GOBIERNO DE
EL SALVADOR

Ciencia y Tecnología

Libro de texto

GOBIERNO DE
EL SALVADOR

Ciencia y Tecnología

Libro de texto

Este libro pertenece a: _____

Karla Edith Trigueros
Capitán y Doctora
Ministra de Educación, Ciencia y Tecnología

Edgar Eliseo Alvarenga F.
Viceministro de Educación y de Ciencia y Tecnología, *ad honorem*

Edgard Ernesto Ábrego Cruz
Director General de Educación

Gilberto Alexander Motto García
Director de Educación Secundaria

Wilfredo Alexander Granados Paz
Director de Currículo y Materiales Educativos

Tonatiuh Eddie M. Orantes Ramos
Jefe del Departamento de Ciencia y Tecnología

Edición
Adela Melissa Martínez de Guirola
Edwin Adverdi Pérez Ventura
Oscar Mauricio Olmedo Martínez
Nathalie Carmelina Galicia Shul
Vilma Guadalupe Mártir Ramírez
Martha Alicia Artiga Hernández
Tonatiuh Eddie M. Orantes Ramos
Xochilt María Pocasangre Orellana

Autoría
Martha Alicia Artiga Hernández
Jessica Vanessa Aguilar
Edwin Adverdi Pérez Ventura
Vilma Guadalupe Mártir Ramírez
Nathalie Carmelina Galicia Shul
Oscar Mauricio Olmedo Martínez
Huilhuinic Ángel Orantes Ramos
Abizaí Clemente Chinchilla Rodríguez

Gestión editorial
Julio Adolfo Castellanos
Marlene Elizabeth Rodas

Diseño editorial y diagramación
Judith Samanta Romero de Cuidad Real
Elmer Rodolfo Urquía Peña
Patricia Damaris Rodríguez

Corrección de textos
Osvaldo Hernández Alas
Claudia Gaitán

Ilustraciones
Ernesto Escobar

Realidad Aumentada
Kevin Oswaldo Chávez Berrios

Imágenes
Shutterstock
Dpto. de Ciencia y Tecnología

Primera edición, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, San Salvador, El Salvador, 2025.

Derechos reservados. Prohibida su venta y su reproducción con fines comerciales por cualquier medio, sin previa autorización del MINEDUCYT.

ISBN en trámite

Estimado estudiante:

Inicias un nuevo año escolar, una oportunidad para consolidar lo aprendido y alcanzar nuevas metas.

Este libro ha sido preparado para acompañarte en ese camino y refleja nuestro compromiso de transformar el sistema educativo mediante la reforma Mi Nueva Escuela, para que recibas aprendizajes de calidad en escuelas dignas y seguras.

En sus páginas encontrarás la oportunidad de aprender sobre ciencia y tecnología, enfatizando en cómo se construye el conocimiento científico, sus técnicas, limitantes e impactos en nuestra sociedad a través del desarrollo tecnológico. Para ello, transitarás por múltiples temáticas fundamentales y de vanguardia, tales como física clásica y moderna, química orgánica e inorgánica, biología celular y biotecnología, así como geología, astronomía y ciencias planetarias. Cada apartado ha sido diseñado para ayudarte a descubrir nuevos conocimientos, aplicarlos en situaciones reales y desarrollar competencias que te preparen para enfrentar con éxito los retos de la vida escolar y personal.

Estos materiales no solo te ofrecen contenidos, también te invitan a reflexionar, a participar activamente y a crecer como estudiante y como salvadoreño comprometido con el futuro. También recuerda que la disciplina, el orden, la cortesía y el respeto hacia tus compañeros y docentes son pilares para que tengas una formación integral.

El camino del aprendizaje está lleno de alegrías, desafíos y satisfacciones. Te animo a recorrerlo con entusiasmo, constancia y compromiso, por ti, por tu familia y por el nuevo El Salvador que estamos construyendo, paso a paso.

Confío en que tu dedicación dará resultados cada día, acercándote más a tus sueños.

Karla Edith Trigueros
Capitán y Doctora
Ministra de Educación, Ciencia y Tecnología

Conoce tu Libro de Texto

En tu Libro de Texto encontrarás experimentos, recorridos de campo, instrucciones para la construcción de objetos, curiosidades, problemas, juegos y una gran diversidad de actividades que potenciarán tus habilidades científicas y tecnológicas.

A Entradas de unidad

Presentan la siguiente información:

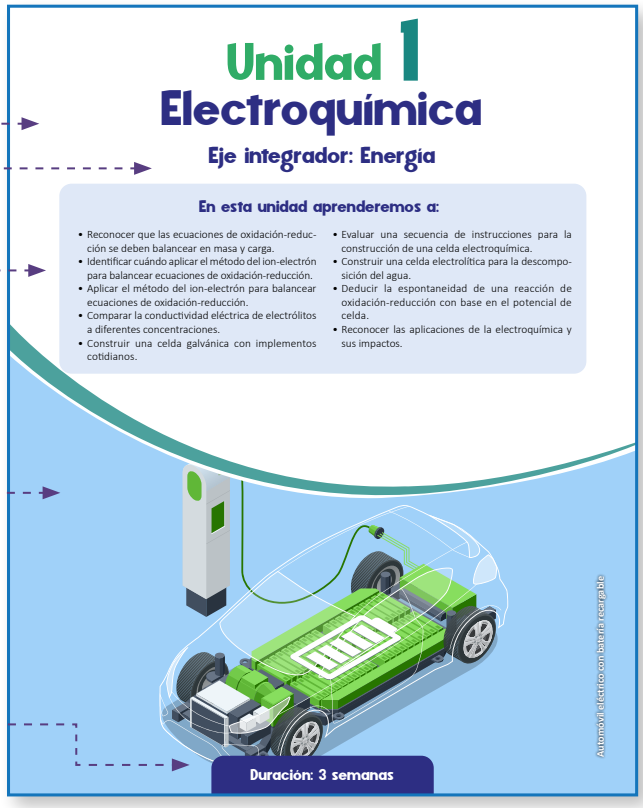
Nombre y número de la unidad.

Perspectiva de las temáticas.

Aprendizajes que alcanzarás al estudiar la unidad.

Imagen alusiva al contenido.

Tiempo estimado que dedicarás a la unidad.

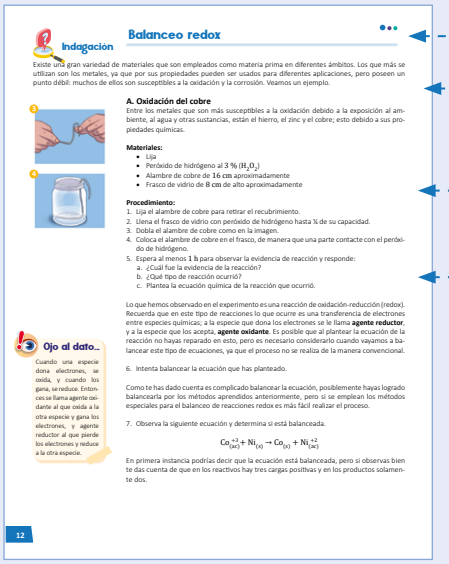


B Secuencia de la semana

Cada unidad se divide en semanas y en cada una transitarás por las siguientes etapas:

1. Indagación

En esta fase aprenderás a cuestionar, recolectar información y explorar tu entorno desde una perspectiva científica. Veamos sus componentes.


Indagación

Balanceo redox

Existe una gran variedad de materiales que son empleados como materia prima en diferentes ámbitos. Los que más se utilizan son los metales, ya que por sus propiedades pueden ser usados para diferentes aplicaciones, pero poseen un punto débil: muchos de ellos son susceptibles a la oxidación y la corrosión. Veamos un ejemplo.

A. Oxidación del cobre

Entre los metales que son más susceptibles a la oxidación debido a la exposición al ambiente, al agua y otras sustancias, están el hierro, el zinc y el cobre; esto debido a sus propiedades químicas.

Materiales:

- Lija
- Peróxido de hidrógeno al 3 % (H_2O_2)
- Alambre de cobre de **16 cm** aproximadamente
- Frasco de vidrio de **8 cm** de alto aproximadamente

Procedimiento:

1. Lija el alambre de cobre para retirar el recubrimiento.
2. Llena el frasco de vidrio con peróxido de hidrógeno hasta ¾ de su capacidad.
3. Dobla el alambre de cobre como en la imagen.
4. Coloca el alambre de cobre en el frasco, de manera que una parte contacte con el peróxido de hidrógeno.
5. Espera al menos **1 h** para observar la evidencia de reacción y responde:
   a. ¿Cuál fue la evidencia de la reacción?
   b. ¿Qué tipo de reacción ocurrió?
   c. Plantea la ecuación química de la reacción que ocurrió.

Lo que hemos observado en el experimento es una reacción de oxidación-reducción (redox). Recuerda que en este tipo de reacciones lo que ocurre es una transferencia de electrones entre especies químicas; a la especie que dona los electrones se le llama **agente reductor**, y a la especie que los acepta, **agente oxidante**. Es posible que al plantear la ecuación de la reacción no hayas reparado en esto, pero es necesario considerarlo cuando vayamos a balancear este tipo de ecuaciones, ya que el proceso no se realiza de la manera convencional.

6. Intenta balancear la ecuación que has planteado.

Como te has dado cuenta es complicado balancear la ecuación, posiblemente hayas logrado balancearla por los métodos aprendidos anteriormente, pero si se emplean los métodos especiales para el balanceo de reacciones redox es más fácil realizar el proceso.

7. Observa la siguiente ecuación y determina si está balanceada.

$$Co^{+3}_{(ac)} + Ni_{(s)} \rightarrow Co_{(s)} + Ni^{+2}_{(ac)}$$

En primera instancia podrías decir que la ecuación está balanceada, pero si observas bien te das cuenta de que en los reactivos hay tres cargas positivas y en los productos solamente dos.

Ojo al dato...

Cuando una especie dona electrones, se oxida, y cuando los gana, se reduce. Entonces se llama agente oxidante al que oxida a la otra especie y gana los electrones, y agente reductor al que pierde los electrones y reduce a la otra especie.

12

Temática principal de la semana.

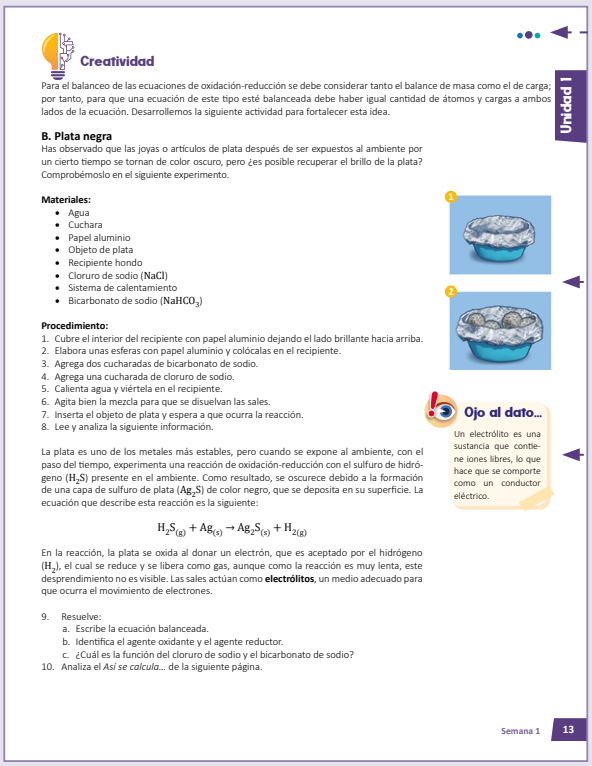
Introducción.

Actividades para desarrollar.

Preguntas a resolver.

2. Creatividad

En esta etapa pondrás a punto tus habilidades científicas y tecnológicas, efectuando prácticas de todo tipo.



Creatividad

Para el balanceo de las ecuaciones de oxidación-reducción se debe considerar tanto el balance de masa como el de carga; por tanto, para que una ecuación de este tipo esté balanceada debe haber igual cantidad de átomos y cargas a ambos lados de la ecuación. Desarrollemos la siguiente actividad para fortalecer esta idea.

Unidad 1

B. Plata negra

Has observado que las joyas o artículos de plata después de ser expuestos al ambiente por un cierto tiempo se tornan de color oscuro, pero ¿es posible recuperar el brillo de la plata? Comprobémoslo en el siguiente experimento.

Materiales:

- Agua
- Cuchara
- Papel aluminio
- Objeto de plata
- Recipiente hondo
- Cloruro de sodio (NaCl)
- Sistema de calentamiento
- Bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$)

Procedimiento:

1. Cubre el interior del recipiente con papel aluminio dejando el lado brillante hacia arriba.
2. Elabora unas esferas con papel aluminio y colócalas en el recipiente.
3. Agrega dos cucharadas de bicarbonato de sodio.
4. Agrega una cucharada de cloruro de sodio.
5. Calienta agua y viértela en el recipiente.
6. Agita bien la mezcla para que se disuelvan las sales.
7. Inserta el objeto de plata y espera a que ocurra la reacción.
8. Lee y analiza la siguiente información.

Ojo al dato...

Un electrólito es una sustancia que contiene iones libres, lo que hace que se comporte como un conductor eléctrico.

La plata es uno de los metales más estables, pero cuando se expone al ambiente, con el paso del tiempo, experimenta una reacción de oxidación-reducción con el sulfuro de hidrógeno (H_2S) presente en el ambiente. Como resultado, se oscurece debido a la formación de una capa de sulfuro de plata (Ag_2S) de color negro, que se deposita en su superficie. La ecuación que describe esta reacción es la siguiente:

$$H_2S_{(g)} + Ag_{(s)} \rightarrow Ag_2S_{(s)} + H_{2(g)}$$

En la reacción, la plata se oxida al donar un electrón, que es aceptado por el hidrógeno (H_2), el cual se reduce y se libera como gas, aunque como la reacción es muy lenta, este desprendimiento no es visible. Las sales actúan como **electrólitos**, un medio adecuado para que ocurra el movimiento de electrones.

9. Resuelve:
   a. Escribe la ecuación balanceada.
   b. Identifica el agente oxidante y el agente reductor.
   c. ¿Cuál es la función del cloruro de sodio y el bicarbonato de sodio?
10. Analiza el *Así se calcula...* de la siguiente página.

Semana 1 13

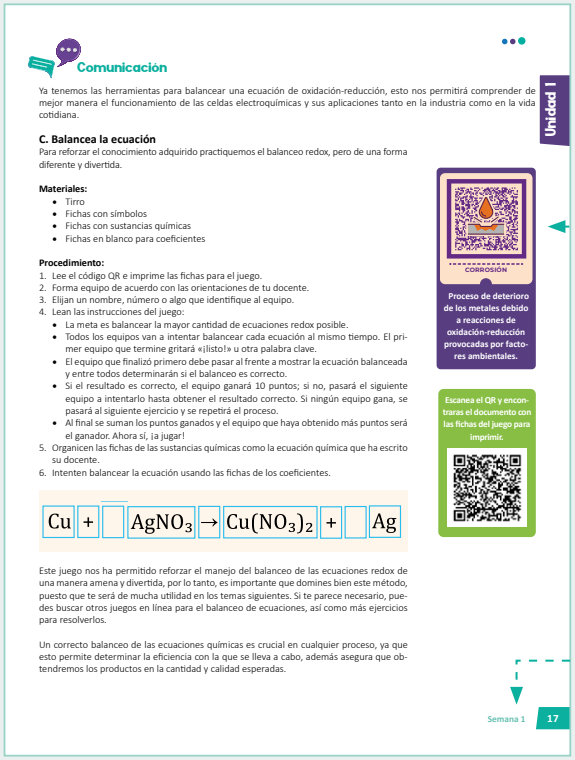
Los círculos de colores te indican en qué clase o momento de la semana te encuentras.

Procedimientos ilustrados. Te ayudarán a seguir los pasos por tu cuenta o con tus compañeros.

Llamados.

3. Comunicación

Al finalizar cada semana, investigarás y compartirás tus resultados y dificultades con tus compañeros.



Comunicación

Ya tenemos las herramientas para balancear una ecuación de oxidación-reducción, esto nos permitirá comprender de mejor manera el funcionamiento de las celdas electroquímicas y sus aplicaciones tanto en la industria como en la vida cotidiana.

Unidad 1

C. Balancea la ecuación

Para reforzar el conocimiento adquirido practiquemos el balanceo redox, pero de una forma diferente y divertida.

Materiales:

- Tirro
- Fichas con símbolos
- Fichas con sustancias químicas
- Fichas en blanco para coeficientes

Procedimiento:

1. Lee el código QR e imprime las fichas para el juego.
2. Forma equipo de acuerdo con las orientaciones de tu docente.
3. Elijan un nombre, número o algo que identifique al equipo.
4. Lean las instrucciones del juego:
   - La meta es balancear la mayor cantidad de ecuaciones redox posible.
   - Todos los equipos van a intentar balancear cada ecuación al mismo tiempo. El primer equipo que termine gritará «¡listo!» u otra palabra clave.
   - El equipo que finalizó primero debe pasar al frente a mostrar la ecuación balanceada y entre todos determinarán si el balanceo es correcto.
   - Si el resultado es correcto, el equipo ganará 10 puntos; si no, pasará el siguiente equipo a intentarlo hasta obtener el resultado correcto. Si ningún equipo gana, se pasará al siguiente ejercicio y se repetirá el proceso.
   - Al final se suman los puntos ganados y el equipo que haya obtenido más puntos será el ganador. Ahora sí, ¡a jugar!
5. Organicen las fichas de las sustancias químicas como la ecuación química que ha escrito su docente.
6. Intenten balancear la ecuación usando las fichas de los coeficientes.

$$Cu + \square\ AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + \square\ Ag$$

Este juego nos ha permitido reforzar el manejo del balanceo de las ecuaciones redox de una manera amena y divertida, por lo tanto, es importante que domines bien este método, puesto que te será de mucha utilidad en los temas siguientes. Si te parece necesario, puedes buscar otros juegos en línea para el balanceo de ecuaciones, así como más ejercicios para resolverlos.

Un correcto balanceo de las ecuaciones químicas es crucial en cualquier proceso, ya que esto permite determinar la eficiencia con la que se lleva a cabo, además asegura que obtendremos los productos en la cantidad y calidad esperadas.

CORROSIÓN

Proceso de deterioro de los metales debido a reacciones de oxidación-reducción provocadas por factores ambientales.

Escanea el QR y encontrarás el documento con las fichas del juego para imprimir.

Semana 1 17

En esta etapa encontrarás información y fuentes relevantes para contrastar tus resultados y conclusiones.

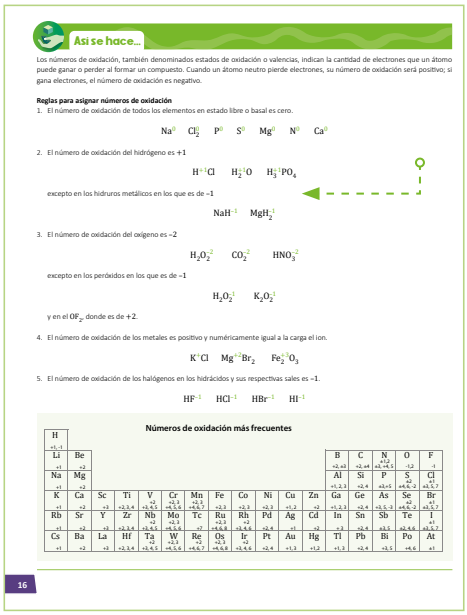
El color del pie de página indica la etapa y la semana en la que te encuentras.

C Secciones especiales

Te proporcionarán un paso a paso de cómo desarrollar por cuenta propia distintos procedimientos de naturaleza científica.

1. Así se hace...

Encontrarás técnicas y estrategias para afrontar situaciones recurrentes que suceden durante las prácticas experimentales.


Así se hace...

Los números de oxidación, también denominados estados de oxidación o valencias, indican la cantidad de electrones que un átomo puede ganar o perder al formar un compuesto. Cuando un átomo neutro pierde electrones, su número de oxidación será positivo; si gana electrones, el número de oxidación es negativo.

Reglas para asignar números de oxidación

1. El número de oxidación de todos los elementos en estado libre o basal es cero.

Na^0 Cl_2^0 P^0 S^0 Mg^0 N^0 Ca^0

2. El número de oxidación del hidrógeno es +1

$H^{+1}Cl$ $H_2^{+1}O$ $H_3^{+1}PO_4$

excepto en los hidruros metálicos en los que es de –1

NaH^{-1} MgH_2^{-1}

3. El número de oxidación del oxígeno es –2

$H_2O_2^{-2}$ CO_2^{-2} HNO_3^{-2}

excepto en los peróxidos en los que es de –1

$H_2O_2^{-1}$ $K_2O_2^{-1}$

y en el OF_2, donde es de +2.

4. El número de oxidación de los metales es positivo y numéricamente igual a la carga el ion.

$K^{+1}Cl$ $Mg^{+2}Br_2$ $Fe_2^{+3}O_3$

5. El número de oxidación de los halógenos en los hidrácidos y sus respectivas sales es –1.

HF^{-1} HCl^{-1} HBr^{-1} HI^{-1}

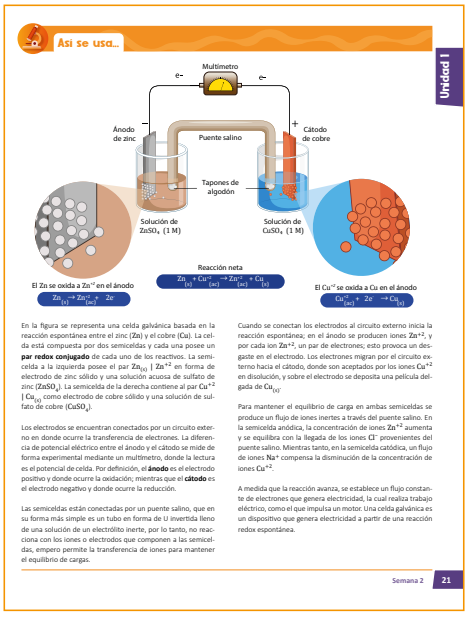
Números de oxidación más frecuentes

H +1, –1																
Li +1	Be +2											B +2, +3	C +2, +4	N +2, +4, +5	O –2	F –1
Na +1	Mg +2											Al +1, 2, 3	Si +2, 4	P +3, +5	S –2, +4, 6, 2	Cl –1, +1, 5, 7
K +1	Ca +2	Sc +3	Ti +2, 3, 4	V +2, +3, +4, 5	Cr +2, 3, +4, 5, 6	Mn +2, 3, +4, 6, 7	Fe +2, 3	Co +2, 3	Ni +2, 3	Cu +1, 2	Zn +2	Ga +1, 2, 3	Ge +2, 4	As +3, 5, 3	Se +2, 4, 6, 2	Br +1, 5, 7
Rb +1	Sr +2	Y +3	Zr +2, 3, 4	Nb +2, +3, +4, 5	Mo +2, +3, +4, 5, 6	Tc +7	Ru +2, 3, +4, 6, 8	Rh +2, +3, +4, 6	Pd +2, +4	Ag +1	Cd +2	In +3	Sn +2, 4	Sb +3, 5	Te +2, 4, 6	I +1, +3, 5, 7
Cs +1	Ba +2	La +3	Hf +2, 3, 4	Ta +2, +3, +4, 5	W +2, 3, +4, 5, 6	Re +2, +4, 6, 7	Os +2, 3, +4, 6, 8	Ir +2, +3, +4, 6	Pt +2, +4	Au +1, 3	Hg +1, 2	Tl +1, 3	Pb +2, 4	Bi +3, 5	Po +4, 6	At +1

16

2. Así se usa...

Presenta distintas estrategias para obtener valores numéricos, emplear herramientas matemáticas o resolver ejercicios y problemas que involucren cálculos.


Así se usa...

Unidad I

Multímetro

Ánodo de zinc

Puente salino

Cátodo de cobre

Tapones de algodón

Solución de $ZnSO_4$ (1 M)

Solución de $CuSO_4$ (1 M)

El Zn se oxida a Zn^{+2} en el ánodo

$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(ac)} + 2e^-$

Reacción neta

$Zn_{(s)} + Cu^{+2}_{(ac)} \rightarrow Zn^{+2}_{(ac)} + Cu_{(s)}$

El Cu^{+2} se oxida a Cu en el ánodo

$Cu^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$

En la figura se representa una celda galvánica basada en la reacción espontánea entre el zinc (Zn) y el cobre (Cu). La celda está compuesta por dos semiceldas y cada una posee un **par redox conjugado** de cada uno de los reactivos. La semicelda a la izquierda posee el par $Zn_{(s)} \mid Zn^{+2}$ en forma de electrodo de zinc sólido y una solución acuosa de sulfato de zinc ($ZnSO_4$). La semicelda de la derecha contiene al par $Cu^{+2} \mid Cu_{(s)}$ como electrodo de cobre sólido y una solución de sulfato de cobre ($CuSO_4$).

