando lugar a la formación de óxido de cobre que es justamente esa sustancia que vemos de color verde. Es interesante saber que esta capa exterior de color verde, formada en la oxidación del cobre, no es destructiva, sino más bien una capa protectora que evita la mayor corrosión del metal (Figura 10.6).

Existen **reacciones de oxidación** donde tiene lugar la corrosión, por ejemplo el hierro, el cual es un elemento que encontramos en diversos materiales, maquinarias, herramientas, automóviles, estructuras metálicas, tuberías, y muchos más. ¿Has visto alguna vez que, al abrir la llave de agua, ésta sale con una coloración marrón típica de los óxidos? Pues bien, se trata del hierro corroído del interior de las tuberías que sufre el efecto de esta reacción formando el óxido férrico de color rojizo llamado herrumbre. La corrosión acarrea grandes pérdidas económicas y materiales, y es uno de los campos de investigación de gran importancia tecnológica (figura 10.7).



Figura 10.7. Corrosión de diversos materiales metálicos.

La reacción química que se lleva a cabo en la formación de esta sustancia del color rojizo (herrumbre), a partir de la oxidación del hierro, se expresa a continuación:



Para saber más...

La máscara de oro de Tutankamón permaneció enterrada en su tumba durante más de 3.000 años y sigue pareciendo nueva. Esto se debe a que el oro, a diferencia de la mayoría de los metales, no forma un óxido porque es muy poco reactivo y nunca se corroe u oxida. El oro no reacciona con el agua o el aire y permanece inalterable durante muchos siglos.

Dentro de los cambios químicos en los materiales que encontramos en la naturaleza, están los **procesos de combustión**, los cuales tienen gran utilidad como fuente de energía. Ésta es aprovechada en procesos industriales, o para calentar los alimentos en nuestro hogar, entre otros usos. Cuando soldamos una pieza de hierro con un soplete de acetileno, esta sustancia se combina con el oxígeno y forma los productos de la combustión (dióxido de carbono y agua). Esta reacción es exotérmica, es decir, libera suficiente energía para entonces fundir el metal (figura 10.8).



Figura 10.8. Energía de combustión, para fundir metales.

Existe una gran variedad de combustibles como la madera, el carbón, el petróleo, la gasolina, el alcohol, entre otros. Cuando encendemos un automóvil, la gasolina se combina de forma explosiva con el oxígeno gaseoso del aire para producir dióxido de carbono y agua, además se libera energía que permite poner en funcionamiento su maquinaria. Otras de las aplicaciones importantes de este tipo de reacción es en la producción de energía eléctrica a partir de la energía térmica liberada en la reacción de combustión que moviliza las turbinas.

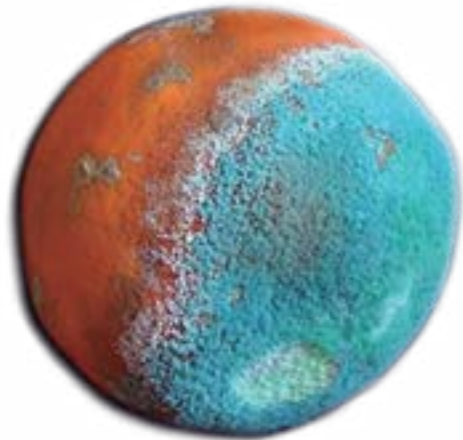


Figura 10.9. Putrefacción de los alimentos.

La reparación de las líneas ferroviarias se realiza mediante una reacción conocida como **reacción de la termita**. Ésta se debe a una mezcla de aluminio y óxido férrico, que se coloca entre las secciones de la vía que luego se prende. Ellos producen una reacción fuerte, durante la cual se funde el hierro, y a medida que se enfría, se endurece. De este modo se sueldan eficazmente las secciones de la vía.



Por último, vamos a abordar la **putrefacción**, que se caracteriza por una reacción química de degradación de la materia orgánica. Se produce por la presencia de microorganismos descomponedores, como bacterias y hongos. Los restos de comida y alimentos en general, al cabo de un tiempo, los vemos en estado de descomposición y una evidencia de ello es su aspecto y olor desagradable.

¿Cuánto tiempo tarda en reaccionar?

En algún momento te has encontrado en una situación donde el tiempo que utilizas para realizar cualquier actividad escolar, deportiva, musical u otra, cuenta, pues se requiere de cierta rapidez para la efectiva ejecución.

Podemos realizar una analogía entre la rapidez de reacción de un atleta que compite en una carrera de 100 metros, y la rapidez de una reacción química. La rapidez de reacción del atleta depende del tiempo que transcurre desde el disparo de salida hasta que el atleta inicia el movimiento. La rapidez de reacción del atleta depende totalmente del sistema nervioso para recibir un estímulo, identificarlo y enviar una respuesta a la musculatura para responder, lo cual es de gran importancia en la carrera.



Figura 10.10. Rapidez del inicio del movimiento en una carrera de 100 metros.

En una reacción química ocurre algo parecido, lo cual también es importante. Para poder conocer con qué rapidez está ocurriendo una reacción, puedes medir el tiempo que tarda en desaparecer uno de los reactivos o aparecer uno de los productos y la cantidad de sustancias antes y después, así tendremos una medida de la cantidad de sustancia que desaparece o aparece por unidad de tiempo, esta proporción la conocemos como **rapidez de reacción**.

Algunas reacciones químicas transcurren muy lentamente, como es el caso de la corrosión de un clavo, que no ocurre en un día ni en dos, sino en muchos. Otras son muy rápidas, por ejemplo, la combustión de la gasolina en los automóviles. Sin embargo, resulta interesante controlar la rapidez de una reacción, ya que en unos casos conviene aumentarla para hacer más eficientes determinados procesos industriales, y en otros, por el contrario, reducirla, como cuando queremos evitar los procesos de descomposición de los alimentos.

¿De qué depende que una reacción sea rápida o lenta?

Una reacción química dependerá de las **colisiones** eficaces que existan entre las partículas de los reactivos; por lo tanto, se puede predecir que aquellos factores que aumenten el número de colisiones implicarán una mayor rapidez de reacción y aquellos factores que por el contrario disminuyan el número de colisiones producirán un descenso en la rapidez de la reacción. Entre los factores que pueden modificar la rapidez de una reacción química tenemos: **la temperatura, la concentración o presión, y los catalizadores.**

1. ¿Cómo afecta la temperatura a la rapidez de una reacción química?

La leche líquida que viene envasada se debe consumir antes de que pase cierto tiempo porque se descompone, lo que conocemos como fecha de vencimiento; claro está que ese cambio varía con la temperatura: al refrigerarla a 4°C aproximadamente se reduce su velocidad de descomposición durante algunos días. Es por esto que guardamos ciertos alimentos en el refrigerador o congelador, con la finalidad de retardar las reacciones químicas que tienen lugar causando que el alimento se descomponga.

En general, al elevar las temperaturas de los reactivos en una reacción aumenta el número de colisiones entre las partículas, teniendo como resultado una mayor rapidez en la reacción. Por ejemplo, si colocas levadura de pan en un poco de agua fría, tardará más en reaccionar (fermentar) que cuando el agua está tibia.



Figura 10.11. Refrigeración de los alimentos, retarda la descomposición de los mismos.

2. ¿Cómo afecta la concentración a la rapidez de una reacción química?

Una experiencia muy conocida por nosotros es cuando el fuego consume lentamente un trozo de leña y comenzamos a acelerar la reacción con un abanico, lo que ocurre es que estamos aumentando la cantidad de oxígeno disponible y así la leña arderá más rápido. En una reacción química la concentración de los reactivos afecta la rapidez. En este sentido, al incrementar la concentración de los reactivos aumenta el número de partículas en un volumen dado; por lo tanto, existen choques más frecuentes entre las partículas, lo cual conduce a un aumento en la rapidez de reacción.

Para comprender esto, supongamos que las partículas actúan como los “carritos chocones” de un parque de diversiones. A medida que aumenta la cantidad de carritos mayor será la probabilidad de que exista un choque entre ellos. Lo contrario, si quitamos algunos carritos, se reduce la probabilidad de que dos de ellos se encuentren. En el caso de las reacciones, a mayor cantidad de partículas en los reactivos, mayor será la probabilidad de chocar entre ellas y, por ende, reaccionar.



3. ¿Cómo afectan los catalizadores a la rapidez de una reacción química?

Muchas de las reacciones industriales requieren de un catalizador, es decir, de una sustancia que afecta la rapidez de la reacción sin intervenir en ella directamente. El catalizador no sufre cambios permanentes ni es parte de la reacción, pero su acción modifica el tiempo de reacción. Su efecto se debe a que permite una ruta alternativa para la reacción. Por ejemplo, algunos automóviles utilizan convertidores catalíticos para disminuir las emisiones de ciertos gases contaminantes al ambiente. Este dispositivo consta de un panel (preferentemente de cerámica) con incrustaciones de metales como platino, paladio y rodio. Cuando los gases nocivos, como el monóxido de carbono o los óxidos de nitrógeno, se ponen en contacto con él, se generan y aceleran las reacciones químicas que los descomponen transformándolos en gases menos dañinos para el ambiente, como dióxido de carbono, vapor de agua o nitrógeno. Dentro de los seres vivos, la mayoría de las reacciones químicas importantes usan catalizadores biológicos: las enzimas.

La biotecnología en los procesos químicos

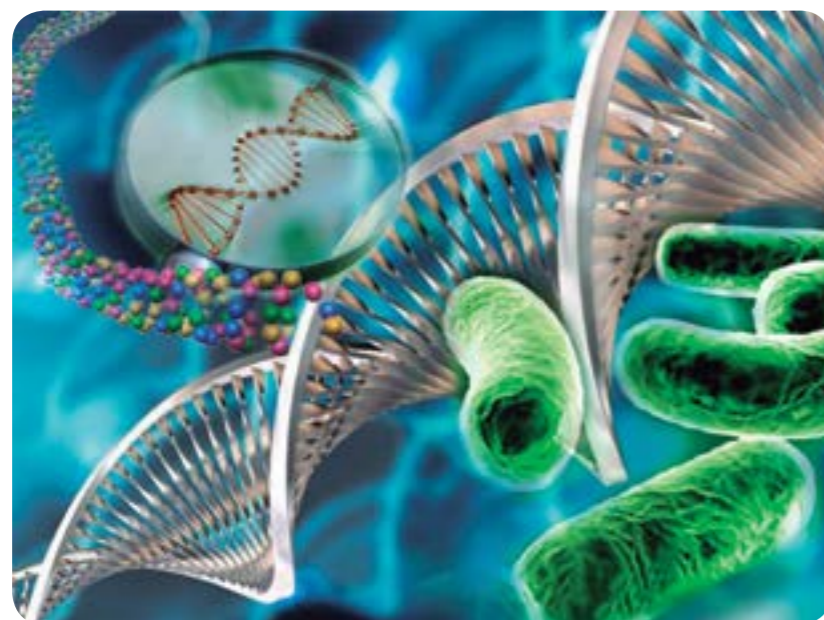
Reflexiona acerca de la conexión entre la química y la vida diaria. Los alimentos, vestidos, cosméticos, productos de limpieza, materiales de construcción, medicamentos e incluso objetos para entretenernos (los discos compactos, reproductores portátiles, cintas de video, entre otros) son materiales que se obtienen mediante procesos químicos.

Sin embargo, los métodos para su elaboración e incluso algunos productos en sí mismos, han ocasionado considerables daños al ambiente como, por ejemplo, el efecto invernadero debido a las emisiones de gases, producto de la excesiva actividad industrial, doméstica y vehicular.



Por ello, surge la necesidad de desarrollar procesos y productos sustentables y en cantidades moderadas, que prevengan la contaminación y sean seguros para los seres humanos y el ambiente. La biotecnología ha surgido como alternativa para reemplazar algunos procesos químicos tradicionales por microorganismos, capaces de realizar la secuencia de reacciones necesarias entre el reactivo y el producto final. Tal es el caso de la producción de plásticos clásicos en la industria química.

Los plásticos convencionales representan un problema ambiental desde su producción, pues derivan de combustibles fósiles y tardan muchos años en degradarse. Por esto, la investigación se ha orientado al desarrollo de plásticos biodegradables a partir de materias primas renovables, derivadas de plantas y bacterias, estos plásticos se producen a partir de almidón, y bacterias o plantas modificadas genéticamente. Sin embargo, lo principal es reducir el consumo de productos, para no agotar los recursos y servicios de nuestro planeta.



Tras la pista de un cambio químico

Los productos de limpieza resultan de gran interés para las actividades experimentales, debido a los componentes indicados en su etiqueta. En el caso particular de los productos para limpiar inodoros, contienen un ácido que reacciona con diversos metales. Les proponemos experimentar con este ácido del limpiador de inodoro y diversos materiales metálicos, para estudiar cómo es la rapidez de reacción.

Esta actividad es conveniente realizarla en grupo; si cada uno trabaja con diferentes limpiadores y metales podrán al final integrar los resultados.

¿Qué necesitan?

- Un limpiador de inodoro, que indique en su etiqueta la presencia de un ácido (por ejemplo, ácido clorhídrico o muriático).
- Diferentes metales: papel de aluminio, limadura de hierro o clavo, alambre de cobre y la hojilla del sacapuntas (magnesio), entre otros.
- Tubos de ensayos o envases de vidrio pequeños reutilizables.
- Materiales para el trabajo seguro en el laboratorio como bata y lentes de seguridad.



CUIDADO: No combines diferentes productos pues podrían desprender gases tóxicos.

¿Cómo lo harán?

1. Busquen información y discutan sobre las reacciones y la rapidez de las mismas, en función del ácido contenido en cada producto de limpieza del inodoro y los diversos materiales metálicos. Para ello pueden considerar preguntas como las siguientes:

- ¿Qué reacciones pueden ocurrir entre el ácido y los diferentes metales?
- ¿Cuál metal consideran que reaccione más rápido con el o los ácidos del limpiador?
- ¿Cómo variaría la rapidez de reacción si diluyen el limpiador? ¿Y si cambian su temperatura?
- ¿Cómo podrías identificar y comparar la rapidez de reacción en los diferentes ensayos?
- ¿Cuáles y cuántos ensayos será necesario diseñar para este estudio?

2. Diseñen un plan de acción, de acuerdo a la situación planteada, los ensayos que han seleccionado y los materiales disponibles. Para ello reflexionen sobre cuestiones como:

- ¿Qué factor(es) van a estudiar en cada ensayo?
- Para cada ensayo: ¿qué cantidad de reactivos usar? ¿Cómo cambiarían el factor en estudio? ¿Qué factores tendrán que controlar? ¿Cuántas muestras será necesario preparar? ¿Qué evidencias esperan tener de la reacción y de la rapidez de la misma, que será necesario observar y medir? ¿Cómo conviene hacer las tablas para el registro de datos?
- Es conveniente que compartan el plan de acción con los otros grupos y docentes con el fin de mejorarlos.

3. Ejecuten los experimentos, observen y registren los datos y observaciones en una tabla diseñada por ustedes.

¿Cómo interpretar y explicar los resultados?

1. Analicen ¿cómo resultó la rapidez de reacción para las diversas condiciones ensayadas (tipo de ácido, tipo de metal, concentración del ácido)? Comparen los datos recabados del fenómeno experimental con las predicciones que hicieron al inicio de la actividad. Concluyan.

2. Tomando en cuenta la rapidez de reacción ante las diferentes condiciones estudiadas, ¿qué explicación le darían al fenómeno observado?

3. Escriban las reacciones químicas, para cada caso.

4. ¿Qué otros factores pueden afectar la rapidez de reacción entre un limpiador de inodoro y el metal?

5. ¿Qué precauciones debemos tomar cuando usemos estos limpiadores en nuestras casas?

6. ¿Cómo puede afectar al ambiente el uso de estos limpiadores?



Actividades de autoevaluación

1. De acuerdo a la información relacionada con los cambios químicos y sus evidencias:

- a) Expresa cinco cambios químicos frecuentes en la vida diaria, distintos a los presentados en la lectura. Complementa la información señalando la evidencia y el tipo de reacción química involucrada en cada proceso.
- b) Diseña una actividad experimental con materiales de bajo costo, en donde se evidencie a través del color, el desprendimiento de un gas, la formación de un precipitado, o el cambio de temperatura, la ocurrencia del cambio químico.

2. Explica cómo son las reacciones químicas que ocurren en las situaciones siguientes:

- a) Combustión de una hoja de papel.
- b) Una pastilla de antiácido en jugo de naranja.

3. En función de los factores que afectan la rapidez de una reacción, elabora posibles explicaciones para cada uno de los siguientes planteamientos:

- a) La carne se conserva más tiempo en el congelador que en el refrigerador.
- b) Los insectos se mueven con más lentitud en los meses de temperaturas más bajas del país (entre diciembre y febrero).
- c) ¿Cómo se pueden aprovechar los efectos de la temperatura en una cirugía de corazón?
- d) ¿Qué controla la rapidez con que se quema el combustible de un motor?





El movimiento es parte de nuestro día a día y es tan común que quizás poco hemos reflexionado sobre él. Si observamos a nuestro alrededor, podemos apreciar muchas cosas que tienen movimiento con o sin vida propia, como las aves en el cielo y el viento, los vehículos, las pelotas en un juego de fútbol o béisbol y hasta nosotros mismos, también hay cosas que aparentemente no se mueven, tales como las viviendas, árboles, avenidas, entre otras.

Nuestro planeta también se mueve, presentando por lo menos dos movimientos que son altamente reconocidos: la traslación alrededor del Sol, que da origen al año, y la rotación, efectuada alrededor de su propio eje, dando como resultado el día y la noche. Por tanto, todo lo que está sobre la Tierra también se mueve junto con ésta.

En esta lectura, encontrarás algunos conceptos fundamentales para avanzar en tu comprensión del movimiento, tales como: sistema de referencia, posición, desplazamiento, velocidad, aceleración, entre otros, de los cuales seguramente tienes alguna idea previa producto de tu propia experiencia y de cursos anteriores, por lo que te invitamos a escribirla, reflexionarla y cotejarla con los aspectos que iremos presentando a continuación.

Cuando nos movemos: ¿con respecto a qué lo hacemos?

Quizás parezca algo trivial la pregunta que nos hicimos en el título, pero no lo es de ningún modo en lo absoluto, ya que en la realidad hay muchos conceptos relativos y uno de ellos es precisamente el de **movimiento**. Sabemos que algo (o alguien) se mueve porque cambia de ubicación con respecto a otra cosa que permanece fija (al menos, así lo parece). Por ejemplo, en la figura 11.1, se puede inferir que: unas personas disfrutaban un paseo en un parque, la chica permanece sentada debajo del árbol, mientras que el joven de la bicicleta se acerca al mismo árbol por el lado izquierdo, a la vez que otro joven se aproxima a éste por la derecha trotando. En esta descripción puedes apreciar que el punto de referencia en todos los casos es el árbol, aunque también podríamos tomar un poste o algún otro objeto fijo de los que pueden apreciarse en la imagen.



Figura 11.1. Un paseo en el parque se puede convertir en un interesante estudio de los movimientos que allí ocurren.

En el ejemplo abordado, las ideas expresadas de “acercarse” o “aproximarse” al árbol son imprecisas; por esta razón, si deseamos hacer un análisis más detallado de los movimientos de las personas en relación al árbol, se requieren otros elementos, por ello es necesario que hagamos otras consideraciones.

Entre ellas, vamos a proponer la utilización de un **Sistema de Coordenadas**, que no es más que un conjunto de rectas, que denominaremos ejes, cuyas direcciones son perpendiculares entre sí, tal como puedes apreciar en la figura 11.2. Se utilizan los tres **ejes** (X , Y y Z) cuando se requiere ubicar puntos en el espacio (tres dimensiones); si el movimiento es en un plano, son necesarios sólo dos ejes para ubicar puntos en el plano (X - Y , X - Z o Y - Z) (dos dimensiones), mientras que para analizar casos en que los objetos se desplazan en una línea recta, centrarás tu atención en un eje X , Y o Z (una dimensión).

También es importante que definamos el **Sistema de Referencia** como el conjunto formado por el punto de referencia (origen) y las direcciones de movimiento específicas, indicadas por un Sistema de Coordenadas. Esto permite establecer las posiciones ocupadas por los objetos en distintos instantes y con ello identificar las características del movimiento del objeto de interés.

Como ya sabes, se considera **vector** a toda magnitud física que para ser definida completamente requiere de un módulo (o magnitud), una dirección (u orientación) y un sentido (que distingue hacia donde se dirige). De forma tal que la manera más precisa de señalar la posición ocupada por un cuerpo es a través de un vector, que señala la distancia a la que se encuentra con respecto a un punto de referencia (origen) y distingue la dirección y sentido respecto de ese lugar; a este vector de ahora en adelante lo llamaremos **vector de posición (\vec{r})**.



Figura 11.2. En la figura el origen lo podemos tomar sobre el árbol, en el mismo ubicamos de manera arbitraria el eje x, indicando el origen como: $X = 0$. Mantenemos el criterio de ubicar los valores positivos a la derecha del cero (0) y los negativos a su izquierda. Observa los vectores de posición (amarillos) del joven y del ciclista que corresponden al instante de la foto.

Por lo general, los objetos no mantienen su posición con respecto a un sistema de referencia, es decir, la cambian constantemente con el tiempo; por ejemplo, en la figura 11.3 puedes notar que seis segundos después de la primera imagen, tanto el joven que trota como el ciclista se encuentran en otras posiciones, mientras que la muchacha se encuentra en el mismo lugar, al pie del árbol. En el caso del ciclista y el trotador decimos que *se desplazaron*; quiere decir, los dos cambiaron de posición con respecto al origen.

El desplazamiento se determina restando el vector de posición final menos el vector de posición inicial con respecto a un punto de referencia.

$$\text{Desplazamiento} = \text{vector posición final} - \text{vector posición inicial}$$

$$\text{En lenguaje matemático para desplazamientos horizontales: } \vec{d} = \Delta \vec{x} = \vec{x}_f - \vec{x}_i$$

En los movimientos en una sola dimensión, los desplazamientos están siempre en la misma dirección por lo que se pueden diferenciar a través de signos, +/-, de este modo se tiene que si el desplazamiento es positivo, el móvil se desplaza hacia donde crecen los valores de X, si por el contrario es negativo, el móvil se desplaza hacia donde decrecen los valores de X.

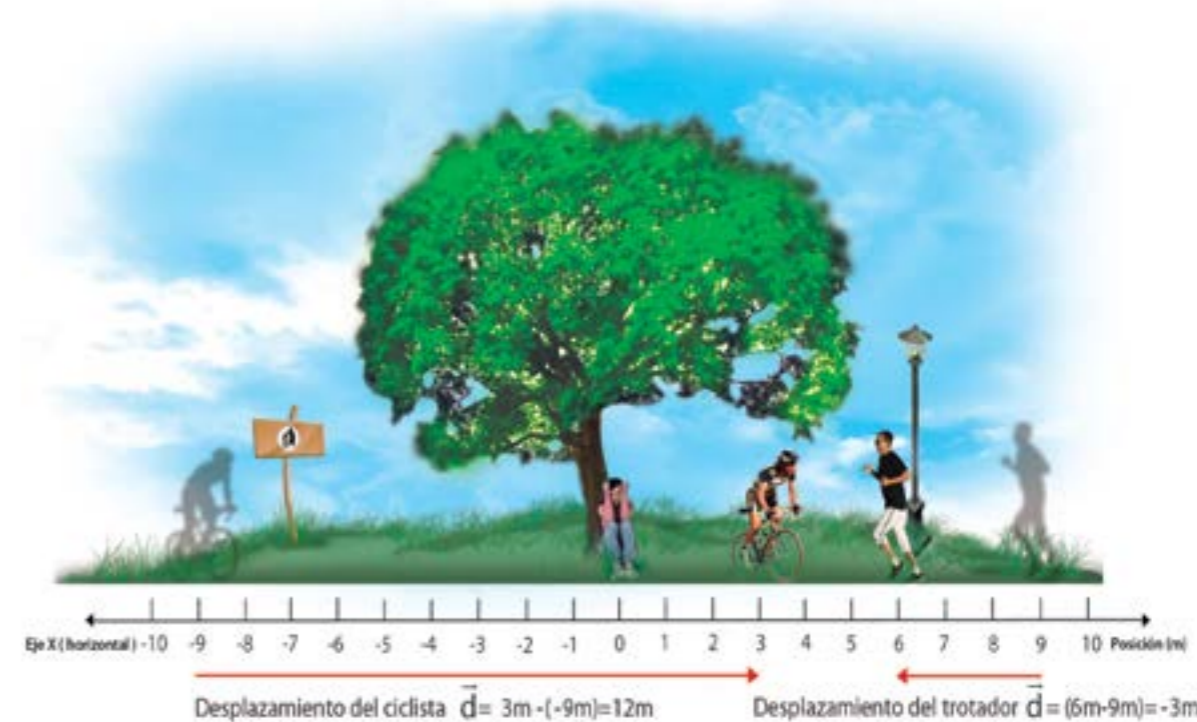


Figura 11.3. Desplazamiento del trotador hacia la izquierda y del ciclista a la derecha al cabo de 6s. Con el origen del sistema de referencia en la posición $X=0$ al pie del árbol.

Si modificamos la ubicación del origen, punto $X = 0$, en el sistema de referencia, los vectores de posición de los cuerpos que se mueven en los diferentes instantes serán distintos. No obstante, no sucede lo mismo con los desplazamientos, ya que éstos permanecen iguales.

Vamos a ilustrarlo con el ejemplo del parque: ubicaremos el punto $X = 0$ en el lugar de la posición inicial del joven ciclista, de esta manera las nuevas posiciones iniciales en $t_i = 0s$, y finales en $t_f = 6s$ de las tres personas con sus respectivos desplazamientos las puedes ver en la figura 11.4 y en el cuadro que sigue. Nota que los desplazamientos no variaron al comparar con el caso de la figura 11.3.

Móvil	Posición Inicial ($t = 0\text{ s}$)	Posición final ($t = 6\text{ s}$)	Desplazamientos	Tipo de desplazamiento
Ciclista	$\vec{x}_{i(\text{ciclista})} = 0\text{ m}$	$\vec{x}_{f(\text{ciclista})} = 12\text{ m}$	$\vec{d} = \vec{x}_f - \vec{x}_i = 12\text{ m} - 0\text{ m}$ $\vec{d}_{(\text{ciclista})} = 12\text{ m}$ hacia la derecha	Positivo
Chica en la base del árbol	$\vec{x}_{i(\text{chica})} = 9\text{ m}$	$\vec{x}_{f(\text{chica})} = 9\text{ m}$	$\vec{d} = \vec{x}_f - \vec{x}_i = 9\text{ m} - 9\text{ m}$ $\vec{d}_{(\text{chica})} = 0\text{ m}$	Nulo
Joven que trota	$\vec{x}_{i(\text{joven})} = 18\text{ m}$	$\vec{x}_{f(\text{joven})} = 15\text{ m}$	$\vec{d} = \vec{x}_f - \vec{x}_i = 15\text{ m} - 18\text{ m}$ $\vec{d}_{(\text{trotador})} = -3\text{ m}$ hacia la izquierda	Negativo

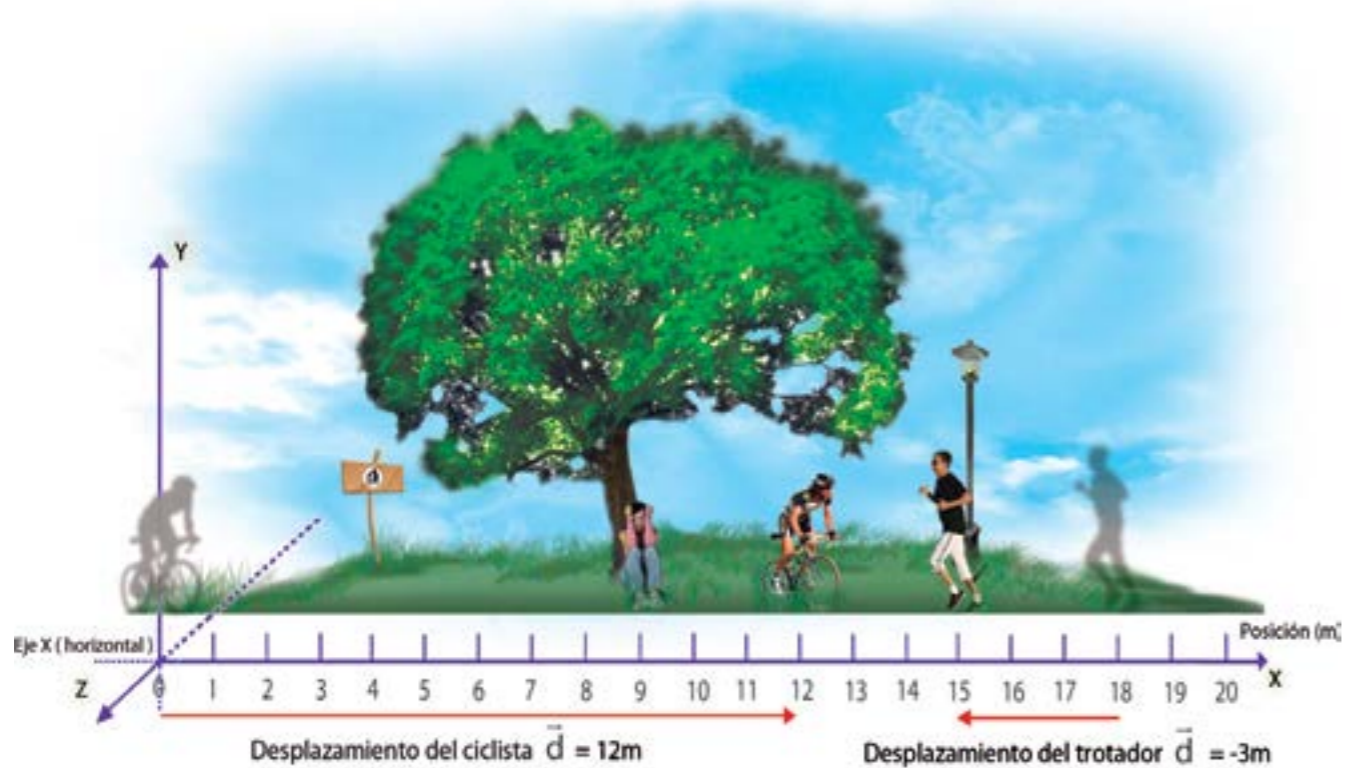


Figura 11.4. Desplazamiento del trotador hacia la izquierda y del ciclista hacia la derecha al cabo de 6s. Con el origen del sistema de referencia, la posición $X=0$, en la posición inicial del ciclista. Observa que la trayectoria en este caso es casi una línea recta.

Otro aspecto que se utiliza para describir el movimiento de los cuerpos físicos es la **trayectoria** que describen en el espacio. Ésta se representa como una línea imaginaria que se forma uniendo las posiciones por donde va pasando el objeto. Esta trayectoria permite saber cómo se movió el objeto en el espacio; la longitud del espacio recorrido siguiendo esta trayectoria se le denomina *distancia recorrida* por el cuerpo físico en movimiento.

Velocidad... ¡no hay que llegar primero, sino saber llegar!

En el dicho: "No hay que llegar primero, sino saber llegar", de alguna manera está implícita la idea de que no todos los objetos cambian de posición de la misma manera, ya que no siempre tardan el mismo tiempo en realizar dichos cambios de posición. Así por ejemplo, en una carrera hay unos corredores que llegan a la meta primero que otros, esto es porque hicieron los mismos cambios de posición pero en menor tiempo, estas diferencias nos permiten distinguir los movimientos unos de otros.

La magnitud física que se utiliza para medir los cambios de posición en el tiempo, la denominamos **velocidad**. Un objeto en movimiento puede experimentar diferentes velocidades a lo largo de su trayectoria, como cuando estás en una "montaña rusa" o en un vehículo en marcha. También la velocidad se puede comparar con la de otros objetos, por ejemplo, en la figura 11.5(b) seguramente unos vehículos llevan más velocidad que otros.

Dependiendo de la duración del intervalo de tiempo, se pueden distinguir dos tipos de velocidades: **media** e **instantánea**.



Figura 11.5. (a) Velocímetro: dispositivo para controlar el valor la velocidad de los vehículos, también llamado "rapidímetro" ya que sólo informa sobre el valor de la velocidad pero no el sentido y dirección del movimiento. Es muy importante estar pendiente de lo que indica el velocímetro para evitar accidentes. (b) En una calle es muy probable que los vehículos se muevan con diferentes velocidades.

Cuando la velocidad se determina considerando los *desplazamientos experimentados por el cuerpo físico en un intervalo de tiempo cualquiera*, se le denomina **velocidad media** y la podemos calcular dividiendo el desplazamiento realizado entre el tiempo transcurrido.

$$\text{velocidad media} = \frac{\text{cambio de posición (desplazamiento)}}{\text{Intervalo de tiempo}}$$

\vec{v} : velocidad media

$\Delta \vec{x}$: cambio posición

Δt : intervalo de tiempo

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}$$

El cociente de la división representa el desplazamiento que realiza el cuerpo por cada unidad de tiempo. Las flechas indican que *la velocidad media es una magnitud vectorial que señala el valor, dirección y sentido del desplazamiento* experimentado por el cuerpo físico en movimiento en un intervalo de tiempo transcurrido mientras se efectuó el desplazamiento. En el ejemplo del parque en el intervalo de 6s, la velocidad media del ciclista fue de 2 m/s hacia la derecha, mientras que la velocidad del trotador fue de -0,5 m/s hacia la izquierda.

Cuando la velocidad se calcula midiendo el desplazamiento experimentado por el cuerpo físico en un intervalo de tiempo muy corto se le denomina **velocidad instantánea**.

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{\Delta t}; \Delta t \rightarrow 0$$

Al valor de esta velocidad instantánea sin tomar en cuenta la dirección y sentido se le llama **rapidez instantánea**, o la rapidez que tiene un cuerpo en un instante determinado.

Observa que *la velocidad media y la velocidad instantánea no siempre son iguales*. Así por ejemplo, si tuviéramos que ir de viaje en un vehículo a un lugar que está a 120 km en línea recta hacia el este y nos tardamos 2 horas en llegar, pudiéramos decir que la velocidad media es de 60 km/h hacia el este, pero no podemos asegurar que el vehículo siempre se movió con ese valor de rapidez ni en esa dirección y sentido, seguramente hubo momentos del recorrido donde el valor instantáneo de la velocidad era distinto al valor de la velocidad media.

Ahora bien, si lo que se quiere es saber qué *distancia recorrió el vehículo por unidad de tiempo* entonces se determina la **rapidez media**, la cual se obtiene dividiendo la distancia total recorrida entre el tiempo total transcurrido sin señalar hacia dónde ocurre el movimiento. Esto se representa mediante la siguiente expresión.

$$\text{rapidez media} = \frac{\text{distancia recorrida}}{\text{Intervalo de tiempo}}$$

Simbólicamente se expresa como:

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

Donde: v es rapidez, d es distancia y Δt es el intervalo de tiempo.

El cociente de la división realizada representa la distancia que recorre el cuerpo por cada unidad de tiempo. Observa que no se le coloca flecha encima de la letra, v , porque esta magnitud es escalar, ya que sólo señala el valor numérico.

Nombre de la magnitud física	Tipo de magnitud física	Símbolo	Unidades en el (SI)
Posición	Vector	$\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ ó \vec{r}	m
Desplazamiento	Vector	$\vec{d}, \Delta \vec{x}$	m
Distancia	Escalar	d	m
Velocidad	Vector	\vec{v}	m/s
Rapidez	Escalar	v	m/s

Algunos datos adicionales sobre las unidades de medición de la velocidad:

- 3,6 km/h = 1 m/s
- 1 km/h \approx 0,277 78 m/s
- 1 km/h \approx 0,621 37 mph \approx 0,911 34 pie/s (mph es millas por horas)
- 1 nudo = 1,852 km/h
- 1 mph = 1,609 km/h

Algunos valores interesantes de velocidad

Valores de velocidad (km/h)	Velocidad en una actividad...
3 -4	Un humano al caminar (promedio)
12-15	Un humano al trotar (promedio)
20	En bicicleta por una cuesta
40	Máxima velocidad de un atleta de élite en los 100 metros planos
50	Máxima permitida de tránsito en zonas residenciales
40-60	Máxima en algunas avenidas y carreteras
80	De autobuses interurbanos en algunas rutas, principalmente autopistas
60-80	Máxima en carreteras y autopistas
300	Trenes de alta velocidad
900-1.000	Aviones de pasajeros en ruta
2.000	Algunos aviones de combate
40.320	Velocidad de escape de la Tierra

La rapidez de la velocidad: la aceleración

Los movimientos de los objetos se pueden diferenciar a través de la velocidad. Muchas veces has sentido u observado que en un mismo movimiento la velocidad cambia, por ejemplo, cuando: empiezas a correr, un vehículo arranca o frena, te lanzas por un tobogán, haces girar un cuerpo, ves un cuerpo caer libremente. En todos esos casos decimos que el cuerpo está acelerado.

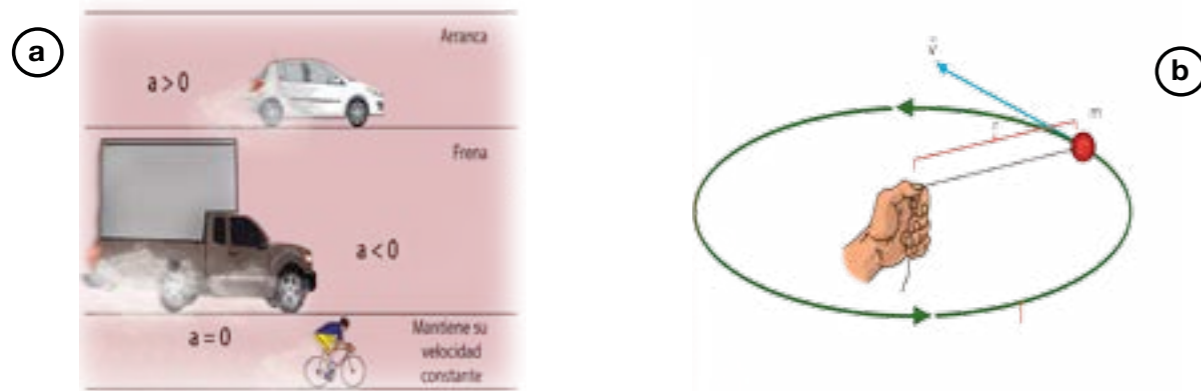


Figura 11.6. Situaciones asociadas a la aceleración: a) El vehículo aumenta su rapidez, acelera (superior); el camión disminuye su rapidez, desacelera (medio); el ciclista no está acelerado porque mantiene su velocidad constante (abajo). b) La pelota acelera porque cambia la dirección, el sentido y la medida de la velocidad.

Al cambio de la velocidad en un instante de tiempo se le denomina **aceleración**, ésta es otra magnitud física de carácter vectorial, importante para describir el movimiento de los cuerpos.

La **aceleración media** se puede calcular dividiendo el cambio de velocidad entre $\Delta \vec{v}$ el *intervalo de tiempo* Δt que tardó en ocurrir dicho cambio:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i}$$

Al igual que con la velocidad, cuando analizamos el cambio de una magnitud física en intervalos de tiempo tan pequeños que se aproximan a cero, estamos hablando de **aceleración instantánea**.

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}; \Delta t \rightarrow 0$$

Es importante destacar que en un movimiento unidimensional (en una línea recta), no existe cambio en la dirección del movimiento. En este caso, la aceleración puede ser positiva, si hay incremento de la velocidad; negativa cuando decrece la velocidad, y nula cuando la velocidad permanece constante.

Nombre de la magnitud física	Tipo de magnitud física	Símbolo	Unidades en el (SI)
Aceleración	Vector	\vec{a}	m/s^2

Tras la búsqueda de regularidades en los movimientos

Los movimientos que hemos descrito los podemos idealizar; así identificamos algunas regularidades en los mismos, de acuerdo a las características que tengan la velocidad, la aceleración y la trayectoria; con lo cual los clasificamos. A continuación encontrarás movimientos en una dimensión que llamamos rectilíneos y sus variaciones.

Movimientos rectilíneos uniformes (M.R.U)

Los MRU son movimientos que siguen trayectorias rectas manteniendo una velocidad constante y por tanto, una aceleración igual a cero, ellos pocas veces ocurren. En estos casos los cambios de posición son iguales en intervalos de tiempos iguales; así, el cuerpo recorre distancias iguales en tiempos iguales. En forma simbólica matemática tenemos la expresión de la rapidez $v = \frac{d}{t}$, la cual es constante, $a = 0$. Esta relación también podemos expresarla en términos de la distancia recorrida d o del tiempo empleado Δt medido desde $t_i = 0$

$$d = vt \text{ ó } t = \frac{d}{v}$$

En las situaciones como las del movimiento del trotador o el ciclista (figura 11.3), podemos considerarlos aproximadamente como MRU. Las siguientes gráficas de sus respectivas posiciones en función del tiempo [$X = X(t)$], respecto del origen al pie del árbol, y las de sus velocidades en función del tiempo [$v = v(t)$], dan cuenta de sus movimientos MRU. (Figura 11.7)

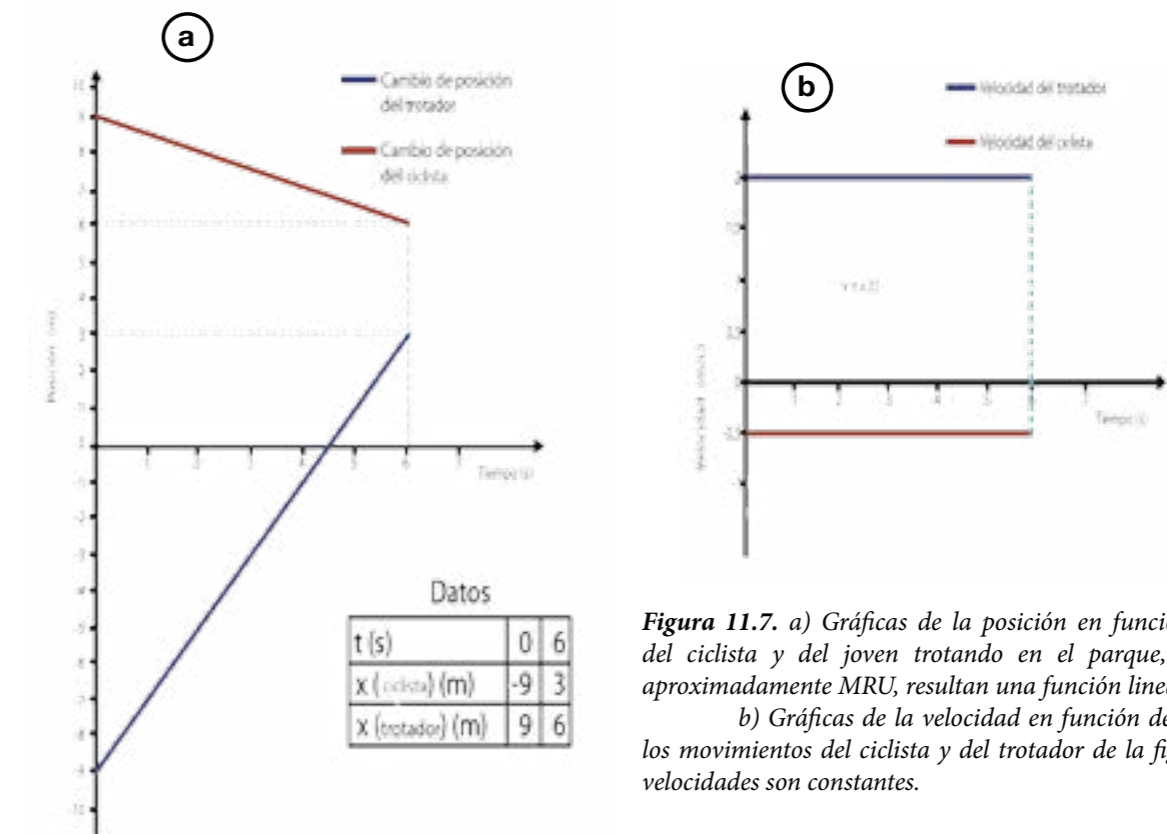


Figura 11.7. a) Gráficas de la posición en función del tiempo del ciclista y del joven trotando en el parque, considerados aproximadamente MRU, resultan una función lineal (rectas).

b) Gráficas de la velocidad en función del tiempo para los movimientos del ciclista y del trotador de la figura 11.3, sus velocidades son constantes.

En los MRU la gráfica de posición en función del tiempo resulta una recta, la pendiente de ella corresponde a la velocidad del móvil. Recordemos de Matemática, que en un gráfico de X en función de Y donde resulta una recta, la pendiente se obtiene considerando dos puntos de la recta: $P_f(X_f, Y_f)$ y $P_i(X_i, Y_i)$ y calculando el cociente entre la diferencia de ordenadas, ΔY , y la diferencia de abscisas, ΔX , tal como verás en la siguiente ecuación:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_f - y_i}{x_f - x_i}$$

En el caso del MRU, en el eje X del gráfico representamos el tiempo, t , y en el eje Y representamos la posición en una dimensión, para el caso del ciclista o del trotador, tomamos la dimensión en el eje x. De esta forma, la diferencia entre las ordenadas de los puntos equivale al cambio de posición considerado, Δx , y la diferencia entre las abscisas de los puntos, es equivalente al intervalo de tiempo, Δt . Por lo tanto, la pendiente de la recta m equivale a la medida de la velocidad v .

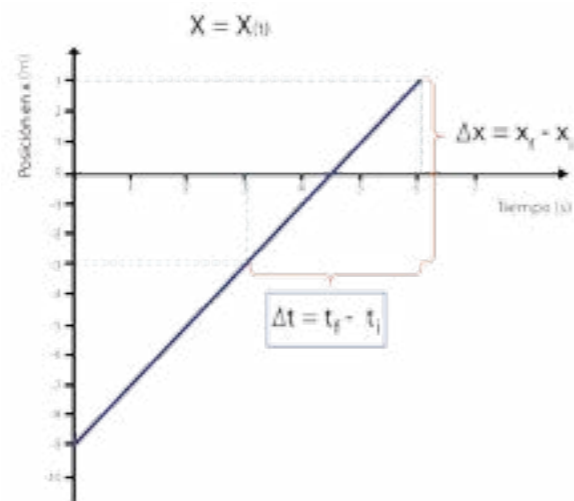


Figura 11.8. El cálculo de la pendiente en la gráfica de posición en función del tiempo nos permite obtener el valor de la velocidad del móvil. Para ello tomamos un par de puntos de la recta que nominas inicial y final.



Corriendo por la salud

Una práctica saludable que podemos incorporar a nuestra rutina es la realización de actividades físicas tales como caminatas, trotes, carreras, entre otras.

Un estudiante decide trotar de un extremo al otro de una pista recta de 1.500 m; manteniendo una rapidez aproximadamente uniforme logra hacer el recorrido en 7 minutos. Su hermana, que inicia el entrenamiento junto a él, se consigue con una amiga y se detiene unos instantes para conversar, así logra hacer el mismo recorrido en 15 minutos.



Con estos valores puedes calcular las velocidades medias del estudiante y su hermana, y construir gráficos de posición y velocidad en función del tiempo para ambos. Te invitamos a organizar una jornada de trote con tus hermanos, vecinos, o compañeros de clase y medir el tiempo que tarda cada uno en realizar el recorrido, comparando dichos valores.

Movimientos rectilíneos uniformemente variados (M.R.U.V)

Cuando en un movimiento el valor de su aceleración permanece constante se denomina movimiento rectilíneo uniformemente variado, se reconoce con las siglas: MRUV. Si la aceleración es positiva, se considera que el movimiento es rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA) y si por el contrario, la aceleración es negativa, el movimiento se reconoce como rectilíneo uniformemente retardado (MRUR).

De acuerdo con el gráfico de velocidad en función del tiempo, $v = v(t)$ para un MRUV, tal como el de la figura 11.9, ésta corresponde a una función lineal, la cual se representa a través de una línea recta.

La pendiente de esta recta es una medida de la aceleración del móvil, cuya expresión simbólica es: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$ Esto lo puedes corroborar si analizas las unidades que resultan del ese cálculo de pendiente.

Así tenemos que es posible determinar la aceleración en un movimiento rectilíneo uniformemente variado mediante el cálculo de la pendiente de la recta en el gráfico de velocidad en función del tiempo. También podemos escribir la ecuación de esa recta como:

$$v_f = v_i + a\Delta t \quad \text{(ecuación 1)}$$

Ésta nos permita relacionar la velocidad final (v_f) en función del intervalo de tiempo ($\Delta t = t_f - t_i$).

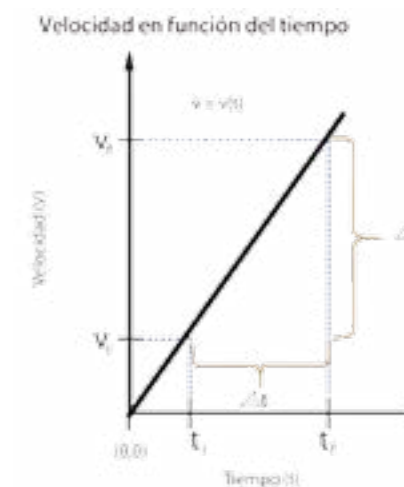


Figura 11.9. A la izquierda, corredoras de 100 m planos en la etapa inicial de la carrera. A la derecha, una representación gráfica de la velocidad de una atleta en la salida en función del tiempo. La aceleración corresponde a la pendiente de la recta m ; $\Delta v = v_f - v_i$ equivale a la diferencia de ordenadas ($\Delta Y = Y_f - Y_i$), y ($\Delta t = t_f - t_i$) equivale a la diferencia de abscisas ($\Delta X = X_f - X_i$). Siendo la ecuación de la recta: $v_f = v_i + a\Delta t$.

También podemos utilizar la misma gráfica para determinar el desplazamiento. Para ello consideramos el área bajo la curva (recta en un MRUV) definida por la función graficada, tal como se muestra en la figura 11.10. Corroborar que las unidades del área son de longitud. En este gráfico, el área bajo la curva que representa al desplazamiento del móvil en un intervalo de tiempo ($\Delta t = t_f - t_i$), lo podemos dividir en dos regiones (azul y verde), la primera corresponde a un triángulo ($A_1 = \frac{bh}{2}$) y la segunda a un rectángulo ($A_2 = bh$).

Por lo tanto, si las posiciones las hemos representado en la dimensión x, el desplazamiento Δx equivale a:

$$A_{total} = A_1 + A_2 = \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{(t_f - t_i)(v_f - v_i)}{2} + (t_f - t_i)v_i$$

$$\Delta x = \frac{\Delta t(a\Delta t)}{2} + \Delta t v_i$$

$$\Delta x = v_i \Delta t + \frac{a\Delta t^2}{2} \quad \text{(ecuación 2)}$$

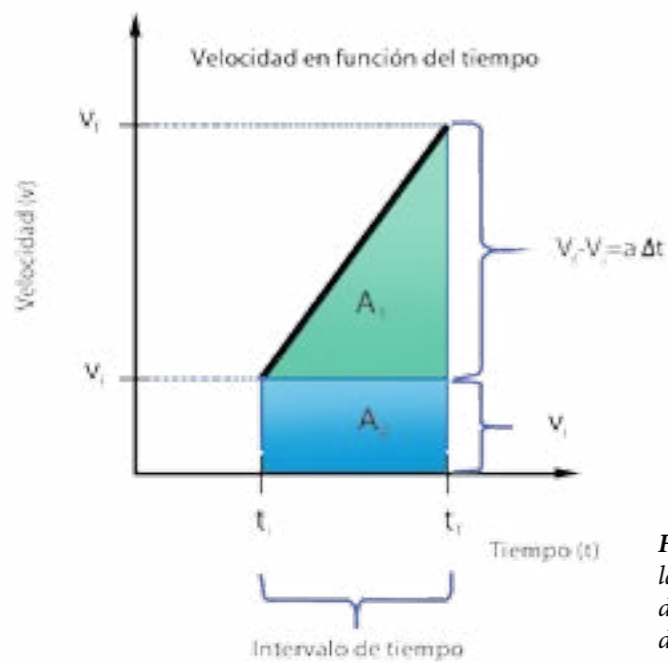


Figura 11.10. A través del cálculo del área bajo la curva en la gráfica de velocidad en función del tiempo, puedes obtener el desplazamiento del móvil.