Los electrodos se encuentran conectados por un circuito externo en donde ocurre la transferencia de electrones. La diferencia de potencial eléctrico entre el ánodo y el cátodo se mide de forma experimental mediante un multímetro, donde la lectura es el potencial de celda. Por definición, el **ánodo** es el electrodo positivo y donde ocurre la oxidación; mientras que el **cátodo** es el electrodo negativo y donde ocurre la reducción.

Las semiceldas están conectadas por un puente salino, que en su forma más simple es un tubo en forma de U invertida lleno de una solución de un electrólito inerte, por lo tanto, no reacciona con los iones o electrodos que componen a las semiceldas, empero permite la transferencia de iones para mantener el equilibrio de cargas.

Cuando se conectan los electrodos al circuito externo inicia la reacción espontánea; en el ánodo se producen iones Zn^{+2}, y por cada ion Zn^{+2}, un par de electrones; esto provoca un desgaste en el electrodo. Los electrones migran por el circuito externo hacia el cátodo, donde son aceptados por los iones Cu^{+2} en disolución, y sobre el electrodo se deposita una película delgada de $Cu_{(s)}$.

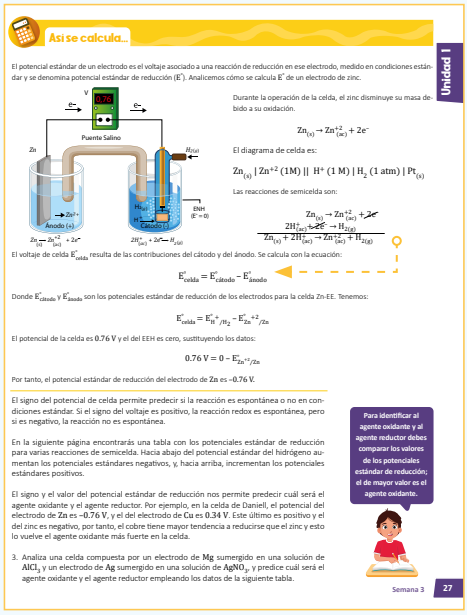
Para mantener el equilibrio de carga en ambas semiceldas se produce un flujo de iones inertes a través del puente salino. En la semicelda anódica, la concentración de iones Zn^{+2} aumenta y se equilibra con la llegada de los iones Cl^- provenientes del puente salino. Mientras tanto, en la semicelda catódica, un flujo de iones Na^+ compensa la disminución de la concentración de iones Ca^{+2}.

A medida que la reacción avanza, se establece un flujo constante de electrones que genera electricidad, la cual realiza trabajo eléctrico, como el que impulsa un motor. Una celda galvánica es un dispositivo que genera electricidad a partir de una reacción redox espontánea.

Semana 2 21

3. Así se calcula...

Explica cómo emplear apropiadamente los dispositivos o ciertas herramientas necesarias para desarrollar una práctica o resolver un problema.


Así se calcula...

Unidad I

El potencial estándar de un electrodo es el voltaje asociado a una reacción de reducción en ese electrodo, medido en condiciones estándar y se denomina potencial estándar de reducción (E°). Analicemos cómo se calcula E° de un electrodo de zinc.

V

Puente Salino

Zn

$H_{2(g)}$

Ánodo (-)

Cátodo (+)

EEH ($E^\circ = 0$)

$Zn^{+2}_{(ac)}$

$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(ac)} + 2e^-$

$2H^+_{(ac)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$

El voltaje de celda E°_{celda} resulta de las contribuciones del cátodo y del ánodo. Se calcula con la ecuación:

$$E^\circ_{celda} = E^\circ_{cátodo} - E^\circ_{ánodo}$$

Donde $E^\circ_{cátodo}$ y $E^\circ_{ánodo}$ son los potenciales estándar de reducción de los electrodos para la celda Zn-EE. Tenemos:

$$E^\circ_{celda} = E^\circ_{H^+/H_2} - E^\circ_{Zn^{+2}/Zn}$$

El potencial de la celda es 0.76 V y el del EEH es cero, sustituyendo los datos:

$$0.76\ V = 0 - E^\circ_{Zn^{+2}/Zn}$$

Por tanto, el potencial estándar de reducción del electrodo de Zn es –0.76 V.

El signo del potencial de celda permite predecir si la reacción es espontánea o no en condiciones estándar. Si el signo del voltaje es positivo, la reacción redox es espontánea, pero si es negativo, la reacción no es espontánea.

En la siguiente página encontrarás una tabla con los potenciales estándar de reducción para varias reacciones de semicelda. Hacia abajo del potencial estándar del hidrógeno aumentan los potenciales estándares negativos, y, hacia arriba, incrementan los potenciales estándares positivos.

El signo y el valor del potencial estándar de reducción nos permite predecir cuál será el agente oxidante y el agente reductor. Por ejemplo, en la celda de Daniell, el potencial del electrodo de Zn es –0.76 V, y el del electrodo de Cu es 0.34 V. Este último es positivo y el del zinc es negativo, por tanto, el cobre tiene mayor tendencia a reducirse que el zinc y esto lo vuelve el agente oxidante más fuerte en la celda.

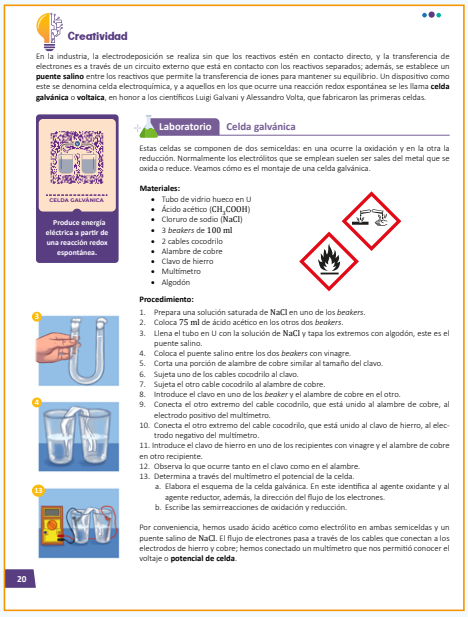
3. Analiza una celda compuesta por un electrodo de Mg sumergido en una solución de $AlCl_3$ y un electrodo de Ag sumergido en una solución de $AgNO_3$, y predice cuál será el agente oxidante y el agente reductor empleando los datos de la siguiente tabla.

Para identificar al agente oxidante y al agente reductor debes comparar los valores de los potenciales estándar de reducción; el de mayor valor es el agente oxidante.

Semana 3 27

4. Laboratorio

Aparece una vez por unidad, es un proceso experimental donde se utilizan instrumentos de laboratorio, además contiene señales de seguridad que debes considerar durante el desarrollo de la práctica de laboratorio.


Creatividad

En la industria, la electrodeposición se realiza sin que los reactivos estén en contacto directo, y la transferencia de electrones es a través de un circuito externo que está en contacto con los reactivos separados; además, se establece un **puente salino** entre los reactivos que permite la transferencia de iones para mantener su equilibrio. Un dispositivo como este se denomina celda electroquímica, y a aquellos en los que ocurre una reacción redox espontánea se les llama **celda galvánica** o **voltaica**, en honor a los científicos Luigi Galvani y Alessandro Volta, que fabricaron las primeras celdas.

CELDA GALVÁNICA

Produce energía eléctrica a partir de una reacción redox espontánea.

Laboratorio Celda galvánica

Estas celdas se componen de dos semiceldas: en una ocurre la oxidación y en la otra la reducción. Normalmente los electrólitos que se emplean suelen ser sales del metal que se oxida o reduce. Veamos cómo es el montaje de una celda galvánica.

Materiales:

- Tubo de vidrio hueco en U
- Ácido acético (CH_3COOH)
- Cloruro de sodio ($NaCl$)
- 3 *beakers* de 100 ml
- 2 cables cocodrilo
- Alambre de cobre
- Clavo de hierro
- Multímetro
- Algodón

Procedimiento:

1. Prepara una solución saturada de $NaCl$ en uno de los *beakers*.
2. Coloca 75 ml de ácido acético en los otros dos *beakers*.
3. Llena el tubo en U con la solución de $NaCl$ y tapa los extremos con algodón, este es el puente salino.
4. Coloca el puente salino entre los dos *beakers* con vinagre.
5. Corta una porción de alambre de cobre similar al tamaño del clavo.
6. Sujeta uno de los cables cocodrilo al clavo.
7. Sujeta el otro cable cocodrilo al alambre de cobre.
8. Introduce el clavo en uno de los *beaker* y el alambre de cobre en el otro.
9. Conecta el otro extremo del cable cocodrilo, que está unido al alambre de cobre, al electrodo positivo del multímetro.
10. Conecta el otro extremo del cable cocodrilo, que está unido al clavo de hierro, al electrodo negativo del multímetro.
11. Introduce el clavo de hierro en uno de los recipientes con vinagre y el alambre de cobre en otro recipiente.
12. Observa lo que ocurre tanto en el clavo como en el alambre.
13. Determina a través del multímetro el potencial de la celda.
    a. Elabora el esquema de la celda galvánica. En este identifica al agente oxidante y al agente reductor, además, la dirección del flujo de los electrones.
    b. Escribe las semireacciones de oxidación y reducción.

Por conveniencia, hemos usado ácido acético como electrólito en ambas semiceldas y un puente salino de $NaCl$. El flujo de electrones pasa a través de los cables que conectan a los electrodos de hierro y cobre; hemos conectado un multímetro que nos permitió conocer el voltaje o **potencial de celda**.

20

5. Llamados

Te proporcionarán información relevante sobre las características de los fenómenos naturales estudiados, términos, cifras, notación y dónde compartir tus logros.

D Recursos tecnológicos

A lo largo del libro encontrarás elementos interactivos que puedes explorar utilizando dispositivos móviles. Estos te brindan acceso a recursos adicionales que pueden ayudarte a comprender mejor las temáticas presentadas.

1. Códigos QR

Están en blanco y negro. Tienen forma rectangular y tres cuadrados en las esquinas.

Para acceder a su información, es necesario escanearlos con un dispositivo móvil.

Puedes encontrar contenido en diversos formatos, como audio, video, *software* de aplicación o sitios web.

2. Realidad Aumentada (RA)

Recurso que combina elementos virtuales con el mundo físico. Te permitirá interactuar con los fenómenos y objetos estudiados para mejorar tu experiencia.

Son tarjetas a color, con un código QR de fondo y un ícono al centro.

Nombre del elemento.

Descripción del elemento.

Para comenzar a usar la RA, primero necesitas descargar e instalar la aplicación «Ciencia Educativa» desde la tienda de tu dispositivo.

Luego, debes acceder a la aplicación, escanear la tarjeta ¡y listo!

Toma en cuenta que si retiras el dispositivo dejarás de ver el elemento.

E Cierre de unidad

Consolida tus aprendizajes y conoce las aplicaciones del contenido científico de cada unidad

1. Resumen

Repasarás los conceptos, leyes y teorías más relevantes que se abordaron durante la unidad. Además, tendrás la oportunidad de fortalecer tu vocabulario científico junto a Nico.

Resumen

A nuestro alrededor ocurren una inmensidad de reacciones químicas, unas de las más frecuentes son las reacciones de oxidación-reducción. Uno de los aspectos más importantes acerca de las reacciones químicas es el balance de masa, pero en el caso de las reacciones redox, además es importante el balance de carga, ya que este tipo de reacciones involucra la transferencia de electrones; por tanto, debe haber la misma cantidad de cargas tanto en los reactivos como en los productos.

Ya estamos familiarizados con las reacciones redox más comunes en la naturaleza, como la oxidación de los metales o de los alimentos. Estas reacciones también son muy importantes para los organismos vivos, por ejemplo, en la respiración, donde el oxígeno oxida a la glucosa, es decir que se basa en un proceso de oxidación-reducción.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + ATP$$

Por otra parte, hemos estudiado procesos redox que se llevan a cabo en celdas electroquímicas, de las que existen dos tipos: las celdas galvánicas o voltaicas y las celdas electrolíticas. Ambas están formadas por los mismos elementos: dos semiceldas conectadas por un puente salino que contiene un electrólito —el cual permite la transferencia de iones entre ambas semiceldas—, un electrodo positivo (ánodo) —que es donde ocurre la oxidación— y un electrodo negativo (cátodo), que es donde ocurre la reducción. Los electrodos se encuentran conectados por un circuito externo donde ocurre la transferencia de electrones.

Las semiceldas contienen soluciones de electrólitos, y generalmente están compuestas por sales del ion metálico correspondiente al electrodo.

En una celda galvánica tiene lugar una reacción redox espontánea que genera energía eléctrica, la cual se utiliza para realizar un trabajo.

Mientras que, en una celda electrolítica, se fuerza la ocurrencia de una reacción redox por medio de la aplicación de una corriente continua externa, lo que provoca el proceso de electrólisis.

Cátodo Celda galvánica Cátodo Celda electrolítica

Entre las semiceldas se establece un potencial, este es el potencial de celda, que depende de la temperatura de operación, de la naturaleza de los electrodos, de los iones y de sus concentraciones.

El potencial estándar de los electrodos se ha calculado en función del electrodo estándar de hidrógeno, cuyo potencial, por conveniencia, se ha establecido en cero. Los potenciales estándar positivos se encuentran por encima del hidrógeno; los negativos están por debajo. Cuanto más positivo es el valor del potencial, mayor es la tendencia de la sustancia a reducirse.

El empleo de las celdas electroquímicas para almacenamiento y transferencia de energía es una herramienta esencial para el funcionamiento de una gran cantidad de dispositivos electrónicos. Este es un tipo de energía limpia y eficiente, su inconveniente es la generación de residuos tóxicos, pero con el tratamiento adecuado estos pueden reutilizarse. De forma general, son más las ventajas que las desventajas del uso de las celdas electroquímicas.

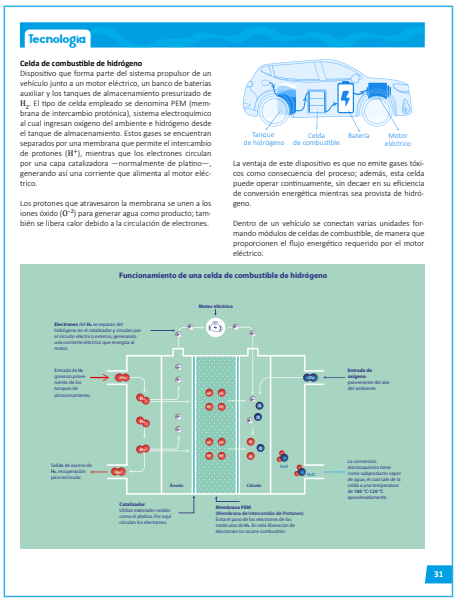
Busca las siguientes palabras dentro del texto y aprende su significado.

- Celda galvánica
- Celda electrolítica
- Electrólito
- Ánodo
- Puente salino
- Cátodo

30

2. Tecnología

Encontrarás los avances y ámbitos de aplicación del conocimiento científico estudiado en cada unidad. Además, conocerás casos de salvadoreños destacados en estos ámbitos.


Tecnología

Celda de combustible de hidrógeno

Dispositivo que forma parte del sistema propulsor de un vehículo junto a un motor eléctrico, un banco de baterías auxiliar y los tanques de almacenamiento presurizado de H_2. El tipo de celda empleado se denomina PEM (membrana de intercambio protónica), sistema electroquímico al cual ingresan oxígeno del ambiente e hidrógeno desde el tanque de almacenamiento. Estos gases se encuentran separados por una membrana que permite el intercambio de protones (H^+), mientras que los electrones circulan por una capa catalizadora —normalmente de platino—, generando así una corriente que alimenta al motor eléctrico.

Los protones que atravesaron la membrana se unen a los iones oxido (O^{-2}) para generar agua como producto; también se libera calor debido a la circulación de electrones.

Tanque de hidrógeno Celda de combustible Batería Motor eléctrico

La ventaja de este dispositivo es que no emite gases tóxicos como consecuencia del proceso; además, esta celda puede operar continuamente, sin decaer en su eficiencia de conversión energética mientras sea provista de hidrógeno.

Dentro de un vehículo se conectan varias unidades formando módulos de celdas de combustible, de manera que proporcionen el flujo energético requerido por el motor eléctrico.

Funcionamiento de una celda de combustible de hidrógeno

31

3. Quiero ser...

Si estás interesado en adentrarte en el quehacer científico o tecnológico, en esta sección encontrarás opciones de estudio para que puedas convertirte en todo un profesional en la materia.

Tecnología

El 5G es la quinta generación de redes móviles que promete una mayor velocidad, menor latencia y mayor capacidad de conexión diseñadas para soportar no solo una navegación más rápida.

Internet de las cosas (IoT). Conexión de millones de dispositivos, desde electrodomésticos hasta autos y sensores industriales.

Realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR). Con baja latencia y transmisión rápida de datos, el 5G permitirá experiencias inmersivas en tiempo real.

Automóviles autónomos. La comunicación casi instantánea entre vehículos y su entorno es crucial para la conducción autónoma segura.

Telemedicina. Transmisión de datos médicos y ejecución de cirugías remotas con alta precisión.

El 5G se basa en tres bandas de frecuencia diferentes:

Banda baja. Cobertura amplia, pero velocidades más bajas (similar al 4G).

Banda media. Compromiso entre velocidad y cobertura, alcanzando velocidades de hasta 1 Gbps.

Banda alta (mmWave). Velocidades superiores a 10 Gbps, pero con un alcance más corto y mayor susceptibilidad a obstrucciones.

El 6G es el siguiente paso en la evolución de las redes móviles se prevé que traiga mejoras significativas

Velocidades de hasta 100 veces más rápidas que el 5G..

Latencia muy baja (μs): transmisión instantánea.

Inteligencia artificial (IA) en la propia infraestructura.

Comunicación entre dispositivos más eficiente.

Internet táctil: telepresencia (interacción a distancia).

Transmisión de hologramas en tiempo real.

Quiero ser...

Carrera: Ingeniería Eléctrica

Duración: 5 años/10 ciclos

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes convertirte en un profesional en la materia.

Descripción. La ingeniería Eléctrica hace énfasis en la ejecución de proyectos eléctricos, así como tener la capacidad de garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad y estándares de las instalaciones eléctricas, como también la evaluación de factores de riesgos. Además, desarrolla las habilidades de investigación y análisis para ser utilizados dentro del ámbito laboral y personal. La Ingeniería Eléctrica ofrece las bases para desempeñarse en la investigación y desarrollo, aplicación de conocimiento científico y docencia en distintas áreas, como las siguientes:

- Industria de mediana y gran escala
- Investigación y desarrollo
- Servicios de ingeniería
- Telecomunicaciones
- Sector construcción
- Diseñador y ejecutor de proyectos constructivos
- Generación y de transmisión eléctrica
- Hidráulica

Bachilleratos sugeridos: General, Mecánica General, Electricidad y Electrónica

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

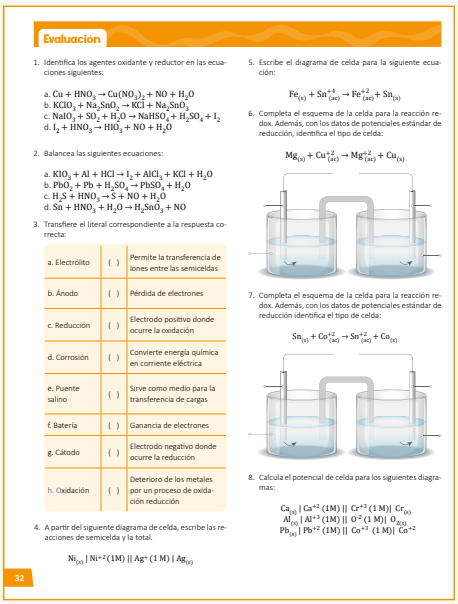
Conocimientos generales: Biología, Física, Matemática, Química, Tecnología, Inglés

Habilidades: Pensamiento crítico, Investigación, Creatividad, Comunicación, Resolución de problemas, Capacidad de cálculo, Abstracción y lógica

53

4. Evaluación

Encontrarás preguntas, ejercicios y otras actividades que pondrán a prueba tus conocimientos.


Evaluación

1. Identifica los agentes oxidante y reductor en las ecuaciones siguientes:

a. $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$
b. $KClO_3 + Na_2SnO_2 \rightarrow KCl + Na_2SnO_3$
c. $NaIO_3 + SO_2 + H_2O \rightarrow NaHSO_4 + H_2SO_4 + I_2$
d. $I_2 + HNO_3 \rightarrow HIO_3 + NO + H_2O$

2. Balancea las siguientes ecuaciones:

a. $KIO_3 + Al + HCl \rightarrow I_2 + AlCl_3 + KCl + H_2O$
b. $PbO_2 + Pb + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + H_2O$
c. $H_2S + HNO_3 \rightarrow S + NO + H_2O$
d. $Sn + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_2SnO_3 + NO$

3. Transfiere el literal correspondiente a la respuesta correcta:

a. Electrólito	( )	Permite la transferencia de iones entre las semiceldas
b. Ánodo	( )	Pérdida de electrones
c. Reducción	( )	Electrodo positivo donde ocurre la oxidación
d. Corrosión	( )	Convierte energía química en corriente eléctrica
e. Puente salino	( )	Sirve como medio para la transferencia de cargas
f. Batería	( )	Ganancia de electrones
g. Cátodo	( )	Electrodo negativo donde ocurre la reducción
h. Oxidación	( )	Deterioro de los metales por un proceso de oxidación reducción

4. A partir del siguiente diagrama de celda, escribe las reacciones de semicelda y la total.

$Ni_{(s)} \mid Ni^{+2}\,(1M) \parallel Ag^{+}\,(1\,M) \mid Ag_{(s)}$

5. Escribe el diagrama de celda para la siguiente ecuación:

$Fe_{(s)} + Sn^{+4}_{(ac)} \rightarrow Fe^{+2}_{(ac)} + Sn_{(s)}$

6. Completa el esquema de la celda para la reacción redox. Además, con los datos de potenciales estándar de reducción, identifica el tipo de celda:

$Mg_{(s)} + Cu^{+2}_{(ac)} \rightarrow Mg^{+2}_{(ac)} + Cu_{(s)}$

7. Completa el esquema de la celda para la reacción redox. Además, con los datos de potenciales estándar de reducción identifica el tipo de celda:

$Sn_{(s)} + Co^{+2}_{(ac)} \rightarrow Sn^{+2}_{(ac)} + Co_{(s)}$

8. Calcula el potencial de celda para los siguientes diagramas:

$Ca_{(s)} \mid Ca^{+2}\,(1M) \parallel Cr^{+3}\,(1\,M) \mid Cr_{(s)}$
$Al_{(s)} \mid Al^{+3}\,(1M) \parallel O^{-2}\,(1\,M) \mid O_{2(s)}$
$Pb_{(s)} \mid Pb^{+2}\,(1M) \parallel Co^{+2}\,(1\,M) \mid Co^{+2}$

32

F Nuevos amigos

Toda aventura requiere de grandes compañeros.

Irene

Le encanta explorar el campo y realizar experimentos científicos. Además, es buena deportista. Te dará consejos de seguridad y te ayudará a preparar tus actividades.

Lisa

Le fascinan los *gadgets* y los postres. Está a la vanguardia del desarrollo tecnológico. Te ayudará a reconocer formas para aplicar tu nuevo conocimiento.

Luis

Acostumbra a preguntar acerca de todo lo que le parece interesante. Es muy creativo y dinámico. Te ayudará a construir dispositivos y adaptar experimentos.

Carlos

Sus pasatiempos son la lectura y las películas de ciencia ficción. Le va genial en informática. Te ayudará a llevar tus registros, las notaciones y a manejar los posibles errores.

Nico

Robot autónomo programable para distintas tareas. Tiene acceso inalámbrico a las bibliotecas y museos de todo el mundo. Te ayudará con diversos datos de interés.

Salti

Una araña saltadora, con increíbles habilidades. Te acompañará a conocer la vida silvestre. Además, ¿no es adorable?