Si de la ecuación 1 (página anterior) despejas el intervalo de tiempo: $\Delta t = \frac{v_f - v_i}{a}$

y la sustituyes en la ecuación 2, puedes obtener una nueva expresión que relaciona la velocidad con el desplazamiento:

$$\Delta x = v_i \left(\frac{v_f - v_i}{a} \right) + \frac{1}{2} a \left(\frac{v_f - v_i}{a} \right)^2$$

Efectuando las operaciones matemáticas pertinentes obtenemos otra expresión para el desplazamiento, Δx :

$$\Delta x = \frac{v_i v_f - v_i^2}{a} + a \frac{(v_f^2 - 2v_f v_i + v_i^2)}{2a^2}$$

$$\Delta x = \frac{2v_i v_f - 2v_i^2 + v_f^2 - 2v_f v_i + v_i^2}{2a} = \frac{-v_i^2 + v_f^2}{2a}$$

En esta expresión la velocidad final en función de v_i , a , y Δx : $v_f^2 = v_i^2 \pm 2a\Delta x$ **(ecuación 3)**

Como señalamos anteriormente, la aceleración puede ser negativa, en cuyo caso se trata de una desaceleración, esto significa que ocurre una disminución de la velocidad del móvil. Cabe destacar que siguen siendo válidas las ecuaciones 1, 2 y 3 anteriormente presentadas, lo único que cambia es el signo de la aceleración.

En síntesis, los movimientos rectilíneos uniformemente variados (sean acelerados o desacelerados, es decir, con aceleración positiva o negativa, respectivamente), son representados con las siguientes relaciones:

$$v_f = v_i \pm a\Delta t$$

$$\Delta x = v_i t \pm \frac{a\Delta t^2}{2}$$

$$v_f^2 = v_i^2 \pm 2a\Delta x$$



En la carrera de 100 m planos la aceleración es la clave

En el atletismo se considera la carrera de los 100 metros planos como la máxima expresión de las carreras de velocidad.



Figura 11.11. Pista de 100 metros planos.

En esta pista recta, las y los atletas tienen que recorrer, libres de todo obstáculo, un total de 100 metros con la mayor rapidez posible (figura 11.12). Esta rapidez no se obtiene de manera instantánea, sino que utilizan los primeros segundos de su movimiento para pasar de su condición inicial de reposo cuando su rapidez es de 0 m/s , hasta la máxima rapidez de aproximadamente 10 m/s (36 km/h), según reportan los expertos en esta materia. A esta etapa se denomina *fase de aceleración*, durante la cual el atleta va aumentando de manera progresiva el largo y la frecuencia de la zancada y, como consecuencia, su rapidez se incrementa con el tiempo de manera más o menos proporcional.

De esta forma, por ejemplo, tenemos que una atleta utiliza los primeros cinco segundos (5 s) de la carrera para alcanzar su máxima rapidez, en esta fase su aceleración sería equivalente a:

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{10\text{ m/s} - 0\text{ m/s}}{5\text{ s} - 0\text{ s}} = \frac{10\text{ m/s}}{5\text{ s}} = 2\text{ m/s}^2$$

El valor de 2 m/s^2 , implica que el atleta incrementa su rapidez de movimiento en 2 m/s durante cada segundo transcurrido en esta parte inicial de la carrera.

En la segunda fase de la carrera, denominada de máxima velocidad, normalmente se estabiliza la zancada y no se aprecian cambios en la velocidad del atleta, por lo tanto, la aceleración durante esta fase es aproximadamente nula.

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{10\text{ m/s} - 10\text{ m/s}}{11,5\text{ s} - 5\text{ s}} = \frac{0\text{ m/s}}{6,5\text{ s}} = 0\text{ m/s}^2$$

La última parte de la carrera se denomina *fase de desaceleración*, ocurre generalmente durante 2 s , en los últimos 10 metros de recorrido, durante la cual disminuye la velocidad de manera más o menos proporcional al tiempo. En el caso del ejemplo, la atleta se mueve con una aceleración de signo negativo.

$$a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{0\text{ m/s} - 10\text{ m/s}}{13,5\text{ s} - 11,5\text{ s}} = \frac{-10\text{ m/s}}{2\text{ s}} = -5\text{ m/s}^2$$

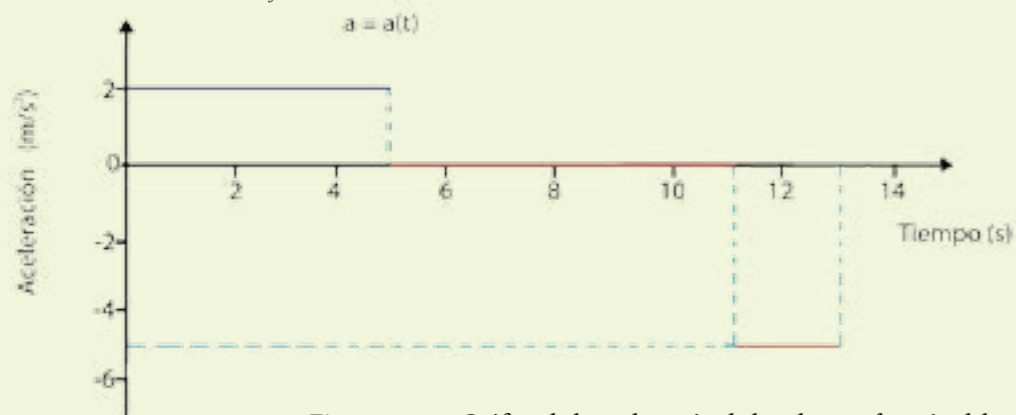


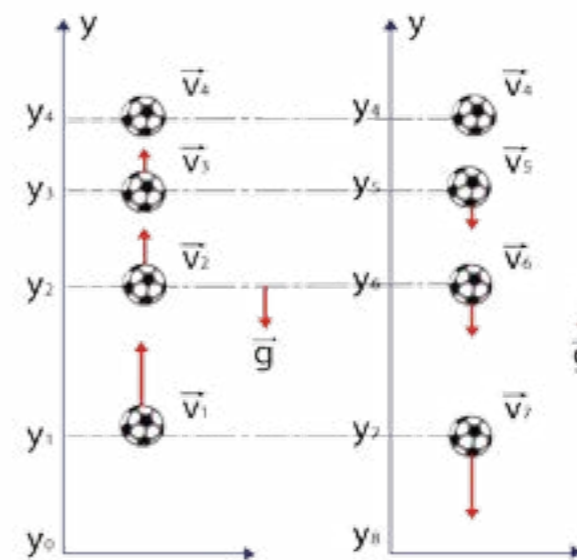
Figura 11.12. Gráfica de la aceleración de la atleta en función del tiempo en las tres fases de la carrera de 100 m planos.

Movimiento de objetos en caída libre

Un caso interesante de movimiento uniforme con aceleración constante es el que realizan los objetos cuando “caen” libremente hacia la Tierra. En condiciones en que el roce con el aire lo podemos despreciar y el movimiento ocurre sólo bajo la influencia de la fuerza gravitacional, todos los objetos “caen” verticalmente hacia la superficie de la Tierra con la misma aceleración, la cual denominamos aceleración de gravedad y cuya magnitud es igual a $9,8\text{ m/s}^2$.

A esta importante conclusión llegó, a través de sus experimentos mentales con planos inclinados, el físico y astrónomo italiano Galileo Galilei (1564-1642) durante el siglo XVI. Antes de esta época, prevalecían en la comunidad científica las enseñanzas del filósofo Aristóteles (384-322 antes de nuestra era), quien sostenía que los objetos más pesados caían con mayor rapidez que los más ligeros hacia la superficie terrestre. En sus experimentos, Galileo dejaba rodar pequeñas esferas sobre planos con una ligera pendiente y medía la distancia que las mismas cubrían a intervalos sucesivos. El propósito de la pendiente era reducir la aceleración de “caída” lo cual permitiría medir con exactitud los intervalos de tiempo.

La expresión “objeto en caída libre” es un modelo que se refiere a un objeto que ha sido liberado desde una posición de reposo, y es aplicable a los objetos que son lanzados hacia arriba o hacia abajo. En este sentido, es importante aclarar que todo objeto, independientemente de su velocidad inicial, estará en caída libre siempre que sobre él actúe únicamente la fuerza de gravedad producida por la Tierra. En la figura 11.13 se han representado los movimientos verticales de ascenso y descenso de una pelota lanzada hacia arriba.



Galileo Galilei

Figura 11.13. Representación de posiciones, velocidad y aceleración sucesivas de una pelota lanzada hacia arriba, durante su ascenso y descenso, bajo la acción de la fuerza de gravedad.

Como puedes notar, la velocidad está dirigida hacia arriba mientras la pelota va subiendo, disminuyendo su valor de manera constante hasta que se hace cero en la posición y_4 . El vector aceleración entre cada par de posiciones, por ejemplo las posiciones y_1 y y_2 está dado por:

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_2}{\Delta t} = -\vec{g}$$

Es decir, la aceleración es vertical hacia abajo y con un valor constante e igual a $9,8 \text{ m/s}^2$. Cuando la pelota llega a la posición más alta, y_4 , la velocidad se hace nula, entonces la pelota comienza a descender e invierte su sentido. De allí en adelante, la velocidad comienza a aumentar nuevamente de manera proporcional al tiempo a razón de $9,8 \text{ m/s}$ durante cada segundo, pero ahora dirigida hacia abajo.

En la descripción del movimiento de objetos como la pelota de la figura 11.13, también son aplicables las expresiones obtenidas para el movimiento unidimensional con aceleración constante. La única modificación que es necesario hacer a estas expresiones, para el caso de objetos en caída libre, es que el movimiento ocurre en dirección vertical del eje Y en vez de ocurrir horizontalmente en dirección del eje X. Al mismo tiempo, hay que considerar que la aceleración es siempre hacia abajo y vale aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$. Por tanto, ha de tomarse $\vec{a} = -\vec{g} = -9,8 \text{ m/s}^2$, donde el signo (-) indica que la aceleración de un objeto en caída libre siempre hacia el centro de la Tierra es con el sentido negativo del sistema de referencia establecido.

Por lo tanto podemos escribir para la posición del objeto en cualquier instante de tiempo una ecuación equivalente a la ecuación 2 presentada antes: $y_f = y_i + v_i t - \frac{1}{2} g t^2$

Donde y_i y v_i son los valores para la posición y la velocidad en el instante inicial del movimiento y tendrán el signo que corresponda de acuerdo a sus respectivos sentidos en la dirección del eje Y.

De manera similar, para la velocidad en función del tiempo se tendrá la siguiente expresión: $v_f = v_i - g t$ equivalente a la ecuación 1

Por último, para la velocidad en función de la posición se tendrá: $v_f^2 = v_i^2 - 2g(y_f - y_i)$ equivalente a la ecuación 3

Cuando vayas a aplicar estas ecuaciones en la solución de problemas de caída libre, toma en cuenta el valor, la dirección y el sentido de las condiciones iniciales de la posición y la velocidad. En el caso que se coloque el origen del sistema de referencia en el lugar en donde se inicia el movimiento, éstas serían las condiciones iniciales a considerar:

Se deja caer	Lanzado hacia abajo	Lanzado hacia arriba
$\begin{cases} y_i = 0 \\ v_i = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} y_i = 0 \\ v_i \neq 0 \end{cases}$ (sentido negativo)	$\begin{cases} y_i = 0 \\ v_i \neq 0 \end{cases}$ (sentido positivo)



El mango que cae

Problema: Si un mango cae desde una rama de un árbol que se encuentra a una altura de 3 m. ¿Cuánto tiempo tardará en caer? ¿Con qué rapidez llegará al piso?

Análisis: Colocando el sistema de referencia en el lugar en que se soltó el mango como se señala en la figura, y tomando como condiciones iniciales para la posición, $y_i = 0$, y la velocidad, $v_i = 0$, podemos sustituirlas en la ecuación cinemática 2 y calcular el tiempo que tarda en caer el mango:

$$y = y_i + v_i t - \frac{gt^2}{2} \rightarrow -3\text{m} = 0 + 0 \cdot t - \frac{gt^2}{2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot 3\text{m}}{9,8\text{m/s}^2}} = 0,78\text{s}$$

Éste es el tiempo estimado en caer el mango al piso desde una rama que se encuentra a 3m de altura, considerando que sólo actúa la fuerza gravitacional terrestre. Para calcular la rapidez con que llegó al piso puedes emplear la ecuación 1:

$$v_f = 0\text{m/s} - 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,78\text{s} = -7,7\text{m/s}$$

Ésta sería la rapidez con la que el mango tocaría el suelo. El signo negativo significa que la velocidad va dirigida hacia abajo (sentido negativo asignado a la dirección Y).



La cinemática en nuestro contexto cotidiano

A lo largo de la lectura pudiste familiarizarte con algunos conceptos importantes para el estudio del movimiento, entre ellos: sistemas de referencia, sistemas de coordenadas, posición, desplazamiento, distancia recorrida, velocidad, aceleración, entre otras. Cuestiones que son relevantes en nuestra sociedad, porque entre los roles que como ciudadanos cumplimos, el movimiento está implícito casi siempre.

Piensa por un momento cuando cruzas la calle al ir al liceo o al pasear por un parque, o si participas en disciplinas deportivas, entre otras; en estas actividades la idea de movimiento está presente. Sin embargo, hay otras situaciones que requieren su estudio formal.

Hay contextos más trascendentes en nuestras funciones cotidianas que requieren amplio sentido de la realidad circundante y eso sólo nos lo permite el conocimiento, ya que el mismo nos genera independencia, soberanía y despierta nuestra conciencia ciudadana: por ejemplo, los límites de velocidad establecidos en las vías nacionales, urbanas y locales, responden al estudio detallado que los expertos en vialidad han establecido para evitar accidentes de tránsito.

Además, el análisis de estos valores expresados en las vías, nos permite entender cuestiones tan importantes como el tiempo que puede tardar un vehículo en frenar ante un obstáculo inesperado que se encuentre o cuánto puede recorrer mientras frena, antes de detenerse por completo, cuestión que puede ser determinante a la hora de salvaguardar nuestras vidas y la de nuestros semejantes.

Otro aspecto fundamental asociado al tema abordado en esta lectura, es el hecho de poder contar con modelos (matemáticos, gráficos, pictóricos) que permitan estudiar movimientos de nuestro contexto, con lo cual tenemos la posibilidad de predecir o estimar acontecimientos futuros, tales como determinar el tiempo que debo emplear para desplazarme unos cuantos kilómetros, conocida la velocidad de caminata; cuál es el máximo de velocidad al que puede desplazarse una motocicleta por una avenida en la cual se encuentra una intercepción, conocida su capacidad de frenado (desaceleración).

El saber emplea los conocimientos sobre el movimiento entre otras cosas, nos permite tomar conciencia de que la prevención es la mejor manera de ser buenos ciudadanos y contribuir con la disminución de la cantidad de accidentes de tránsito que limitan la calidad de vida en nuestro país.



Mamá, ¿sabes que el riesgo de chocar es alto, si usas el celular mientras conduces?



Escojamos al más veloz del equipo para las competencias de atletismo interliceos

Para cumplir con el propósito de escoger, entre un grupo de estudiantes, al más veloz para representar al liceo en una caminata, es conveniente hacer un análisis del movimiento real de varios estudiantes al caminar.

La actividad requiere de la participación de por lo menos 4 o 5 estudiantes por equipo.

¿Qué necesitarán?

Cronómetro, cámara o teléfono celular con cámara de video, lápiz, marcador, tirro, regla, cartulina fluorescente, papel milimetrado, programa de computador para medir posiciones en videos.

Antes de proceder a tomar algún tipo de datos, discutan en el grupo acerca de:

- ¿Cuál es el sistema de referencia más adecuado para efectuar el estudio de este movimiento?
- ¿Cómo podemos reconocer las posiciones ocupadas en los distintos instantes?
- ¿Cómo van a tomar los datos de tiempo para algunos instantes específicos, que coincidan con las posiciones previamente marcadas?
- ¿Cuáles son los conceptos trabajados a lo largo de esta lectura, que les servirán para determinar cuál de los participantes es el más veloz?



¿Qué pueden hacer?

- Efectuar el recorrido en las cercanías de una pared larga, en la cual puedan identificar las posiciones de los estudiantes que participan. Pueden colocar marcas visibles metro a metro en la pared para facilitar las medidas.
- Midan los intervalos de tiempo transcurridos al desplazarse por la trayectoria con la ayuda de los videos o de los cronómetros (se pueden comparar los datos obtenidos por distintos informantes). Pueden tomar más de seis tiempos con sus respectivas posiciones y considerar el inicio del movimiento como $t = 0s$.

- Otra opción es que hagan un video de la caminata de cada uno, luego se recomienda utilizar un editor de videos para digitalizarlo en un computador, y así poder medir sobre él. Para ello pueden usar programas gratuitos como el Tracker 4.0 (analizador de videos y herramientas para modelar). Es necesario que aprendan a usar el programa previamente.
- Con los datos obtenidos y organizados en una tabla, construyan gráficas de posición en función del tiempo; a partir de allí, determinen las velocidades medias en los distintos intervalos y en el tiempo total considerado.
- Discutan con la o el docente y los demás grupos, los resultados obtenidos para el movimiento de los distintos participantes. ¿Quién será el representante de la sección en la competencia?

Sugerencias adicionales

Es recomendable que tomen varios registros del mismo movimiento y los comparen para llegar a decisiones y conclusiones.

Prueben a efectuar esta actividad para caracterizar el movimiento en otras disciplinas deportivas tales como: ciclismo, natación, carrera de velocidad, entre otras.



¡Mide tu tiempo de reacción!

Con la siguiente actividad podrás determinar tu tiempo de reacción ante un estímulo visual fundamentándote en los principios básicos sobre la caída libre.

¿Qué necesitan?

- Una regla graduada de 1 m o 50 cm.

¿Cómo lo harán?

- Discutan sobre el significado de lo que se conoce por tiempo de reacción visual.
- Indaguen y analicen sobre diferentes procedimientos para medir el tiempo de reacción visual de las personas.

A continuación les proponemos uno basado en la caída libre de una regla que pasa entre sus dedos de la mano. Para ello:

- Trabajando en parejas, uno sostiene la regla tal como se indica en la imagen adjunta. El otro coloca su mano (sus dedos como si fuera a agarrarla) en cierta posición de la regla (anoten este valor) y cuando ve que la compañera o compañero deja caer la regla sin avisar, la atrapa. (Procurando no subir ni bajar la mano mientras intenta atraparla).
- ¿En qué medida de la regla la agarró? ¿Cómo explican el hecho de que la regla baja una cierta distancia antes de atraparla?
- Midan la “altura” que cayó la regla desde que la compañera o el compañero la libera hasta el momento en que la atrapan. Repitan la actividad varias veces, para tener por ejemplo 5 medidas de la “altura”. ¿Por qué conviene repetir la medida?
- Determinen el promedio de los valores de “altura” obtenidos.
- Consideren la validez de la expresión $y = y_i + v_i t - \frac{gt^2}{2}$, para determinar, de manera indirecta, la medida del tiempo de reacción. ¿A que corresponderá cada variable (y_i , v_i , x) en esta actividad?
- Compara tu tiempo de reacción con el de las o los otros miembros del grupo.
- Discutan sobre el trabajo realizado y los otros métodos empleados en medir el tiempo de reacción. ¿En qué actividades de las personas la medida de este tiempo puede ser vital?





Actividades de autoevaluación

1. Dos chicas fueron de excursión el fin de semana, el vehículo donde se desplazaban llevaba una velocidad de 72 km/h , al llegar a una estación de servicio su velocidad fue disminuyendo a razón de 4 m/s cada 5 segundos, hasta detenerse.

- Elabora una tabla de valores de la velocidad en intervalos de tiempo de 5 segundos.
- Construye la gráfica de velocidad en función del tiempo.
- Obtén la aceleración del carro con la información suministrada y el desplazamiento total del vehículo.

2. Una moto, en un momento dado, acelera a razón de $0,3 \text{ m/s}^2$, durante 40 s, si al final tiene una rapidez de 22 m/s , calcula la rapidez que tenía en el momento de comenzar a acelerar.

3. Algunos estudiantes del 3er. año, curiosos y con deseos de comprobar lo estudiado en clase sobre los movimientos verticales, por ejemplo: lanzar semillas de mango desde la orilla de la azotea de una casa de 2 pisos. Mientras uno de ellos (ubicado sobre la azotea) le imprime al objeto una velocidad inicial de 10 m/s cuando la lanza directamente hacia arriba, el otro espera a que llegue al piso, con cronómetro en mano, a fin de medir el tiempo que tarda en hacer el recorrido. La altura de la azotea es de unos 7 m . Ayudemos a los muchachos a resolver este problema:

- ¿Qué tiempo demora la semilla en alcanzar su máxima altura y qué tiempo tarda en hacer el recorrido completo? (cálculalo con la ecuaciones dadas).
- ¿Existen muchas diferencias entre el valor calculado teóricamente y el medido con el cronómetro? Discute sobre las razones por las cuales pudieron ocurrir dichas diferencias y sugiere qué habría que considerar para disminuirlas.
- ¿Hasta qué altura máxima podría subir la semilla, medida desde la parte baja de la casa si la lanzas con la velocidad inicial de 10 m/s ?

4. Dos chicos que viven en un edificio deciden jugar voleibol en el área de usos comunes. Uno de ellos, que vive en el 3er piso, sube a buscar el balón a su hogar, y decide dejarlo caer desde la ventana para que su amigo lo ataje, éste no logra atraparlo y el balón pega al suelo $1,4 \text{ s}$ después de soltarlo.

- ¿Desde qué altura se dejó caer el balón de voleibol? Calcular este valor nos permite saber a qué distancia del suelo se encuentra la ventana del apartamento donde vive el chico.
- ¿Cuál es la velocidad del balón al momento en el que toca el suelo?

5. Anímate a organizar y ejecutar junto a tu grupo de clase y tus docentes de Ciencias Naturales un Proyecto de Aprendizaje en el cual se investiguen aspectos relacionados con la carrera de cien metros planos y la importancia de practicar esta exigente disciplina deportiva (incluye contenidos de física, química, biología, salud, deporte, historia, entre otros). También pueden estudiarse de esta manera integradora e interdisciplinar otras disciplinas deportivas como la natación o el atletismo.

6. Para realizar más aplicaciones sobre el estudio de movimientos rectilíneos puedes consultar la página de simulaciones:

<http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>.





Es probable que hayas observado muchas cosas a tu alrededor moverse, tal como el movimiento de las gotas de agua en una lluvia, los objetos que caen al suelo, las hojas en el aire, los objetos construidos por la humanidad como bicicletas, autos, aviones, barcos, entre muchos otros, además habrás notado que no siempre se mueven de la misma manera. A veces parecen ir más rápido, otras veces más lento, como cuando un vehículo acelera o frena, en otros casos cambian de dirección o sentido.

En la lectura anterior tuviste la oportunidad de estudiar algunos conceptos tales como: posición, velocidad, aceleración, entre otras, que te permiten describir cómo ocurre el movimiento. Sin embargo cabe la pregunta: ¿Qué es lo que hace que los cuerpos cambien su movimiento? Y la respuesta parece estar en las interacciones que mantienen con el entorno.

En esta lectura vamos a desarrollar las ideas más fundamentales sobre las interacciones, la historia sobre cómo han evolucionado esas ideas acerca de la relación fuerza - movimiento, trabajaremos algunos conceptos asociados como: cantidad del movimiento, inercia, fuerza, y además, cómo muchas relaciones fueron sistematizadas en un conjunto de leyes de movimiento conocidas como leyes de Newton.

Aplicaremos estas ideas en algunas situaciones sencillas y en algunas actividades de investigación, creación e innovación para que participes en la aventura de conocer. Cerraremos con reflexiones sobre las aplicaciones de estos saberes de las Ciencias Naturales en tu comunidad.

¿Quién mueve a quién? Una historia interesante

Por mucho tiempo la humanidad ha querido saber la razón por la cual algunos objetos físicos que están a su alrededor cambian su movimiento con respecto a otros. Muchas veces hemos observado cómo las cosas son movidas por los seres vivos, por ejemplo, cuando pateas una pelota o un gato juega con ella, pero también has visto caer una fruta de un árbol o una hoja volar por el aire y nos hacemos la pregunta: ¿quién movió el objeto?



Figura 12.1. Tres situaciones cotidianas donde observamos que las cosas “cambian su movimiento”, una pelota movida por el gato o por los muchachos, las hojas que caen de los árboles.

Aristóteles, un filósofo griego que vivió en el siglo III antes de nuestra era, fue uno de los que más aportó para sistematizar ideas que permitieran explicar los cambios de movimiento en los objetos, él consideraba que el estado natural de los objetos era el reposo y que existían dos formas de entender el movimiento.

Una era el “movimiento natural” debido a la tendencia de los objetos a regresar al estado de reposo del que provienen, así por ejemplo una roca cae al piso sobre la tierra porque de ésta proviene, o el humo, que es del aire, se movería hacia él. Algunos objetos como una pluma de ave estarían formados por una mezcla de aire y tierra aunque con más cantidad de esta, pero esto hacía que cayeran más lento que una roca formada por mucha tierra. Eso es lo que explicaba el que objetos más pesados cayeran más rápido que objetos más livianos, de acuerdo a Aristóteles.

La otra manera de entender el movimiento a la que hace referencia Aristóteles es el “movimiento forzado” el cual es producido por empuje o tracción externa que se le impone al cuerpo. En este sentido, los objetos adquieren una propiedad llamada “ímpetu” que se les agotaba a medida que se movían y que además, los hacía regresar nuevamente a su estado natural el cual era el de estar en reposo. Así por ejemplo, si se empuja un bloque de madera sobre una superficie, éste se detendrá cuando se le “agote el ímpetu” que se le dio.

Estas ideas se mantuvieron por mucho tiempo, y fue en el siglo XVI cuando Galileo, científico italiano, haciendo observaciones y experimentos rigurosos y precisos para la época, refutó las ideas de Aristóteles. Una de las ideas que rechazó fue “que los cuerpos más pesados caen más rápido que los más livianos”; con sus experimentos planteó que esferas el doble de pesadas no caen más rápido que las más livianas, ambas llegan aproximadamente en el mismo tiempo, salvo por los efectos del aire. Es decir, Galileo cuestionó la teoría de movimiento “natural” que señalaba Aristóteles, la cual decía que por tener mayor cantidad de “elemento tierra” llegaría más rápido el cuerpo más pesado.