Índice

Unidad 1. Electroquímica		11
Semana 1:	Balanceo redox	12
Semana 2:	Electrólitos y celdas galvánicas	18
Semana 3:	Celdas electrolíticas y potenciales redox	24
Cierre de unidad		30

Unidad 2. Electromagnetismo		33
Semana 4:	Introducción a las ecuaciones de Maxwell	34
Semana 5:	Ondas electromagnéticas	40
Semana 6:	Telecomunicaciones	46
Cierre de unidad		52

Unidad 3. Óptica		55
Semana 7:	Naturaleza ondulatoria de la luz	56
Semana 8:	Teoría corpuscular de la luz	62
Semana 9:	Óptica geométrica	68
Semana 10:	Lentes	74
Cierre de unidad		82

Unidad 4. Introducción a la química orgánica		87
Semana 11:	Compuestos orgánicos	88
Semana 12:	Alcanos	95
Semana 13:	Alquenos	102
Semana 14:	Alquinos	108
Cierre de unidad		114

Unidad 5. Compuestos orgánicos		119
Semana 15:	Hidrocarburos aromáticos	120
Semana 16:	Alcoholes, fenoles y éteres	127
Semana 17:	Aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos	134
Semana 18:	Compuestos con S, N y halógenos	141
Semana 19:	Estereoquímica	148
Cierre de unidad		154

Unidad 6. Biomoléculas		159
Semana 20:	Carbohidratos	160
Semana 21:	Lípidos	167
Semana 22:	Proteínas	173
Semana 23:	Ácidos nucleicos	179
Cierre de unidad		185

Unidad 7. Biología celular		189
Semana 24:	Alimentación e información de las células	190
Semana 25:	Energía biológicamente útil	196
Semana 26:	Enzimas y metabolismo	202
Semana 27:	Respiración celular	209
Semana 28:	Fotosíntesis	215
Cierre de unidad		221

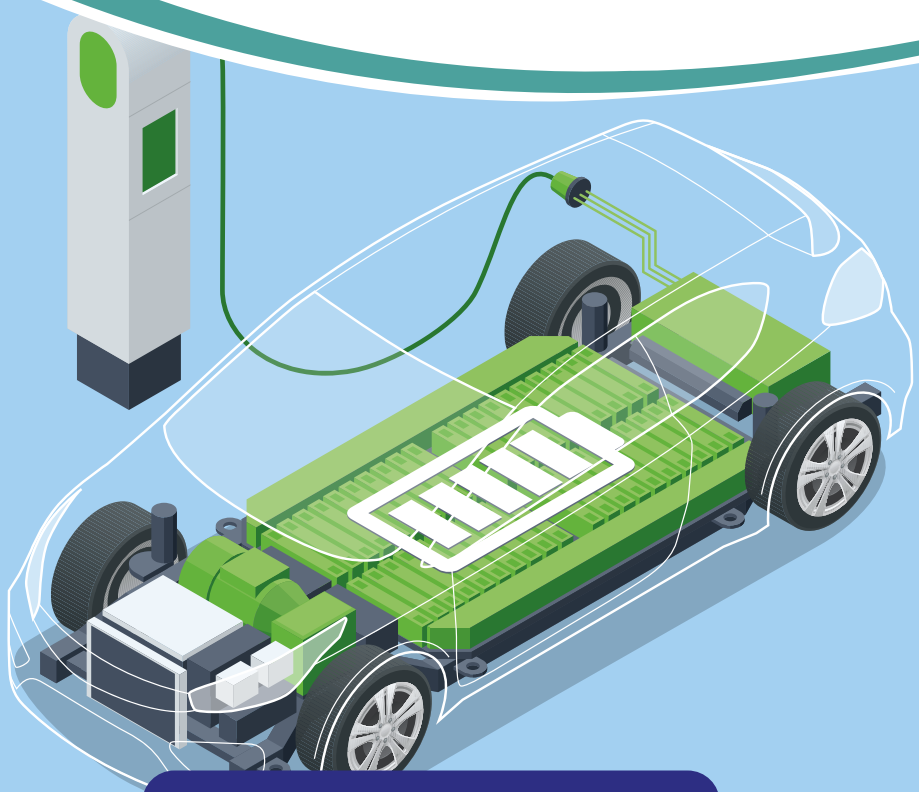
Unidad 8. Anatomía y fisiología humana		227
Semana 29:	Sistema nervioso	228
Semana 30:	Sistemas sensoriales	234
Semana 31:	Respuesta endócrina	240
Semana 32:	Sistema inmunitario	246
Cierre de unidad		252

Unidad 1
Electroquímica

Eje integrador: energía

En esta unidad aprenderemos a:

- Reconocer que las ecuaciones de oxidación-reducción se deben balancear en masa y carga.
- Identificar cuándo aplicar el método del ion-electrón para balancear ecuaciones de oxidación-reducción.
- Aplicar el método del ion-electrón para balancear ecuaciones de oxidación-reducción.
- Comparar la conductividad eléctrica de electrólitos a diferentes concentraciones.
- Construir una celda galvánica con implementos cotidianos.
- Evaluar una secuencia de instrucciones para la construcción de una celda electroquímica.
- Construir una celda electrolítica para la descomposición del agua.
- Deducir la espontaneidad de una reacción de oxidación-reducción con base en el potencial de celda.
- Reconocer las aplicaciones de la electroquímica y sus impactos.



Automóvil eléctrico con batería recargable

Duración: 3 semanas

Balanceo redox

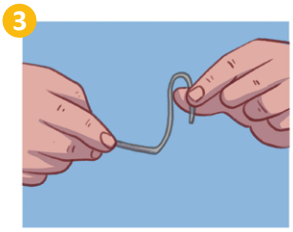
Indagación

Existe una gran variedad de materiales que son empleados como materia prima en diferentes ámbitos. Los que más se utilizan son los metales, ya que por sus propiedades pueden ser usados para diferentes aplicaciones, pero poseen un punto débil: muchos de ellos son susceptibles a la oxidación y la corrosión. Veamos un ejemplo.

A. Oxidación del cobre

Entre los metales que son más susceptibles a la oxidación debido a la exposición al ambiente, al agua y otras sustancias, están el hierro, el zinc y el cobre; esto debido a sus propiedades químicas.

3



4

Materiales:

- Lija
- Peróxido de hidrógeno al $3\ \%$ (H_2O_2)
- Alambre de cobre de $16\ cm$ aproximadamente
- Frasco de vidrio de $8\ cm$ de alto aproximadamente

Procedimiento:

1. Lija el alambre de cobre para retirar el recubrimiento.
2. Llena el frasco de vidrio con peróxido de hidrógeno hasta ¼ de su capacidad.
3. Dobla el alambre de cobre como en la imagen.
4. Coloca el alambre de cobre en el frasco, de manera que una parte contacte con el peróxido de hidrógeno.
5. Espera al menos $1\ h$ para observar la evidencia de reacción y responde:
   a. ¿Cuál fue la evidencia de la reacción?
   b. ¿Qué tipo de reacción ocurrió?
   c. Plantea la ecuación química de la reacción que ocurrió.

Lo que hemos observado en el experimento es una reacción de oxidación-reducción (redox). Recuerda que en este tipo de reacciones lo que ocurre es una transferencia de electrones entre especies químicas; a la especie que dona los electrones se le llama **agente reductor**, y a la especie que los acepta, **agente oxidante**. Es posible que al plantear la ecuación de la reacción no hayas reparado en esto, pero es necesario considerarlo cuando vayamos a balancear este tipo de ecuaciones, ya que el proceso no se realiza de la manera convencional.

Ojo al dato...

Cuando una especie dona electrones, se oxida, y cuando los gana, se reduce. Entonces se llama agente oxidante al que oxida a la otra especie y gana los electrones, y agente reductor al que pierde los electrones y reduce a la otra especie.

6. Intenta balancear la ecuación que has planteado.

Como te has dado cuenta es complicado balancear la ecuación, posiblemente hayas logrado balancearla por los métodos aprendidos anteriormente, pero si se emplean los métodos especiales para el balanceo de reacciones redox es más fácil realizar el proceso.

7. Observa la siguiente ecuación y determina si está balanceada.

$$Co^{+3}_{(ac)} + Ni_{(s)} \rightarrow Co_{(s)} + Ni^{+2}_{(ac)}$$

En primera instancia podrías decir que la ecuación está balanceada, pero si observas bien te das cuenta de que en los reactivos hay tres cargas positivas y en los productos solamente dos.

Creatividad

Para el balanceo de las ecuaciones de oxidación-reducción se debe considerar tanto el balance de masa como el de carga; por tanto, para que una ecuación de este tipo esté balanceada debe haber igual cantidad de átomos y cargas a ambos lados de la ecuación. Desarrollemos la siguiente actividad para fortalecer esta idea.

B. Plata negra

Has observado que las joyas o artículos de plata después de ser expuestos al ambiente por un cierto tiempo se tornan de color oscuro, pero ¿es posible recuperar el brillo de la plata? Comprobémoslo en el siguiente experimento.

Materiales:

- Agua
- Cuchara
- Papel aluminio
- Objeto de plata
- Recipiente hondo
- Cloruro de sodio ($NaCl$)
- Sistema de calentamiento
- Bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$)

Procedimiento:

1. Cubre el interior del recipiente con papel aluminio dejando el lado brillante hacia arriba.
2. Elabora unas esferas con papel aluminio y colócalas en el recipiente.
3. Agrega dos cucharadas de bicarbonato de sodio.
4. Agrega una cucharada de cloruro de sodio.
5. Calienta agua y viértela en el recipiente.
6. Agita bien la mezcla para que se disuelvan las sales.
7. Inserta el objeto de plata y espera a que ocurra la reacción.
8. Lee y analiza la siguiente información.

La plata es uno de los metales más estables, pero cuando se expone al ambiente, con el paso del tiempo, experimenta una reacción de oxidación-reducción con el sulfuro de hidrógeno (H_2S) presente en el ambiente. Como resultado, se oscurece debido a la formación de una capa de sulfuro de plata (Ag_2S) de color negro, que se deposita en su superficie. La ecuación que describe esta reacción es la siguiente:

$$H_2S_{(g)} + Ag_{(s)} \rightarrow Ag_2S_{(s)} + H_{2(g)}$$

En la reacción, la plata se oxida al donar un electrón, que es aceptado por el hidrógeno (H_2), el cual se reduce y se libera como gas, aunque como la reacción es muy lenta, este desprendimiento no es visible. Las sales actúan como **electrólitos**, un medio adecuado para que ocurra el movimiento de electrones.

Ojo al dato...

Un electrólito es una sustancia que contiene iones libres, lo que hace que se comporte como un conductor eléctrico.

9. Resuelve:
   a. Escribe la ecuación balanceada.
   b. Identifica el agente oxidante y el agente reductor.
   c. ¿Cuál es la función del cloruro de sodio y el bicarbonato de sodio?
10. Analiza el *Así se calcula...* de la siguiente página.

Así se calcula...

Balanceo de ecuaciones de oxidación-reducción por el método del ion-electrón

Supongamos que se nos pide balancear la ecuación de la reacción entre el sulfuro de zinc (ZnS) y el ácido nítrico (HNO_3).

$$ZnS_{(s)} + HNO_{3(ac)} \rightarrow NO_{(g)} + ZnSO_{4(ac)} + H_2O_{(l)}$$

Para balancear la ecuación se siguen estos pasos:

1. Se escribe la ecuación no balanceada indicando los números de oxidación para cada átomo.

$$Zn^{+2}\,S^{-2} + H^{+}\,N^{+5}O_3^{-2} \rightarrow N^{+2}O^{-2} + Zn^{+2}S^{+6}O_4^{-2} + H_2^{+}O^{-2}$$

   Revisa la sección *Así se hace...* para conocer las reglas que establecen los números de oxidación.

2. Se identifican las especies que se están oxidando y reduciendo.

$$Zn^{+2}\,S^{-2} + H^{+}\,N^{+5}O_3^{-2} \rightarrow N^{+2}O^{-2} + Zn^{+2}S^{+6}O_4^{-2} + H_2^{+}O^{-2}$$

   El azufre tenía una carga de -2 y ha pasado a una carga de $+6$, por lo que se ha oxidado, perdiendo $8e^-$; el nitrógeno que tenía una carga de $+5$ y ha pasado a una carga de $+2$, se ha reducido, ganando $3e^-$.

3. Se escriben las semirreacciones de oxidación y reducción.

$$N^{+5} \rightarrow N^{+2} \quad \text{(Reducción)}$$
$$S^{-2} \rightarrow S^{+6} \quad \text{(Oxidación)}$$

4. Se balancean tanto las cargas eléctricas como la cantidad de átomos en cada semirreacción. Para balancear las cargas deben añadirse electrones a un lado de cada semirreacción.

$$N^{+5} + 3e^- \rightarrow N^{+2}$$
$$S^{-2} \rightarrow S^{+6} + 8e^-$$

   En este caso, los átomos se encuentran balanceados. En la semirreacción de reducción se tenían 5 cargas positivas en los reactivos y 2 cargas positivas en los productos; se agregan 3 cargas negativas en los reactivos para que queden 2 positivas a ambos lados. Para la semirreacción de oxidación se agregan 8 electrones en los productos para obtener 2 cargas negativas en los reactivos. Observa que al agregarse electrones no se busca que las cargas queden en cero, sino que quede la misma cantidad de cargas, ya sean positivas o negativas, a ambos lados de la ecuación.

5. Se suman las semirreacciones y se eliminan los electrones.

$$\begin{array}{r} 8(N^{+5} + 3e^- \rightarrow N^{+2}) \\ 3(S^{-2} \rightarrow S^{+6} + 8e^-) \\ \hline 8N^{+5} + \cancel{24e^-} \rightarrow 8N^{+2} \\ 3S^{-2} \rightarrow 3S^{+6} + \cancel{24e^-} \\ \hline 8N^{+5} + 3S^{-2} \rightarrow 8N^{+2} + 3S^{+6} \end{array}$$

   Se busca que haya la misma cantidad de electrones en ambas ecuaciones para poder eliminarlos, para esto multiplicamos las ecuaciones por la cantidad de electrones que hay en la otra.

6. Se asignan los coeficientes resultantes en la reacción global y se balancea el resto de los elementos, dejando al final el hidrógeno y oxígeno con la molécula de agua.

$$3ZnS_s + 8HNO_{3(ac)} \rightarrow 8NO_{(g)} + 3ZnSO_{4(ac)} + 4H_2O_{(l)}$$

Ahora balanceemos esta otra ecuación:

$$H_2S_{(g)} + KMnO_{4(ac)} + HCl_{(ac)} \rightarrow KCl_{(ac)} + MnCl_{2(ac)} + S_{(s)} + H_{2(g)}$$

1. Indicamos los números de oxidación.

$$H_2^{+}S^{-2} + K^{+}Mn^{+7}O_4^{-2} + H^{+}Cl^{-} \rightarrow K^{+}Cl^{-} + Mn^{+2}Cl_2^{-} + S^{0} + H_2^{+}O^{-2}$$

2. Identificamos el agente oxidante y el agente reductor.

$$H_2^{+}S^{-2} + K^{+}Mn^{+7}O_4^{-2} + H^{+}Cl^{-} \rightarrow K^{+}Cl^{-} + Mn^{+2}Cl_2^{-} + S^{0} + H_2^{+}O^{-2}$$

3. Se escriben las semirreacciones.

$$Mn^{+7} \rightarrow Mn^{+2} \quad \text{(Reducción)}$$
$$S^{-2} \rightarrow S^{0} \quad \text{(Oxidación)}$$

4. Se balancean las semirreacciones.

$$Mn^{+7} + 5e^{-} \rightarrow Mn^{+2}$$
$$S^{-2} \rightarrow S^{0} + 2e^{-}$$

5. Se suman las semirreacciones y se eliminan los electrones.

$$2(Mn^{+7} + 5e^{-} \rightarrow Mn^{+2})$$
$$5(S^{-2} \rightarrow S^{0} + 2e^{-})$$
$$2Mn^{+7} + \cancel{10e^{-}} \rightarrow 2Mn^{+2}$$
$$5S^{-2} \rightarrow 5S^{0} + \cancel{10e^{-}}$$
$$2Mn^{+7} + 5S^{-2} \rightarrow 2Mn^{+2} + 5S^{0}$$

6. Se asignan los coeficientes y se balancea el resto de los elementos.

$$5H_2S_{(g)} + 2KMnO_{4(ac)} + 6HCl_{(ac)} \rightarrow 2KCl_{(ac)} + 2MnCl_{2(ac)} + 5S_{(s)} + 8H_2O_{(l)}$$

11. Vuelve a balancear la ecuación de la reacción entre la plata y el aluminio usando el método del ion-electrón.
12. Balancea las siguientes ecuaciones.

a. $Sb_{(s)} + HNO_{3(ac)} \rightarrow NO_{(g)} + Sb_2O_{5(ac)} + H_2O_{(l)}$
b. $Cr_2O_{3(s)} + Na_2CO_{3(ac)} + KNO_{3(ac)} \rightarrow Na_2CrO_{4(ac)} + KNO_{2(ac)} + CO_{2(g)}$
c. $S_{(s)} + NaOH_{(ac)} \rightarrow Na_2S_{2(s)} + Na_2S_2O_{3(ac)} + H_2O_{(l)}$
d. $NH_{3(g)} + KMnO_{4(ac)} \rightarrow KNO_{3(ac)} + MnO_{2(s)} + KOH_{(ac)} + H_2O$
e. $K_2Cr_2O_{7(ac)} + H_2S_{(g)} + HCl_{(ac)} \rightarrow S_{(s)} + KCl_{(ac)} + H_2O_{(l)} + CrCl_{3(ac)}$

Las reacciones de oxidación-reducción tienen una gran variedad de aplicaciones, como generación de electricidad, purificación de sustancias, recubrimiento de objetos, obtención y refinamiento de metales; además son reacciones químicas muy comunes, puesto que forman parte de muchos procesos naturales como la fotosíntesis, la respiración, la fermentación y la descomposición de algunos alimentos, un correcto balanceo de estas ecuaciones asegura que los procesos se llevaran a cabo de la forma más eficiente, o que estamos analizando correctamente la ocurrencia de fenómenos naturales.

Así se hace...

Los números de oxidación, también denominados estados de oxidación o valencias, indican la cantidad de electrones que un átomo puede ganar o perder al formar un compuesto. Cuando un átomo neutro pierde electrones, su número de oxidación será positivo; si gana electrones, el número de oxidación es negativo.

Reglas para asignar números de oxidación

1. El número de oxidación de todos los elementos en estado libre o basal es cero.

$$Na^{0} \quad Cl_2^{0} \quad P^{0} \quad S^{0} \quad Mg^{0} \quad N^{0} \quad Ca^{0}$$

2. El número de oxidación del hidrógeno es $+1$

$$H^{+1}Cl \quad H_2^{+1}O \quad H_3^{+1}PO_4$$

   excepto en los hidruros metálicos en los que es de -1

$$NaH^{-1} \quad MgH_2^{-1}$$

3. El número de oxidación del oxígeno es -2

$$H_2O_2^{-2} \quad CO_2^{-2} \quad HNO_3^{-2}$$

   excepto en los peróxidos en los que es de -1

$$H_2O_2^{-1} \quad K_2O_2^{-1}$$

   y en el OF_2, donde es de $+2$.

4. El número de oxidación de los metales es positivo y numéricamente igual a la carga el ion.

$$K^{+}Cl \quad Mg^{+2}Br_2 \quad Fe_2^{+3}O_3$$

5. El número de oxidación de los halógenos en los hidrácidos y sus respectivas sales es -1.

$$HF^{-1} \quad HCl^{-1} \quad HBr^{-1} \quad HI^{-1}$$

Números de oxidación más frecuentes

H +1, -1																	
Li +1	Be +2											B +2, ±3	C +2, ±4	N ±1,2 ±3, +4, 5	O -1,2	F -1	
Na +1	Mg +2											Al +1, 2, 3	Si +2, 4	P ±3,+5	S ±2 ±4, 6, -2	Cl ±1 ±3, 5, 7	
K +1	Ca +2	Sc +3	Ti +2, 3, 4	V +2 +3, 4, 5	Cr +2, 3 +4, 5, 6	Mn +2, 3 +4, 6, 7	Fe +2, 3	Co +2, 3	Ni +2, 3	Cu +1, 2	Zn +2	Ga +1, 2, 3	Ge +2, 4	As +3, 5, -3	Se ±2 ±4, 6, -2	Br ±1 ±3, 5, 7	
Rb +1	Sr +2	Y +3	Zr +2, 3, 4	Nb +2 +3, 4, 5	Mo +2, 3 +4, 5, 6	Tc +7	Ru +2, 3 +4, 6, 8	Rh +2 +3, 4, 6	Pd +2, 4	Ag +1	Cd +2	In + 3	Sn +2, 4	Sb ±3, 5	Te ±2, 4, 6	I ±1 ±3, 5, 7	
Cs +1	Ba +2	La +3	Hf +2, 3, 4	Ta +2 +3, 4, 5	W +2, 3 +4, 5, 6	Re +2 +4, 6, 7	Os +2, 3 +4, 6, 8	Ir +2 +3, 4, 6	Pt +2, 4	Au +1, 3	Hg +1,2	Tl +1, 3	Pb +2, 4	Bi +3, 5	Po +4, 6	At ±1	

Comunicación

Ya tenemos las herramientas para balancear una ecuación de oxidación-reducción, esto nos permitirá comprender de mejor manera el funcionamiento de las celdas electroquímicas y sus aplicaciones tanto en la industria como en la vida cotidiana.

C. Balancea la ecuación

Para reforzar el conocimiento adquirido practiquemos el balanceo redox, pero de una forma diferente y divertida.

Materiales:

- Tirro
- Fichas con símbolos
- Fichas con sustancias químicas
- Fichas en blanco para coeficientes

Procedimiento:

1. Lee el código QR e imprime las fichas para el juego.
2. Forma equipo de acuerdo con las orientaciones de tu docente.
3. Elijan un nombre, número o algo que identifique al equipo.
4. Lean las instrucciones del juego:
   - La meta es balancear la mayor cantidad de ecuaciones redox posible.
   - Todos los equipos van a intentar balancear cada ecuación al mismo tiempo. El primer equipo que termine gritará «¡listo!» u otra palabra clave.
   - El equipo que finalizó primero debe pasar al frente a mostrar la ecuación balanceada y entre todos determinarán si el balanceo es correcto.
   - Si el resultado es correcto, el equipo ganará 10 puntos; si no, pasará el siguiente equipo a intentarlo hasta obtener el resultado correcto. Si ningún equipo gana, se pasará al siguiente ejercicio y se repetirá el proceso.
   - Al final se suman los puntos ganados y el equipo que haya obtenido más puntos será el ganador. Ahora sí, ¡a jugar!
5. Organicen las fichas de las sustancias químicas como la ecuación química que ha escrito su docente.
6. Intenten balancear la ecuación usando las fichas de los coeficientes.

$$Cu + \square\ AgNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + \square\ Ag$$

Este juego nos ha permitido reforzar el manejo del balanceo de las ecuaciones redox de una manera amena y divertida, por lo tanto, es importante que domines bien este método, puesto que te será de mucha utilidad en los temas siguientes. Si te parece necesario, puedes buscar otros juegos en línea para el balanceo de ecuaciones, así como más ejercicios para resolverlos.

Un correcto balanceo de las ecuaciones químicas es crucial en cualquier proceso, ya que esto permite determinar la eficiencia con la que se lleva a cabo, además asegura que obtendremos los productos en la cantidad y calidad esperadas.

CORROSIÓN

Proceso de deterioro de los metales debido a reacciones de oxidación-reducción provocadas por factores ambientales.

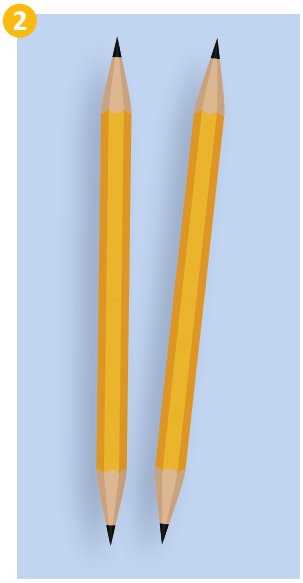
Escanea el QR y encontraras el documento con las fichas del juego para imprimir.

Electrólitos y celdas galvánicas

Indagación

Cuando ocurre una reacción de oxidación-reducción, la energía química de las sustancias se convierte en energía eléctrica, que es aprovechada para producir trabajo; esto es lo que ocurre en las pilas y las baterías recargables. En algunos tipos de pilas y baterías, cuando se agotan los reactivos, ya no pueden ser fácilmente restauradas, m ientras que otras pueden ser recargadas, es decir que las reacciones químicas son reversibles y mediante el suministro de energía eléctrica las celdas reestablecen su composición inicial.

2



A. Electrólitos

Un componente clave de las celdas electroquímicas son los electrólitos, sustancias que permiten la transferencia de carga. Para estas aplicaciones suelen utilizarse soluciones salinas o sales fundidas, ya que, al ser electrólitos fuertes, conducen mejor la electricidad. A continuación, comprobaremos la conductividad de algunos electrólitos y observaremos cómo varían en función de su concentración.

Materiales:

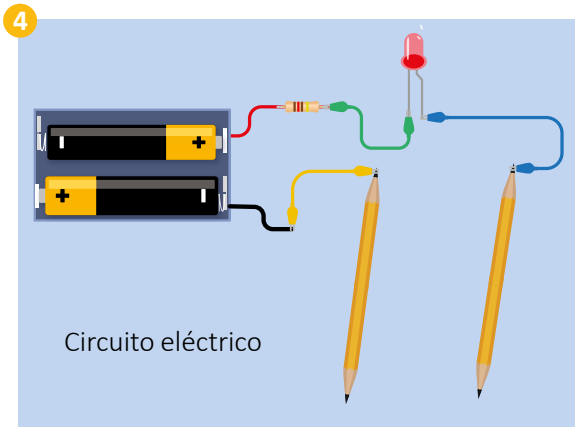
- 1 resistencia eléctrica de $100\ \Omega$
- Diodo emisor de luz (LED)
- 2 lápices con borrador
- 2 baterías de $4.5\ V$
- 3 cables cocodrilo
- Portabatería AA
- Balanza digital
- Cinta aislante
- Multímetro
- Balón volumétrico de $100\ ml$
- Cloruro de potasio (KCl)
- Cloruro de sodio ($NaCl$)
- Sulfato de cobre ($CuSO_4$)
- 6 vasos desechables
- Agua destilada
- Papel toalla
- Espátula
- Gotero

Procedimiento:

1. Retira el borrador de ambos lápices.
2. Sácale punta a ambos lados de los lápices.
3. Retira un poco más de la cobertura de madera para exponer más la mina de grafito.
4. Arma el circuito eléctrico como en la imagen.
5. Rotula tres vasos con los nombres de las sales a usar.
6. Coloca una muestra de cada sal y agua hasta un $75\ \%$ de la capacidad en cada vaso.
7. Agita muy bien las mezclas.
8. Comprueba la conductividad eléctrica de cada una de las sales empleando el circuito eléctrico.
   a. ¿Cuál de las sales conduce la electricidad de la mejor manera?

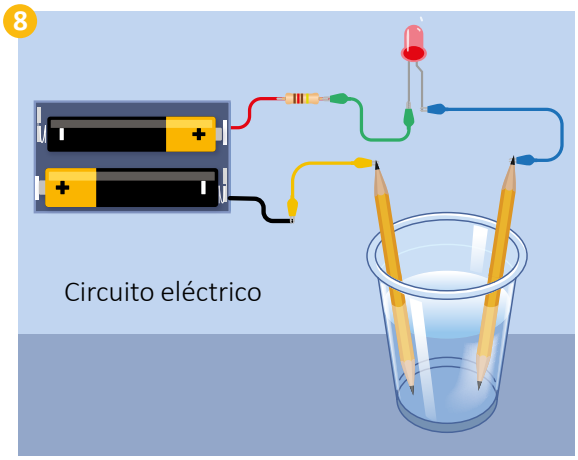
Al usar electrólitos fuertes, las tres sales demuestran una excelente conductividad eléctrica, comprobado por la intensidad con la que enciende el LED. Ahora, realizaremos pruebas para observar cómo varía la conductividad eléctrica en función de la concentración de cada electrólito.

4



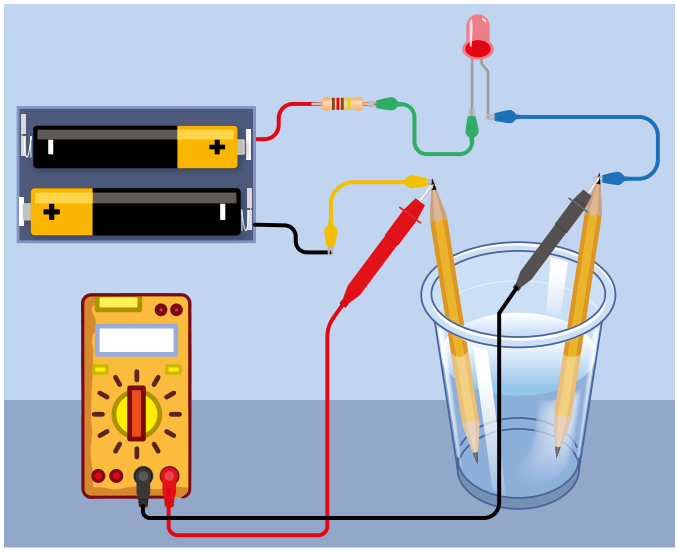
Circuito eléctrico

8



Circuito eléctrico

9. Rotula cinco vasos con sulfato de cobre con cada una de las siguientes concentraciones: $0.1\ \mathrm{M}$, $0.2\ \mathrm{M}$, $0.3\ \mathrm{M}$, $0.4\ \mathrm{M}$ y $0.5\ \mathrm{M}$.
10. Realiza los cálculos para preparar las cinco soluciones de sulfato de cobre con las concentraciones del paso anterior.
11. Prepara las soluciones y colócalas en el vaso correspondiente.
12. Realiza pruebas de conductividad en cada una de las soluciones preparadas.
13. Determina el voltaje de cada muestra empleando el multímetro.
14. Elabora una tabla con los datos de concentración y voltaje.
15. Grafica los datos obtenidos.
16. Repite los *pasos* del *9* al *15* para los electrólitos NaCl y KCl.



Con este experimento hemos comprobado que a mayor concentración del electrólito mayor es la conductividad eléctrica. Para una celda electroquímica la elección de la concentración depende de varios factores, por lo general se usan concentraciones de $1\ \mathrm{M}$.

B. Recubrimiento de cobre

Una reacción de oxidación-reducción puede ser espontánea, lo que significa que, cuando las sustancias entran en contacto, la reacción química ocurre sin necesidad de agregar energía al sistema. Realicemos una prueba de esto.

Materiales:

- Sulfato de cobre ($\mathrm{CuSO_4}$)
- Vaso transparente
- Papel aluminio
- Agua destilada
- Espátula

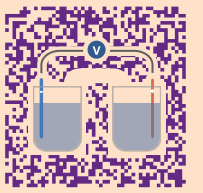
Procedimiento:

1. Corta tiras de papel aluminio.
2. Prepara una solución saturada de sulfato de cobre.
3. Sumerge las tiras de papel aluminio en la solución de $\mathrm{CuSO_4}$.
4. Espera unos minutos para observar el resultado.
   a. ¿Qué tipo de reacción ha ocurrido?
   b. Identifica el agente oxidante y el agente reductor.

Has visto cómo, en cuanto el aluminio entra en contacto con el $\mathrm{CuSO_4}$, la reacción ocurre sin necesidad de que se involucre otro factor. A medida transcurre el tiempo, la solución pierde coloración y sobre el aluminio se deposita un sólido cobrizo, esto debido a que ha habido una transferencia directa de electrones del aluminio (Al) al ion cobre en la solución ($\mathrm{Cu^{+2}}$). A este proceso se le da el nombre de **electrodeposición**, que consiste en depositar los cationes de una solución sobre una superficie conductora, creando una película fina. Esto se realiza con el objetivo de mejorar las propiedades del metal, por ejemplo, volverlo resistente a la corrosión, a la abrasión y al desgaste.

Creatividad

En la industria, la electrodeposición se realiza sin que los reactivos estén en contacto directo, y la transferencia de electrones es a través de un circuito externo que está en contacto con los reactivos separados; además, se establece un **puente salino** entre los reactivos que permite la transferencia de iones para mantener su equilibrio. Un dispositivo como este se denomina celda electroquímica, y a aquellos en los que ocurre una reacción redox espontánea se les llama **celda galvánica** o **voltaica**, en honor a los científicos Luigi Galvani y Alessandro Volta, que fabricaron las primeras celdas.



CELDA GALVÁNICA

Produce energía eléctrica a partir de una reacción redox espontánea.

Laboratorio Celda galvánica

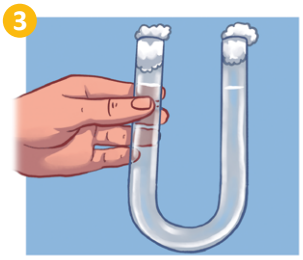
Estas celdas se componen de dos semiceldas: en una ocurre la oxidación y en la otra la reducción. Normalmente los electrólitos que se emplean suelen ser sales del metal que se oxida o reduce. Veamos cómo es el montaje de una celda galvánica.

Materiales:

- Tubo de vidrio hueco en U
- Ácido acético (CH_3COOH)
- Cloruro de sodio ($NaCl$)
- 3 *beakers* de 100 ml
- 2 cables cocodrilo
- Alambre de cobre
- Clavo de hierro
- Multímetro
- Algodón

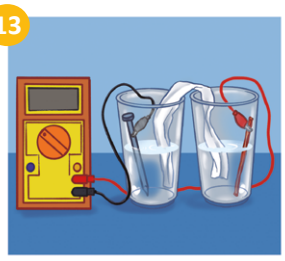
Procedimiento:

3



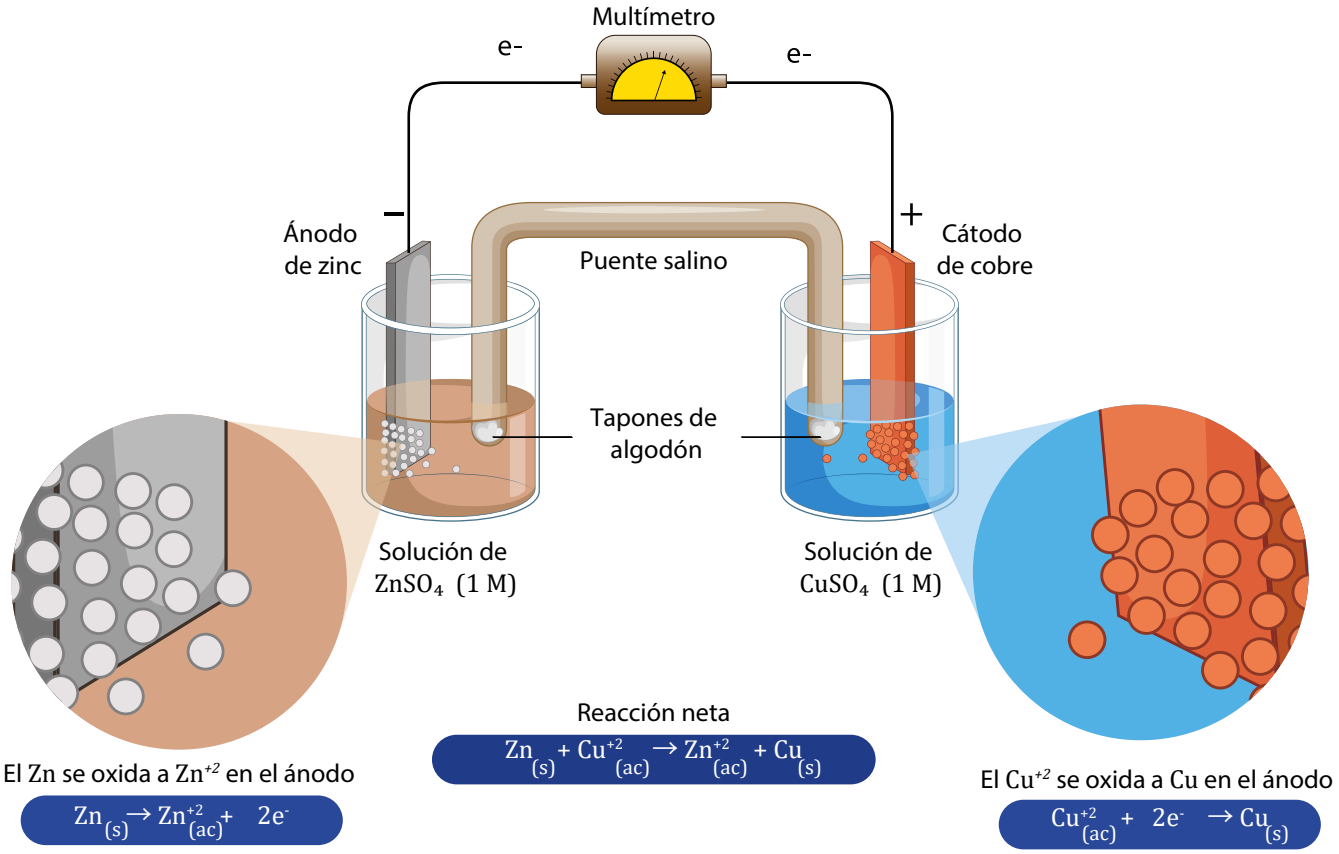
4

13



1. Prepara una solución saturada de $NaCl$ en uno de los *beakers*.
2. Coloca 75 ml de ácido acético en los otros dos *beakers*.
3. Llena el tubo en U con la solución de $NaCl$ y tapa los extremos con algodón, este es el puente salino.
4. Coloca el puente salino entre los dos *beakers* con vinagre.
5. Corta una porción de alambre de cobre similar al tamaño del clavo.
6. Sujeta uno de los cables cocodrilo al clavo.
7. Sujeta el otro cable cocodrilo al alambre de cobre.
8. Introduce el clavo en uno de los *beaker* y el alambre de cobre en el otro.
9. Conecta el otro extremo del cable cocodrilo, que está unido al alambre de cobre, al electrodo positivo del multímetro.
10. Conecta el otro extremo del cable cocodrilo, que está unido al clavo de hierro, al electrodo negativo del multímetro.
11. Introduce el clavo de hierro en uno de los recipientes con vinagre y el alambre de cobre en otro recipiente.
12. Observa lo que ocurre tanto en el clavo como en el alambre.
13. Determina a través del multímetro el potencial de la celda.
    a. Elabora el esquema de la celda galvánica. En este identifica al agente oxidante y al agente reductor, además, la dirección del flujo de los electrones.
    b. Escribe las semirreacciones de oxidación y reducción.

Por conveniencia, hemos usado ácido acético como electrólito en ambas semiceldas y un puente salino de $NaCl$. El flujo de electrones pasa a través de los cables que conectan a los electrodos de hierro y cobre; hemos conectado un multímetro que nos permitió conocer el voltaje o **potencial de celda**.



En la figura se representa una celda galvánica basada en la reacción espontánea entre el zinc (Zn) y el cobre (Cu). La celda está compuesta por dos semiceldas y cada una posee un **par redox conjugado** de cada uno de los reactivos. La semicelda a la izquierda posee el par $Zn_{(s)} \mid Zn^{+2}$ en forma de electrodo de zinc sólido y una solución acuosa de sulfato de zinc ($ZnSO_4$). La semicelda de la derecha contiene al par $Cu^{+2} \mid Cu_{(s)}$ como electrodo de cobre sólido y una solución de sulfato de cobre ($CuSO_4$).

Los electrodos se encuentran conectados por un circuito externo en donde ocurre la transferencia de electrones. La diferencia de potencial eléctrico entre el ánodo y el cátodo se mide de forma experimental mediante un multímetro, donde la lectura es el potencial de celda. Por definición, el **ánodo** es el electrodo positivo y donde ocurre la oxidación; mientras que el **cátodo** es el electrodo negativo y donde ocurre la reducción.

Las semiceldas están conectadas por un puente salino, que en su forma más simple es un tubo en forma de U invertida lleno de una solución de un electrólito inerte, por lo tanto, no reacciona con los iones o electrodos que componen a las semiceldas, empero permite la transferencia de iones para mantener el equilibrio de cargas.

Cuando se conectan los electrodos al circuito externo inicia la reacción espontánea; en el ánodo se producen iones Zn^{+2}, y por cada ion Zn^{+2}, un par de electrones; esto provoca un desgaste en el electrodo. Los electrones migran por el circuito externo hacia el cátodo, donde son aceptados por los iones Cu^{+2} en disolución, y sobre el electrodo se deposita una película delgada de $Cu_{(s)}$.

Para mantener el equilibrio de carga en ambas semiceldas se produce un flujo de iones inertes a través del puente salino. En la semicelda anódica, la concentración de iones Zn^{+2} aumenta y se equilibra con la llegada de los iones Cl^- provenientes del puente salino. Mientras tanto, en la semicelda catódica, un flujo de iones Na^+ compensa la disminución de la concentración de iones Cu^{+2}.

A medida que la reacción avanza, se establece un flujo constante de electrones que genera electricidad, la cual realiza trabajo eléctrico, como el que impulsa un motor. Una celda galvánica es un dispositivo que genera electricidad a partir de una reacción redox espontánea.

Comunicación

La celda conformada por electrodos de Cu y Zn y las disoluciones de $CuSO_4$ y $ZnSO_4$ se conoce como **celda de Daniell**, fue inventada por John Frederic Daniell en 1836 y fue un gran avance sobre la primera celda galvánica desarrollada. Con el paso del tiempo se inventaron nuevas pilas hasta llegar a las que se utilizan actualmente y que son denominadas secas.

Ojo al dato...

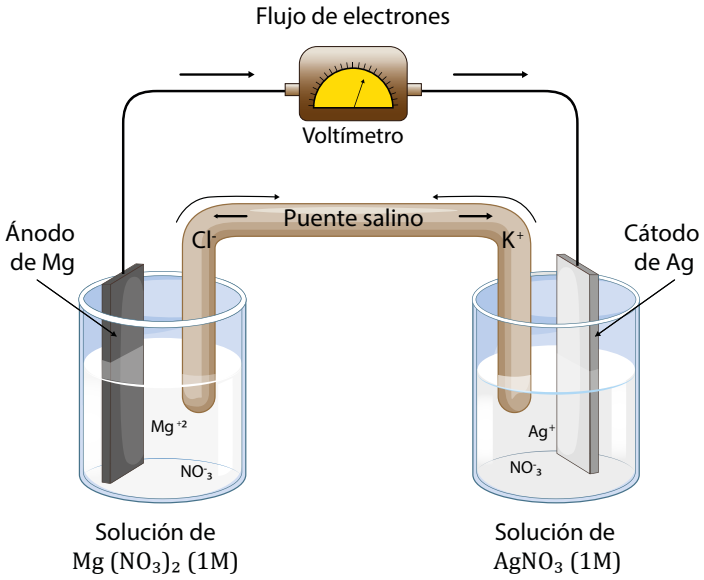
Alfabéticamente, el ánodo precede al cátodo, y la oxidación precede a la reducción. En consecuencia, en el ánodo sucede la oxidación, y en el cátodo, la reducción.

C. Diagrama de celda

Para representar una celda se emplea una notación convencional que proporciona información esencial sobre su estructura y composición, a esto se le llama **diagrama de celda**. Veamos cómo se elaboran.

Procedimiento:

1. Lee las pautas para escribir un diagrama de celda.
   - Se utilizan los símbolos químicos de los elementos e iones que componen a las semiceldas.
   - A la par de los iones se escribe la concentración entre paréntesis.
   - Por convención, el ánodo se escribe primero, a la izquierda, seguido de los demás componentes en el orden del flujo desde el ánodo hasta el cátodo.
   - Para separar las fases en una semicelda se usa una línea vertical simple (|).
   - Para representar el puente salino se usa una línea vertical doble (||).



2. Intenta escribir el diagrama de celda para la celda de Daniell.
3. Considera una celda galvánica diferente basada en la siguiente reacción.

$$Mg_{(s)} + 2AgN_{3(ac)} \rightarrow Mg\,(NO_3)_{2(ac)} + 2Ag_{(s)}$$

4. Observa y analiza el esquema de la celda.
5. Escribe el diagrama de esta celda.
6. Elabora el esquema de la celda para el siguiente diagrama.

$$Pb_{(s)} \mid Pb^{+2}(1M) \parallel Cu^{2+}(1\ M) \mid Cu_{(s)}$$

La información que brinda un diagrama de celda son datos esenciales que permiten conocer los componentes principales de una celda, con esto podemos elaborar un esquema de la celda agregando otros componentes que normalmente contienen y, así, podemos hacer el montaje de una celda electroquímica y llevar a cabo el proceso redox.

Con el paso del tiempo las celdas galvánicas tuvieron muchos avances y mejoras para una aplicación más práctica, puesto que utilizar los electrólitos líquidos implica una desventaja para su fabricación y manejo. En la actualidad tienen varias aplicaciones, una de las más relevantes es en las baterías. Lee la infografía de la siguiente página para conocer más.

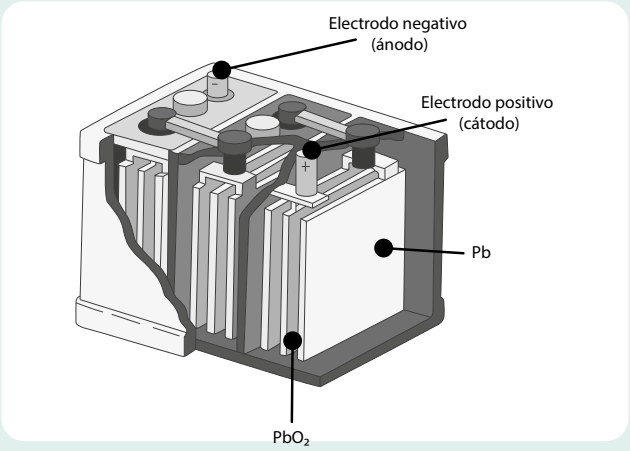
Baterías

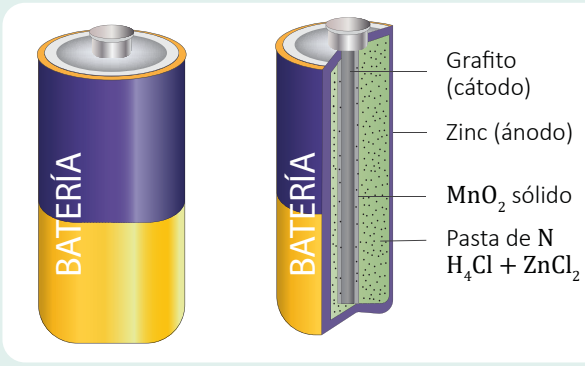
Una batería funciona como una celda galvánica o un conjunto de estas, pero con la ventaja de que no poseen electrólitos líquidos y no necesitan de un puente salino debido a que poseen otros componentes. Las baterías son una fuente de corriente eléctrica directa a un voltaje constante.

Batería de celda seca

El ánodo, de Zn, actúa como el contenedor de la celda y está en contacto con el polvo de dióxido de manganeso y un electrólito. Este electrolito es una mezcla de disoluciones de cloruro de amonio, cloruro de zinc y almidón, para que adquiera una consistencia pastosa y espesa para evitar fugas y asegurar el flujo eficiente de corriente. El cátodo es una barra de grafito que va en el centro inmersa en el electrólito.

El voltaje que produce una batería de celda seca es de aproximadamente $1.5\ V$.





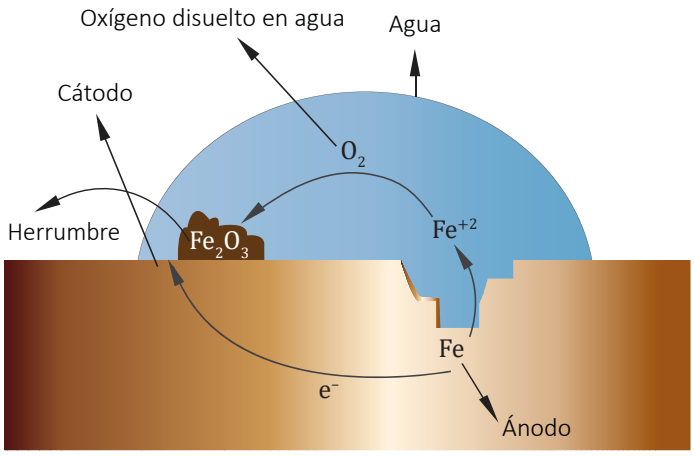
Batería de plomo

Está compuesta por seis celdas idénticas ensambladas en serie. Cada celda está conformada por un ánodo de plomo poroso y un cátodo de dióxido de plomo. Las celdas se encuentran sumergidas en una solución de ácido sulfúrico ($38\ \%\ g/g$), que es el electrólito.

Cada celda produce 2 V, por tanto, la batería brinda 12 V de energía en condiciones normales de operación; libera gran cantidad de corriente en un corto tiempo, como el que toma encender un motor. Es considerada la primera batería eléctrica recargable, ya que puede invertir la reacción al aplicar un voltaje externo.

Corrosión

El deterioro de los metales por un proceso de oxidación-reducción se conoce como corrosión. Esto provoca daños en distintas infraestructuras; un caso muy frecuente es la oxidación del hierro. Esto sucede cuando el metal está en contacto con el agua y el oxígeno: una parte de la superficie del metal funciona como ánodo; el par de electrones donado por el hierro reduce el oxígeno atmosférico a agua en el cátodo, que es otra región en la misma superficie del metal. Los iones Fe^{+2} son posteriormente oxidados por el oxígeno y se forma Fe_2O_3 hidratado, que es lo que se conoce como herrumbre.