También Galileo hizo experimentos con planos inclinados y encontró pruebas que refutaban las ideas de Aristóteles sobre "movimiento forzado"; demostró que lo que impedía a las esferas seguir rodando cuando llegaban a la parte baja del plano, era la fricción con la superficie por donde se mueve el objeto y no porque se les había agotado el ímpetu, como señalaba Aristóteles. Por eso, supuso que si se elimina cualquier tipo de fricción o cualquier agente externo el cuerpo seguiría con esa misma velocidad. A esta propiedad la llamó **inercia**. Es decir, los objetos físicos no pueden cambiar su movimiento por sí mismos, éste es cambiado por la acción con otros.



Figura 12.2. La idea de inercia refutó los planteamientos de Aristóteles acerca del movimiento natural. En el dibujo dramatizado, el niño en el momento que frenó, por no estar fuertemente unido a la bicicleta, sale disparado porque continúa con la rapidez que tenía junto a la bicicleta. (De allí la importancia de utilizar cascos, rodilleras, coderas cuando utilizamos estos vehículos).

Esta noción de inercia expuesta por Galileo cambió las ideas planteadas por Aristóteles y aceptadas por casi 2.000 años, y constituyó una nueva forma de entender el movimiento, además de un nuevo método para estudiar los fenómenos de la naturaleza.

Las ideas planteadas por Galileo reafirmaban el hecho de que la Tierra era un planeta más de los muchos astros que hay en el Universo, en vez de un objeto inmóvil en torno al cual todo se mueve. Estas ideas le valieron serios problemas con los voceros de la Iglesia católica de la época, quienes lo obligaron a retractarse, bajo la pena de herejía.

Unos años después, en 1687, Isaac Newton, sin el temor de ser condenado por sus ideas, planteó una teoría, amplia, rigurosa y en lenguaje matemático, que expuso en su libro *Principios matemáticos de Filosofía Natural*. Esta teoría sirvió, y sigue sirviendo, de base para los estudios sobre movimiento.

Leyes del movimiento de Newton

Veamos algunos de los conceptos y aplicaciones que sustentan dicha teoría.

Tomando en consideración las ideas de inercia de Galileo, Newton avanzó en otros aspectos que estudió significativamente, así enunció tres "leyes del movimiento" las cuales hoy en día, en su honor, conocemos como Leyes de Newton. A continuación encontrarás comentadas estas leyes tal y como Newton las expuso.

Ley I: *Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas impresas sobre él.*

Como puedes notar, Newton le da a la definición de inercia de Galileo la categoría de ley fundamental. Es decir, una proposición muy general en la cual se admite que los objetos no pueden moverse por sí mismos sino que son movidos por otros objetos. En un momento de la historia lleno de prejuicios, mitos y creencias, ¿te imaginas el efecto que tuvo esta idea?

Hay situaciones donde se hace evidente la inercia, como cuando estás dentro de un autobús, un tren o sobre un caballo y sientes que te vas hacia adelante, hacia atrás o hacia los lados, sin que haya "alguien" empujándote en esa dirección, éstos son precisamente efectos de la inercia. En todos los casos, quien cambia el movimiento es el medio de transporte que estás utilizando y el usuario que está en reposo seguirá en ese estado. En la figura 12.4 se muestran situaciones ilustradas donde se aplica este principio.



Figura 12.3. Aristóteles, Newton y Galileo, personajes que aportaron ideas claves en el pasado sobre el estudio del movimiento.



Figura 12.4. En ambas ilustraciones, el medio de transporte es el que cambia el movimiento de repente y no los pasajeros, por lo que éstos siguen con el movimiento que tenían al momento de generarse los cambios. De allí la importancia de utilizar el cinturón de seguridad.

Ley II. El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime.

Newton señaló que la acción de todas las fuerzas que actúan sobre un objeto es la que produce el cambio en la *cantidad de movimiento* de un objeto. A esta suma de todas las fuerzas la denominó *fuerza impresa*, y hoy en día la conocemos como *fuerza neta*, *fuerza resultante* o *sumatoria de las fuerzas externas*. Además, ella es la que produce un cambio en la cantidad de movimiento, es decir, un cambio en la relación masa x velocidad del cuerpo p . Este cambio resulta *proporcional a la fuerza neta aplicada*, si la fuerza se duplica, el cambio en la cantidad de movimiento se duplicará. También planteó en la ley que este cambio ocurre en la dirección en la que esta acción conjunta de fuerzas actúa sobre el objeto.

De manera simbólica podemos representar la segunda ley de Newton de la siguiente manera:

Sumatoria de fuerzas externas \propto Cambio de la cantidad de movimiento.

$$\sum \vec{F}_e \propto \Delta \vec{p}$$

Donde el símbolo $\sum \vec{F}_e$ (sumatoria de fuerzas externas) significa la acción conjunta de todas las fuerzas externas que actúan sobre el objeto y constituye la causa en los cambios de movimiento. El símbolo \propto quiere decir que "es proporcional a".

Además, $\Delta \vec{p}$ representa los cambios que ocurren en la cantidad de movimiento y constituye el efecto causado sobre el movimiento debido a las fuerzas impresas. Las flechas sobre las cantidades significa que son magnitudes vectoriales, ya que tienen valor, dirección y sentido.

La **cantidad de movimiento**, Newton la definió como: *la medida obtenida de la velocidad y de la cantidad de materia conjuntamente*. La operación lógica que define este concepto de cantidad de movimiento se puede plantear en forma simbólica de la siguiente manera:

Cantidad de movimiento = (masa)x(velocidad)

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

De la segunda ley del movimiento se interpreta que las fuerzas externas que actúan sobre un objeto no producen un cambio en la cantidad del movimiento por separado, sino que la unión de todas estas en una sola fuerza produce un único cambio sobre la cantidad de movimiento del objeto.



Figura 12.5. No es equivalente patear una pelota de fútbol que va a 2 m/s, que patear una pelota de "bowling" que tiene la misma rapidez. El pateador "sabe" que no tienen la misma cantidad de movimiento por la diferencia de masa que hay entre ellas.

Esta representación de la segunda ley de movimiento de Newton en forma de proporcionalidad entre dos magnitudes vectoriales (fuerza y variación de cantidad de movimiento) se puede expresar como una igualdad mediante el producto de uno de los vectores por una magnitud escalar; en este caso, si analizamos las unidades, veremos que podemos multiplicar la sumatoria de fuerzas por el tiempo durante el cual estas actúan.

Fuerzas impresas actuando durante un tiempo = cambio en la cantidad de movimiento

Matemáticamente, se puede representar de la siguiente manera:

$$\sum \vec{F}_e \Delta t = \Delta \vec{p}$$

Al producto de la sumatoria de fuerzas por el intervalo de tiempo en que ellas actúan se le suele llamar **impulso** aplicado sobre el objeto, contrariamente a lo que señalaba Aristóteles, este impulso no permanece en el cuerpo una vez que cesan las fuerzas.



Figura 12.6. En un bate que golpea (impulsa) una pelota, los cambios en la cantidad de movimiento de la pelota dependerán del valor, dirección y sentido de la fuerza aplicada y el tiempo en que duró la pelota en contacto con el bate. Este impulso cesa con la pelota una vez que se dejó de aplicar la fuerza.

Si en la relación anterior hacemos el despeje algebraico de la sumatoria de fuerzas nos queda:

$$\sum \vec{F}_e = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Ésta es la manera de representar la segunda ley de Newton en forma de igualdad. El símbolo de sumatoria de fuerzas se entiende como *la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre el objeto* de forma simultánea y representa la *fuerza neta, total o resultante* que actúa sobre el cuerpo. Es decir, todas las fuerzas se suman para producir un único efecto, no es que cada una produce un efecto por separado, ¿te imaginas lo difícil que sería vivir así?

$$\sum \vec{F}_e = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

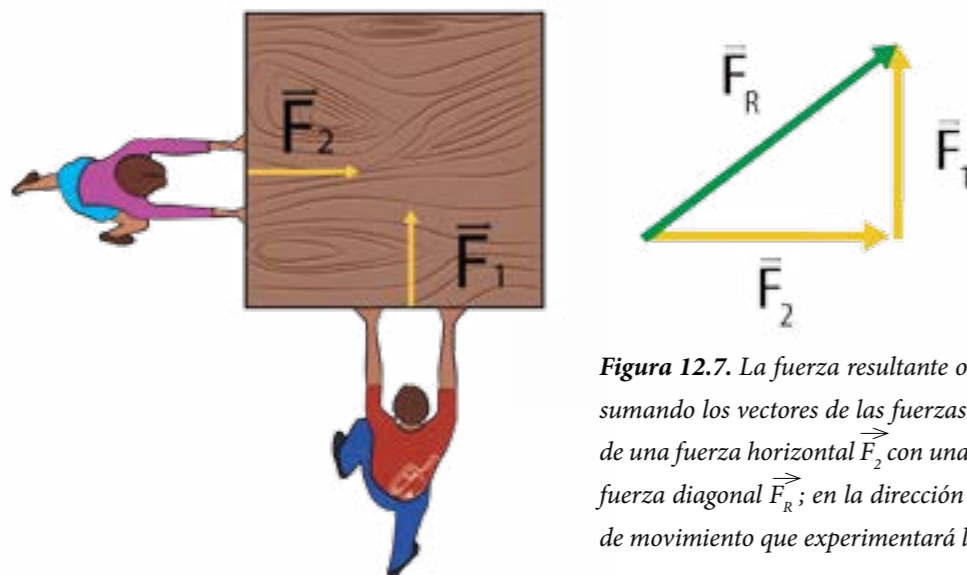


Figura 12.7. La fuerza resultante o sumatoria de fuerzas se obtiene sumando los vectores de las fuerzas aplicadas. En la figura, la suma de una fuerza horizontal \vec{F}_2 con una fuerza vertical \vec{F}_1 resulta en una fuerza diagonal \vec{F}_R ; en la dirección de esta fuerza serán los cambios de movimiento que experimentará la caja.

La segunda ley de Newton para casos de masas constantes

Muchos de los casos que tienen interés práctico para este tema son los referidos a cuerpos que en su movimiento mantienen su cantidad de materia, masa, aproximadamente constante; ya que en ellos la segunda ley de Newton tiene una forma particular de plantearse. En primer lugar, como ya sabemos la cantidad de movimiento, se puede calcular de la siguiente manera: $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$, si la sustituimos en la ecuación de la segunda ley nos queda:

$$\sum \vec{F}_e = \frac{\Delta(m\vec{v})}{\Delta t}$$

Como hemos considerado la masa como un valor constante, podemos sacarla del paréntesis que acompaña al símbolo de cambio (Δ) quedando la ecuación de la siguiente manera.

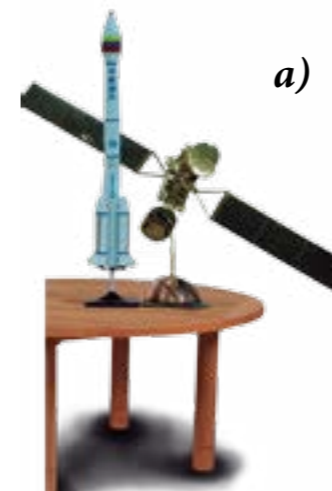
$$\sum \vec{F}_e = \frac{m \Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

¿Reconoces la expresión $\Delta \vec{v} / \Delta t$? Ésta corresponde a lo que llamamos anteriormente aceleración, de forma tal que la segunda ley de Newton para masa constante, se puede representar de la siguiente manera.

$$\sum \vec{F}_e = m \vec{a}$$

Si adicionalmente las fuerzas que actúan sobre el objeto son constantes, la aceleración también será constante y al despejarla algebraicamente de la ecuación anterior, tenemos:

$$\vec{a} = \frac{\sum \vec{F}}{m}$$



a)



b)

Figura 12.8. (a) Modelo del cohete Larga Marcha 3b, cuya masa puede ser considerada constante si se usa como juguete y lo movemos de un lado a otro. (b) Fotografía del lanzamiento real del cohete que llevaba el satélite "Simón Bolívar" al espacio, en este caso la masa del cohete no puede considerarse constante ya que la expulsión de gases y combustible de su interior es lo que hace posible su propulsión.

Algo maravilloso nos permite averiguar la segunda ley de Newton, y es que si conocemos todas las *fuerzas externas* que actúan sobre un objeto y conocemos su *masa* podremos saber con qué aceleración se mueve. Además, para el caso en que la aceleración sea constante, recuerda que podemos emplear las ecuaciones cinemáticas conocidas para hallar su posición y velocidad para cualquier tiempo:

$$x = x_i + v_i t + \frac{at^2}{2} \quad y \quad v = v_i + at$$

Las unidades de las tres magnitudes que te hemos presentado están descritas en la siguiente tabla:

Nombre de la magnitud física	Tipo de magnitud	Símbolo	Unidades (SI)	Equivalencia entre unidades en el SI
Fuerza	Vector	\vec{F}	Newton (N)	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} 1 \text{ m/s}^2$
Cantidad de movimiento	Vector	\vec{p}	kg (m/s)	----
Impulso	Vector	\vec{I}	N s	$1 \text{ N } 1 \text{ s} = 1 \text{ kg } 1 \text{ m/s}$

Continuemos con la tercera ley del movimiento, la cual Newton expresó de la siguiente manera:

Ley III. Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria, es decir, las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en sentidos opuestos.

De esta ley se extrae una definición fundamental para el estudio del movimiento: la **interacción** o **acción mutua** entre dos cuerpos. En este sentido, como en la figura 12.9, Newton señala que si le aplicas una fuerza al resorte del dinamómetro, éste te aplicará otra a ti en la misma dirección, de igual magnitud pero en sentido contrario, es decir, en la naturaleza las fuerzas se presentan por pares de *acción – reacción*.

Matemáticamente, esta ley se puede representar de la siguiente manera:

La fuerza que aplica un cuerpo A al cuerpo B = La fuerza que aplica B sobre el cuerpo A (en sentido contrario).

$$\vec{F}_{A,B} = -\vec{F}_{B,A}$$

Ésta es la forma de representar la interacción existente entre pares de cuerpos y las **fuerzas**, es una manera de señalar la existencia de dicha interacción.

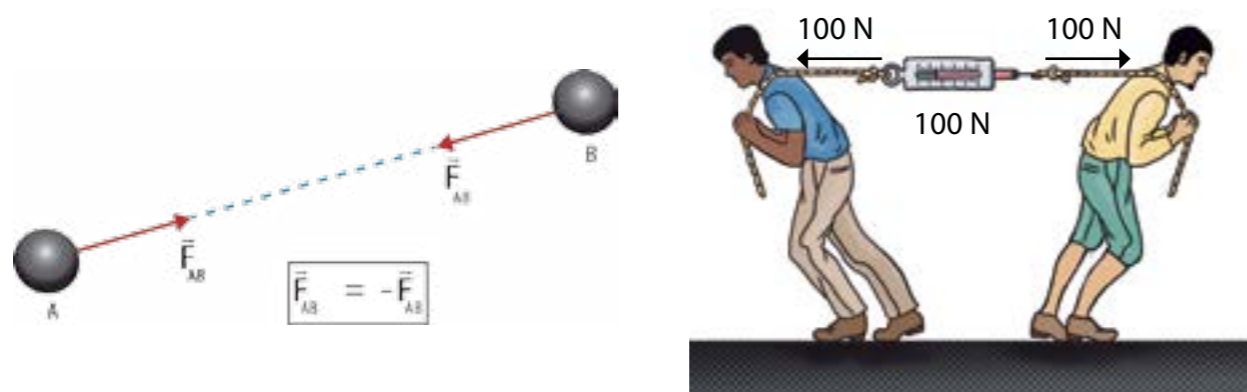


Figura 12.9. a) La ley de acción y reacción establece que en la naturaleza las fuerzas se presentan por pares. b) El dinamómetro muestra que las fuerzas que aplican ambos hombres tienen el mismo valor, las cuerdas evidencian la dirección y sentido de estas fuerzas.

Interacciones básicas de la naturaleza

La tercera ley de Newton nos puede llevar a pensar que por cada par de cuerpos hay una interacción diferente, es decir, que hay tantas clases de interacciones como pares de objetos. Por suerte parece no ser así, muchas de éstas admiten una misma explicación, así por ejemplo, la caída de todos los objetos sobre la Tierra o el movimiento de los planetas o estrellas parecen tener un mismo tipo de explicación: son debidos a la **interacción gravitacional**; la estructura atómica y el movimiento de las cargas eléctricas se pueden explicar por las **interacciones electromagnéticas**; y la estructura y fenómenos que ocurren en el interior del núcleo de todo átomo se pueden explicar mediante las **interacciones nucleares fuertes y débiles**. A continuación te presentaremos cuatro situaciones cotidianas donde ocurren interacciones, en todos los casos aplicaremos las leyes de Newton para explicar los cambios ocurridos.

1. El mango cae por la fuerza de la gravedad

Seguro que te has comido un delicioso mango y es probable que los hayas visto caer desde sus ramas, por ser un árbol muy común en nuestro país. La interacción que afecta su movimiento es la gravitacional que tiene fundamentalmente con la Tierra, aunque no se descarta que tenga interacción con el aire, o con la Luna o el Sol u otros objetos con masa, sin embargo, parece que éstas son muy débiles comparadas con la que tiene con la Tierra.

Otro de los principales aportes de Newton fue el estudio de esta interacción, apoyándose en trabajos previos de Galileo, y Kepler, entre otros. Sus principales conclusiones señalan que: esta interacción es siempre atractiva, ejerce su acción a distancia y debe estar siempre dirigida hacia un centro común; ella es la responsable de los cambios en el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra, y de los planetas alrededor del Sol, así como de la caída de los cuerpos sobre la superficie de la Tierra; además, esa fuerza en todos los casos es *directamente proporcional al producto de las masas que interactúan e inversamente proporcional a la distancia que separa a dichos cuerpos*, lo que se expresa como:

$$\text{Fuerza} \propto \frac{\text{masa}_1 \cdot \text{masa}_2}{(\text{distancia})^2}$$

Por lo tanto, de acuerdo a la tercera ley de Newton: la *Fuerza de la Tierra sobre el mango es igual a la Fuerza del mango sobre la Tierra (sentido contrario)* $\vec{F}_{Tm} = -\vec{F}_{m,T}$ y además, ambas fuerzas están en la dirección que une el centro de ambos cuerpos.



Figura 12.10. La Teoría de la Gravitación Universal de Newton nos señala que las explicaciones a los cambios de movimiento de la Luna alrededor de la Tierra o de un mango que cae sobre la superficie terrestre, son las mismas.

La fuerza gravitacional entre la Tierra y el mango de acuerdo con la gravitación Universal se calcularía de la siguiente manera:

$$F_{g(T,m)} = \frac{Gm_T m}{d_{T,m}^2}$$

Donde G es una constante de proporcionalidad (Gravitación universal) cuyo valor es:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N m^2}{kg^2}$$

Si tomas la masa de la Tierra con un valor estimado de $5,94 \times 10^{24}$ kg y la distancia desde el centro de la Tierra al mango como 6.370.000 m (aproximadamente para todos los cuerpos cercanos a su superficie), puedes calcular el valor numérico de una parte de la expresión anterior:

$$\frac{Gm_T}{d_{T,m}^2} \cong 9,8 m/s^2$$

¡Sorprendente! Es aproximadamente igual al valor de la aceleración de la gravedad, g , que ya conoces. El valor es aproximado ya que como depende de la distancia al centro de la Tierra, puede cambiar un poco con la altitud y la ubicación geográfica, recuerda que la Tierra no es totalmente esférica.

Por esta razón podemos decir que, para todos los cuerpos cercanos a la superficie terrestre, la fuerza que ejerce la Tierra sobre éstos se puede calcular como:

Fuerza gravitacional de la Tierra sobre un objeto = (masa del objeto).(gravedad).

$$\vec{F}_{g(T,m)} = m\vec{g}$$



Figura 12.11. a) Los vectores de fuerza gravitacional terrestre actúan sobre los cuerpos dirigidos al centro de la Tierra.

Como dijimos, una vez que tenemos identificadas todas las fuerzas debido a las interacciones, las sumamos para tener la fuerza resultante: $\sum \vec{F}_e = \vec{F}_{T,m} + \vec{F}_{A,m} + \vec{F}_{L,m} + \dots + \vec{F}_n$. No vamos a considerar la fuerza del aire, o la de la Luna, ni ninguna otra fuerza sobre el mango, sólo la de la Tierra; por lo tanto, la fuerza neta será igual a la fuerza gravitacional de la Tierra sobre el objeto. De manera tal que:

$$\sum \vec{F}_e = \vec{F}_{Tierra,mango}$$

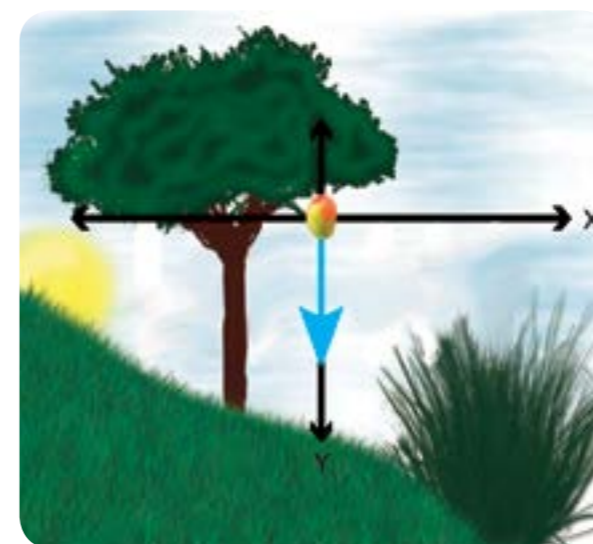
Una vez conocida la sumatoria de fuerzas debido a la interacción que tiene el mango con la Tierra, aplicamos la *segunda* ley de Newton, y tenemos que esa fuerza gravitacional es igual a la masa por la aceleración. Si consideramos que la masa del mango no cambia a medida que estos cambios ocurren, tenemos la *segunda* ley de Newton de la forma $\sum \vec{F}_e = m\vec{a}$

Como ya sabemos que la única fuerza externa es $\vec{F}_g = m\vec{g}$, igualamos con la *segunda* ley de Newton y nos queda que: $m\vec{g} = m\vec{a}$, de allí se demuestra al despejar la aceleración que:

$$\vec{a} = \vec{g}$$

Es decir, aplicando las leyes de Newton te estamos demostrando que la aceleración con que caen los cuerpos cercanos a la superficie terrestre es $-9,8 m/s^2$, dirigida siempre verticalmente hacia abajo y considerando negativo el sentido hacia el centro de la Tierra. Este valor se ha contrastado experimentalmente, y se han obtenido resultados con bastante aproximación.

Como lo señalamos anteriormente, si conocemos la aceleración y las condiciones iniciales del objeto, mediante las ecuaciones cinemáticas ya conocidas podemos determinar la posición y la velocidad que tendrá el objeto que cae al cabo de un tiempo. Para este caso sustituyendo $a = -g$ tenemos las ecuaciones:



$$\text{Posición: } y = y_i + v_i t - \frac{gt^2}{2}$$

$$\text{Velocidad: } v = v_i - gt$$

Figura 12.11. Cuando estamos en su superficie, notamos a estas fuerzas en dirección vertical hacia abajo, colocando el sistema de referencia en el lugar donde se inicia la interacción.

2. ¿Cuánto “pesa” un mango?

Supongamos ahora que puedes tomar uno de esos deliciosos mangos y sostenerlo con una de tus manos y dices ¡está pesado este mango! Ahora bien ¿a qué nos referimos cuando utilizamos este término? Para conseguir la respuesta estudiemos esa interacción, aplicando las leyes de Newton.

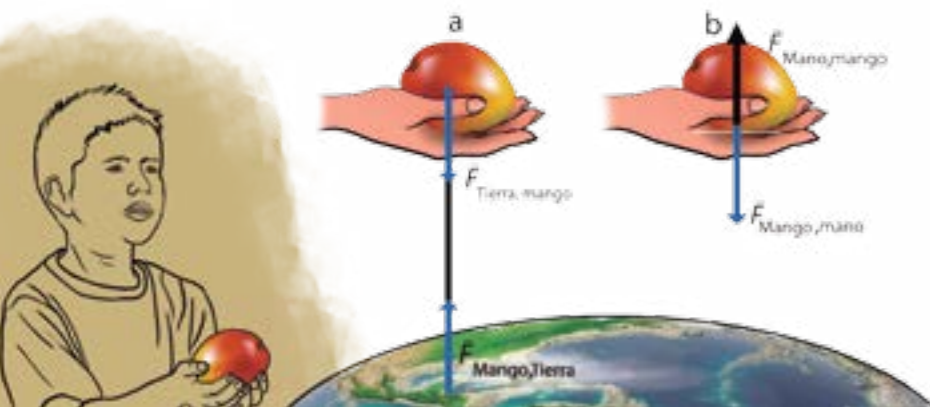


Figura 12.12. Para que el niño sostenga un delicioso mango es necesario considerar las siguientes interacciones: a) El mango con la Tierra, b) El mango con la mano.

Como leíste en el caso anterior, el mango interactúa con la Tierra y sobre éste actúa una fuerza gravitacional, como se muestra en la figura 12.12 (a).

$$\vec{F}_{Tierra,mango} = -\vec{F}_{mango,Tierra}$$

Además, cuando le aplicas una fuerza al mango para sostenerlo, el mango también te aplica una fuerza a ti, figura 12.12 (b) y de acuerdo a la tercera ley de Newton se cumple que:

Fuerza de la mano sobre el mango = Fuerza del mango sobre la mano (sentido contrario).

$$\vec{F}_{mano,mango} = -\vec{F}_{mango,mano}$$

A la fuerza que aplica el mango sobre tu mano se le denomina **fuerza peso**. La palabra “peso” se emplea en estos casos para definir la fuerza que aplica un objeto sobre otro que lo sostiene a fin de evitar su caída debido a que la Tierra lo hala hacia abajo con la fuerza de gravedad.

Por lo tanto, en este caso la tercera ley de Newton se puede representar como:

$$\vec{F}_{Mano,mango} = -\vec{P}$$

Como sobre el mango están actuando más de una fuerza, la que aplicas con tu mano y la fuerza gravitacional, vamos a representarlas en un *diagrama de cuerpo libre* (D.C.L.), figura 12.13. Esto corresponde a un sistema de coordenadas, donde se señalan los vectores de las fuerzas que actúan sobre el mango considerándolo como una partícula que representa a todo el cuerpo. Esto se hace cuando las dimensiones del objeto son muy pequeñas con respecto a las distancias que recorre y no tomamos en cuenta su movimiento de rotación. Esa partícula representa la ubicación del **centro de masa** del objeto real.