Celdas electrolíticas y potenciales redox

Indagación

Hemos estudiado procesos de oxidación-reducción que ocurren de forma espontánea, pero ¿es posible forzar a que ocurra este proceso? Sí, y es lo que ocurre en las baterías recargables. Cuando suministran energía hay una reacción espontánea, pero al aplicarles un voltaje externo, los productos de la reacción se ven obligados a reaccionar y formar de nuevo los reactivos, así la batería está lista para suministrar energía de nuevo.

Fíjate que...

Existen dos tipos de celdas electroquímicas: las que producen energía a partir de un proceso redox (galvánicas) y las que consumen energía para llevar a cabo un proceso redox (electrolíticas).

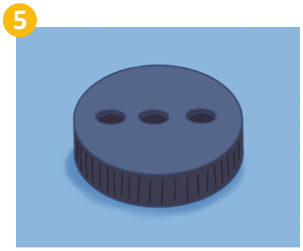
A. Electrólisis del agua

Para separar la molécula de agua es necesario agregar energía al sistema, ya que este no es un proceso que ocurre espontáneamente. Elaboremos una celda electrolítica para descomponer las moléculas de agua.

Materiales:

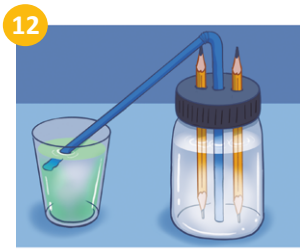
- Frasco de vidrio con tapa de plástico
- Bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$)
- Pajilla flexible o con resorte
- 2 cables cocodrilo
- Batería de 9 V
- Jabón líquido
- Vaso plástico
- Bolsa plástica
- Chispero
- 2 lápices
- Silicón
- Agua

5



6

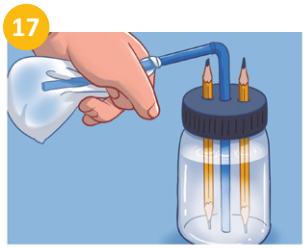
12



Procedimiento:

1. Retira el borrador de ambos lápices.
2. Sácales punta a ambos lados de los lápices.
3. Retira un poco más de cobertura de madera para exponer más la mina de grafito, pues estos serán los electrodos.
4. Realiza un agujero en medio de la tapa de plástico, similar al diámetro de la pajilla para insertarla.
5. Realiza otros dos agujeros en la tapa del frasco; los agujeros deben quedar en fila, estos serán para insertar los electrodos.
6. Inserta la pajilla por el lado más corto en el agujero central de la tapa, de manera que el resorte quede arriba de la tapa y sea posible doblar la pajilla.
7. Introduce los electrodos en los dos agujeros de los extremos. Toma en cuenta que las puntas de grafito deben entrar en contacto con la solución.
8. Sella bien los agujeros con silicón para evitar que los gases se escapen.
9. Prepara una solución saturada de bicarbonato de sodio, suficiente como para llenar el frasco al 75 %.
10. Coloca la tapa en el frasco.
11. Prepara una solución jabonosa en el vaso plástico.
12. Introduce el otro extremo de la pajilla en el vaso con la solución jabonosa.
13. Conecta los cables cocodrilo a las terminales de la batería.
14. Conecta los otros extremos de los cables a los electrodos.
15. Observa que en ambos electrodos se empiezan a formar gases.
    a. ¿Qué gases son?

16. Acerca la llama del chispero a la superficie de la solución jabonosa con mucho cuidado.
    b. ¿Qué sucedió?
17. Atrapa un poco de gas en la bolsa, colocándola en la punta de la pajilla.
18. Amarra la bolsa manteniendo el gas dentro y colócala en la mesa.
19. Acerca la llama del chispero a la bolsa.



Te has dado cuenta de que ha habido una pequeña explosión, ¿sabes a qué se debe? Cuando el agua se descompone se liberan gases de H_2 y O_2, estos se forman en cada uno de los electrodos. Cerramos el sistema para que los gases no escapen al ambiente y, luego, los atrapamos en una bolsa para comprobar que son estos gases los que se han formado, puesto que el hidrógeno es altamente inflamable y, al entrar en contacto con una llama, explota.

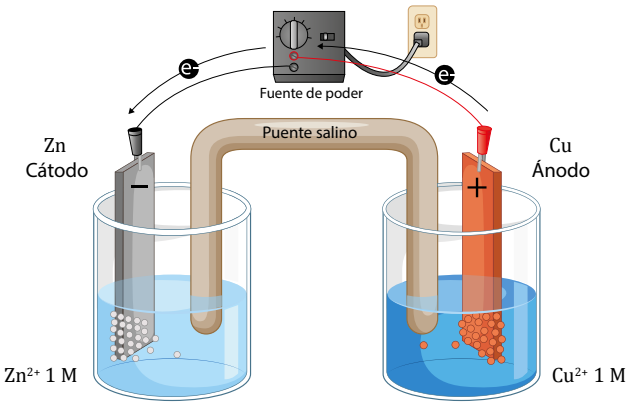
Al aplicar una fuente externa de corriente continua a una celda electroquímica se puede provocar un proceso de electrólisis, que consiste en la descomposición química o separación de una sustancia debido al paso de la corriente eléctrica a través de un electrólito. Gracias a este proceso es que se pueden obtener joyas chapadas en oro o plata y parachoques cromados de automóviles.

El proceso de electrólisis se lleva a cabo en una **celda electrolítica**, cuyo montaje es muy similar al de una celda galvánica. La principal diferencia es que, en lugar de generar energía, la celda electrolítica la consume.

La llegada de electrones de una fuente externa es la que provoca una reacción química de oxidación-reducción. Considera nuevamente la celda de Daniell, compuesta por electrodos de cobre y zinc, pero ahora conectada a una batería mediante un cable externo. Al aplicar voltaje al circuito cerrado, los iones disueltos son atraídos hacia el electrodo con carga opuesta, lo que obliga a que la reacción ocurra en la dirección opuesta.

$$\begin{aligned} Cu_{(s)} &\rightarrow Cu^{+2} + 2e^- \\ Zn^{+2}_{(ac)} + 2e^- &\rightarrow Zn_{(s)} \\ \hline Cu_{(s)} + Zn^{+2}_{(ac)} &\rightarrow Cu^{+2}_{(ac)} + Zn_{(s)} \end{aligned}$$

En este arreglo, el electrodo de cobre actúa como ánodo y el de zinc como cátodo.



Por otro lado, en las celdas electrolíticas se suele usar electrodos inertes, ya que no participan en la reacción. Los más comunes son los electrodos de platino, paladio y grafito. Para que la reacción ocurra en el sentido opuesto, es necesario aplicar un voltaje adecuado con la polaridad correcta. Pero ¿cómo se determinan estos valores? ¿De qué dependen? lo descubriremos en la siguiente etapa.

Creatividad

El voltaje de una celda electroquímica depende de la naturaleza de los electrodos, los iones, sus concentraciones y la temperatura de operación. Este voltaje está directamente relacionado con la reacción redox. Al igual que la suma de las reacciones de semicelda, produce la reacción global. El voltaje o **potencial de celda** se puede obtener sumando los potenciales eléctricos de los electrodos involucrados.

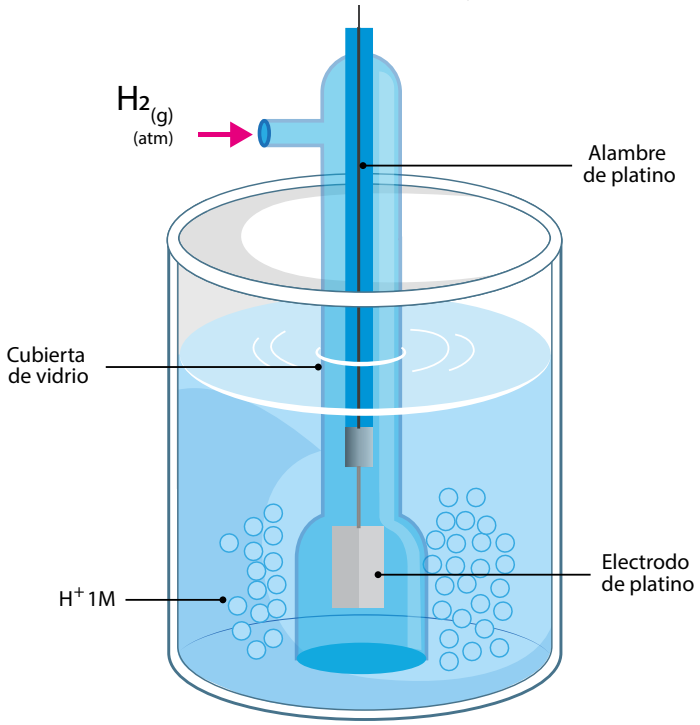
En condiciones estándar, es decir, con concentraciones de $1\ \text{M}$, una presión de $1\ \text{atm}$ y una temperatura de $25\ °\text{C}$, se establece el **potencial estándar de electrodo**. Aunque, dado que es imposible medir el potencial de un solo electrodo, se ha definido arbitrariamente el potencial estándar del electrodo de hidrógeno como cero en estas condiciones. Este valor sirve como referencia para determinar los potenciales relativos de otros electrodos.

En una celda formada por un electrodo de platino y un electrólito de ácido clorhídrico se burbujea gas hidrógeno. El electrodo de platino actúa como conductor eléctrico en el circuito externo y proporciona una superficie para la disociación de las moléculas de hidrógeno.

$$\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$$
$$2\text{H}^+(1\ \text{M}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(1\ \text{atm});\ \text{E}^\circ = 0\ \text{V}$$

El **potencial estándar de reducción** (E°) para el hidrógeno se define como exactamente cero.

Electrodo estándar de hidrógeno (EEH)



Fíjate que...

El electrodo de platino es parte del electrodo de hidrógeno y tiene funciones muy importantes, pero no participa en la reacción de oxidación-reducción.

B. Calculemos el potencial estándar de reducción del cobre

Para separar la molécula de agua es necesario agregar energía al sistema, ya que este no es un proceso que ocurre espontáneamente. Elaboremos una celda electrolítica para descomponer las moléculas de agua.

Para calcular el potencial estándar de cualquier electrodo, se usa una celda formada por el electrodo de interés y el electrodo estándar de hidrógeno (EEH). Mediante la sustracción, se obtiene el potencial estándar del electrodo que se está analizando.

Procedimiento:

1. Lee el *Así se calcula...* de la siguiente página.
2. Calcula el potencial estándar de reducción del cobre. Considera una celda con un voltaje de $0.34\ \text{V}$ y con el siguiente diagrama:

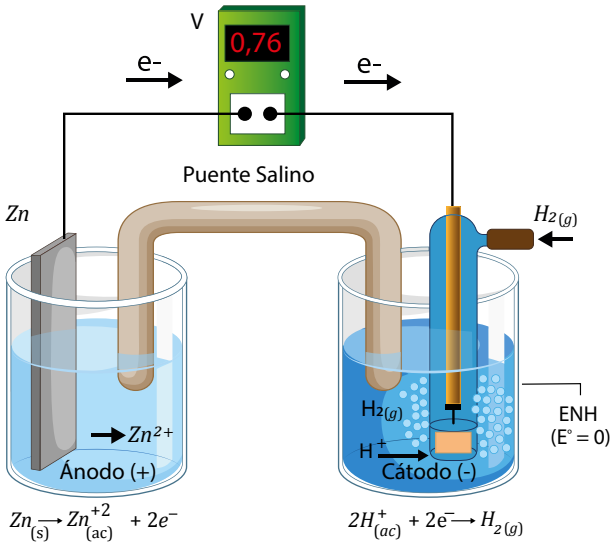
$$\text{Pt}_{(s)} \mid \text{H}_2\ (1\ \text{atm}) \mid \text{H}^+\ (1\ \text{M}) \parallel \text{Cu}^{2+}(1\ \text{M}) \mid \text{Cu}_{(s)}$$

Como ya hemos obtenido los potenciales estándar de los electrodos de cobre y zinc, podemos calcular el potencial de la celda de Daniell.

$$\begin{aligned} \text{E}^\circ_{\text{celda}} &= \text{E}^\circ_{\text{cátodo}} - \text{E}^\circ_{\text{ánodo}} \\ \text{E}^\circ_{\text{celda}} &= \text{E}^\circ_{\text{Cu}^{+2}/\text{Cu}} - \text{E}^\circ_{\text{Zn}^{+2}/\text{Zn}} \\ \text{E}^\circ_{\text{celda}} &= 0.34\ \text{V} - (-0.76\ \text{V}) \\ \text{E}^\circ_{\text{celda}} &= 1.10\ \text{V} \end{aligned} \qquad (1.1)$$

Así se calcula...

El potencial estándar de un electrodo es el voltaje asociado a una reacción de reducción en ese electrodo, medido en condiciones estándar y se denomina potencial estándar de reducción (E°). Analicemos cómo se calcula E° de un electrodo de zinc.



Durante la operación de la celda, el zinc disminuye su masa debido a su oxidación.

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(ac)} + 2e^-$$

El diagrama de celda es:

$$Zn_{(s)} \mid Zn^{+2}\,(1M) \parallel H^+\,(1\ M) \mid H_2\,(1\ atm) \mid Pt_{(s)}$$

Las reacciones de semicelda son:

$$Zn_{(s)} \rightarrow Zn^{+2}_{(ac)} + \cancel{2e^-}$$
$$\cancel{2H^+_{(ac)}} + \cancel{2e^-} \rightarrow H_{2(g)}$$
$$Zn_{(s)} + 2H^+_{(ac)} \rightarrow Zn^{+2}_{(ac)} + H_{2(g)}$$

El voltaje de celda E°_{celda} resulta de las contribuciones del cátodo y del ánodo. Se calcula con la ecuación:

$$E^\circ_{celda} = E^\circ_{cátodo} - E^\circ_{ánodo}$$

Donde $E^\circ_{cátodo}$ y $E^\circ_{ánodo}$ son los potenciales estándar de reducción de los electrodos para la celda Zn-EE. Tenemos:

$$E^\circ_{celda} = E^\circ_{H^+/H_2} - E^\circ_{Zn^{+2}/Zn}$$

El potencial de la celda es 0.76 V y el del EEH es cero, sustituyendo los datos:

$$0.76\ V = 0 - E^\circ_{Zn^{+2}/Zn}$$

Por tanto, el potencial estándar de reducción del electrodo de Zn es -0.76 V.

El signo del potencial de celda permite predecir si la reacción es espontánea o no en condiciones estándar. Si el signo del voltaje es positivo, la reacción redox es espontánea, pero si es negativo, la reacción no es espontánea.

En la siguiente página encontrarás una tabla con los potenciales estándar de reducción para varias reacciones de semicelda. Hacia abajo del potencial estándar del hidrógeno aumentan los potenciales estándares negativos, y, hacia arriba, incrementan los potenciales estándares positivos.

El signo y el valor del potencial estándar de reducción nos permite predecir cuál será el agente oxidante y el agente reductor. Por ejemplo, en la celda de Daniell, el potencial del electrodo de Zn es -0.76 V, y el del electrodo de Cu es 0.34 V. Este último es positivo y el del zinc es negativo, por tanto, el cobre tiene mayor tendencia a reducirse que el zinc y esto lo vuelve el agente oxidante más fuerte en la celda.

3. Analiza una celda compuesta por un electrodo de Mg sumergido en una solución de $AlCl_3$ y un electrodo de Ag sumergido en una solución de $AgNO_3$, y predice cuál será el agente oxidante y el agente reductor empleando los datos de la siguiente tabla.

Para identificar al agente oxidante y al agente reductor debes comparar los valores de los potenciales estándar de reducción; el de mayor valor es el agente oxidante.

Ojo al dato...

Estos valores se aplican solo a la reacción química que va de izquierda a derecha en estado estándar.

Fíjate que...

- Cuanto más positivo sea el potencial estándar, mayor será la tendencia de una sustancia a reducirse.
- Las reacciones de semicelda son reversibles, y esto depende de las condiciones en las que se desarrollan. Es decir, cualquier electrodo puede funcionar como ánodo o cátodo.
- Un cambio en los coeficientes estequiométricos no afecta el valor del potencial estándar de reducción, ya que este es una propiedad intensiva.

Potenciales estándares de reducción a 25 °C

Semirreacción	E° (V)
$F_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2F^-_{(ac)}$	+2.87
$O_{3(g)} + 2H^+_{(ac)} + 2e^- \rightarrow O_{2(g)} + H_2O$	+2.07
$Co^{+3}_{(ac)} + e^- \rightarrow Co^{+2}_{(ac)}$	+1.82
$H_2O_{2(ac)} + 2H^+_{(ac)} + 2e^- \rightarrow 2H_2O$	+1.77
$PbO_{2(s)} + 4H^+_{(ac)} + SO^{-2}_{4(ac)} + 2e^- \rightarrow PbSO_{4(s)} + H_2O$	+1.70
$Ce^{+4}_{(ac)} + e^- \rightarrow Ce^{+3}_{(ac)}$	+1.61
$MnO^-_{4(ac)} + 8H^+_{(ac)} + 5e^- \rightarrow Mn^{+2}_{(ac)} + 4H_2O$	+1.51
$Au^{+3}_{(ac)} + 3e^- \rightarrow Au_{(s)}$	+1.50
$Cl_{2(g)} + 2e^- \rightarrow 2Cl^-_{(ac)}$	+1.36
$Cr_2O^{-2}_{7(ac)} + 14H^+_{(ac)} + 6e^- \rightarrow 2Cr^{+3}_{(ac)} + 7H_2O$	+1.33
$MnO_{2(s)} + 4H^+_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Mn^{+2}_{(ac)} + 2H_2O$	+1.23
$O_{2(g)} + 4H^+_{(ac)} + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+1.23
$Br_{2(l)} + 2e^- \rightarrow 2Br^-_{(ac)}$	+1.07
$2Hg^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Hg^{+2}_{2(ac)}$	+0.92
$Hg^{+2}_{2(ac)} + 2e^- \rightarrow 2Hg_{(l)}$	+0.85
$Ag^+_{(ac)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)}$	+0.80
$Fe^{+3}_{(ac)} + e^- \rightarrow Fe^{+2}_{(ac)}$	+0.80
$O_{2(g)} + 4H^+_{(ac)} + 4e^- \rightarrow 2H_2O_{2(ac)}$	+0.68
$MnO^-_{4(ac)} + 2H_2O + 3e^- \rightarrow MnO_{2(s)} + 4OH^-_{(ac)}$	+0.59
$I_{2(ac)} + 3e^- \rightarrow 2I^-_{(ac)}$	+0.53
$O_{2(g)} + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-_{(ac)}$	+0.40
$Cu^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Cu_{(s)}$	+0.34
$AgCl_{(s)} + e^- \rightarrow Ag_{(s)} + Cl^-_{(ac)}$	+0.22
$Cu^{+2}_{(ac)} + e^- \rightarrow Cu^+_{(ac)}$	+0.15
$Sn^{+4}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Sn^{+2}_{(ac)}$	+0.13
$2H^+_{(ac)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)}$	0.00
$Pb^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Pb_{(s)}$	−0.13
$Sn^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Sn_{(s)}$	−0.14
$Ni^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Ni_{(s)}$	−0.25
$Co^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Co_{(s)}$	−0.28
$Cd^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Cd_{(s)}$	−0.40
$Fe^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Fe_{(s)}$	−0.44
$Cr^{+3}_{(ac)} + 3e^- \rightarrow Cr_{(s)}$	−0.74
$Zn^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Zn_{(s)}$	−0.76
$2H_2O + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^-_{(ac)}$	−0.83
$Mn^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Mn_{(s)}$	−1.18
$Al^{+3}_{(ac)} + 3e^- \rightarrow Al_{(s)}$	−1.66
$Be^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Be_{(s)}$	−1.85
$Mg^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Mg_{(s)}$	−2.37
$Na^+_{(ac)} + e^- \rightarrow Na_{(s)}$	−2.71
$Ca^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Ca_{(s)}$	−2.87
$Sr^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Sr_{(s)}$	−2.89
$Ba^{+2}_{(ac)} + 2e^- \rightarrow Ba_{(s)}$	−2.90

Fuerza reductora creciente

Comunicación

Es difícil imaginar cómo sería nuestra vida si no existieran las baterías. Ya sean recargables o no, las empleamos para múltiples actividades, pero ¿qué sucede cuando se termina su vida útil? Las baterías pueden tardar en degradarse entre 100 a 500 años, además pueden contaminar hasta 3 000 litros de agua, lo que las convierte en uno de los materiales más nocivos para el planeta.

C. ¿Cómo desechar las baterías?

La problemática no radica en el uso de las baterías, sino en su inadecuada disposición final. Estas pueden contener metales como litio, mercurio, plomo y otros, que son altamente tóxicos para el ambiente.

Procedimiento:

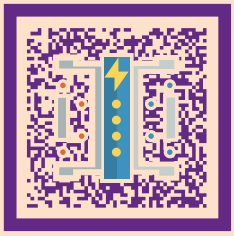
1. Forma equipos de trabajo.
2. Investiguen acerca de las formas sugeridas para el correcto uso y tratamiento de las baterías cuando se agotan.
3. Elaboren una presentación con las sugerencias encontradas.
4. Presenten su investigación a todo el salón de clases y realicen una discusión.

En términos generales, es preferible utilizar equipos que se conecten a la red eléctrica, funcionen con energía solar o mecánica. Aunque, si es necesario recurrir a baterías, lo ideal es optar por las recargables, ya que tienen una vida útil más prolongada.

Por otro lado, varios procesos electroquímicos a escala industrial han sido causantes de impactos ambientales, como la contaminación de cuerpos de agua y la emisión de contaminantes al aire. Entre los procesos más perjudiciales se halla la producción de cloro que, dependiendo del método empleado, puede liberar emisiones de mercurio. En los últimos años, se ha buscado reemplazar estos métodos por otros más limpios o que generan residuos menos peligrosos. Otra industria con impacto significativo es la de las plantas de electrodepósito, donde se utilizan diversos metales y cianuro, que generan residuos que contaminan el ambiente.

Para compensar este panorama, la electroquímica también ofrece soluciones para el estudio, control, mitigación y tratamiento de residuos industriales. El empleo de estas técnicas presenta ventajas como:

- La conversión de compuestos tóxicos en productos de bajo o nulo impacto ambiental, siendo considerada una tecnología limpia, ya que el electrón es el reactivo principal.
- La posibilidad de utilizar el mismo sistema para tratar distintos compuestos tóxicos sin grandes modificaciones en el diseño.
- Alta eficiencia en el uso de la energía.
- Tratamiento de sustancias tóxicas en el mismo lugar donde se generan.
- Control preciso de las reacciones electroquímicas deseadas mediante el ajuste del potencial de los electrodos.
- Automatización del proceso, especialmente útil cuando se trata de residuos rutinarios.



CELDA DE COMBUSTIBLE

Permite producir energía a partir de la combustión del hidrógeno; en el proceso solo se genera calor y agua.

Resumen

A nuestro alrededor ocurren una inmensidad de reacciones químicas, unas de las más frecuentes son las reacciones de oxidación-reducción. Uno de los aspectos más importantes acerca de las reacciones químicas es el balance de masa, pero en el caso de las reacciones redox, además es importante el balance de carga, ya que este tipo de reacciones involucra la transferencia de electrones; por tanto, debe haber la misma cantidad de cargas tanto en los reactivos como en los productos.

Ya estamos familiarizados con las reacciones redox más comunes en la naturaleza, como la oxidación de los metales o de los alimentos. Estas reacciones también son muy importantes para los organismos vivos, por ejemplo, en la respiración, donde el oxígeno oxida a la glucosa, es decir que se basa en un proceso de oxidación-reducción.

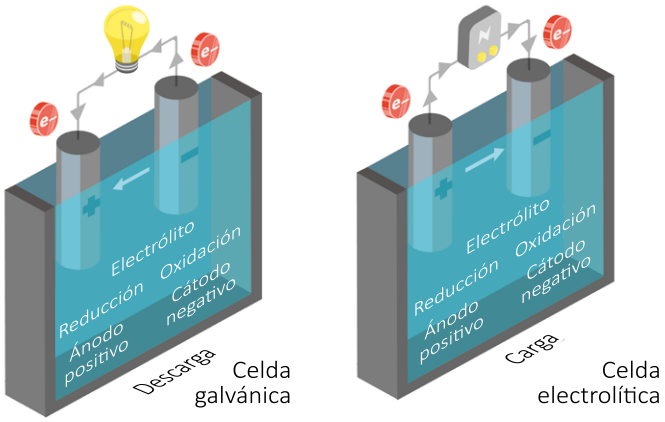
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + ATP$$

Por otra parte, hemos estudiado procesos redox que se llevan a cabo en celdas electroquímicas, de las que existen dos tipos: las celdas galvánicas o voltaicas y las celdas electrolíticas. Ambas están formadas por los mismos elementos: dos semiceldas conectadas por un puente salino que contiene un electrólito —el cual permite la transferencia de iones entre ambas semiceldas—, un electrodo positivo (ánodo) —que es donde ocurre la oxidación— y un electrodo negativo (cátodo), que es donde ocurre la reducción. Los electrodos se encuentran conectados por un circuito externo donde ocurre la transferencia de electrones.