Figura 12.13. a) Fuerzas que actúan sobre el mango b) Diagrama de cuerpo libre (D.C.L.) de las fuerzas que actúan sobre el mango. Te darás cuenta de que en este caso todas las fuerzas parten de un mismo lugar, que corresponde a un punto idealizado llamado “centro de masa”, colocado en el origen del sistema de coordenadas. A las fuerzas que parten de ese punto se les suele llamar **concurrentes**.

De forma tal que la sumatoria de fuerzas se puede expresar como:

$$\sum \vec{F}_{e(mango)} = \vec{F}_{Mano,mango} + \vec{F}_{Tierra,mango}$$

Estas fuerzas actúan en sentido contrario y para que el mango permanezca en reposo, la fuerza neta debe ser cero, y por tanto la aceleración también será igual a cero, decimos en esos casos que el cuerpo está en **equilibrio de traslación** ($\sum \vec{F}_e = 0$).

$$\vec{F}_{Mano,mango} + \vec{F}_{Tierra,mango} = 0 \rightarrow \vec{F}_{Mano,mango} = -\vec{F}_{Tierra,mango}$$

Se concluye entonces para este caso particular que:

$$\begin{cases} \vec{F}_{Tierra,mango} = \vec{P} \text{ (tercera ley de Newton)} \\ \vec{F}_{Mano,mango} = -\vec{F}_{Tierra,mango} \text{ (segunda ley de Newton)} \end{cases}$$

Comparando las ecuaciones derivadas de la segunda y tercera ley de Newton se concluye para este caso que:

$$\vec{P} = \vec{F}_{Tierra,mango}$$

Como sabemos que la fuerza de la Tierra sobre el mango se calcula como: $\vec{F}_{g(T,m)} = m\vec{g}$, entonces para situaciones como esta, concluimos que:

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

Por tanto, el valor de la fuerza peso, entendida como la fuerza que ejerce un cuerpo sobre otro que lo sostiene, lo podemos calcular en esta situación y en muchas otras con condiciones similares, multiplicando la cantidad de masa (m) por la gravedad (g).

En algunos casos, es conveniente tomar en esta ecuación de "peso", el valor de la aceleración de unidad, $P = 1kg \cdot (1g)$ en esos casos el "peso" se expresa en "kilopondios" (kp) siendo equivalente, en valor, a la cantidad de masa.

Masa	Peso(Kilopondios)	Peso (Newton)
1kg	$P = 1kg \cdot 1g = 1kp$	$P = 1kg \cdot 9,8m/s^2 = 9,8N$ $1kp = 9,8N$

Es importante señalar que, frecuentemente, en el lenguaje cotidiano se usan con el mismo significado la masa y el peso. Si bien es cierto que utilizando la unidad kilopondio tienen el mismo valor, en la ciencia son conceptos diferentes con unidades diferentes. La masa está referida a la cantidad de materia y el peso a la fuerza, la masa se mide en kg y el peso en N.

Es precisamente esa estrecha relación entre la masa y el "peso" lo que ha permitido construir algunos instrumentos como "pesas" o "pesos", llamados también dinamómetros, para encontrar la cantidad de masa equivalente a la medición que hagamos del "peso".

Veamos cómo funcionan, la idea es sencilla. Si despejamos la masa m expresada con la ecuación: $m = \frac{P}{g}$ podemos medir el valor de la fuerza que aplica el objeto sobre otro que lo sostiene, y además, medir el valor de la aceleración de gravedad del lugar; con ello, sustituir los resultados en la ecuación anterior para tener de forma indirecta el valor de la masa del objeto sostenido. En el caso de los dinamómetros la fuerza se mide utilizando resortes que se estiran o se encogen, al sostener los cuerpos. ¡Observa los que todavía se utilizan en algunos mercados y te darás cuenta de cómo funcionan!

Para saber más... Al aplicar las leyes de Newton al problema de caída libre se demuestra lo establecido por Galileo acerca de que todos los cuerpos cercanos a la superficie de la Tierra, sin la influencia del aire, caen con la misma aceleración independientemente de la medida de su masa. Se cuenta que Galileo realizó experimentos en la torre inclinada de Pisa (Italia), ante la incredulidad de los ciudadanos de la época.



3. El roce y el libro que se desliza sobre la mesa

Hay situaciones de la vida cotidiana donde te has visto en la necesidad de deslizar, sobre superficies planas, objetos como cajas o bloques, ya sea empujándolos, arrastrándolos o lanzándolos por rampas.

Cuando tratas de empujar algo "pesado" te habrás dado cuenta de que, inicialmente, si aplicas una fuerza horizontal pequeña no logras moverlo, esto significa que aparece una fuerza que impide el movimiento, a la cual conocemos como **fuerza de roce estática**. A medida que incrementamos la fuerza aplicada, puede ser que no logremos moverlo porque la fuerza de roce estática también ha aumentado.

Finalmente, la fuerza de roce estático alcanza su valor máximo y el cuerpo está a punto de deslizar. Notarás que una vez que el cuerpo empieza a moverse, y queremos que siga moviéndose, se hace necesario aplicar una fuerza un poco menor. Cuando el cuerpo está en movimiento, la fuerza de roce recibe el nombre de **fuerza de roce cinética o dinámica**.

Consideremos ahora el caso de un libro que se desliza sobre una mesa después de haber sido lanzado con una cierta rapidez inicial. Analizando las interacciones que tiene el libro con su entorno, podemos notar que son dos las que afectan directamente su movimiento:

1. La interacción que experimenta con la Tierra y simbólicamente se representa como:

Fuerza de la Tierra sobre el libro = Fuerza del libro sobre la Tierra (sentido contrario)

$$\vec{F}_{T,l} = -\vec{F}_{l,T}$$

2. La interacción de contacto que tiene con la superficie, es de origen electromagnético entre la estructura de la materia de los dos objetos en contacto.

Fuerza de la superficie sobre el libro (sostenerlo) = Fuerza del libro sobre la superficie (sentido contrario)

$$\vec{F}_{s,l(sost)} = -\vec{F}_{l,s}$$

Esta interacción puede ser analizada mediante las componentes de esa fuerza de contacto. Una de ellas es la fuerza que aplica la superficie sobre el objeto para sostenerlo y se le llama **fuerza normal** (N), por ser siempre perpendicular a la superficie que sostiene al objeto.

Como la fuerza que ejerce el libro sobre la superficie perpendicularmente, es el **peso**, $\vec{F}_{l,s} = \vec{P}$, podemos afirmar para este caso, que $\vec{N} = -\vec{P}$, por tanto en esta situación, sus valores son iguales, es decir: $N = P$.

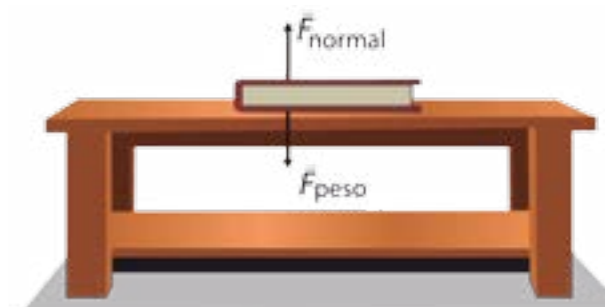


Figura 12.14. Observa que la fuerza (normal) y la fuerza (peso) están aplicadas sobre cuerpos diferentes. Las fuerzas que sí podemos sumar son la normal y la fuerza gravitacional sobre el libro.

Como dijimos, hay otra componente de la fuerza de contacto en la interacción que tiene el libro cuando se desliza sobre la superficie, la cual actúa en la dirección del movimiento, y es perpendicular a la normal.

$$\vec{F}_{s,l(frenar)} = -\vec{F}_{l,s}$$

La fuerza que aplica la superficie sobre el libro para frenarlo actúa horizontalmente en sentido contrario al desplazamiento y corresponde a la **fuerza de roce cinética**.

$$\vec{F}_{s,l(frenar)} = -\vec{F}_r$$

De manera experimental, se puede mostrar que la fuerza de roce es directamente proporcional al valor de la fuerza normal. Esto significa matemáticamente que el cociente entre la fuerza de roce y la normal es una constante que denominamos **coeficiente roce** (μ). Su valor depende de la naturaleza de las superficies de contacto y se considera independiente del área de contacto. También se puede encontrar experimentalmente que, por lo general, el valor del coeficiente de roce cinético es menor que el coeficiente de roce estático, $\mu_c < \mu_e$, la relación matemática entre la fuerza de roce y lo normal la podemos establecer de la siguiente manera:

$$F_r \propto N \rightarrow \frac{F_r}{N} = \mu \rightarrow F_r = \mu N$$

Para los casos estáticos: $F_{re} \leq \mu_e N$

Mientras que la fuerza de roce cinética está dada por: $F_{rc} = \mu_c N$

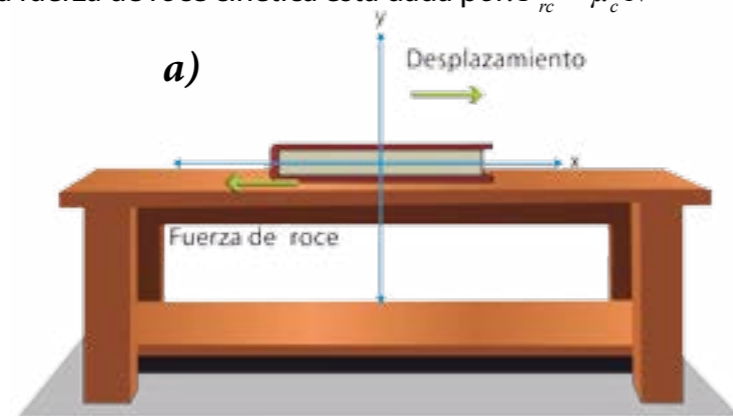


Figura 12.15. (a) La fuerza de roce siempre actúa en sentido contrario al desplazamiento (b) Podemos comprobar la existencia de la fuerza de roce estático si al aplicar una fuerza el objeto continúa en reposo, una vez que se empieza a deslizar sobre la superficie actuará la fuerza de roce dinámica, que siempre será de menor valor que la estática.

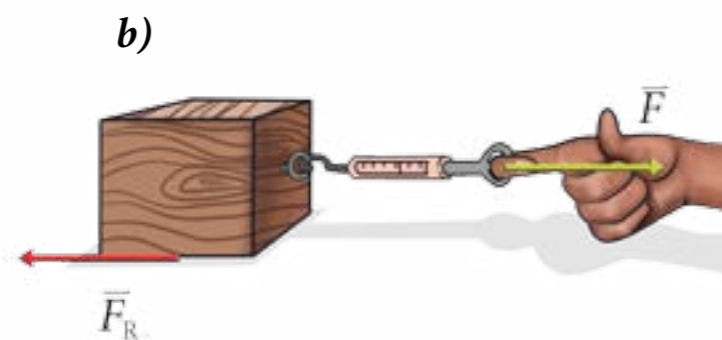


Tabla 10.1 Coeficientes de roce estático y dinámico entre algunos materiales.

Superficies en contacto	Coefficiente estático	Coefficiente dinámico
Cobre sobre acero	0,53	0,36
Acero sobre acero	0,74	0,57
Aluminio sobre acero	0,61	0,47
Caucho sobre concreto	1,0	0,8
Madera sobre madera	0,25 - 0,5	0,2
Teflón sobre teflón	0,04	0,04

Retomando el problema del libro que desliza sobre la mesa, nos damos cuenta de que son tres las fuerzas que actúan directamente sobre el cuerpo (la fuerza gravitacional terrestre, la fuerza normal y la fuerza de roce cinética) por tanto la fuerza neta (sumatoria de fuerzas) será de la forma: $\sum \vec{F}_e = \vec{F}_g + \vec{N} + \vec{F}_r$. Con ésta, aplicamos la segunda ley de Newton.

Observa que los cambios en la cantidad de movimiento del libro ocurren sólo en la dirección horizontal donde únicamente actúa la fuerza de roce. En la dirección vertical actúan la fuerza normal y la fuerza gravitacional y no se observa cambio alguno en el movimiento; al aplicar la segunda ley de Newton, encontramos un dilema ¿cómo la aplico si tenemos fuerzas verticales y horizontales?

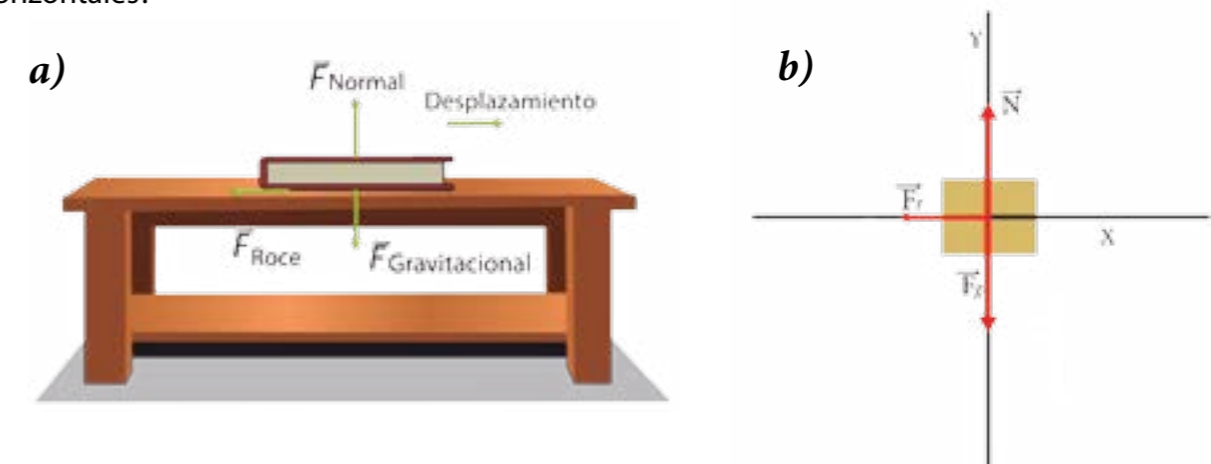


Figura 12.16. a) Fuerzas que actúan sobre el libro que se desliza sobre la mesa hacia la derecha; b) DCL de las fuerzas concurrentes que actúan sobre el libro considerado como partícula.

Como actúan fuerzas tanto en la dirección horizontal como en la vertical, vamos a considerarlas por separado.

En la dirección horizontal solo hay una fuerza:

$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x \rightarrow -F_r = ma_x$$

Como: $F_r = \mu N$ y es opuesta al movimiento, al sustituir en la ecuación anterior resulta:

$$-\mu N = ma_x \rightarrow a_x = \frac{-\mu N}{m}$$

En la dirección vertical, actúan dos fuerzas que se equilibran, por lo que:

$$\sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y \rightarrow \vec{F}_g + \vec{N} = m\vec{a}_y$$

donde $a_y = 0$. Resulta: $\vec{N} + \vec{F}_g \rightarrow \vec{N} = -\vec{F}_g$

Por tanto, para estos casos de cuerpos colocados sobre superficies horizontales con la fuerza neta en dirección vertical e igual a cero, se cumple que el valor de la fuerza normal es igual al valor de la fuerza gravitacional y por ser dos vectores en sentidos contrarios sus valores se restan para obtener el valor resultante

$$N - F_g = 0 \rightarrow N = F_g = mg$$

Es por ello que en este caso podemos sustituir esta expresión de la normal en la ecuación de la aceleración que obtuvimos antes, por lo que, nos queda: $a_x = \frac{-\mu mg}{m}$

Dividiendo la masa m , resulta: $a_x = -\mu g$. Que corresponde a la forma de calcular la aceleración, como sabes, el signo negativo significa que el valor de la velocidad disminuye a medida que pasa el tiempo, hasta detenerse. Puesto que esta aceleración es constante, es posible sustituir esta expresión de aceleración en las ecuaciones que conocemos de la posición y la velocidad, quedando de la siguiente manera:

Posición: $x = x_i + v_i t + \frac{at^2}{2} \rightarrow x = x_i + v_i t - \frac{\mu g t^2}{2}$

Velocidad: $v = v_i - \mu g t \rightarrow v = v_i - \mu g t$



¿Cuánto tiempo tarda el libro en ser detenido y qué distancia recorre hasta ese momento?

Si consideramos la situación de un libro que es lanzado con una rapidez de 2,5 m/s, sobre una mesa cuyo coeficiente de roce con el libro es de 0,3, podemos calcular cuánto tiempo tardaría el libro en ser detenido (Velocidad final cero) por el roce, tomando como condiciones iniciales: $x_i = 0$ y $v_i = 2,5 \text{ m/s}$ y utilizando la ecuación:

$$v = v_i - \mu g t \rightarrow 0 = 2,5 \text{ m/s} - 0,3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot t \rightarrow t = \frac{2,5 \text{ m/s}}{0,3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 0,85 \text{ s}$$

Éste es el tiempo que tardaría el libro en ser detenido por el roce. La distancia recorrida hasta ser detenido la podemos calcular con la ecuación:

$$x = x_i + v_i \cdot t - \frac{\mu g t^2}{2} \rightarrow x = 0 + 2,5 \text{ m/s} \cdot 0,85 \text{ s} - \frac{0,3 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (0,85 \text{ s})^2}{2} = 1,06 \text{ m}$$

Esta distancia sería la que recorrería el libro hasta ser detenido por el roce.

Observa que en las anteriores ecuaciones, si el coeficiente de roce es igual a cero, las mismas se reducen a la forma de un movimiento rectilíneo uniforme, MRU.

4. Para subir, bajar o sostener el morral aplicas tensión

Cuántas veces has tenido que interactuar con tu fiel compañero depositario de tus útiles escolares, ese morral que cargas para arriba y para abajo. ¿Sabes que eso lo puedes hacer porque permanentemente las interacciones físicas están presentes? Al portar tu morral, por lo general, lo tomas por las cuerdas para subirlo, bajarlo o simplemente sostenerlo, en ello se están manifestando esencialmente las siguientes interacciones:

$$\begin{aligned} \vec{F}_{\text{mano,cuerda}} &= -\vec{F}_{\text{cuerda,mano}} \\ \vec{F}_{\text{cuerda,morral}} &= -\vec{F}_{\text{morral,cuerda}} \\ \vec{F}_{\text{Tierra,morral}} &= -\vec{F}_{\text{morral,Tierra}} \end{aligned}$$



Figura 12.17. Interacciones sobre un morral sostenido por el niño.

A la fuerza que ejerce una cuerda sobre algún objeto que cuelga de ella se la denomina **Tensión (T)**, se llama así debido a la tensión molecular que se genera internamente en la cuerda por estar recibiendo en sus extremos fuerzas en sentido contrario. Cuando sostienes el morral la sumatoria de fuerzas (externas) sobre él será:

$$\sum \vec{F}_e = \vec{F}_g + \vec{T}$$

Y considerando la masa del morral como constante y que las cuerdas son inextensibles y no forman parte de la masa del morral, tenemos:

$$\sum \vec{F}_e = \vec{F}_g + \vec{T} = m\vec{a}_y$$

De acuerdo al valor que tenga la fuerza de tensión sobre el morral, será el tipo de movimiento que adquiera. En el siguiente cuadro mostramos las opciones.

Condición	Análisis	Expresión resultante	¿Cómo se movería?
Si la tensión de la cuerda es mayor a la fuerza gravitacional	El morral tendrá una aceleración positiva (dirigida hacia arriba)	$T - mg = m a > 0$ $T = m(a + g)$	Asciende aumentando su velocidad
Si la tensión de la cuerda es menor a la fuerza gravitacional	El morral tendrá una aceleración negativa (dirigida hacia abajo)	$T - mg = m a < 0$ $T = m(g - a)$	Desciende aumentando su velocidad
Si la tensión de la cuerda es igual a la fuerza gravitacional	La aceleración del morral será nula (cero)	$T - mg = 0$ $T = mg$	Existen 3 posibilidades: 1. Asciende con velocidad constante 2. Desciende con velocidad constante 3. Se mantiene en reposo

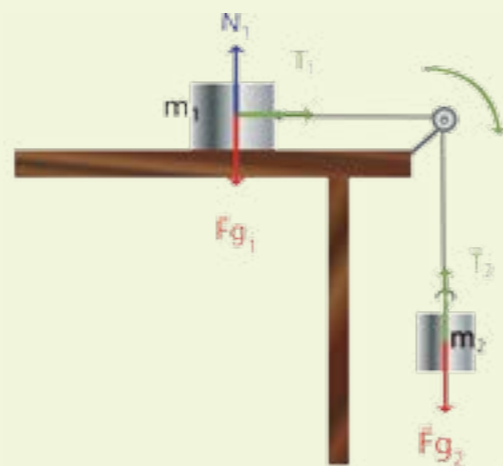
Nota: considerando el sentido hacia arriba como positivo.

Observa que en todos los casos señalados anteriormente podrás encontrar el valor de la tensión, si conoces la masa del objeto y la aceleración con que se mueve. Es evidente que tendrás que aplicar más tensión cuando quieres subir un objeto con aceleración constante ($T > mg$, $a > 0$).



¿Una masa menor "acelerando" a una mayor?

En esta actividad estudiaremos un "máquina" muy sencilla formada por dos cuerpos con forma de cilindro ($m_1 = 10 \text{ kg}$ y $m_2 = 4 \text{ kg}$). Aplicando las leyes de Newton y sobre la base de las fuerzas que se muestran en el dibujo, determinaremos la aceleración del sistema y la tensión generada en la cuerda. En este caso no tomaremos en cuenta la fricción con la superficie, los efectos de la polea (su masa y su radio) ni los de la cuerda, ya que ésta la consideraremos como un material que no se estira y de poca masa.



En este caso, los dos cuerpos se van a mover con el mismo valor de aceleración, $a_1 = a_2 = a$, en el sentido señalado. La tensión que se genera en la cuerda se aplica con el mismo valor a los dos cuerpos ya que no se incluyen las interacciones con ella ($T_1 = T_2 = T$)

Aplicando la segunda ley de Newton en el cuerpo 1, tenemos:

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_x = \vec{T}_s = m_1 \vec{a} \rightarrow T_s = m_1 a \\ \sum \vec{F}_y = \vec{N}_1 + \vec{F}_{g1} = 0 \rightarrow N_1 - m_1 g = 0 \rightarrow N_1 = m_1 g \end{cases}$$

Aplicando la 2da Ley de Newton en el cuerpo 2: Considerando que: $F_{g2} > T$

$$\begin{cases} \sum \vec{F}_y = \vec{F}_{g2} + \vec{T} = m_2 \vec{a}_s \rightarrow m_2 g - T = m_2 a_s \\ \sum \vec{F}_x = 0 \text{ No hay fuerzas en esta dirección} \end{cases}$$

Observa que hemos tomado el sentido hacia abajo como positivo, para ser consistente con el sistema empleado en el cuerpo 1.

A cada ecuación donde aparecen las fuerzas que afectan el movimiento de los cuerpos las denominamos ecuaciones de movimiento y con éstas formaremos un sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} T = m_1 a_s \\ m_2 g - T = m_2 a_s \end{cases}$$

Al sumar estas dos ecuaciones se eliminan las tensiones y resulta: $m_2 g = (m_1 a_s + m_2 a_s)$

Sacando como factor común a la aceleración del sistema y despejando: $a_s = \frac{m_2 g}{m_1 + m_2}$

Al sustituir los valores: $a_s = \frac{4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{10 \text{ kg} + 4 \text{ kg}}$

Resulta interesante comprobar que en este caso un objeto de menor masa puede "acelerar" a otro de mayor masa. Esto lo puede hacer con la "ayudadita" de la masa de la Tierra.

Ahora, podemos calcular el valor de la tensión sustituyendo la aceleración en la ecuación de la tensión para el cuerpo 1: $T = m_1 a_s \rightarrow T = 10 \text{ kg} \cdot 2,8 \text{ m/s}^2 = 28 \text{ N}$

Si consideras un coeficiente de roce cinético madera-madera entre las superficies de contacto en el sistema, ¿tendrá la misma aceleración? La tensión, ¿aumentará o disminuirá?



Midiendo el coeficiente de roce entre dos superficies

Una medición muy importante que se realiza en la ingeniería civil es la que permite conocer el coeficiente de roce entre dos superficies. Vamos a utilizar un procedimiento sencillo de cómo hacer esta medición, semejante al que se mostró en la figura 12.15 (b). Tanto para fuerza de roce estática como cinética.

En ambos casos, se cumple que la fuerza F aplicada, tiene el mismo valor que la fuerza de roce, por tanto la aceleración es igual a cero, y además al aplicar la segunda ley de Newton: resulta que: $F - F_r = m a \rightarrow F - F_r = 0 \rightarrow F = F_r$. Como sabemos que la fuerza de roce es igual a: $F_r = \mu N$ y la normal en este caso se puede calcular como: $N = F_g = mg$ resulta que al realizar las sustituciones respectivas, tenemos: $F = \mu mg$. Si despejamos el coeficiente de roce, obtenemos:

$$\mu = \frac{F}{mg}$$

Vamos a diseñar un experimento en el cual podamos medir esta fuerza. Este método de medir de manera indirecta (uso de una fórmula en la que se emplean medidas experimentales) permite obtener el coeficiente de roce para distintos pares de superficie.

¿Qué necesitan?

Un taco de madera, hierro, acero, plástico (entre otros materiales que puedan conseguir con forma de paralelepípedo), un dinamómetro, hilo.

¿Cómo lo harán?

Sujeten el dinamómetro al taco tal como lo sugiere la siguiente figura 12.15. (b):

- **Caso fuerza de roce estática:** Halen lentamente el dinamómetro hasta el momento en que el taco empieza a moverse, observen el valor que marca justo en ese momento. Repitan la experiencia varias veces hasta que obtengan un valor muy parecido, realicen varias medidas y obtengan el promedio. Anoten los resultados para cada combinación de superficies en una tabla como la que se muestra a continuación:

	Madera/Madera	Hierro/Madera	Plástico/Madera
$\mu_e = \frac{F}{mg}$			
$\mu_c = \frac{F}{mg}$			

- **Caso fuerza de roce cinética:** Halen nuevamente el taco de madera desde el reposo y manténganlo con velocidad aproximadamente constante durante un cierto tiempo. Observen el valor que registra el dinamómetro. Repitan la experiencia varias veces y obtengan el promedio. Anoten los resultados para cada combinación de superficies en la tabla.