Las semiceldas contienen soluciones de electrólitos, y generalmente están compuestas por sales del ion metálico correspondiente al electrodo.

En una celda galvánica tiene lugar una reacción redox espontánea que genera energía eléctrica, la cual se utiliza para realizar un trabajo.

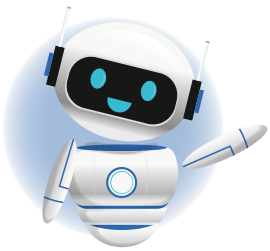
Mientras que, en una celda electrolítica, se fuerza la ocurrencia de una reacción redox por medio de la aplicación de una corriente continua externa, lo que provoca el proceso de electrólisis.



Entre las semiceldas se establece un potencial, este es el potencial de celda, que depende de la temperatura de operación, de la naturaleza de los electrodos, de los iones y de sus concentraciones.

El potencial estándar de los electrodos se ha calculado en función del electrodo estándar de hidrógeno, cuyo potencial, por conveniencia, se ha establecido en cero. Los potenciales estándar positivos se encuentran por encima del hidrógeno; los negativos están por debajo. Cuanto más positivo es el valor del potencial, mayor es la tendencia de la sustancia a reducirse.

El empleo de las celdas electroquímicas para almacenamiento y transferencia de energía es una herramienta esencial para el funcionamiento de una gran cantidad de dispositivos electrónicos. Este es un tipo de energía limpia y eficiente, su inconveniente es la generación de residuos tóxicos, pero con el tratamiento adecuado estos pueden reutilizarse. De forma general, son más las ventajas que las desventajas del uso de las celdas electroquímicas.



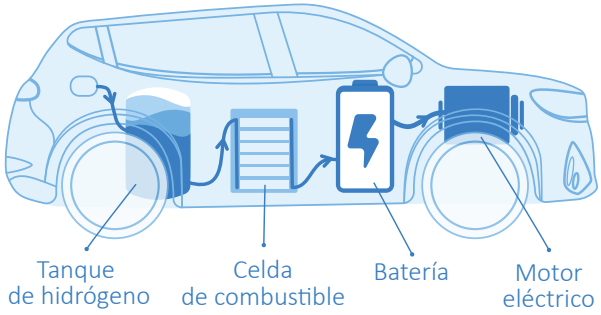
Busca las siguientes palabras dentro del texto y aprende su significado.

- **Celda galvánica**
- **Celda electrolítica**
- **Electrólito**
- **Ánodo**
- **Puente salino**
- **Cátodo**

Celda de combustible de hidrógeno

Dispositivo que forma parte del sistema propulsor de un vehículo junto a un motor eléctrico, un banco de baterías auxiliar y los tanques de almacenamiento presurizado de H_2. El tipo de celda empleado se denomina PEM (membrana de intercambio protónica), sistema electroquímico al cual ingresan oxígeno del ambiente e hidrógeno desde el tanque de almacenamiento. Estos gases se encuentran separados por una membrana que permite el intercambio de protones (H^+), mientras que los electrones circulan por una capa catalizadora —normalmente de platino—, generando así una corriente que alimenta al motor eléctrico.

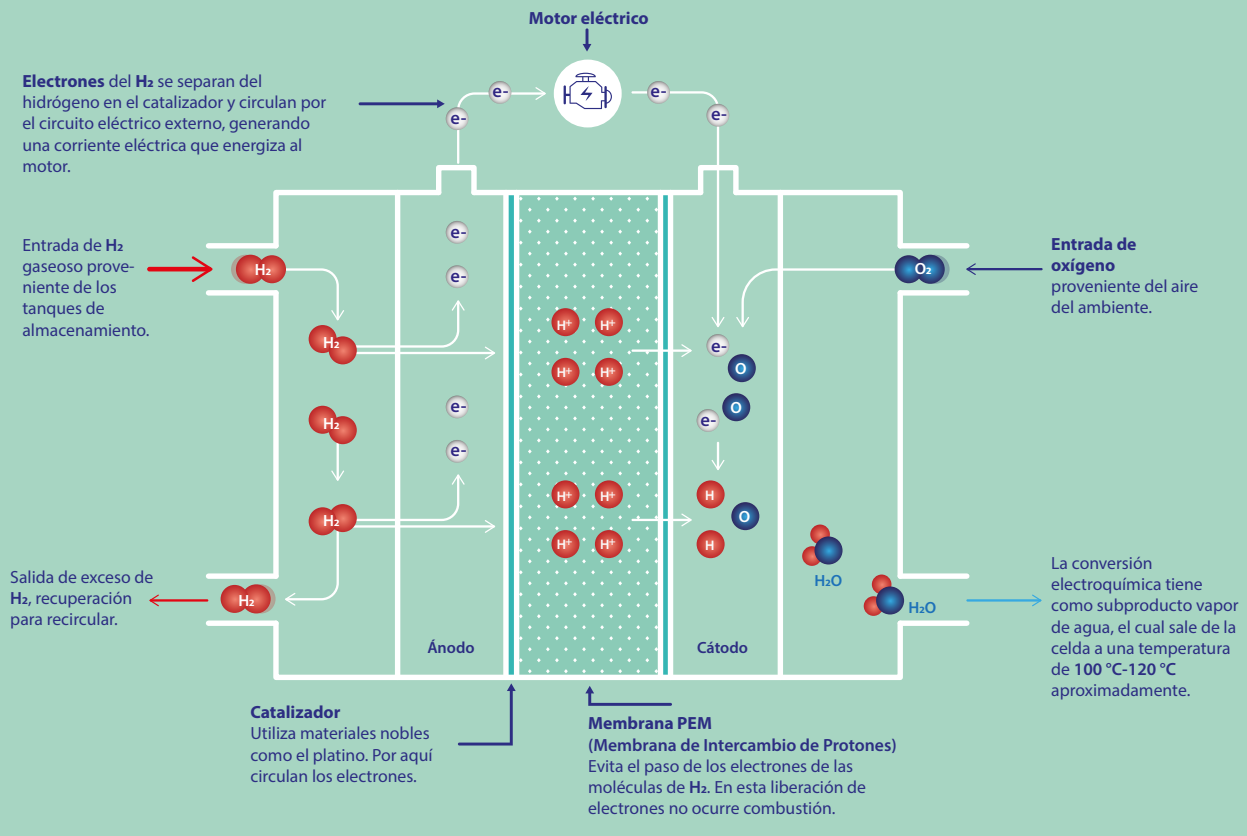
Los protones que atravesaron la membrana se unen a los iones óxido (O^{-2}) para generar agua como producto; también se libera calor debido a la circulación de electrones.



La ventaja de este dispositivo es que no emite gases tóxicos como consecuencia del proceso; además, esta celda puede operar continuamente, sin decaer en su eficiencia de conversión energética mientras sea provista de hidrógeno.

Dentro de un vehículo se conectan varias unidades formando módulos de celdas de combustible, de manera que proporcionen el flujo energético requerido por el motor eléctrico.

Funcionamiento de una celda de combustible de hidrógeno



Evaluación

1. Identifica los agentes oxidante y reductor en las ecuaciones siguientes:

   a. $Cu + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$
   b. $KClO_3 + Na_2SnO_2 \rightarrow KCl + Na_2SnO_3$
   c. $NaIO_3 + SO_2 + H_2O \rightarrow NaHSO_4 + H_2SO_4 + I_2$
   d. $I_2 + HNO_3 \rightarrow HIO_3 + NO + H_2O$

2. Balancea las siguientes ecuaciones:

   a. $KIO_3 + Al + HCl \rightarrow I_2 + AlCl_3 + KCl + H_2O$
   b. $PbO_2 + Pb + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4 + H_2O$
   c. $H_2S + HNO_3 \rightarrow S + NO + H_2O$
   d. $Sn + HNO_3 + H_2O \rightarrow H_2SnO_3 + NO$

3. Transfiere el literal correspondiente a la respuesta correcta:

a. Electrólito	( )	Permite la transferencia de iones entre las semiceldas
b. Ánodo	( )	Pérdida de electrones
c. Reducción	( )	Electrodo positivo donde ocurre la oxidación
d. Corrosión	( )	Convierte energía química en corriente eléctrica
e. Puente salino	( )	Sirve como medio para la transferencia de cargas
f. Batería	( )	Ganancia de electrones
g. Cátodo	( )	Electrodo negativo donde ocurre la reducción
h. Oxidación	( )	Deterioro de los metales por un proceso de oxidación reducción

4. A partir del siguiente diagrama de celda, escribe las reacciones de semicelda y la total.

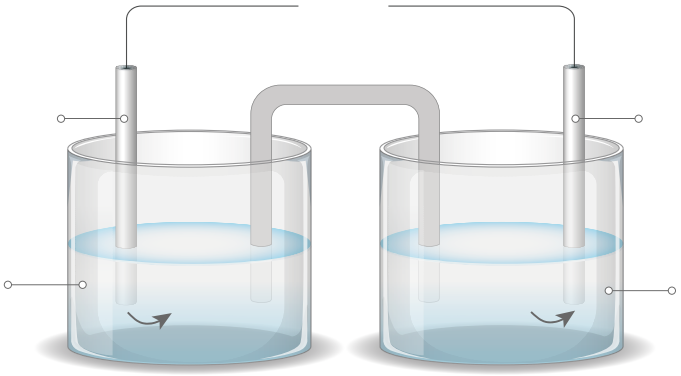
$$Ni_{(s)} \mid Ni^{+2}\,(1M) \parallel Ag^{+}\,(1\ M) \mid Ag_{(s)}$$

5. Escribe el diagrama de celda para la siguiente ecuación:

$$Fe_{(s)} + Sn^{+4}_{(ac)} \rightarrow Fe^{+2}_{(ac)} + Sn_{(s)}$$

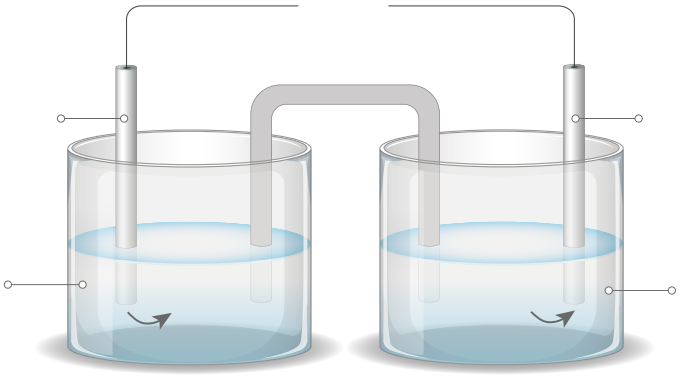
6. Completa el esquema de la celda para la reacción redox. Además, con los datos de potenciales estándar de reducción, identifica el tipo de celda:

$$Mg_{(s)} + Cu^{+2}_{(ac)} \rightarrow Mg^{+2}_{(ac)} + Cu_{(s)}$$



7. Completa el esquema de la celda para la reacción redox. Además, con los datos de potenciales estándar de reducción identifica el tipo de celda:

$$Sn_{(s)} + Co^{+2}_{(ac)} \rightarrow Sn^{+2}_{(ac)} + Co_{(s)}$$



8. Calcula el potencial de celda para los siguientes diagramas:

$$Ca_{(s)} \mid Ca^{+2}\,(1M) \parallel Cr^{+3}\,(1\ M) \mid Cr_{(s)}$$
$$Al_{(s)} \mid Al^{+3}\,(1M) \parallel O^{-2}\,(1\ M) \mid O_{2(s)}$$
$$Pb_{(s)} \mid Pb^{+2}\,(1M) \parallel Co^{+3}\,(1\ M) \mid Co^{+2}$$

Unidad 2
Electromagnetismo
Eje integrador: tecnología

En esta unidad aprenderemos a:

- Explicar el fenómeno de la inducción de voltaje.
- Reconocer a partir de un experimento los principios físicos descritos por las ecuaciones de Maxwell.
- Calcular magnitudes físicas en dispositivos electromagnéticos.
- Ejemplificar los tipos de ondas que se encuentran en el espectro electromagnético.
- Describir las propiedades de las ondas electromagnéticas a partir de un experimento.
- Resolver problemas teóricos a partir de las gráficas de los campos eléctrico y magnético de una onda electromagnética.
- Explicar el funcionamiento básico de diferentes tecnologías de comunicación inalámbrica.
- Construir un sistema de radiotelecomunicación funcional.
- Explicar los principales hitos en el desarrollo de las tecnologías de radiocomunicación.

Diferentes tipos de radiación electromagnética.

Duración: 3 semanas

Introducción a las ecuaciones de Maxwell

Indagación

Hemos aprendido previamente sobre la existencia de campos eléctricos y magnéticos, que básicamente pueden considerarse como regiones del espacio donde se manifiestan las fuerzas eléctricas y magnéticas. Veremos ahora la relación que tienen los campos eléctricos y magnéticos en qué circunstancia uno de ellos puede originar al otro y viceversa. La respuesta la conoceremos en el desarrollo de la *actividad A.*

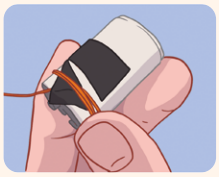
A. Voltaje inducido

Recordemos cuando elaboramos un electroimán en sexto grado, donde experimentamos que una corriente eléctrica generó un campo magnético. Sin embargo, ¿puede un campo magnético generar una corriente eléctrica? Comprobémoslo a continuación verificando las condiciones en que probablemente se podría. Elaboraremos bobinas con alambre de cobre, ocuparemos un imán como fuente de campo magnético y también usaremos un multímetro para registrar cambios el voltaje. Será fundamental que sigamos el procedimiento sugerido.

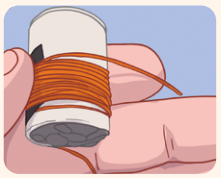
Materiales:

- $3\ \text{m}$ de alambre de cobre para embobinar (esmaltado calibre entre 22 y 26)
- Un trozo de tubo PVC no mayor a $2.5\ \text{cm}$ de diámetro y $10\ \text{cm}$ de largo
- Imán de barra pequeño (que se pueda introducir en el tubo PVC)
- Multímetro
- Cables de conexión
- Cinta aislante
- Tenaza
- Lija fina
- Regla de $30\ \text{cm}$

2



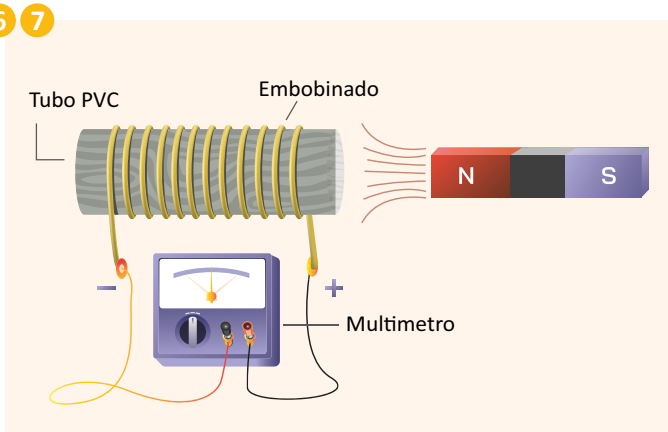
3



Procedimiento:

1. Mide alrededor de $5\ \text{cm}$ de alambre y coloca al inicio del tubo. Aplica cinta aislante para fijar el alambre al tubo.
2. Comienza a enrollar el alambre alrededor del tubo, formando un embobinado, de manera apretada y uniforme. Asegúrate de que las vueltas estén bien unidas y evita superponerlas.
3. Llega hasta el otro extremo del tubo y fija el alambre con la cinta aislante, considerando unos $5\ \text{cm}$ de alambre libre.
4. Al fijar el alambre con la cinta cuando inicias el embobinado y cuando lo terminas te aseguras de que la bobina no se desenrolle y de que puedas conectar el multímetro en los extremos libres de alambre.
5. En cada extremo del alambre, mide aproximadamente $1\ \text{cm}$ en cada lado y retira el esmalte con la ayuda de la lija.
6. Conecta los extremos del alambre a los terminales del multímetro para medir voltaje AC.

6 7



7. Acerca el imán a través de la bobina y observa la lectura del multímetro. Luego, invierte el imán y repite el movimiento. Compara tus observaciones con otros equipos discutiendo lo siguiente:
   a. ¿Cómo cambia la lectura si el imán se mueve más rápido o más lento? ¿Qué ocurre al invertir el imán?
   b. ¿Qué crees que pasaría si se usara un imán más fuerte?
   c. ¿Qué pasaría si se incrementa la cantidad de alambre?

Creatividad

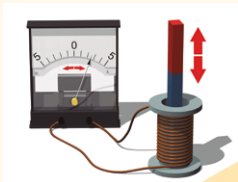
En la etapa anterior comprobamos que un cambio en el campo magnético produce una corriente eléctrica. Observamos diferentes medidas del voltaje cuando se movía el imán cerca de la bobina. El imán, en sí mismo, es una fuente de campo magnético; sin embargo, al estar en reposo, no induce ningún voltaje, dado que el flujo a través de la bobina no cambia. Se induce hasta que el flujo magnético cambia.

Durante el desarrollo de la *actividad A* comprobamos la **ley de inducción de Faraday**, que se define así: un campo eléctrico es inducido en cualquier región del espacio en la que un campo magnético cambie a través del tiempo. Por otra parte, podemos considerar, como efecto contrario a la ley de inducción de Faraday, lo enunciado por el físico inglés James Clerk Maxwell, se induce un campo magnético en cualquier región del espacio en la que un campo eléctrico cambie a través del tiempo.

Para ambos campos, su magnitud es proporcional a la rapidez con la que cambia el campo que induce. Además de esto, Maxwell vio la relación entre las ondas electromagnéticas y la luz, unificando y generalizando el trabajo previo de científicos como Faraday, Gauss, Ampère y otros, en un conjunto de cuatro ecuaciones.

Fíjate que...

En 1831, Michael Faraday, científico inglés, descubrió que se puede producir corriente eléctrica en una bobina induciendo un campo magnético por medio del movimiento relativo entre el conductor y una fuente de campo magnético.



B. Explorando las ecuaciones de Maxwell

Antes de experimentar las ecuaciones de Maxwell podemos reconocer y comprender los principios físicos descritos por ellas. Cabe mencionar que nos basaremos más en la explicación debido al nivel matemático que se requiere para su desarrollo.

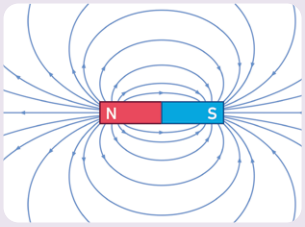
Procedimiento:

1. Lee reflexivamente la información presentada en la siguiente tabla:

Ecuaciones de Maxwell	Explicación
1. Ley de Gauss para el campo eléctrico: Las líneas de campo eléctrico salen de las cargas positivas y entran en las cargas negativas. $\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	El campo eléctrico $\vec{E}$ está relacionado con la densidad de carga eléctrica ρ que hay en una región: si hay más carga, el campo eléctrico será más fuerte.
2. Ley de Gauss para el campo magnético: Las líneas de campo magnético siempre forman bucles cerrados; no hay «monopolos magnéticos». $\nabla \cdot \vec{B} = 0$	El campo magnético $\vec{B}$ no comienza ni termina en ningún punto. Por eso, siempre que tengas un imán, tendrás un polo norte y un polo sur juntos.
3. Ley de inducción de Faraday: Un cambio en el campo magnético crea un campo eléctrico. $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$	Si el campo magnético $\vec{B}$ cambia con el tiempo, induce un campo eléctrico $\vec{E}$. Este es el principio que permite que los generadores eléctricos funcionen.
4. Ley de Ampère-Maxwell: Las corrientes y los campos eléctricos que cambian en el tiempo crean un campo magnético. $\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$	Un flujo de cargas eléctricas $\vec{J}$ a través de un conductor crea un campo magnético $\vec{B}$. También, un campo eléctrico $\vec{E}$ que cambia con el tiempo puede generar un campo magnético.

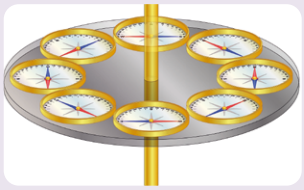
2. Observa los siguientes ejemplos y, con base en lo leído anteriormente, responde las preguntas para asociar cada ejemplo con la ecuación correspondiente de Maxwell:

La formación de líneas de campo alrededor de un imán de barra.



¿Por qué las líneas de campo magnético forman bucles cerrados alrededor de un imán y no tienen principio ni fin?

El campo magnético que se forma alrededor de un alambre recto que transporta corriente.

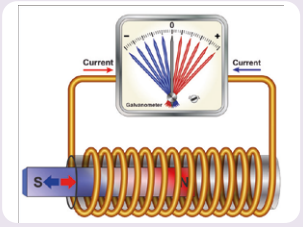


¿Cómo se genera un campo magnético a partir de una corriente eléctrica y cómo se relaciona con la variación de un campo eléctrico?

Un globo cargado electrostáticamente atrae pequeños trozos de papel.

¿Cómo se distribuye el campo eléctrico alrededor de una carga y cómo influye en los objetos cercanos?

La corriente inducida en un circuito cuando se mueve un imán a través de una bobina.



¿Qué sucede en un circuito cuando un campo magnético a través de él cambia?

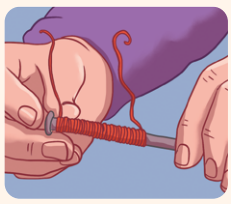
C. Experimentando las ecuaciones de Maxwell

En el desarrollo de la *actividad A* experimentamos la tercera ecuación de Maxwell. También, en grados anteriores, hemos experimentado la primera ecuación de Maxwell, al observar el efecto de cuerpos cargados electrostáticamente sobre otros por ejemplo: globos y peines cargados por frotación que atraen trozos de papel y la segunda ecuación de Maxwell, al observar la formación de líneas de campo alrededor de un imán depositando limaduras de hierro sobre papel. Construiremos algunos dispositivos que nos permitan reconocer los principios físicos descritos por la ecuación de Maxwell restante.

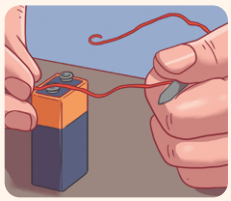
Materiales:

- $3\ \text{m}$ de alambre de cobre para embobinar (esmaltado calibre entre 22 a 26)
- Clavo de metal de $5\ \text{cm}$ de longitud
- Cinta aislante
- Lija fina
- Clips y otros objetos pequeños de metal
- Tenaza
- 2 baterías AA de $1.5\ \text{V}$
- Batería de $9\ \text{V}$
- Batería de $12\ \text{V}$
- Imán de neodimio o ferrita
- Imán de neodimio común en forma de disco

1



5



Procedimiento:

Parte I. Construyendo un electroimán

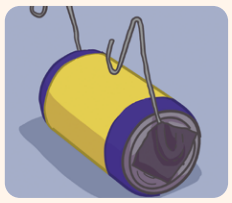
1. Enrolla el alambre alrededor del clavo, similar a como lo hiciste en la *actividad A*, de manera apretada, uniforme y sin superponerse, usando un trocito de cinta para fijarlo al inicio y para que puedas hacer el embobinado.
2. Deja alrededor de $5\ \text{cm}$ de alambre libre al inicio y al final del embobinado.
3. Retira el esmalte de los extremos del alambre libre utilizando la lija fina.
4. Acerca el clavo a los clips y a los objetos de metal y observa lo que ocurre.
5. Toma los extremos libres del alambre y forma una pequeña espira circular con cada uno, de manera que puedan colocarse sobre la batería, y conéctalo.

6. Mientras está conectado a la batería de $9\ V$, repite el paso 4.
7. Ahora cambia de batería por la de $12\ V$ y repite el paso 4. Discute las siguientes preguntas:
   a. ¿Qué diferencias observas en la atracción de los objetos metálicos cuando el electroimán está conectado a la batería en comparación con cuando no lo está?
   b. ¿Cómo percibes la fuerza del electroimán al ser mayor el voltaje de la batería?
   c. ¿Por qué el electroimán pierde su magnetismo cuando desconectas la batería? ¿Qué te dice esto sobre la relación entre el campo magnético y la corriente eléctrica? Verifica con cual ecuación de Maxwell se relaciona. Puedes revisar la *actividad B* para recordar las explicaciones de las ecuaciones de Maxwell.

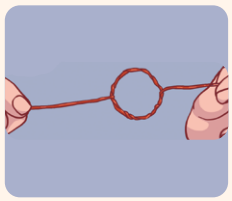
Parte II. Construyendo un motor eléctrico sencillo

1. Con los clips, forma unos ganchos y conéctalos a los polos de la batería de $1.5\ V$ usando cinta aislante.
2. Toma un tramo del alambre de cobre y forma una espira circular en el centro, girando el alambre varias veces para hacer un lazo firme de aproximadamente 5 vueltas.
3. Deja ambos extremos del alambre extendidos horizontalmente y retira el esmalte con la lija, asegurándote de que queden rectos y alineados con la espira para formar los ejes del motor.
4. Coloca la espira en los ganchos conectados a la batería.
5. Acerca el imán que percibas con mayor campo magnético al dispositivo de la batería más la espira. Observa lo que ocurre con la espira y discute las siguientes preguntas:
   a. ¿Qué sucede con la espira cuando acercas el imán? ¿Cómo cambia su movimiento cuando alejas o acercas el imán?
   b. ¿Qué pasaría si inviertes los polos del imán o la conexión de los extremos de la espira a la batería? Prueba a hacerlo cambiando los extremos de la espira.
   c. ¿Cómo explicarías el efecto del imán en la corriente eléctrica que pasa a través de la espira proporcionada por la batería? Describe la ecuación de Maxwell con la que se relaciona.

1



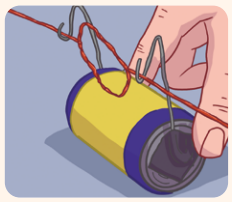
2 3



Parte III. Construyendo un motor homopolar

1. Coloca la batería AA de $1.5\ V$ (cualquier polo) encima del imán de neodimio en forma de disco. Por facilidad, puede ser el polo negativo, ya que es el lado plano.
2. Dobla el alambre de cobre de manera que pueda colocarse en contacto con el polo superior libre de la batería y con el imán en el inferior: puedes formar un gancho para conectar a la parte superior de la batería y hacer un bucle en la parte inferior que quede alrededor del imán y que consiga tocarlo.
3. Lija los extremos del alambre para que haya conectividad.
4. El alambre debe quedar dispuesto de manera que pueda moverse con facilidad. Puedes probar diversas formas de doblar el alambre hasta que consiga moverse sin caerse. Observa lo que ocurre y discute las siguientes preguntas:
   a. Considera lo que proporcionan el imán y la batería al alambre para explicar por qué gira el alambre.
   b. ¿Qué pasaría si se usara una batería de diferente voltaje? Compruébalo conectando las dos pilas AA de $1.5\ V$ en serie y repite los pasos del 1 al 3. Puedes enrollar cinta aislante para conectar las dos pilas una tras otra con el polo negativo de una tocando al positivo de la otra.
   c. ¿Cómo afecta el voltaje a la corriente en el alambre y al movimiento del motor? Relaciona con cual ecuación de Maxwell concuerda. Revisa la *actividad B* para recordar las explicaciones de las ecuaciones de Maxwell.

4



2

Comunicación

Los dos motores construidos anteriormente en la parte II y III de la *actividad C* se explican principalmente mediante la ley de Ampère-Maxwell, que describe cómo un campo magnético es generado tanto por corrientes eléctricas como por campos eléctricos cambiantes. En el caso del motor homopolar, es la corriente eléctrica que fluye a través del conductor la que genera un campo magnético circundante. Este campo magnético interactúa con el campo magnético externo proporcionado por el imán de neodimio, y esta interacción da lugar a una fuerza conocida como **fuerza de Lorentz**. Vamos a ver en qué consiste esta fuerza en la siguiente actividad.

D. Explorando un acelerador de partículas

Iniciaremos recordando que si tenemos una partícula con carga q dentro de un campo magnético $\vec{B}$ moviéndose a una velocidad $\vec{v}$, la ecuación que describe su fuerza magnética es:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \qquad 2.1$$

La magnitud de la fuerza magnética se calcula mediante:

$$F = q\, v\, B \,\text{sen}\, \theta \qquad 2.2$$

Es de notar que la fuerza magnética es perpendicular tanto a la velocidad de la carga eléctrica como al campo magnético.

PRINCIPIO DEL CICLOTRÓN

El ciclotrón usa un campo magnético que curva la trayectoria de protones en círculos y un campo eléctrico que los acelera en cada cruce entre los D.

Un acelerador de partículas es una máquina que utiliza campos eléctricos y magnéticos para acelerar partículas cargadas, como protones o electrones, a velocidades extremadamente altas. Uno de los tipos más comunes es el **ciclotrón**, que usa un campo magnético para hacer que las partículas sigan una trayectoria circular mientras un campo eléctrico alterno las acelera en cada vuelta. La relación con la **fuerza de Lorentz** es fundamental. Realiza los siguientes pasos para descubrir esta relación y resolver situaciones sobre el ciclotrón.

Procedimiento:

1. Analiza el *Así se calcula…* que se encuentra en la siguiente página.
2. Reconoce los términos en negrita del *Así se calcula…* en la imagen del ciclotrón. Además, observa cómo aplicar la ecuación de la fuerza de Lorentz al mismo.
3. Resuelve la siguiente situación: el campo magnético de un ciclotrón que acelera protones es $0.40\ \text{T}$. El radio máximo del ciclotrón es $0.200\ \text{m}$. ¿Cuál es la rapidez máxima del protón?
4. Compara lo calculado en la situación anterior sobre la rapidez máxima del protón haciendo uso de una simulación. Puedes acceder a ella por medio del código QR que se encuentra al lado izquierdo.
5. Discute lo observado en la simulación usando las siguientes preguntas:
   a. ¿Qué relación observaste en la rapidez máxima del protón en la simulación comparada con la calculada?
   b. En el movimiento de los protones, ¿cuál es el papel del campo magnético del ciclotrón?
   c. En el movimiento de los protones, ¿cuál es el papel del campo eléctrico en el ciclotrón? ¿Cómo es su comportamiento?

Puedes observar las trayectorias helicoidales y la rapidez máxima alcanzada por un protón en un ciclotrón.

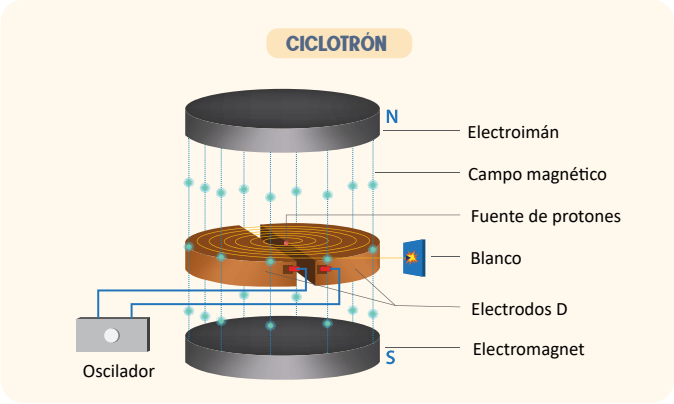
Fuerza de Lorentz

La fuerza de Lorentz describe la fuerza que actúa sobre una carga eléctrica q en movimiento en presencia de un campo eléctrico $\vec{E}$ y un campo magnético $\vec{B}$. La ecuación general de la fuerza de Lorentz $\vec{F}$ es:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \qquad 2.3$$

Donde podemos reconocer la fuerza eléctrica y magnética, respectivamente:

- $q\vec{E}$: fuerza que actúa sobre una carga debido a un campo eléctrico.
- $q\vec{v} \times \vec{B}$: fuerza que actúa sobre una carga en movimiento cuando está en un campo magnético.



Para un ciclotrón, el **campo magnético**, generado por grandes **electroimanes**, aplica una fuerza perpendicular a la velocidad de las partículas, como protones, obligándolas a moverse en círculos. Las partículas provienen de una **fuente de protones** que las inyecta al ciclotrón con una velocidad inicial. Entre los electrodos del ciclotrón, llamados **D** (debido a su forma), un campo eléctrico alterno, generado por un **oscilador** de radiofrecuencia, acelera a las partículas cada vez que cruzan entre los **D**, aumentando su velocidad en cada vuelta. Este proceso permite que las partículas adquieran cada vez más energía cinética, hasta alcanzar la velocidad deseada para impactar contra un **blanco**, lo que las hace útiles en investigaciones científicas, la producción de radioisótopos y aplicaciones en medicina nuclear.

En el caso del ciclotrón, el término $q\vec{E}$ de la fuerza de Lorentz no se aplica de manera continua, sino que solo actúa en momentos específicos cuando la partícula atraviesa las regiones entre los "D", donde hay un campo eléctrico alterno.

Una vez dentro de los «D», no hay campo eléctrico por-que el interior de los «D» es un espacio libre de campo eléctrico y la partícula está girando dentro de ellos. El campo magnético sí está presente de manera continua dentro de los «D». Esto obliga a la partícula a moverse en una trayectoria circular debido a la fuerza de Lorentz, que en este caso es solo magnética.

Dado que el campo magnético $\vec{B}$ es perpendicular a la velocidad de la partícula $\vec{V}$, la magnitud de la fuerza de Lorentz, considerando la expresión 2.2 para $\theta = 90°$ es:

$$F = qvB$$

La fuerza siempre es perpendicular a $\vec{V}$, por lo que no puede cambiar la magnitud de la velocidad, solo su dirección, por tanto, la rapidez de la partícula es constante. Esta fuerza de Lorentz actúa como la fuerza centrípeta F_c que mantiene moviéndose con una rapidez v a la partícula de masa m en una trayectoria circular de radior r:

$$F_c = \frac{mv^2}{r}$$

La fuerza de Lorentz es la que proporciona la fuerza centrípeta, por lo que podemos considerar $F = F_c$, obteniendo la siguiente expresión:

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \qquad 2.4$$

De 2.4 despejamos la rapidez v, y obtenemos:

$$v = \frac{qBr}{m} \qquad 2.5$$

Con el análisis podemos desarrollar el siguiente ejemplo:

Ejemplo 1. Calcular la rapidez máxima a la que un protón puede ser acelerado en un ciclotrón pequeño, cuyos electroimanes de $0.40\ m$ de radio producen un campo magnético de $0.85\ T$.

Solución: Dado que la partícula es un protón y observando la expresión 2.5, necesitaremos su carga y masa, que serían $q = 1.60 \times 10^{-19}\ C$ y $m = 1.67 \times 10^{-27}\ kg$; los datos de campo y radio se encuentran en el ejemplo.

Planteamos la expresión 2.5 y sustituimos las magnitudes correspondientes:

$$v = \frac{(1.60 \times 10^{-19}\ C)\ (0.85\ T)\ (0.40\ m)}{1.67 \times 10^{-27}\ kg}$$

$$v = 3.26 \times 10^{7}\ m/s$$

Ondas electromagnéticas

Indagación

En la *actividad A* de la lección anterior pudimos comprobar experimentalmente que cuando un campo magnético varía en una región del espacio, se genera un campo eléctrico. La intensidad de este campo eléctrico inducido depende de la rapidez con la que cambia el campo magnético (ley de Faraday).

INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Un metal moviéndose dentro de una bobina no induce voltaje a menos que sea un imán, ya que genera un cambio en el flujo magnético que la atraviesa.

Mencionamos que la contraparte de la ley de Faraday fue descubierta por medio de la ley de Ampère-Maxwell; cuando un campo eléctrico varía en una región del espacio, se genera un campo magnético. Este campo magnético inducido tiene una intensidad que también depende de la velocidad con la que cambia el campo eléctrico. Para ambos casos, la dirección del campo inducido es siempre perpendicular a la del campo cambiante.

Los campos eléctrico y magnético variantes forman una perturbación que se propaga desde la carga que oscila viajando a una velocidad específica, lo que permite que ambos campos se mantengan en equilibrio y se fortalezcan entre sí mientras transportan energía a través del espacio. A esta perturbación le llamamos onda electromagnética (ondas EM).

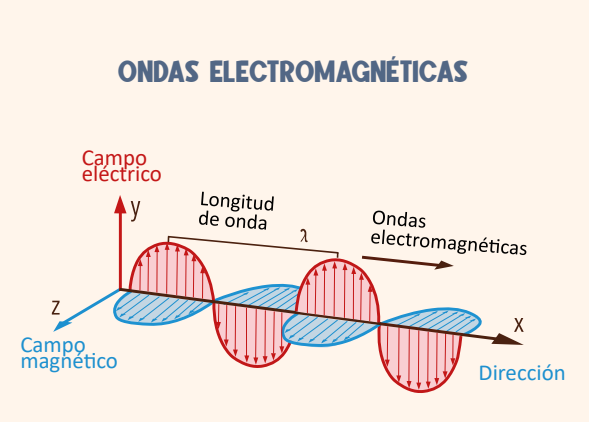
Vamos a explorarlas en la siguiente actividad, donde iniciaremos estudiante las ondas EM.

A. Explorando el espectro electromagnético

La clasificación de las ondas EM por su frecuencia (o longitud de onda) constituye el espectro electromagnético. Cada tipo de onda tiene características únicas y aplicaciones específicas.

En este sitio hay una descripción más detallada de cada región del espectro electromagnético.

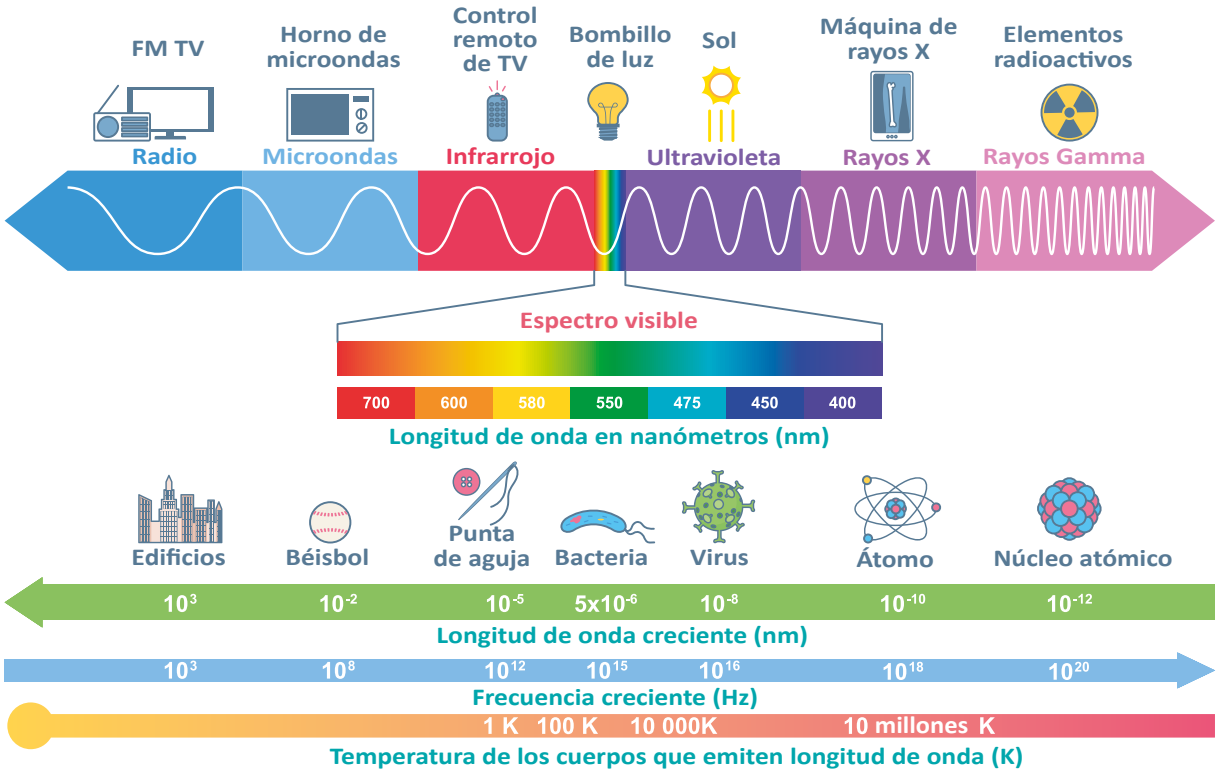
En la figura de la derecha podemos observar esquemáticamente el comportamiento de una onda EM, similar a las ondas mecánicas, que poseen longitud de onda, frecuencia y velocidad de propagación.



Procedimiento:

1. Observa la imagen del espectro electromagnético en la infografía de la siguiente página.
2. Presta atención a los ejemplos de los tipos de onda EM y a los ejemplos de tamaños de las longitudes de onda.
3. Forma un equipo de trabajo de 6 compañeros y espera a que se te asigne una región del espectro electromagnético que aparece en la infografía. Luego, por equipo, investigarán con mayor profundidad lo expuesto en la infografía la región del espectro electromagnético que les ha sido asignada.
4. Elabora una presentación en la que describas las características, aplicaciones y ejemplos de la región del espectro electromagnético que te fue asignada.

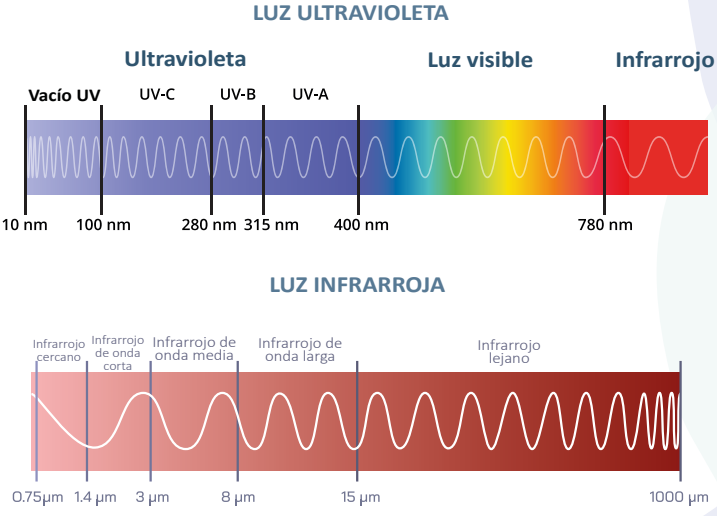
ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



Solo una pequeña parte del espectro electromagnético es detectable por nuestros ojos, y a esa porción la llamamos **luz visible**. Su longitud de onda varía entre 380 nm y 750 nm, con frecuencias aproximadas de 790 THz a 400 THz. Las diferentes longitudes de onda dentro de este rango generan en nosotros la percepción de distintos colores.

	Longitud de onda	Frecuencia	Energía del fotón
Violeta	380 nm - 450 nm	670 THz - 790 THz	2.75 eV - 790 eV
Azul	450 nm - 485 nm	620 THz - 670 THz	2.56 eV - 2.75 eV
Cian	485 nm - 500 nm	600 THz - 620 THz	2.48 eV - 2.56 eV
Verde	500 nm - 565 nm	530 THz - 600 THz	2.19 eV - 2.48 eV
Amarillo	565 nm - 590 nm	510 THz - 530 THz	2.10 eV - 2.19 eV
Naranja	590 nm - 625 nm	480 THz - 510 THz	1.98 eV - 2.10 eV
Rojo	625 nm - 750 nm	400 THz - 480 THz	1.65 eV - 1.98 eV

En un extremo del espectro visible tenemos una radiación de menor longitud de onda y mayor energía: **luz ultravioleta**; y en el otro extremo, una radiación de mayor longitud de onda y menor energía: **luz infrarroja**



- Recuerda estos prefijos de unidad:
  $nm = 10^{-9}\ m$, $\mu m = 10^{-6}\ m$, $THz = 10^{12}\ Hz$
- Recuerda esta unidad de energía:
  $1\ eV = 1.602 \times 10^{-19}\ J$

Creatividad

La existencia de las ondas EM ya había sido desarrollada por James Clerk Maxwell a partir la contribución de otros científicos. Sin embargo, ya se habían hecho varios experimentos relacionados, pero fue hasta los años de 1886-1891 que se fabricó un dispositivo capaz de generar y detectar las ondas EM. Dicho dispositivo permitió demostrar la existencia y propagación de ondas EM, lo que implica la emisión de **energía electromagnética**, medida en términos de **potencia e intensidad**.

B. Experimentando algunas propiedades de las ondas electromagnéticas

Realizaremos un experimento parecido al de Hertz, pero con algunas simplificaciones. Verificaremos cómo las ondas EM viajan por el espacio e inducen corrientes eléctricas.

Fíjate que...

El experimento de Heinrich Hertz (1887) fue el primero en demostrar la existencia de ondas EM. Consistía en generar ondas EM utilizando un oscilador y detectarlas con un receptor: **Oscilador.** Compuesto por un circuito que generaba descargas eléctricas entre dos esferas metálicas. Las descargas producían ondas de radio. **Receptor**. Resonador, formado por un aro metálico con una pequeña abertura. Cuando las ondas EM generadas por el oscilador llegaban al receptor, producían una pequeña chispa, confirmando la presencia de las ondas.

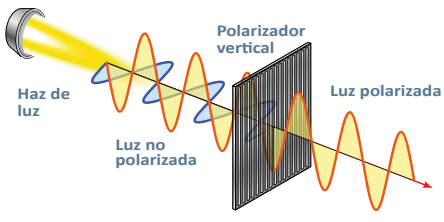
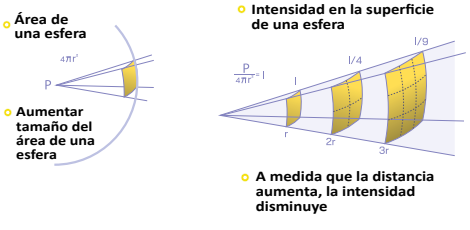
Materiales:

- 2 placas rectangulares de madera de $10\ \text{cm} \times 15\ \text{cm}$
- 4 piezas de madera de $1.5\ \text{cm}$ de largo y $10\ \text{cm}$ de alto
- 4 varillas metálicas de $15\ \text{cm}$ de longitud
- Bombillo de neón
- Destornillador
- Encendedor de cocina (elemento piezoeléctrico)
- 2 conectores tipo cocodrilo
- 2 placas cuadradas de doble hoja de papel aluminio de $13\ \text{cm}^2$
- Cinta aislante
- Silicón frío (o caliente)

Procedimiento:

Parte I. Propiedades de las ondas electromagnéticas

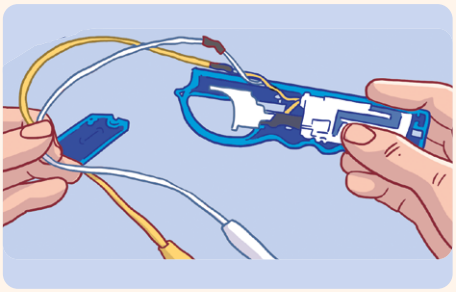
1. Lee reflexivamente el siguiente texto sobre las propiedades de las ondas EM.

Velocidad de propagación	Polarización	Potencia	Intensidad
Todas las ondas EM se propagan a la misma rapidez en el vacío: $c = 3.00\times10^8\ \text{m/s}$ Aunque se diferencian por su frecuencia f y longitud de onda λ, en el vacío, siempre cumplen la relación: $c = \lambda f$ 2.6	Las ondas EM son transversales y el campo eléctrico oscila en un plano perpendicular a la dirección de propagación de la onda. La polarización describe la dirección de esas oscilaciones.	Es la cantidad total de energía radiada por una fuente en forma de ondas EM por unidad de tiempo: P. Se mide en watt (W). Por ejemplo, un emisor de ondas EM, como una antena.	Es la cantidad de energía que la onda transporta por unidad de área por unidad de tiempo. Se mide en watt por metro cuadrado (W/m^2). Se calcula con la siguiente expresión: $I = \frac{P}{A}$ 2.7
			

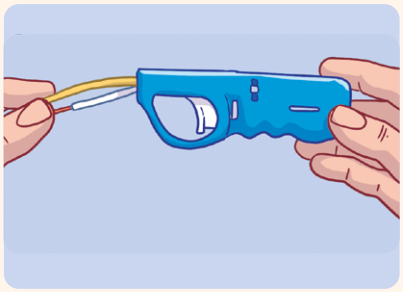
Parte II. Experimento simplificado de Hertz

1. Con mucha precaución, toma el destornillador, abre el encendedor de cocina e identifica el elemento piezoeléctrico, del cual deben salir dos cables.
2. Coloca los conectores tipo cocodrilo en los dos cables de salida del elemento piezoeléctrico.
3. Vuelve a armar el encendedor.
4. Prueba a accionar el encendedor y verifica que se genera un pulso al acercar los dos conectores tipo cocodrilo (sin tocarse). Debería verse una chispa (descarga eléctrica) entre ambos.