Pueden repetir ambas experiencias con otras combinaciones de superficies, tales como lijas de diferentes números, y comparar los resultados obtenidos. Compartan los resultados. Comparen los resultados obtenidos con los valores conocidos e indaguen sobre las aplicaciones que tiene el estudio del coeficiente de roce en la vida cotidiana.

Importancia del estudio del movimiento en la sociedad

En un sentido estricto, la formulación de Newton permite explicar todos los movimientos que ocurren en la naturaleza, pero desde el siglo XVII cuando fue planteada hasta ahora, se han encontrado situaciones en las que esta formulación no puede describir todo lo que sucede, tal es el caso con el movimiento de objetos con velocidades altas comparadas con la velocidad de la luz, así como en las interacciones que suceden entre la radiación y la materia en partículas muy pequeñas como electrones.

En ambos casos, fue necesario construir otras formulaciones como la relatividad especial para el primero o la mecánica cuántica para el segundo, que en rigor dan unos resultados más precisos. También vale mencionar las ampliaciones al concepto de gravedad que realizó Albert Einstein con su teoría de la relatividad general.

Sin embargo, la formulación de Newton sigue siendo válida para estudiar el movimiento de muchas situaciones de la vida diaria y ofrece muy buenos resultados en el límite de sus aplicaciones. Es por ello que resulta asombroso que, en pleno siglo XXI, cuando la ciencia y la tecnología han tenido avances tan significativos, estemos todavía utilizando conocimientos del siglo XVII. A pesar del tiempo, todavía muchos de esos conocimientos generados por mujeres y hombres de épocas pasadas siguen teniendo vigencia y producen algún beneficio para la sociedad.

Edificar viviendas, crear medios de transporte, construir sistemas de distribución de la energía eléctrica, entre muchas otras obras de ingeniería, siguen realizándose aplicando los principios de las leyes de Newton, un pionero de la ciencia que debe servir de estímulo para el proceso creativo e innovador que en el seno de las comunidades organizadas ha de existir en procura de medios y recursos que nos permitan cada vez más mejorar nuestras condiciones de vida.

El movimiento es y será motivo de permanente investigación y análisis y si lo piensas bien te darás cuenta de que en tu comunidad son muchas las cosas que se pueden resolver aplicando principios que permitan aprovechar responsablemente los recursos.

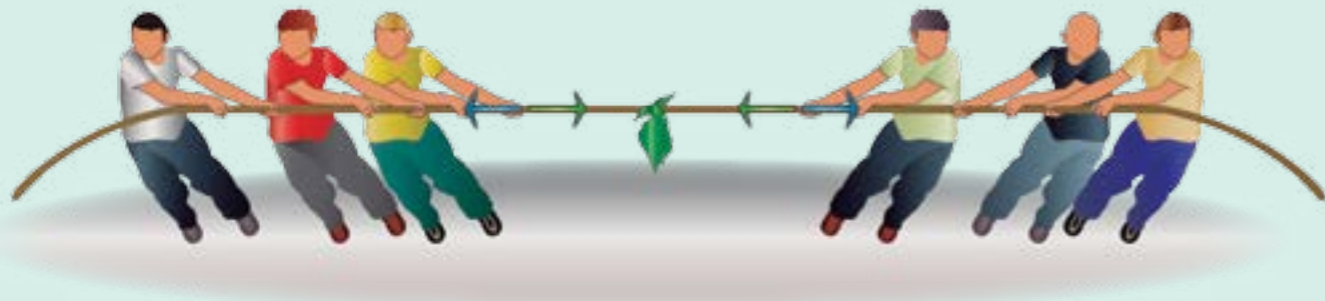
Formas eficientes de hacer que el agua llegue a tu comunidad analizando la influencia de la gravedad, o la manera más eficiente de construir un camino, una carretera o unas escaleras, siempre se podrán hacer analizando principios científicos que orienten un modo responsable y humano de interactuar con el ambiente sin perjudicarlo.





Actividades de autoevaluación

1. ¡Un caso curioso!: Una señora demanda al conductor de un autobús señalando que un objeto que llevaba en la parte delantera del vehículo la golpeó cuando frenó bruscamente. Su tú fueras el juez, ¿cuál sería el veredicto?
2. En una competencia de tirar la cuerda, ¿cuál es la fuerza neta que actúa sobre la cuerda cuando los participantes halan cada uno con una fuerza de 50 N? ¿Cuál es la fuerza de tensión generada en la cuerda?



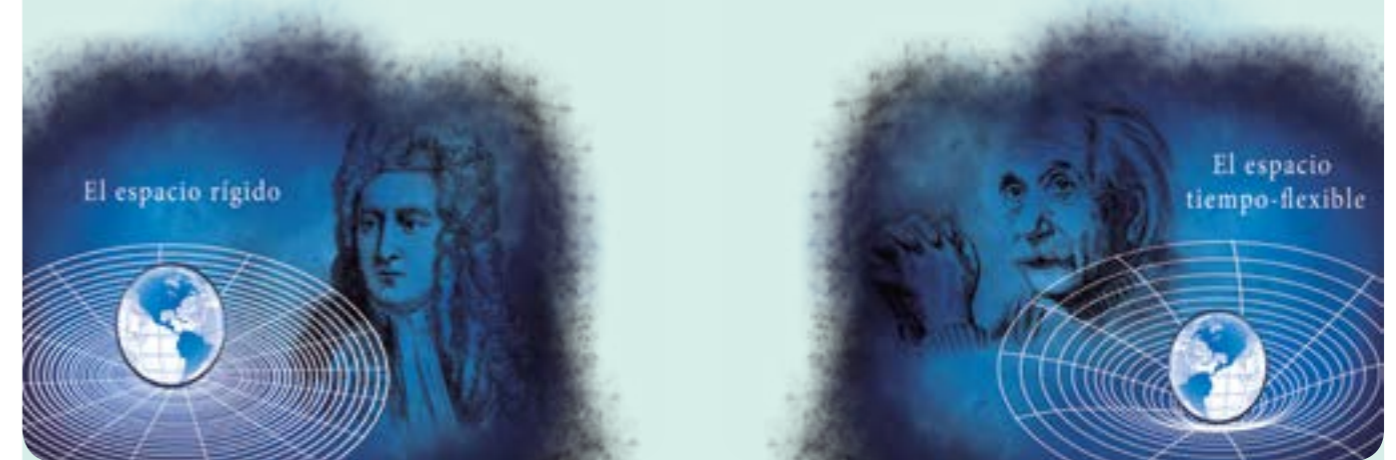
3. Considera la situación presentada en la figura 12.6 de un bate golpeando una pelota de béisbol. Discute con tus compañeras y compañeros las fuerzas de acción-reacción presentes en ese caso.
4. ¿Cuál es tu masa y tu peso en la superficie de la Tierra? ¿Cambiarán estos valores si pudieras medirlos en la Luna? Explica.
5. ¿Por qué es más difícil deslizar una caja de herramientas desde el reposo, que mantenerla en movimiento una vez que ha comenzado a deslizarse?
6. Supón que un camión y un vehículo pequeño chocan frontalmente, sin causar ningún lesionado; qué responderá el fiscal de tránsito que estudió inercia acerca de: ¿en cuál vehículo fue mayor la fuerza de impacto? ¿Cuál vehículo experimentó el mayor cambio en la cantidad de movimiento?
7. Se dice que Galileo dejó caer dos esferas de masas diferentes desde la parte alta de la torre inclinada de Pisa y dedujo que ambas llegaban aproximadamente igual y con la misma rapidez, salvo los efectos del aire. ¿Qué pasaría si en vez de soltarlas, se lanzaran simultáneamente una hacia arriba y otra hacia abajo con la misma rapidez? ¿Llegarían iguales? ¿Tendrán la misma rapidez cuando toquen el suelo?

8. El "peso" de una manzana cerca de la superficie de la Tierra es aproximadamente de un newton. ¿Cuál será el "peso" de la Tierra en el campo gravitacional de la manzana?

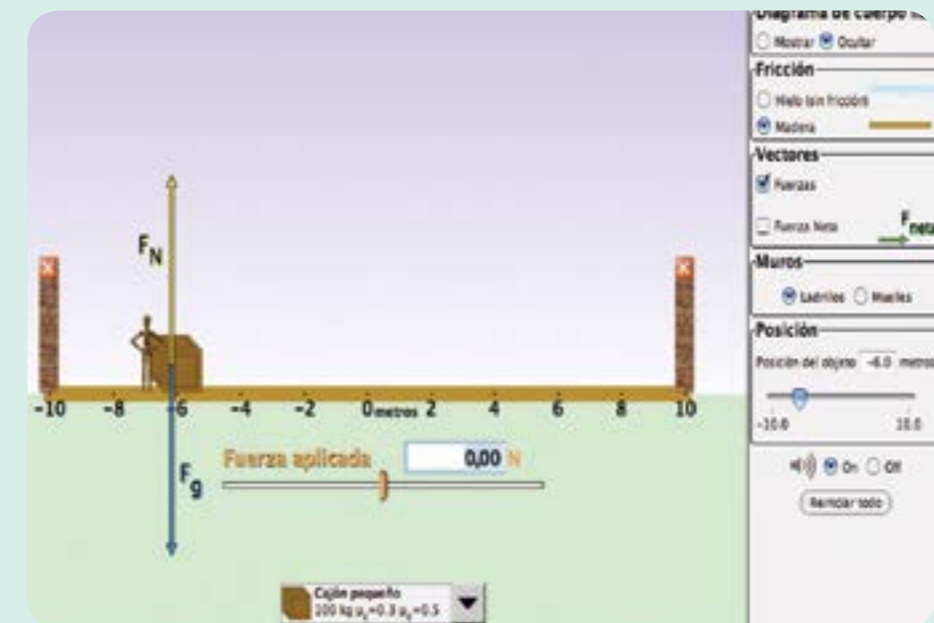
9. *Máquina de Atwood.* Indaga sobre el funcionamiento de esta máquina y construye una; determina la aceleración del sistema y la tensión que se genera en la cuerda, sin considerar los efectos de la polea y la cuerda. Averigua sobre otras aplicaciones de "sistemas de cuerpos" y con la ayuda de tu profesora o profesor realiza en equipo un proyecto de creación de este tipo de "máquina".

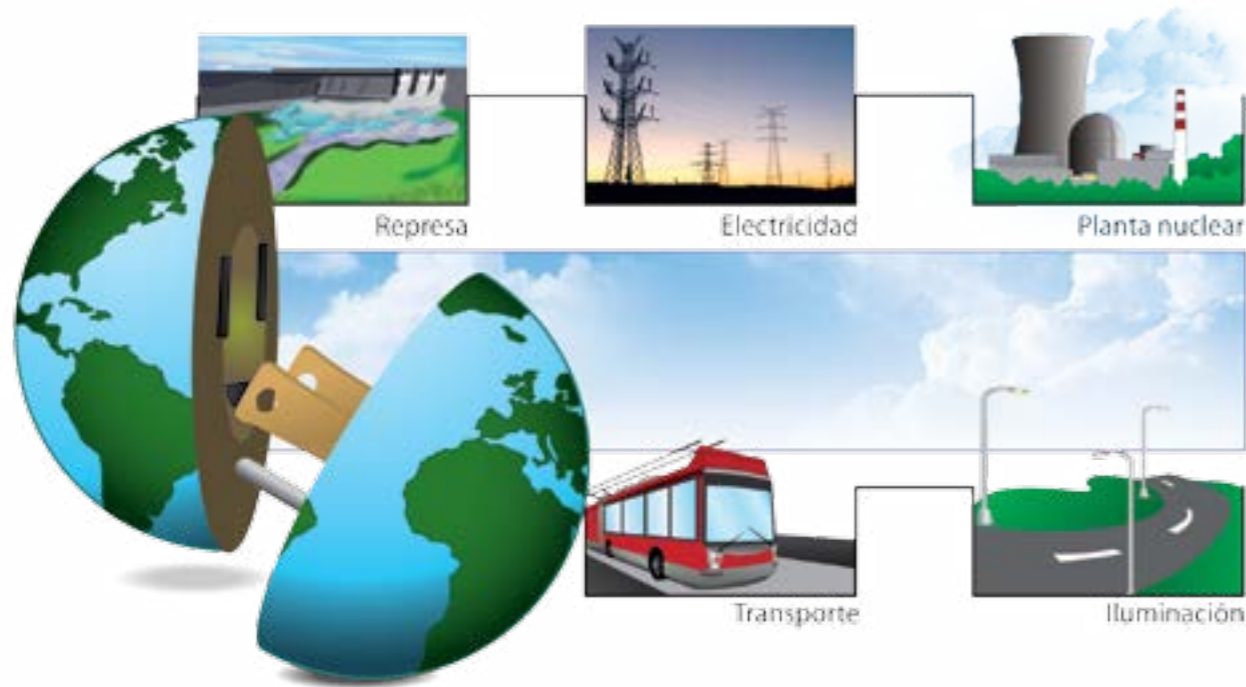
10. ¿Por qué se dice que el fenómeno de las mareas es una comprobación de la tercera ley de Newton? Averigua sobre este fenómeno en tu localidad y a escala planetaria.

11. Averigua cuáles son las diferencias más importantes entre la teoría de gravitación de Newton y la teoría de gravitación de Einstein.



12. Para realizar más aplicaciones de las leyes de Newton pueden consultar la página de simulaciones: <http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>. Bajando los archivos: Fuerza en una dimensión, Fuerza y movimiento.





A diario, escuchamos hablar de la **energía**, quizás sea uno de los conceptos más significativos de toda la ciencia. Su uso y aplicación en el presente es muy importante, en la agroalimentación, en los hogares, y en muchísimas de las actividades que realizamos a diario, incluso cuando te comes un chocolate, la energía está también presente en su composición.

La energía es una magnitud esencial, ya que las diversas investigaciones y el conocimiento que ha acumulado la ciencia y la tecnología nos dice que todo el Universo está formado, fundamentalmente, por energía y materia.

En la actualidad es innegable la importancia de la energía para la humanidad. Estamos en los comienzos de un siglo en donde diversas sociedades tendrán control sobre grandes cantidades de energía, control que nos puede llevar a un promisorio futuro de paz, o por el contrario, si no hacemos un uso responsable de los recursos energéticos, puede ser el medio por el cual el mundo llegue a su destrucción. Por ello, es importante identificar cuáles son nuestras reservas energéticas y cuál es nuestra posibilidad de desarrollo a partir de ellas.

Iniciaremos esta lectura presentando el concepto de una magnitud física denominada trabajo mecánico, el cual relacionamos con la medición de la energía, para luego mostrar los distintos tipos de energía y su relación con otras magnitudes de la física. También, presentaremos un maravilloso principio de la naturaleza: la conservación de la energía. Te invitamos a estudiar este tema con pasión, ya que juega un papel primordial en el mundo actual.

Trabajo mecánico

El término trabajo es utilizado a diario en nuestro lenguaje. Es común escuchar que “las personas necesitan trabajar para poder llevar una vida útil en la sociedad”, en general, se refiere a una acción o esfuerzo de las personas que tiene un efecto.



Figura 13.1. En una competencia de clavados, la fuerza de gravedad realiza un trabajo sobre los profesionales de esta disciplina.

Sin embargo, en las Ciencias Naturales, la idea de trabajo difiere del significado habitual. Ya que se relaciona, más específicamente, con el *efecto causado por una fuerza cuando ésta genera desplazamiento o deformación de un cuerpo*. Vamos a considerar el caso de un clavador: durante su caída, está sometido a la acción de la fuerza de gravedad que le aplica la Tierra (figura 13. 1).

En este caso, el **trabajo** lo podemos pensar como la fuerza que imprime la Tierra al cuerpo, tal que lo desplaza desde la altura y_b hasta la altura y_o . De forma general, el **trabajo** es una magnitud física que podemos medir conociendo la **fuerza neta** que actúa sobre el cuerpo y el **desplazamiento** que esta fuerza le origina.

$$\text{Trabajo mecánico} = \text{Fuerza neta aplicada} \times \text{desplazamiento realizado}$$

Lo cual se expresa matemáticamente como:

$$W = \vec{F} \cdot \vec{d}$$

El símbolo W representa el concepto de trabajo mecánico, y proviene del inglés “work” que significa trabajo, también se utiliza la letra T , y se describe como el trabajo realizado por la fuerza neta \vec{F} para desplazar un objeto de un lugar a otro, \vec{d} .

Observa que el símbolo de trabajo no tiene flecha, es decir, es una magnitud escalar, sólo se expresa un número, su unidad (sin dirección, ni sentido). El cual resulta de un tipo de producto entre dos vectores, en este caso, la fuerza y el desplazamiento, el producto escalar.

Este número representa el nivel de “eficacia” que puede tener la fuerza neta para desplazar un objeto. Y como se verá más adelante, este valor está muy asociado al proceso de transferencia de energía.

En el Sistema Internacional de Unidades el **trabajo mecánico** se expresa con las siguientes unidades de medida:

Nombre de la magnitud física	Tipo de magnitud física	Símbolo	Unidad en el Sistema Internacional (SI)	Equivalencia entre unidades en el SI
Trabajo mecánico	Escalar (un número más una unidad física)	W ó T	Joule (J)	1 Joule = 1 newton x 1 metro 1 J = 1 N 1m

Dada la definición de **trabajo**, podemos considerar las siguientes situaciones en atención a los vectores que nos permitirán medir el trabajo realizado por la fuerza neta:

1. Cuando *la fuerza y el desplazamiento tienen la misma dirección y sentido*, el trabajo podemos medirlo usando la relación: $W = Fd$, lo cual da como resultado un número positivo. Este trabajo se suele llamar **máximo** (Figura 13.2 a).

2. Cuando *la fuerza y el desplazamiento tienen la misma dirección y sentido opuesto*, el trabajo podemos medirlo usando la relación: $W = -Fd$, lo cual da como resultado un número negativo. Este trabajo se suele llamar **mínimo** (Figura 13.2 b).

3. Cuando *la fuerza y el desplazamiento forman un ángulo recto (90°)*, el trabajo da como resultado **ceros**. En este caso el trabajo es **nulo** (Figura 13.2 c).

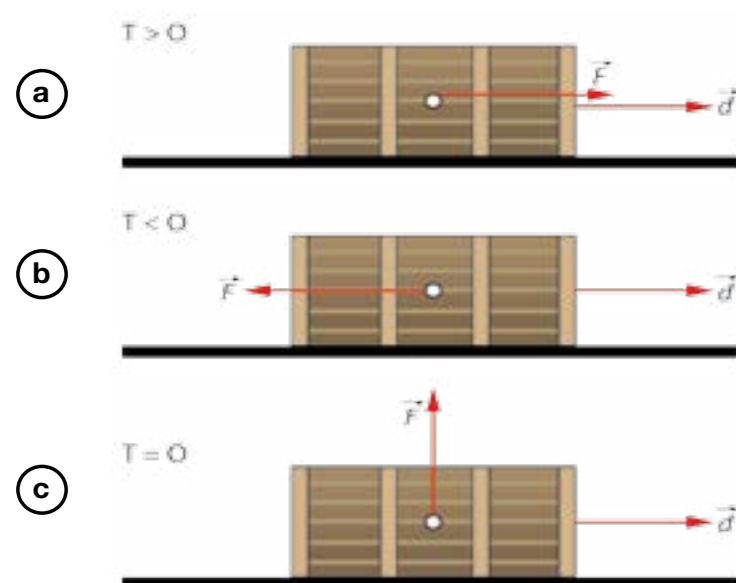


Figura 13.2. El trabajo puede ser positivo (a), negativo (b), o nulo (c), según el ángulo que forme el vector fuerza sobre la dirección del desplazamiento que tiene el centro de masa del objeto.

Mientras más rápido mejor: potencia mecánica

¿Te has dado cuenta de que para determinar el trabajo mecánico de una fuerza no es necesario conocer el tiempo transcurrido en su realización? Sin embargo, en nuestra vida cotidiana conocer en cuánto tiempo ocurrió este trabajo puede ser importante pues, en general, existe interés en que un determinado trabajo se realice en el menor tiempo posible. La rapidez con que se realiza un trabajo se ha establecido con una magnitud denominada **potencia**. Así, la **potencia** de una fuerza que realiza un trabajo durante un intervalo de tiempo, se mide como:

$$\text{Potencia} = \frac{\text{Trabajo realizado por la fuerza}}{\text{Tiempo invertido en realizarlo}}$$

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

Esta definición resulta en una cantidad escalar. Y de ésta se interpreta que, cuanto menor sea el tiempo empleado por una fuerza en efectuar cierto trabajo, tanto mayor será su potencia. Esta cantidad señala el nivel de "eficiencia" que puede tener la fuerza neta para desplazar un objeto de un lugar a otro. La unidad de medida para la potencia, según la relación, está descrita a continuación:

Nombre de la magnitud física	Tipo de magnitud física	Símbolo	Unidad en el Sistema Internacional (SI)	Equivalencia entre unidades en el SI
Potencia	Escalar (un número más una unidad física)	P	Watt (W)	1 Watt = 1 Joule/ 1 segundo 1 W = 1 J/s

Comúnmente, en el recibo de electricidad que llega a nuestro hogar se utiliza un múltiplo de esta unidad, el **kilowatt** (kW) que corresponde a 1.000 W. Cuando oímos decir que la potencia de un motor de bombeo de agua es de 50 kW, significa que dicha máquina de bombeo es capaz de realizar un trabajo de 50.000 joules por cada segundo.

Para saber más... El nombre de la unidad de **potencia** se colocó en honor a James Watt (1736-1819), quien era hijo de un escocés fabricante de máquinas. James siguió la profesión de su padre, convirtiéndose en un técnico muy hábil y talentoso. En 1756, diseñó un nuevo modelo de máquina de vapor que contribuyó enormemente al desarrollo industrial en el mundo. Su invento se empleó también en la construcción de las primeras locomotoras y barcos de vapor.





¿Cuánto cobrará por el trabajo realizado?

A un trabajador de la construcción le ofrecen Bs 0,01 por cada Watt de potencia que realice, para subir con velocidad constante, 10 sacos de cemento de 42,5 kg cada uno hasta la plataforma de un camión que se encuentra a una altura de 3,0 m. Piensa en las distintas posibilidades que tiene el trabajador para realizar esta tarea. ¿Cuál puede ser la más eficiente, es decir, la de mayor potencia?

Para analizar este problema te sugerimos lo siguiente:

- ¿Cuál es el valor de la fuerza que el trabajador debe ejercer para subir cada saco de cemento con una velocidad constante (considera $g = 9,8 \text{ m/s}^2$)?
- ¿Cuál es el trabajo mecánico que el trabajador realiza sobre cada saco de cemento en esta tarea?
- Estima cuánto tiempo puede tardar el trabajador en subir un saco ¿4 segundos?, ¿más?, ¿menos? Con este valor estimado, ¿cuál es la potencia que desarrolla el trabajador al subir cada saco?
- Si sube 10 sacos de igual forma, ¿cuánto le tienen que pagar al trabajador según la oferta?



Resolvamos:

a. Como el saco de cemento está interactuando con la Tierra y con el trabajador de la construcción que lo levanta, de acuerdo a la tercera ley de Newton se cumple que:

$$\vec{F}_{\text{Tierra,saco}} = -\vec{F}_{\text{saco,Tierra}} \quad \vec{F}_{\text{trabajador,saco}} = -\vec{F}_{\text{saco,trabajador}}$$

De aquí resulta que la fuerza neta (sumatoria de fuerzas externas) sobre el saco de cemento, debido a estas interacciones es: $\vec{F}_{\text{neto}} = \vec{F}_{T,s} + \vec{F}_{t,s}$

Como estas fuerzas se aplican en sentido contrario, el valor se obtiene restando los valores de las fuerzas aplicadas, y sustituyendo la fuerza que ejerce la Tierra sobre el saco $\vec{F}_{T,s}$ por $m.g$, así tenemos:

$$F_{\text{neto}} = F_{T,s} - mg$$

Como el movimiento de subida se efectúa con velocidad constante, la aceleración es cero, por lo tanto, de acuerdo a la segunda ley de Newton, aplicada para cuerpos de masa constante, tenemos:

$$F_{\text{neto}} = ma = 0; \text{ en consecuencia, } F_{\text{neto}} = F_{T,s} - mg = 0 \rightarrow F_{T,s} = mg$$

Esto muestra que la fuerza que aplica el trabajador para elevar el saco de cemento a velocidad constante tiene el mismo valor que la fuerza gravitacional aplicada sobre el saco de cemento. De esta forma al calcularlo, obtenemos: $F_{T,s} = mg = 42,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 417 \text{ N}$; esto corresponde al valor de la fuerza que aplica el trabajador sobre el saco de cemento.

b. ¿Cuál es el trabajo mecánico que el trabajador realiza sobre cada saco de cemento en esta tarea? Como la fuerza aplicada por el trabajador y el desplazamiento del saco de cemento tienen la misma dirección, usamos la relación del trabajo máximo que vimos antes, de manera que el trabajo realizado por la fuerza aplicada por el trabajador sobre cada saco de cemento es:

$$W = F_{\text{neto}} d \rightarrow W = (417 \text{ N}) (3,0 \text{ m}) = 1.251 \text{ J}$$

c. ¿Cuál es la potencia que desarrolla el trabajador al subir cada saco? Nosotros estimamos que el tiempo promedio en subir cada saco es de 4s. Ahora bien, como vimos, la potencia se mide a través de la relación:

$$P = \frac{W}{t} \text{ por lo tanto, } P = \frac{1251 \text{ J}}{4 \text{ s}} = 312,75 \text{ W}$$

Ésta sería la potencia ejercida por el trabajador sobre cada saco de cemento.

d. Si por cada Watt de potencia le pagarían BsF 0,01 y la potencia fue aproximadamente de 312,4 W por saco de cemento, para subir los 10 sacos de cemento desarrolló una potencia total de aproximadamente 3.124 W, entonces recibirá un pago de: $(0,01 \text{ Bs/W})$ por $(3.124 \text{ W}) \cong 31,24 \text{ Bs}$. ¿Será justo este pago por el trabajo realizado? De no ser así, ¿cuál crees tú que será el precio justo?

La inseparable relación entre el trabajo y la energía

La **energía** es un concepto que se construyó desde las Ciencias Naturales, para describir una combinación de propiedades e interacciones, en fenómenos tales como calor, luz, electricidad, atómicos, nucleares, entre otros. Tal vez este término sea uno de los que más empleamos en el lenguaje cotidiano; y a pesar de que es complejo dar una definición de lo que es la **energía**, ya estamos acostumbrados a utilizarlo, por lo que todos tenemos una cierta comprensión de lo que significa.

Por ejemplo, una persona es capaz de realizar un trabajo, como en la figura 13.3, donde el levitador de pesas ejerce una fuerza contraria a la fuerza de gravedad para levantar la pesa en la misma dirección, por lo que realiza un trabajo positivo. Mientras sostiene la pesa arriba, ésta se encuentra en equilibrio por lo que no hay trabajo mecánico, sin embargo, sus músculos están en tensión disipando energía, por eso suda y se acalora. Todo esto lo puede hacer por la energía que le proporcionan los nutrientes de los alimentos que consume.

Como seguramente ya sabes, la energía se puede presentar en diversas manifestaciones: química, eléctrica, térmica, atómica, nuclear, entre otras. En el ejemplo que colocamos, los alimentos que consume el atleta, al ser ingeridos, sufren reacciones que liberan la energía química que le permite utilizar su sistema óseo-muscular para alzar la pesa y mantenerla arriba, en una evidente transformación de **energía química a energía mecánica**.

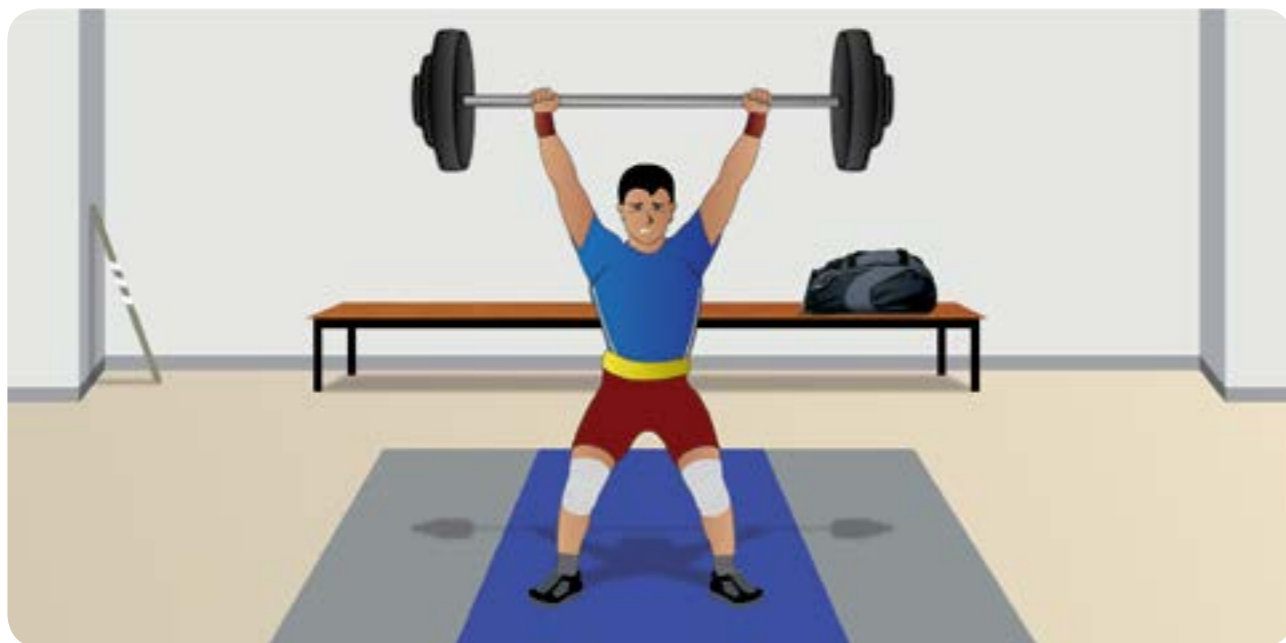


Figura 13.3 Un levitador de pesas desarrolla un trabajo al ejercer una fuerza hacia arriba y desplazar la pesa en esa dirección.

En el caso del vapor de agua de una caldera que mueve una turbina, decimos que el vapor tiene **energía térmica**, la cual se transforma en **energía mecánica** al mover las turbinas. Puedes notar en estos y otros ejemplos más que **la energía se puede transformar de una forma a otra**.

La caja que se desliza por una superficie horizontal

En este caso vamos a suponer que una caja es acelerada de manera uniforme por la acción de una fuerza constante neta producto de la interacción que tiene la caja con los agentes externos (muchacho, piso, tierra, aire) como se muestra en la Figura 13.4.

Si calculamos el trabajo realizado por la fuerza neta resultaría un trabajo positivo máximo, veamos:

$$W_{F(neta)} = F_{neta} d$$

Ahora bien, de acuerdo a la segunda ley de Newton, $F = ma$, por lo que, en este caso, el trabajo realizado por la fuerza neta corresponde a:

$$W_{F(neta)} = (ma)d$$

Como la fuerza es constante produce aceleración constante, por lo que su valor lo puedes calcular de la siguiente manera:

$$a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2d}$$

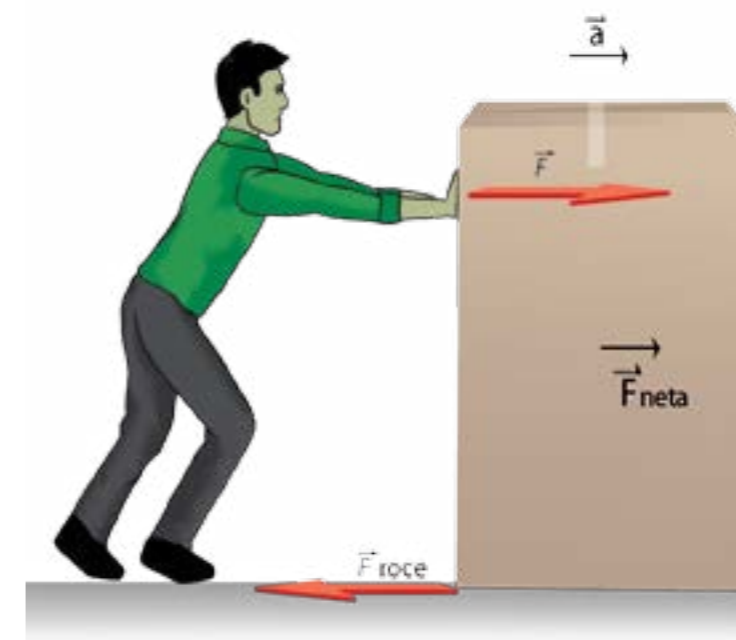


Figura 13.4 El valor de la fuerza neta en esta situación está dirigido en el sentido de la fuerza F aplicada por el muchacho sobre una caja en una superficie lisa y resulta de la suma vectorial de \vec{F} y \vec{F}_{roce} .

Si sustituimos esta expresión en la ecuación anterior nos queda:

$$W_{F(neta)} = m \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2d} d$$

Al simplificar resulta:

$$W_{F(neta)} = m \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$

Cuando un cuerpo de masa m se mueve con una rapidez v , decimos que posee una **energía cinética**, dada por la siguiente expresión:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Por lo tanto, el trabajo realizado por la fuerza neta, se puede determinar como la diferencia entre, la **energía cinética final** $\frac{1}{2}mv_f^2$ y la **energía cinética inicial** $\frac{1}{2}mv_i^2$.

La expresión: $W_{Fe} = E_{cf} - E_{ci} = \Delta E_c$, se conoce como el **teorema trabajo-energía**, es decir, la energía cinética de un cuerpo cambia debido al trabajo realizado por la fuerza neta sobre él.

Nombre de la magnitud física	Tipo de magnitud física	Símbolo	Unidad en el Sistema Internacional (SI)	Equivalencia entre unidades en el SI
Energía cinética	Escalar (un número más una unidad física)	E_c	Joule (J)	$1J = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$ $1J = 1N \cdot 1m$

Para saber más... Casi toda la energía utilizada en la Tierra tiene su origen en las radiaciones del Sol. Una parte de ellas se aprovecha directamente (iluminación, calentadores, baterías solares...) y otra parte, mucho mayor, se transforma y almacena en diversas formas antes de ser utilizada (carbón, petróleo, energía de los vientos o hidráulica). La energía primitiva, presente en la formación del Universo y almacenada en algunos elementos químicos que tenemos en nuestro planeta, suministra una fracción de la energía que podemos utilizar (por ejemplo, reacciones nucleares en los reactores atómicos).



Una pelota que cae libremente

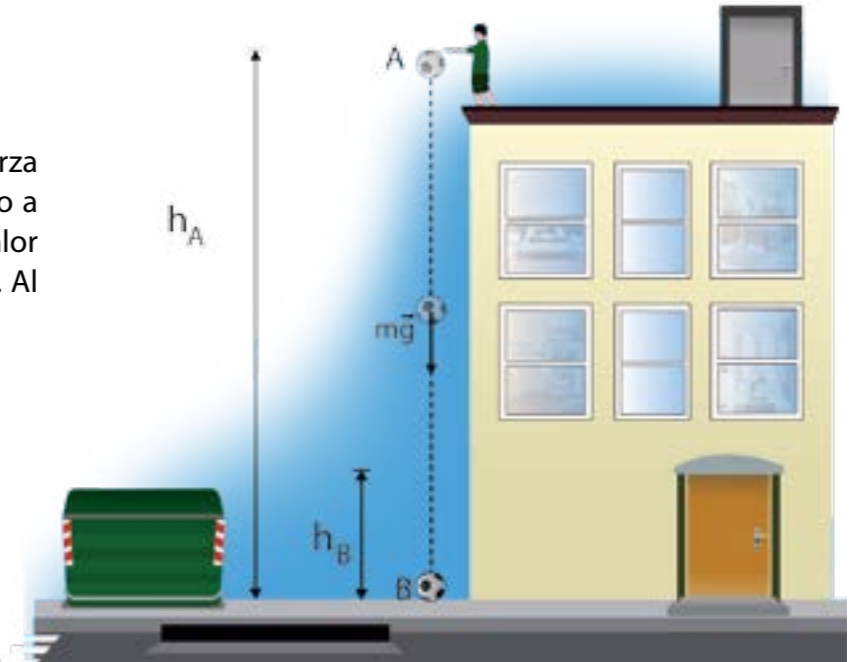
En el caso anterior, vimos que un cuerpo tiene energía cinética en virtud de su rapidez. Sin embargo, también podemos decir que tiene **energía potencial debido a su posición** respecto de otro con el que interactúa. Analicemos la situación ilustrada en la figura 13.5, puedes identificar que la fuerza que actúa sobre la pelota, cuando cae hacia el piso, es la fuerza gravitacional (\vec{F}_g) debido a la interacción con la Tierra, la cual realiza trabajo mecánico positivo máximo que se podría calcular como:

$$W = F_g \cdot d$$

Considerando que la fuerza neta es la fuerza F_g , y de acuerdo a la segunda ley de Newton, el valor de esa fuerza es: $\vec{F} = m \vec{a} = m \vec{g}$. Al sustituir en el trabajo nos queda:

$$W_{Fg} = (mg) d$$

Figura 13.5 Cuando una pelota cae desde lo alto de un edificio hasta el piso, la fuerza gravitacional terrestre, mg , que actúa sobre la pelota, realiza trabajo mecánico.



La distancia recorrida corresponde a la diferencia entre la altura final h_B y la altura inicial h_A , respecto de un sistema de referencia dado (en este caso el suelo) por lo que en la ecuación de trabajo tenemos:

$$W_{Fg} = (mgh_B - mgh_A)$$

A la cantidad mgh la denominamos **energía potencial gravitatoria**. La energía potencial gravitatoria de un cuerpo la definimos como el producto de la fuerza gravitacional que actúa sobre él por la separación que tiene con respecto a un nivel de referencia (por ejemplo, el suelo). Entonces, en este caso tenemos que mgh_B es la energía potencial gravitatoria final, y mgh_A la energía potencial gravitatoria inicial.

Claro está que para que la pelota esté arriba, es decir, pase de h_B a h_A , fue necesario realizar un trabajo contra la fuerza de gravedad. Podemos generalizar como h la altura que subió respecto de un punto de referencia que consideramos cero (por ejemplo, el suelo) así tenemos que el trabajo ejercido contra \vec{F}_g para subirlo es:

$$W_{\text{contra}Fg} = mgh$$

De esta forma, cuando la pelota está en la altura mayor tiene más energía potencial gravitacional que cuando está en el piso. Seguramente has visto que en algunos casos, mientras más alto se encuentre el objeto que dejas caer, más profunda es la marca que deja en el piso.

En los casos donde un cuerpo se encuentre a cierta altura y también tenga una velocidad, como en las posiciones intermedias entre A y B durante la caída de la pelota anterior, decimos que su **energía mecánica** es la suma de la energía cinética más la energía potencial:

$$E_M = E_C + E_P$$

Nombre de la magnitud física	Tipo de magnitud Física	Símbolo	Unidad en el Sistema Internacional (SI)	Equivalencia entre unidades en el SI
Energía potencial gravitacional	Escalar (un número más una unidad física)	E_p	Joule (J)	$1 J = 1 kg (1m/s^2)1m$

Principios de conservación de la energía

En la figura 13.6 te mostramos tres casos que evidencian formas en que la energía se puede transformar de un tipo a otro. En todos vamos a despreciar los efectos de las fuerzas de fricción, lo cual es un ideal, pero lo hacemos para simplificar nuestra reflexión.

1) En el caso del muchacho en la rampa de patinetas, tienes que en las partes más altas la energía potencial es máxima, cuando pasa por la zona más baja de la curva la energía potencial se transformó en energía cinética; en esa zona la velocidad del conjunto muchacho-patineta es máxima. En todo el trayecto se puede suponer que la energía mecánica total permanece constante.

2) En el ejemplo de la montaña rusa ocurre algo similar, en las partes más altas la energía potencial gravitatoria del carrito se hace máxima, transformándose luego en energía cinética a medida que baja, alcanzando el mayor valor en las zonas más bajas, al igual que en la rampa de patinaje, la velocidad es máxima en la parte más baja, por eso las personas que van en los carritos tienden a gritar. Se considera que en todo el trayecto la energía mecánica total también permanece constante.

3) En el tercer caso, de nuevo la energía potencial gravitatoria es máxima para el agua ubicada en la parte más alta, la cual es transformada luego en energía cinética al caer, adquiriendo el flujo de agua su velocidad mayor en la parte más baja de la caída. Esta energía es utilizada para poner a funcionar las turbinas que la transforman en energía eléctrica, así funcionan (de forma muy básica) los sistemas hidroeléctricos.

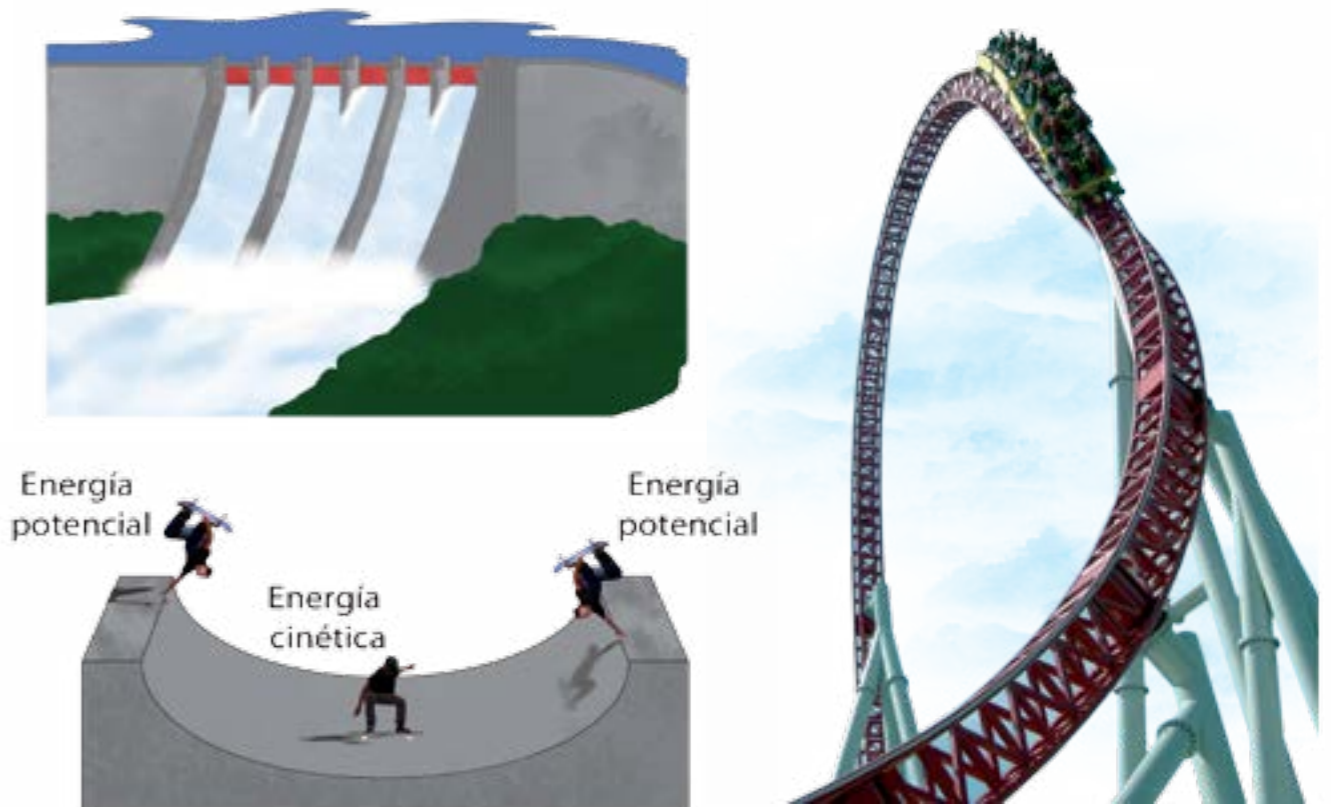


Figura 13.6 Tres casos donde se transforma la energía potencial gravitatoria en energía cinética.



Libros con energía

Los libros siempre han sido fuente de sabiduría, pero también pueden ser un reservorio de energía, considera la situación en que un libro de 1 kg está ubicado en un estante de una biblioteca a una altura de 2 m. ¿Cuál será la energía potencial gravitacional del libro?

Resolvamos

Como el libro está ubicado a una altura de dos metros con respecto al suelo, usaremos la relación que expresa la energía potencial gravitacional asociada al libro:

$$E_{pg} = mgh$$

$$E_{pg} = 1 kg \cdot 9,8m/s^2 \cdot 2m = 19,6 J$$

El libro tiene 19,6 J de energía potencial por encontrarse a una altura de 2 m. Esa energía estará "almacenada", es decir, disponible para realizar un trabajo al interactuar con otro cuerpo y transformarse en otra forma de energía.

Si una cantidad determinada de energía de cualquier tipo disminuye, se produce el aumento de energía en otra forma, en cantidad equivalente a la energía que disminuye; es decir, nunca se observa la destrucción o creación de energía, sino una transformación de una forma en otra. Esto constituye la base de un principio general de conservación de la energía, que se puede enunciar así: **La energía se puede transformar de una clase a otra, pero no puede ser creada ni destruida. De manera que la energía total es constante.**

La energía no sólo la encontrarás en fenómenos mecánicos, sino que en la naturaleza está presente en todos los fenómenos que ocurren. Debido a ello, este principio siempre es válido en cualquier fenómeno que se produzca en la naturaleza. Su generalidad se vuelve enormemente importante, y las ciencias y científicos lo utilizan con gran éxito en la resolución de numerosos problemas.

Consumo de energía en el mundo

El consumo de energía es muy dispar entre los países. La mayor cantidad de la energía que se produce en el mundo por el ser humano, es consumida por un número reducido de países. Puedes ver en la figura 13.7 el consumo de energía primaria (petróleo, gas natural, carbón, energía nuclear y energía hidráulica) por persona y población, para el año 2011. Las energías llamadas alternativas (derivadas de madera, biomasa, sol, viento, mareas) no se incluyen, ya que representan un porcentaje de uso muy bajo con respecto al uso de energías primarias.

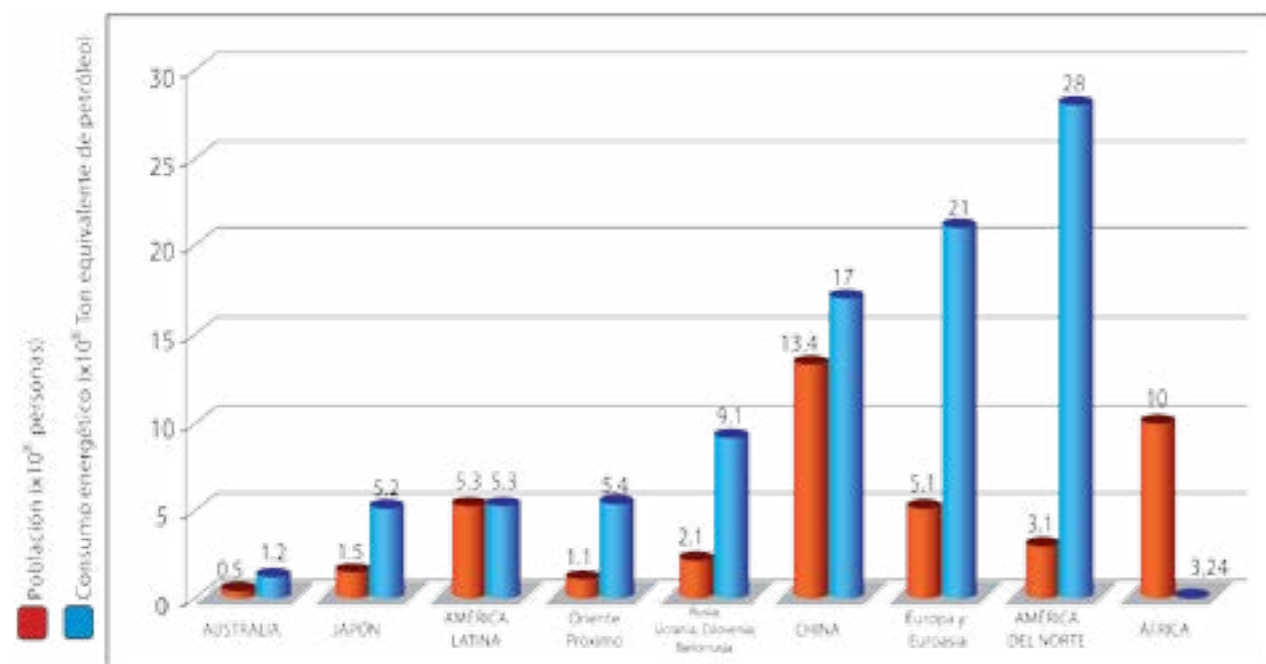


Figura 13.7 Comparación de población y consumo de energías primarias entre regiones o países para el año 2011. (Una tonelada equivalente de petróleo = 42 GJ).

La quema de combustibles fósiles y el uso desmedido de otras formas de energía derivadas de recursos naturales no renovables, constituyen un problema de gran impacto ambiental. Una cara del problema radica en que en todo proceso de transformación de **energía**, se genera **gran cantidad de calor**. Tanto, que la fracción de energía factible de convertirse en **trabajo** útil es mínima, el mayor porcentaje se convierte en calor, que no es utilizable. Cabe aquí señalar una frase: **el cementerio de la energía es el calor**. Este **calor** transfiere energía a la atmósfera terrestre, lo cual incrementa el denominado **efecto invernadero**.

El efecto invernadero causa de manera muy lenta cambios en la atmósfera que alteran el clima mundial. Estos cambios se aceleran debido al consumo desmedido de energía, y se manifiestan como: tormentas, tornados, diluvios, sequías extremas, cambios en el comportamiento de las cadenas energéticas del ambiente, entre otros. Estas manifestaciones naturales no se pueden considerar comportamientos violentos de la Tierra, sólo son respuestas a nuestros abusos. La Tierra reacciona a los cambios buscando el equilibrio entre todos sus procesos.

En este sentido, tenemos un enorme compromiso con la humanidad, y con el futuro. Somos uno de los países con una gran cantidad de recursos energéticos: las mayores reservas de petróleo de todo el mundo, una de las mayores reservas de gas y de agua, entre otros. Por eso, debemos ser ejemplo de cómo utilizar estos recursos responsablemente, sin dañar el ambiente. Tenemos que ser pioneros en la investigación y creación de energías alternativas que mejoren el vivir bien de todas y todos, sin comprometer la vida en el planeta.



Aprende trabajando con simulaciones

Te presentamos una simulación que está relacionada con una actividad común de los jóvenes de tu edad, el patinaje en pista. Baja a tu computador la simulación "Parque de patinaje" en español (Energy skate park) de la página web: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/energy-skate-park-basics>.

Realiza las siguientes actividades en tu grupo:

- Del lado derecho encontrarán un cuadro que permite hacer selecciones utilizando el ratón. En la ventana *Introduction*, al pulsar algunos de los íconos: Gráfico de barras, cuadrícula, rapidez, se activa un gráfico que muestra a la energía en sus formas cinética, potencial, térmica y total (suma de todas las formas de energía que cambian en la simulación), una cuadrícula para ver las alturas y un reloj que muestra la rapidez, respectivamente.

- Con el ratón coloquen el patinador en la cima de la pista, es mejor que trabajen con la condición de *slow motion*. Observen cómo varían las barras de la energía cinética y potencial en el gráfico. ¿Cuándo es máxima y mínima cada una? Interpreten a qué se debe la variación en las energías y discutan en el grupo.



- ¿Cómo explican que la barra de energía total no cambie? ¿Por qué la barra de energía térmica permanece en cero?, ¿ocurrirá esto en la realidad?
- Pueden cambiar la forma de la pista, seleccionando otra en el lado izquierdo. Marquen la segunda y observen lo sucedido con las energías. ¿Por qué sólo ocurre transformación de energía potencial a energía cinética? Justifiquen su respuesta. Compáren con el caso anterior.



Cambios de energía

En la siguiente actividad vamos a describir el efecto que tiene la altura sobre la energía que tiene un objeto en movimiento.

¿Que necesitan?

- Rampa acanalada de 1 m de largo, vasos de cartón o plástico, tijeras, metras o esferas de plomo, plastilina, cronómetro.

¿Cómo lo harán?

- Diseña una rampa por la que la metra pueda correr como: una regla con canal, un perfil de aluminio en ángulo, una canal u otro, de 1 metro de largo.
- Coloca un vaso boca abajo en uno de los extremos de la rampa con un corte tipo compuerta (ventana) en la base, tal que la metra entre al caer; también puedes colocar un taco de plastilina.
- Levanta el otro extremo de la rampa hasta cierta altura. Mídela.
- Mide la masa de la esfera de plomo o metra que utilizaste en cada caso.
- Coloca la esfera en el extremo de la parte más alta de la rampa. Suéltala y observa qué pasa con el vaso o plastilina. Diseñen un método para medir la velocidad final de la esfera.

- Repite la experiencia para cuatro alturas diferentes y anota tus resultados en una tabla como la que tienes a continuación:

Altura (m)	Masa(kg)	Observación	Energía potencial máxima (J)	Velocidad final máxima (m/s)
0,02				
0,04				

¿Qué observan?

En cada una de las experiencias, comparen lo que le sucede al vaso (plastilina) cuando es impactado por la esfera. Construyan una explicación.

Calculen la energía potencial máxima en cada uno de los casos. Anótenlo en la tabla de resultados. ¿Qué pueden decir sobre lo sucedido al vaso según estos valores? Aplicando el principio de conservación de la energía, determinen una expresión para calcular la velocidad máxima, calculen y registren su valor. Compáren con los valores experimentales. ¿Qué pueden decir acerca de lo que le sucedió al vaso (plastilina) en cada caso según estos valores? Expliquen estos resultados en términos de la energía y sus transformaciones.



Energía para la comunidad

Como ya leíste, la energía es un concepto muy utilizado en el lenguaje cotidiano. Aunque sólo la podemos percibir cuando se manifiesta, en la vida cotidiana casi todo el mundo está pendiente del problema energético. Te proponemos que trabajes con tu grupo y la comunidad en un proyecto para crear conciencia.

Averigüen cómo está organizada la comunidad, ¿una junta comunal, consejo u otro? Contáctenlo y propónganle participar en el diseño de una campaña para crear conciencia sobre la problemática energética mundial y la necesidad de un consumo eficiente de energía, compartan la idea con la mesa técnica de energía, si existe. Para ello, pueden: reunir recortes de periódico y revistas, artículos sobre el tema de producción de energía, reservas, consumo, contaminación, revisar páginas web en el infocentro. Indaguen sobre los hábitos del consumo en transporte, hogar, industria, otros. Diseñen una exposición para la comunidad donde se discuta el tema. Pueden promover la creación de una mesa técnica de energía si no existe, para que propongan y lleven a cabo soluciones a los problemas de energía en su comunidad.



Subiendo por la escalera

Este experimento te permitirá determinar la potencia máxima que eres capaz de desarrollar al subir una escalera.

Sube la escalera caminando entre dos o tres pisos, por ejemplo, y mide el tiempo que tardaste en subirla para llegar a este resultado. Usando lo estudiado en este libro, entre todo el grupo y con la ayuda de tu profesora o profesor, traten de obtener el valor de la altura que separa la planta baja de los dos pisos que subiste. Como debes conocer cuál es tu masa, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Qué trabajo realizaste al subir la escalera?
2. ¿Qué potencia desarrollaste al realizar lo anterior? Compara este valor con la potencia desarrollada por otros compañeros al efectuar la misma experiencia.
3. Verifica cuál es la potencia desarrollada por una lámpara (en la caja o en la misma lámpara viene impresa esa cantidad) en tu casa. ¿Cuántas lámparas iguales a ésta se podrían encender empleando la potencia que desarrollaste al subir la escalera? Compara con otros compañeros del grupo.



Actividades de autoevaluación

1. Escribe la ecuación que define el trabajo realizado por una fuerza constante. Describe el significado físico de cada uno de los símbolos que aparecen en la ecuación (representa de forma icónica con una figura adecuada, para aclarar la explicación).

2. Trabaja en grupo y usen la representación simbólica – matemática de la potencia y diseñen un método para medir esta magnitud física. Esta actividad servirá para comprender que las definiciones operacionales de una magnitud pueden generar métodos experimentales para llevar a cabo la medición de dicha magnitud.

3. Señala qué entiendes por energía:

- a. ¿Es una magnitud escalar o vectorial?
- b. Cita algunas formas de energía que conozcas.
- c. Da ejemplos de casos en los que hay transformación de energía.

4. En grupo, busquen el significado de la siguiente expresión: $E=mc^2$, usando para el análisis las siguientes preguntas acerca de la expresión:

- a. ¿Quién la postuló?
- b. ¿Cuál es el significado físico de cada símbolo en la expresión?
- c. ¿Cuáles son sus aplicaciones en el campo de la ciencia y la tecnología?
- d. ¿Qué relación tiene esta expresión con la fisión nuclear?
- e. ¿Cuál es su relación con la potencia irradiada por el Sol?

5. Explica por qué es más fácil detener un camión con poca carga, que uno con mucha carga, moviéndose ambos con la misma velocidad.

6. Determina la energía potencial gravitatoria que gana el agua contenida en un tanque de 500 L ubicado a 3 m de altura.

7. ¿Cuál tiene mayor energía cinética, un auto de 1.500 kg que viaja a 30 km/h u otro que tiene la mitad de esa masa y que viaja a 60 km/h?

8. El satélite artificial "Simón Bolívar" gira alrededor de la Tierra. El punto de la órbita más alejado se llama apogeo y el más cercano es el perigeo. Con respecto a la Tierra, ¿en cuál de estos puntos el satélite tiene la mayor energía cinética, potencial y mecánica? Explica.

9. Sin la resistencia del aire, una pelota lanzada verticalmente hacia arriba con determinada energía cinética inicial regresará a su nivel original con la misma energía cinética; sin embargo, cuando la resistencia del aire es un factor que afecta a la pelota, como en ciertos campos de béisbol o fútbol, ¿regresará ésta a su nivel original con la misma, menor o igual energía cinética? ¿Contradice la respuesta el principio de conservación de la energía? Justifica tu respuesta.



ALGO MÁS PARA SABER SOBRE CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Petróleo: una riqueza para el bienestar del pueblo

Desde los primeros tiempos de nuestra interacción con la naturaleza, fuimos creando diversas ideas y mecanismos para comprenderla, explicarla, transformarla y utilizar sus recursos. A partir de allí, y con el aporte de otras áreas del saber, hemos ido y seguiremos conformando el conocimiento científico y tecnológico. Por supuesto que en esta relación entre seres humanos y naturaleza no ha habido la mayor justicia, ni con ella ni entre nosotros como comunidad terrícola ya que, por un lado, hemos puesto en riesgo su equilibrio, amenazando la vida misma; y por el otro, los beneficios resultantes de esta relación no están siendo distribuidos equitativamente entre la humanidad. Ésta es una tarea pendiente en la cual tú, como joven, tienes mucho que aportar.

El desarrollo científico y tecnológico alcanzado hasta el momento nos permite aprovechar uno de los materiales más versátiles del planeta. Se trata del petróleo, que en latín significa *petra*, roca o piedra, y *oleum*, aceite, es decir, aceite de roca.

El petróleo se encuentra en los poros de algunas rocas, a profundidades variables del subsuelo. Hay dos posiciones o teorías contrapuestas respecto de su origen, la orgánica y la inorgánica o mineral. Los avances del conocimiento actual parecen indicar que ambas propuestas tienen importantes evidencias que las sustentan y se está llegando al punto en el cual se están unificando las posiciones, ya que se ha determinado que algunos yacimientos se originaron por procesos orgánicos (como los hidrocarburos que tenemos en nuestro territorio) y otros como los esquistos petrolíferos parecen ser de origen mineral. Este debate nos muestra que el quehacer científico no es una actividad neutral, ni mucho menos libre de prejuicios y controversias. También encontramos que diversas investigaciones han aportado elementos que sustentan un origen inorgánico extraplanetario que gana cada día más impulsores.

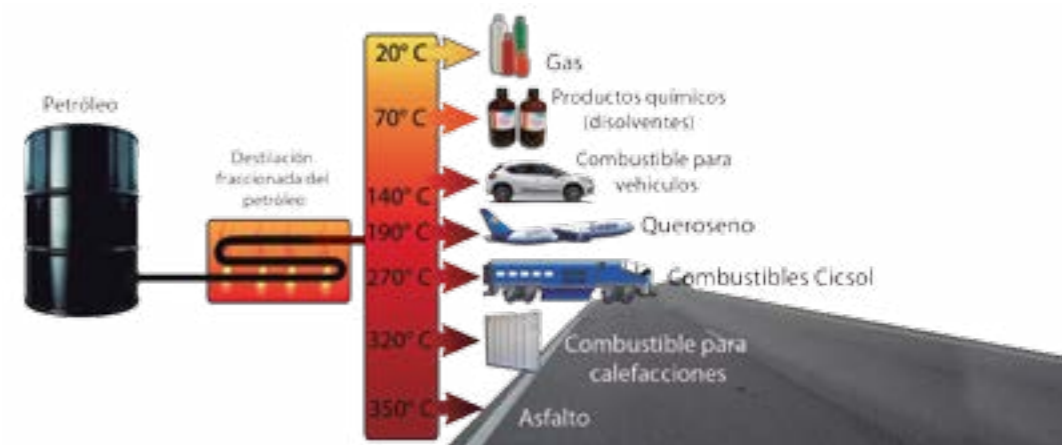
El petróleo puede salir en forma de grandes chorros, impulsado por el gas que también se libera cuando se perfora un yacimiento. Cuando la presión natural que genera el gas no es suficiente, se utilizan bombas mecánicas que inyectan agua o aire para sacarlo.

El petróleo es una mezcla de hidrocarburos o compuestos de hidrógeno (H) y carbono (C), con pequeñas cantidades de azufre (S), oxígeno (O), nitrógeno (N) y otros elementos en proporciones variables. Debido a que su composición no es constante, no es considerado una sustancia química. Su aspecto es oleoso, a menudo oscuro y de olor fuerte. Usualmente se encuentra asociado con otras sustancias sólidas, líquidas o gaseosas.

La medida de la densidad del petróleo se hace en comparación con la medida de la densidad del agua. La densidad de esta es 1g/mL y la de los crudos oscila entre 0,75 g/mL y 1,1 g/mL. Según su densidad, existen diferentes tipos de hidrocarburos, clasificados internacionalmente por una medida llamada gravedad o grados API (siglas en inglés de American Petroleum Institute). Esta precisa cuán "pesado" o liviano es el crudo. A medida que es más pesado, el proceso de extracción es más complejo.

Los tipos de hidrocarburos que se extraen en Venezuela son: Liviano, cuya gravedad es mayor de 31,1° API; Mediano, que tiene entre 22,3° y 31,1° API; Pesado, su densidad oscila entre 10° y 22,3° API y Extrapesado, que tiene menos de 10° API.

Más de mil derivados conocemos del petróleo y de sus materiales asociados; entre ellos, materias primas como acetileno ($\text{CH}=\text{CH}$), etileno ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$), propileno ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$), butano ($\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$), benceno (C_6H_6), fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$), entre otros. Como productos finales tenemos diversos combustibles para uso doméstico y transporte, así como para el funcionamiento de plantas hidroeléctricas, térmicas, cementeras, químicas. Además, hilos, telas sintéticas, plásticos, hule, tintes, solventes, ceras, aditivos para alimentos como conservantes, saborizantes, preservantes; perfumes, cremas, champúes, insecticidas, pólvora, abonos, aceites, detergentes y otros productos de limpieza, medicinas, asfalto; insumos para hacer aceros y cables y muchos otros más. Hoy en día es la fuente energética más utilizada en el mundo, con la advertencia de que es un recurso no renovable, es decir, que se agota. De allí la importancia de utilizarlo con racionalidad y con sentido de justicia para que sus beneficios lleguen a todas y todos.



¿Qué será el líquido negro en un surtidor, al que llaman oro por su valor?

¡Acertaste! Se trata del “oro negro”, como también lo llaman, de cuya refinación obtenemos combustibles como gasolina, gasoil, gas licuado para vehículos (GLP), kerosén, turbosina, combustóleo y otros. De él también se producen destilados, asfaltos, lubricantes, ceras y combustibles residuales.

El primer proceso en una refinería es la destilación atmosférica y al vacío. Allí, el petróleo se separa en fracciones y luego de varios procesos se originan los productos terminados. De acuerdo con las características del crudo (su composición, grados API y otras) los procesos de refinación son variables.

Algunos procesos químicos de refinación son: la descomposición, el rearrreglo molecular y la construcción molecular. ¡Todo esto podrás aprenderlo a través de la química!

En nuestro país tenemos varias refinerías. En el estado Falcón se encuentra el Centro de Refinación Paraguaná (CRP), que integra las refinerías de Amuay y Cardón; en el estado Zulia se encuentra otra, la de Bajo Grande. En Carabobo tenemos la refinería de El Palito y en el estado Anzoátegui están localizadas las refinerías de Puerto La Cruz y San Roque. También se están construyendo las refinerías de Santa Inés en Barinas y Cabruta en Guárico. Mediante una empresa mixta con el gobierno de Curazao, Venezuela opera en la refinería de dicha isla.



Otros productos conocidos los genera la industria petroquímica, que transforma los hidrocarburos provenientes de la refinación del petróleo y la separación del gas en materia prima para su elaboración. Gran parte de estos procesos se deben a los conocimientos de Ingeniería petroquímica.

En nuestro país, la Petroquímica de Venezuela, S.A. (Pequiven) es la Corporación del Estado venezolano encargada de los procesos de producción y comercialización de este tipo de productos. Fue creada en el año 1977 y está adscrita al Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería.

Esta Corporación orienta sus actividades en tres líneas de producción que son: fertilizantes, productos químicos industriales, y olefinas y resinas plásticas. Para ello, cuenta con tres complejos petroquímicos: el de Morón (estado Carabobo) donde se producen, entre otros, fertilizantes para el desarrollo agrícola y la soberanía alimentaria así como insumos para la purificación del agua y otros usos industriales; el Complejo Ana María Campos (Zulia) donde, a partir del gas natural y la sal, se desarrollan productos estratégicos para la región y el país cuyos usos están asociados con la vida diaria de toda la población.

Entre sus productos tenemos cloro, soda, fertilizantes y plásticos. Uno de los plásticos con mayores aplicaciones es el Policloruro de Vinilo (PVC), el cual se aplica en la industria de la construcción para sustituir, en muchos casos, al hierro, el cual se oxida. Este producto también se usa para elaborar empaques para medicamentos, equipos de diálisis, sondas, inyectoras, corazones artificiales y bolsas para sangre, entre otros.

El tercer Complejo es el General José Antonio Anzoátegui (estado Anzoátegui). Allí están instaladas las plantas de las empresas mixtas en las cuales Pequiven tiene participación accionaria. En éste se produce, entre otros, amoníaco, úrea y metanol.

Pequiven también posee una empresa fuera del territorio nacional llamada Monómeros Colombo-Venezolanos. En esta empresa genera y comercializa una variedad de productos químicos de uso industrial para la galvanización, impresión gráfica, industria de pinturas y pigmentos, producción de ácido cítrico y acético (vinagre) utilizados en la industria de las gaseosas, drogas y alimentos. También se producen insumos para elaborar jabones, papel, vidrio y textiles, entre otros. ¿Te das cuenta de la versatilidad de los hidrocarburos?

Producto de nuestra inventiva tecnológica, en el país se han creado los llamados perfiles de Petrocasa, que son piezas de una mezcla polimérica de alta tecnología, inofensiva para la salud. Éstas, combinadas con cemento y otros elementos para la construcción, sirven para ensamblar casas y muebles de uso doméstico. Estos perfiles constituyen una tecnología accesible y de bajo costo para la construcción de viviendas dignas y confortables para las comunidades. Actualmente en el país funcionan cuatro fábricas Petrocasa. Esto se llama ciencia y tecnología al servicio de la sociedad y, lo más importante, ¡con sello venezolano!



Fuentes de consulta para las y los estudiantes

- Azuaje (sf) *Mezclas y sustancias*. (Documento en línea). <http://www.slideshare.net/alealmeida73/elementos-compuestos-y-mezclas>
- Azuaje, J. y Andrés, M. M. (eds) (2012). Serie Ciencias Naturales. Colección Bicentenario. Educación Media. Primer Año. Segundo Año Caracas: MPPE
- Barrientos, H., Tello, J. y otros (s/f). *Purificación de agua por medio de filtros lentos de arena en la comunidad de Kuychiro*. [Documento en línea] Disponible: <http://perusolar.org/16-spes-ponencias/PURIFICACION> [Consulta: 2012, julio]
- Batista, L. (2011). *A segunda Lei das... Ervilhas?* Disponible en: <http://www.pontociencia.org.br>.
- Carpi, A. (2003). *Propiedades del agua*. Visionlearning Vol. CHE-2 (1s). [Documento en línea] Disponible: http://www.visionlearning.com/library/modulo_espanol.php?mid=57&l=s&c3=
- Eured. (s/f). *Gregorio Mendel*. Disponible en: http://www.eured.cu/index.php/Gregorio_Mendel
- Educ.ar. El portal educativo del Estado argentino. Núcleo teórico: *Estado del arte*. [Página web en línea] <http://aportes.educ.ar/biologia/nucleo-teorico/recorrido-historico/>
- Fernández, N. (coord) (sf) *Recursos de física y química en línea*. Disponible: <http://www.portaleso.com>
- Fruto Vivas. [Documento en línea] Disponible: <http://www.frutovivas.net/> [Consulta: 2012, julio]
- Fundacite Lara. Revista electrónica *Bariqui Cuadernos de Ciencias*. <http://www.fundacite-lara.gob.ve/index.php/revista-bariqui/publicaciones-bariqui?task=view>
- Fundacite Lara. Revista electrónica *Equis. Ciencia y tecnología con y para la gente*. <http://www.fundacite-lara.gob.ve/index.php/revista-equis-3/publicaciones-equis-3?task=view>
- Gaite, M. (sf) *Iniciación Interactiva a la materia*. (Animación en línea) http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/93_iniciacion_interactiva_materia/curso/index.html
- Gil, S. y Rodríguez, E. (2012). *Física recreativa*. [Ciberpágina en línea]. Ver especialmente: vínculos a sitios relacionados, Ciencia para niños y adolescentes. [Recurso en línea] Disponible: www.fisicarecreativa.com/sitios_vinculos/ciencia/children.html
- Hewitt, P. (2005). *Conceptos de Física*. México: Limusa, S.A.
- Icarito (2012). *La célula*. (Documento en línea) Disponible en: <http://www.icarito.cl/enciclopedia/articulo/segundo-ciclo-basico/ciencias-naturales/estructura-y-funcion-de-los-seres-vivos/2009/12/60-7920-9-la-celula.shtml>
- Junta de Castilla y León. *Aprendiendo la tabla periódica de forma divertida*. (Recurso en línea). [Consulta: 2012, mayo] http://revistas.educa.jcyl.es/revista_digital/index.php?option=com_content&view=article&id=730:aprendiendo-la-tabla-periodica-de-forma-divertida&catid=8:propuestas-didacticas
- Lacueva, A. (2002). *Más de 400 ideas para actividades y proyectos estudiantiles de investigación*. Caracas: Laboratorio Educativo
- *Material de apoyo para Enseñanza Media sobre Biología molecular*. [Consulta: 2012, mayo] <http://labvirtuales.med.uchile.cl/index.html>
- McDonald, D. (2008). *Citogenética básica* (traducido por Ángel Herráez de Cytogenetics Information Site). [Página web en línea]: <http://www2.uah.es/biomodel/citogene/dynacare/geninfo.htm#cariotipo>
- Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. *Hidrocapital*. (sf) (Recursos varios sobre tema de agua, en línea) http://www.hidrocapital.com.ve/internet/index.php?option=com_content&view=section&layout=blog&id=4&Itemid=19
- Ministerio del Poder Popular para la Energía. (sf) *Sobre petróleo*. (Recursos en línea) http://www.pequiven.com/pqv_new/kids%20web.swf
- Organización Panamericana de la Salud. *Guía latinoamericana de tecnologías alternativas en agua y saneamiento* (1997). [Documento en línea] Disponible: <http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-print.htm#> [Consulta: 2012, junio]
- Peña, C (sf) E+educaplus.org. *Recursos varios de Ciencias Naturales* <http://www.educaplus.org/>
- RENA. (2000). *Reacciones químicas. Velocidad de las reacciones químicas. Catalizadores* [Recurso en línea] Disponible: <http://www.rena.edu.ve/TerceraEtapa/Quimica/ReaccionesQuimicas.html> [Consulta: 2012, enero]
- RENA. (2000). *El agua potable*. [Recurso en línea] Disponible: <http://www.rena.edu.ve/SegundaEtapa/ciencias/aguapotable.html>
- *Simulador de sistema de control eléctrico*. (Recurso en línea) <http://www.ree.es/educacion/controla/>
- Vélez, J. *Intercambio de sustancias en células* (Documento en línea) : <http://academic.uprm.edu/~jvelez/lab7.pdf>
- Vivas, F. (2012). *Las casas más sencillas*. Caracas: El Perro y la Rana.
- Van Cleave, J. (2010). *Física para niños y jóvenes*. México: Limusa, S.A.
- Vargas, L. (2006). *Actividades de física y su aplicación en la vida cotidiana*. Caracas: Fundación CENAMEC.
- *Animaciones para temas de física y química*: (Recurso en línea) <http://perso.wanadoo.es/cpalacio/30lecciones.html>

- *Interactive Simulations*. (2011). Universidad de Colorado. [Página web en línea] <http://phet.colorado.edu/en/simulations/category/new>. Simulaciones sugeridas: Densidad. (Density) / Concentración. (Concentration) / Reactantes, productos y residuos. (Reactants, products and leftovers) / Balanceando ecuaciones químicas. (Balancing chemical equations) / Construir un átomo (Build an atom) / Visión del color (Color vision) / Ondas acústicas (Sound) / Propiedades de los gases (Gas properties) / Efecto invernadero (Green house) / Kit de construcción de circuitos CC (circuit construction kit DC) / Circuitos de resistencias (Battery resistor circuit) Sales y solubilidad. (Salts & solubility) / Soluciones de azúcar y sal. (Sugar and salt solutions)
- Video en línea sugerido [Página web en línea]:
 - Cambios químicos*: <http://www.youtube.com/watch?v=VZ8SWIRs2Bg>
 - Lectura: calor y temperatura*: http://www.youtube.com/watch?v=Zv0_ZVzZ3E0
 - Corriente eléctrica*: <http://www.youtube.com/watch?v=ApCu6mVBSs0>
 - Corriente eléctrica*: <http://www.youtube.com/watch?v=ySYeSiAEpiY>
 - Energías alternativas*: <http://energiaslibres.wordpress.com/2011/08/16/un-video-sobre-la-energia-que-deberia-ver-todo-el-mundo-por-favor-comparten/>
 - Bosque de aspirina*. [Página web en línea] <http://www.youtube.com/watch?v=IsCuNFXtd9c&feature=related>

Referencias para las educadoras y los educadores

- Brown, T.; LeMay, H. y Bursten, B. (2001). *Química. La ciencia central* (7ma ed.). [Libro en línea] http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/blb_la/
- Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología (ArgenBio). *El Cuaderno -- • El boletín didáctico del Programa Educativo*. Por qué biotecnología. (Recurso en línea) <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/index.php?action=cuaderno&opt=5>
- Franco, A. (2010). *Curso Interactivo de Física por* . (Recurso en línea) <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>
- Fundación CIENTEC. (2008). *Biología*. Disponible en: <http://www.cientec.or.cr/ciencias/experimentos/biologia.html>
- Hernández, F. (2000). Los proyectos de trabajo: la necesidad de nuevas competencias para nuevas formas de racionalidad. *Educación*. 26: 39-51. Disponible: ddd.uab.cat/pub/educar/0211819Xn26p39.pdf
- Herrera, E. y Sánchez, I. (2009). *Unidad didáctica para abordar el concepto de célula desde la resolución de problema por investigación*. Paradigma, vol. 30, no.1, p. 63-85.
- Lacueva, A. (2008). *Proyectos estudiantiles en la escuela y el liceo*. Caracas: Laboratorio Educativo.
- National Human Genome Research. Institute del Mapa a Usted <http://www.genome.gov/12511467>
- Ramos, M., Muñoz, P. y Muñoz, M. (2010). *Guía metodológica de Biología*. México: Benemérita Universidad • Autónoma de Puebla. México. Disponible en: http://www.portal.buap.mx/portal_pprd/work/sites/forobachillerato/resources/LocalContent/25/2/GUIA%20DE%20BIOLOGIA.pdf
- Vera Ramírez, N. y Bojorquez, G. (comp.) (2011). *Manual de prácticas de Genética*. Ciudad Juárez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México. (Documento en línea) <http://www.uacj.mx/ICB/cqb/licenciaturaenbiolog%C3%ADADocuments/Manuales/avanzado/GENETICA.pdf>
- Victoria, V. (sf) *El blog de profesor Jano*. (Recursos de ciencias en línea). <http://profesorjano.org/fisiologia-y-anatomia/genetica-molecular/>
- Visionlearning (2012). (Documentos en línea) http://www.visionlearning.com/library/cat_view.php?cid=49&l=s
- Videos en línea sugerida [Página web en línea]:
 - Clasificación de la materia y métodos de separación de mezclas* <http://www.youtube.com/watch?v=ndA5gKlpWbc>
 - Técnicas básicas de laboratorio: destilación*. 2012 <http://www.youtube.com/watch?v=cocwhLBTJGg>
 - Técnicas básicas de laboratorio: extracción*. 2012 <http://www.youtube.com/watch?v=ixSj9Tx3Fvo>
 - Técnicas básicas de laboratorio: filtración*. 2012 <http://www.youtube.com/watch?v=CYezaEehK-E>
 - Técnicas básicas de laboratorio: centrifugación*. 2012 <http://www.youtube.com/watch?v=LWZMmCgC5rQ&feature=relmfu>
 - Introducción a la Química: tipos de reacciones*. (Introducing Chemistry: types of chemical change) [Página web en línea] <http://www.youtube.com/watch?v=VZ8SWIRs2Bg>
 - Técnicas básicas de laboratorio: reacciones químicas*. 2012 <http://www.youtube.com/watch?v=P4GdCd0yYY&feature=relmfu>
 - La importancia de los enlaces químicos*. <http://www.youtube.com/watch?v=wDnTVxN4vy0>





*La ciencia y la tecnología
tienen la misma procedencia
que la poesía y el arte.*

ARÍSTIDES BASTIDAS



Gobierno **Bolivariano**
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para la **Educación**