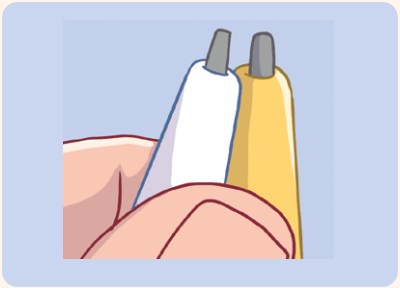
1 2



3

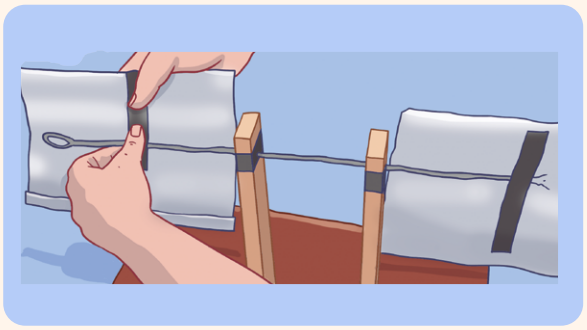


3

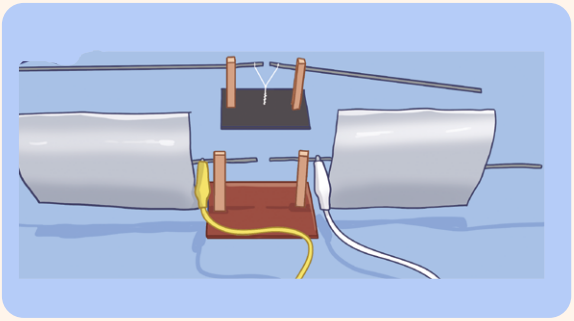


5. Toma dos varillas y pega con cinta aislante a cada varilla una de las placas cuadradas de papel aluminio, dejando la varilla justo a la mitad de la placa (para formar una antena). Este será el **emisor**.
6. Perfora las 4 piezas de madera en un extremo a la misma altura y adhiérelas con silicón a las placas de madera, a $7\ \text{cm}$ aproximadamente de separación entre sí. Las placas de madera servirán como base.
7. Introduce una varilla en cada perforación de las piezas, procurando que queden a la misma altura y dejándolas cerca de $0.5\ \text{cm}$ de separación entre sí.
8. Repite los pasos 6 y 7 con los materiales restantes. El dispositivo de las dos varillas sin las placas de aluminio será el **receptor**.
9. Coloca el emisor frente al receptor, a unos $5\ \text{cm}$ de separación.
10. Coloca los conectores tipo cocodrilo que vienen del encendedor, uno a cada varilla de la «antena» en el dispositivo emisor.
11. Dobla cada una de las terminales del bombillo y colócalo sobre las varillas del dispositivo receptor. El arreglo estaría listo.
12. Acciona el encendedor y observa lo que ocurre.
13. Discute y responde las siguientes preguntas con tu equipo de trabajo:
    a. ¿Qué observaste al accionar el encendedor?
    b. ¿Por qué crees que ocurrió esto?
    c. ¿Cómo se está generando la onda electromagnética en este experimento?
    d. ¿Qué la está generando? ¿Cómo se propaga?
    e. ¿Cómo afecta la distancia entre el emisor y el receptor en el experimento? Relaciona tu respuesta con la propiedad de intensidad.
    f. ¿Cómo se relaciona la potencia de la onda electromagnética con el pulso generado? Asocia con la potencia del bombillo.

5 7



8 11



Comunicación

En el experimento anterior observamos cómo se generan y propagan las ondas EM a partir de un pulso de alto voltaje. Observamos que estas ondas, al propagarse desde el emisor hacia el receptor, transportan energía, como lo evidenció el breve parpadeo del bombillo de neón. También aprendimos que la distancia entre el emisor y el receptor afecta la intensidad de la onda recibida, y que la correcta alineación (**polarización**) es crucial para una recepción eficiente. Esto nos permite entender que, aunque las ondas EM son invisibles al ojo humano, llevan energía que puede ser transformada en otras formas, como luz o calor. Ahora profundizaremos en la energía transportada por las ondas EM.

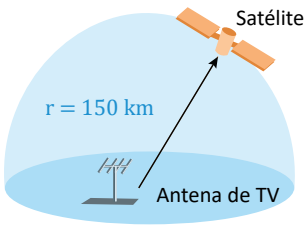
C. Cálculo de la potencia e intensidad de una onda electromagnética

A continuación calcularemos la energía transportada por ondas EM, su potencia e intensidad, y cómo el **vector de Poynting** nos ayuda a entender la dirección y la cantidad de energía transferida en el espacio.

Procedimiento:

1. Lee reflexivamente la infografía de la siguiente página e identifica los conceptos resaltados en negrita.
2. Observa las ecuaciones y discute con tus compañeros las siguientes preguntas:
   a. ¿Qué es el vector de Poynting? ¿Qué magnitud física describe?
   b. ¿Cuál es la diferencia entre el vector de Poynting y la intensidad de radiación?
   c. ¿Qué relación existe entre la intensidad de radiación y la amplitud del campo eléctrico (E_{max})?
3. Analiza la resolución del siguiente ejemplo.

Ejemplo 1: Energía de una onda EM sinusoidal. Una antena parabólica emite ondas EM con una potencia media total de $75\ \text{kW}$. Suponiendo que la antena irradia de manera uniforme en todas las direcciones, calcular las amplitudes de los campos eléctrico y magnético detectados por un satélite situado a $150\ \text{km}$ de la antena.



Solución:

- Se conoce la potencia total media del transmisor (antena de TV): $P = 75\times10^{3}\ \text{W}$
- La intensidad (I) podemos calcularla con la expresión 2.7.
- Para encontrar I a $150\ \text{km}$ del transmisor, se divide P por el área superficial del hemisferio $2\pi r^2$:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{75\times10^{3}\ \text{W}}{2\pi(150\times10^{3}\ \text{m})^2} = 5.31\times10^{-7}\ \text{W/m}^2$$

- Para una onda sinusoidal, I también es igual a la magnitud del valor medio del vector de Poynting, por lo que podemos hallar la amplitud del campo eléctrico mediante la expresión 2.10, despejándolo:

$$E_{max} = \sqrt{2\mu_0 cI} = \sqrt{2\left(4\pi\times10^{-7}\ \text{T}\cdot\frac{\text{m}}{\text{A}}\right)\left(3.00\times10^{8}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)\left(5.31\times10^{-7}\ \frac{\text{w}}{\text{m}^2}\right)} = 2.00\times10^{-2}\ \text{V/m}$$

Para hallar la amplitud del campo magnético (B_{max}) recordamos la relación que hay entre E y B:

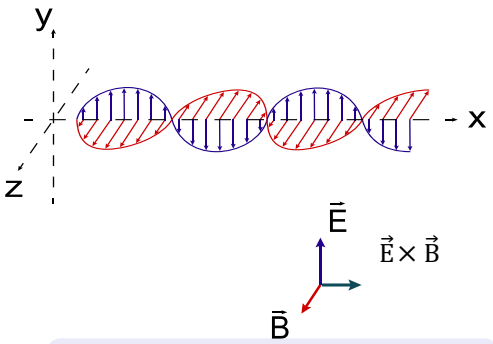
$$E = cB \rightarrow E_{max} = cB_{max} \rightarrow B_{max} = \frac{E_{max}}{c} = \frac{2.00\times10^{-2}\ \text{V/m}}{3.00\times10^{8}\ \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 6.67\times10^{-11}\ \text{T}$$

4. Resuelve el siguiente ejercicio: Un radar meteorológico emite ondas EM con una potencia media total de $120\ \text{kW}$. El radar irradia de manera uniforme en todas las direcciones hacia un hemisferio. Calcula las amplitudes de los campos eléctrico y magnético detectados por un avión que se encuentra a $50\ \text{km}$ de distancia del radar.

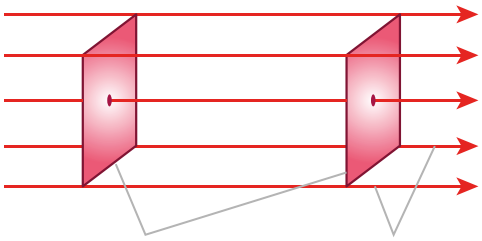
Energía transportada por las ondas electromagnéticas

Toda onda EM tiene cuatro propiedades esenciales:

1. La onda es transversal; tanto $\vec{E}$ como $\vec{B}$ son perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación de la onda, la cual queda determinada por el producto vectorial: $\vec{E} \times \vec{B}$.
2. Hay una razón definida entre las magnitudes de los campos eléctrico y magnético: $E = cB$.
3. La onda viaja en el vacío con rapidez definida y constante.
4. No requieren un medio para transmitirse.



Radiación electromagnética



Frentes de onda plana Rayos de luz

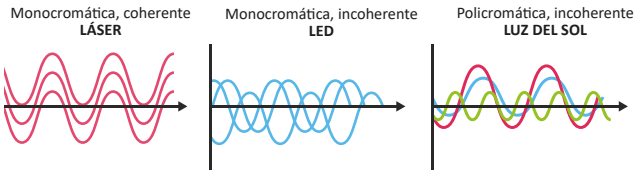
Vamos a imaginar que tenemos varios frentes de onda plana paralelos perpendiculares al eje X, que se desplazan hacia la derecha con rapidez c. Además, son de una sola longitud de onda: monocromáticos.

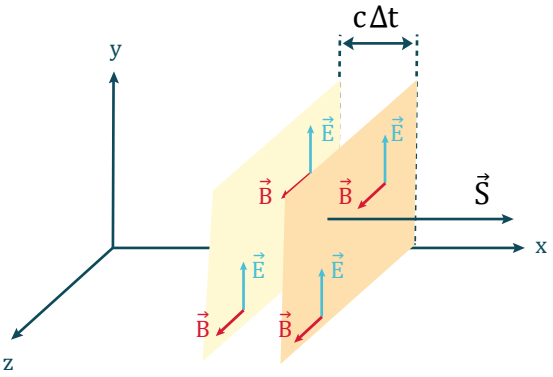
Las ondas EM transportan energía de una región a otra a medida que viajan. Esta transferencia de energía se puede describir en términos de la **potencia** en cada unidad de área perpendicular a la dirección en que viaja la onda. El **flujo de energía** por unidad de tiempo por unidad de área es una cantidad vectorial denominada **vector de Poynting.**

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0} \vec{E} \times \vec{B} \qquad 2.8$$

Donde μ_0 es una constante magnética: permeabilidad del vacío.

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}\ T \cdot m/A$$





Como las frecuencias de las ondas EM son muy altas, la variación en el tiempo del vector Poynting es tan rápida que lo más adecuado es examinar su valor medio. Para ondas sinusoidales, la magnitud del valor medio de $\vec{S}$ es:

$$S_{med} = \frac{E_{max} B_{max}}{2\mu_0} \qquad 2.9$$

La magnitud del valor medio de $\vec{S}$ en un punto recibe el nombre de intensidad de la radiación en ese punto:

$$S_{med} = I = \frac{E^2_{max}}{2\mu_0 c} \qquad 2.10$$

Recuerda las siguientes unidades:

E: Campo eléctrico

Volt por metro:

$$\frac{V}{m} = \frac{w}{A \cdot m}$$

B: Campo magnético

Tesla:

$$T = \frac{V \cdot s}{m^2}$$

Indagación

Estudiando el espectro electromagnético aprendimos que a pesar de las diferentes características (longitud de onda, frecuencia y energía) de los tipos de radiaciones y sus aplicaciones, todas ellas son ondas EM. Una de estas aplicaciones que ha transformado nuestra forma de interactuar y acceder a la información es la **tecnología de comunicación** inalámbrica. Desde la radio hasta las redes móviles, todas estas tecnologías dependen de ondas EM para transmitir señales a grandes distancias sin cables.

A. Explorando las tecnologías inalámbricas

En esta actividad exploraremos cómo funcionan algunas de las tecnologías inalámbricas observando ejemplos cotidianos, como los controles remotos de televisión y nuestros propios teléfonos móviles. Comprenderemos mejor el comportamiento de las ondas EM y cómo se utilizan en las telecomunicaciones.

Materiales:

- Un control remoto de televisión con señal infrarroja.
- Un teléfono móvil con cámara.

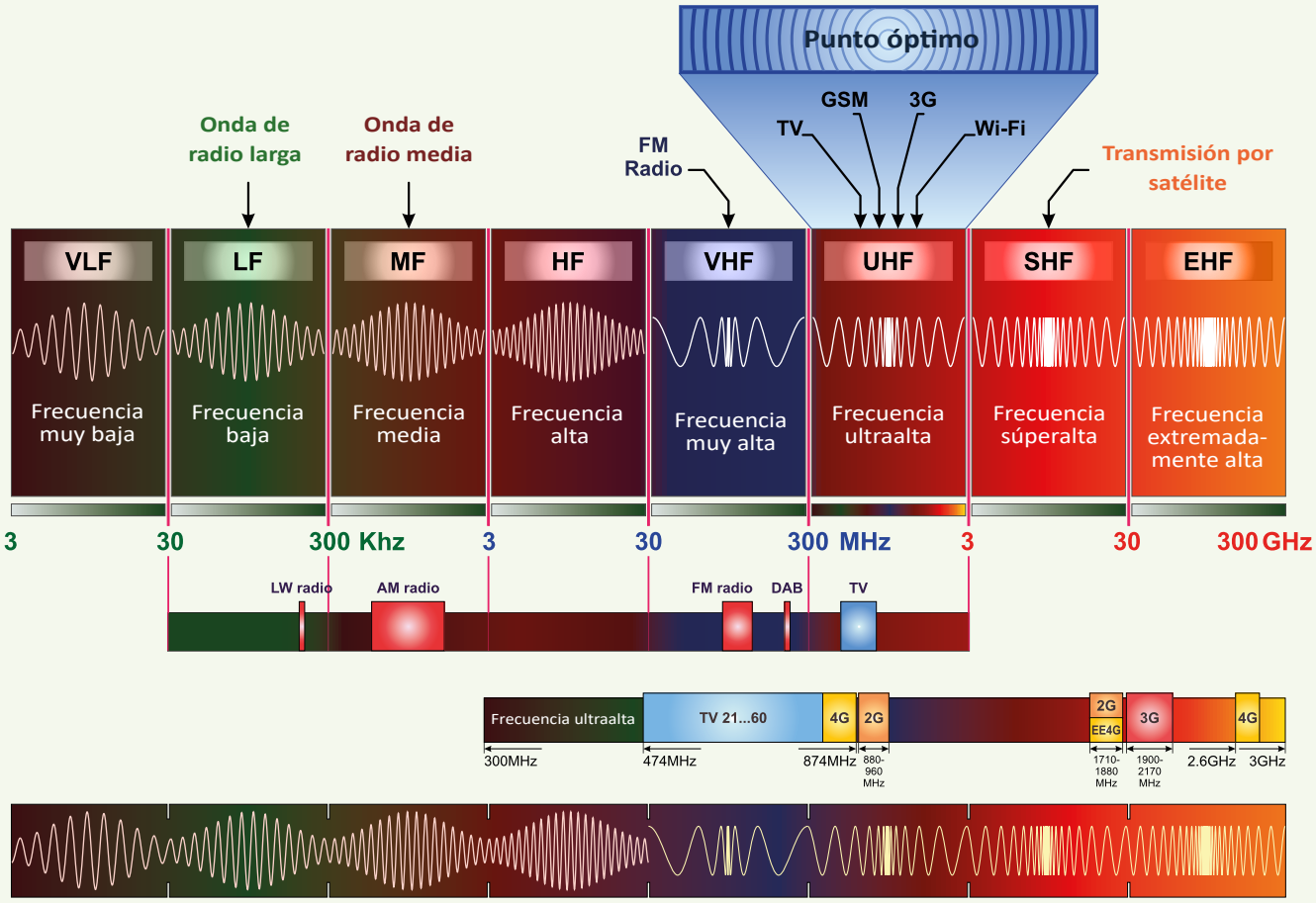
En este sitio encontrarás más información sobre la tecnología inalámbrica.

Procedimiento:

1. Coloca la cámara de tu teléfono móvil hacia la parte frontal del control remoto de televisión.
2. Presiona cualquier botón del control remoto mientras observas la pantalla de tu teléfono.
3. Reflexiona: ¿Qué observas en la pantalla del celular que no puedes ver sin él?
4. Discute con tu equipo las siguientes preguntas:
   a. ¿Por qué puedes ver el destello del control remoto en la pantalla del móvil, pero no con tus ojos?
   b. ¿A qué parte del espectro electromagnético pertenece la luz que emite el control remoto? Revisa el espectro EM para verificar las longitudes de onda del espectro visible y de la luz infrarroja. ¿Cuál es más larga?
   c. ¿Qué ventaja ofrece la luz infrarroja para los controles remotos de televisión en lugar de otras frecuencias del espectro EM, por ejemplo, radiofrecuencias?
5. Observa la imagen del espectro radioeléctrico en la infografía de la siguiente página. Presta atención a los ejemplos de los tipos de radiofrecuencia y al rango de las frecuencias especificadas.
6. Se formarán 6 equipos en el grado. A cada uno se le asignará una tecnología: radio AM, radio FM, Wi-Fi, Bluetooth, televisión satelital, redes móviles 4G/5G. Investiga el funcionamiento de la tecnología asignada.
7. Realiza una presentación donde se respondan a preguntas como:
   d. ¿Qué banda del espectro utiliza?
   e. ¿Por qué esa banda es adecuada para su uso?
   f. ¿Cómo se transmite y recibe la señal?

Es de considerar que, según el tipo de radiación empleada, hay dos tipos de dispositivos de control remoto:
IR (**infrarrojos**). Requieren una línea de visión directa, ya que la luz infrarroja no atraviesa obstáculos.
RF (**radiofrecuencia**). No necesitan estar alineados con el dispositivo, ya que sus señales pueden atravesar paredes y objetos, ofreciendo mayor flexibilidad en su uso.

Espectro radioeléctrico



El espectro radioeléctrico corresponde al espacio de frecuencias del espectro EM específico para la comunicación inalámbrica.

Las diferentes bandas de frecuencias son los espacios asignados a los usos y servicios de telecomunicaciones.

Cada una de las bandas frecuenciales tiene diferentes características de cobertura y sensibilidad al ruido e interferencias, haciendo que cada banda sea óptima para diferentes usos.

Convención de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)

	Radionavegación marítima		Señales de tiempo, radio relojes		Radiodifu-sión en AM
1. ELF	2. SLF	3. ULF	4. VLF	5. LF	6. MF
3 Hz – 30Hz Extremada mente baja	30 Hz – 300 Hz Superbaja	300 Hz – 3000 Hz Ultrabaja	3 kHz – 30 kHz Muy baja	30 kHz – 300 kHz Baja	300 kHz – 3000 kHz Media
Telefonía	TV, radio FM	Redes inalámbricas, radioastronomía, transmisión satelital, Bluetooth			Radiografía
7. HF	8. VHF	9. UHF	10. SHF	11. EHF	12. THF
3 MHz – 30 MHz Alta	30 MHz – 300 MHz Muy alta	300 MHz – 3000 MHz Ultraalta	3 GHz – 30 GHz Superalta	30 GHz –300 GHz Extremada-mente alta	300 GHz – 3000 GHz Tremenda-mente alta

Creatividad

En esta etapa vamos a realizar un laboratorio considerando lo que hemos aprendido sobre el espectro radioeléctrico y las tecnologías inalámbricas. Recordaremos algunas ideas importantes sobre las ondas de RF.

Laboratorio

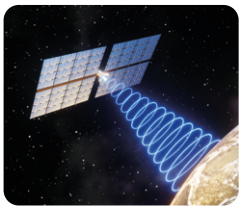
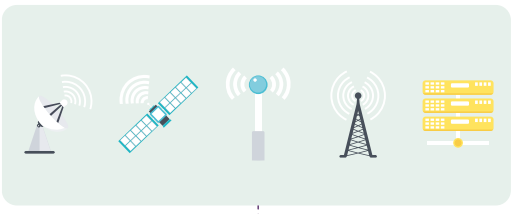
Medición de temperatura y humedad

Los módulos RF de 433 MHz nos permite diseñar y construir un sistema de radiocomunicación. En este laboratorio integraremos un **sensor de humedad** y **temperatura**, estableceremos una comunicación inalámbrica con los **módulos RF** 433 MHz y programaremos microcontroladores (**Arduino**) para monitorear las mediciones por medio de una **pantalla LCD**. Esto nos permitirá experimentar de manera tangible cómo las ondas EM transmiten datos. Retomaremos algunas ideas importantes sobre las ondas de RF y elaboraremos una infografía para conocer las características de los módulos RF 433 MHz y poder conectarlos con mayor facilida.

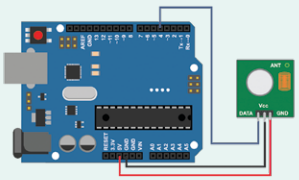
Fíjate que...

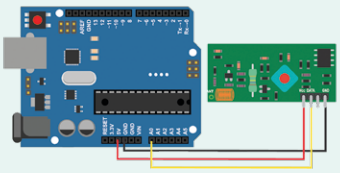
Las RF permiten interactuar a distancia al propagarse por el aire, reflejarse en superficies y atravesar obstáculos, porque sus longitudes de onda son mayores que otras, recorren grandes distancias sin perder energía y pueden aprovechar la reflexión en la ionósfera para transmitir sobre el horizonte.

Ventajas de usar RF para transmitir Información

Transmisión inalámbrica	Versatilidad de aplicaciones	Alcance y frecuencia ajustables	Bajo costo y eficiencia
			
Permiten enviar datos sin necesidad de cables, facilitando la comunicación entre dispositivos.	Se usa en diversas tecnologías como Wi-Fi, Bluetooth, radios, y satélites, cubriendo desde datos digitales hasta señales de audio y video.	Las RF varían desde kHz hasta GHz, lo que permite ajustar según la necesidad de alcance y tipo de datos a transmitir.	Los sistemas RF son económicos y eficientes, adecuados para proyectos simples de consumo reducido de energía.

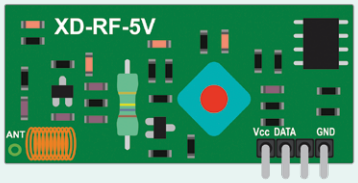
Módulos RF de 433 MHz





Consisten en un transmisor y receptor: el transmisor convierte la señal digital de un Arduino en una señal de RF y la envía, mientras que el receptor la capta y la convierte de nuevo en datos digitales.

RF Transmisor: FS1000A
Voltaje de operación 3.5 V-12 V
Potencia de transmisión: 10 mW
Alcance: 40 m-100 m



RF Receptor: XY - MK - 5V
Voltaje de operación: 5 V
Corriente de operación: 5.5 mA
Sensibilidad: 100 dBmW

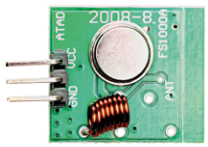
- Utilizan una frecuencia de 433.92 MHz para transmitir y recibir datos a corta y media distancia.
- Su velocidad de transmisión y recepción es <10 kbps.
- Modulación del tipo ASK: variación de amplitud y binaria.

En esta práctica de laboratorio aplicaremos los conocimientos adquiridos sobre el espectro radioeléctrico para construir un sistema de comunicación inalámbrica que opera en la banda de los 433 MHz. Utilizando módulos de transmisión y recepción de RF, mediremos y enviaremos datos de temperatura y humedad recolectados por un sensor que los mostrará en una pantalla.

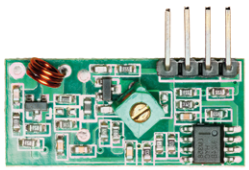
Materiales:

- 1 kit de módulos RF 433 MHz (emisor y receptor)
- 1 computadora con Arduino IDE instalado
- 2 Arduino Mega
- 1 sensor DHT11 para humedad y temperatura
- 1 pantalla LCD de 16 × 2 caracteres con comunicación I2C
- 2 *breadboards*
- Cables tipo Dupont

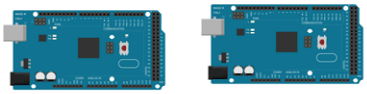
RF transmisor:
FS1000A o similar



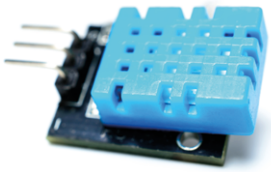
RF receptor:
XY-MK-5V o similar



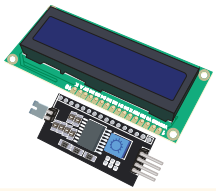
2 Arduinos MEGA



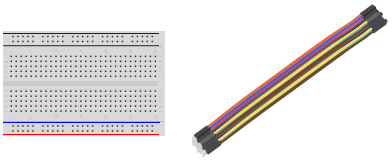
Sensor DHT11



Pantalla LCD con I2C



Breadboard y cables Dupont



Procedimiento:

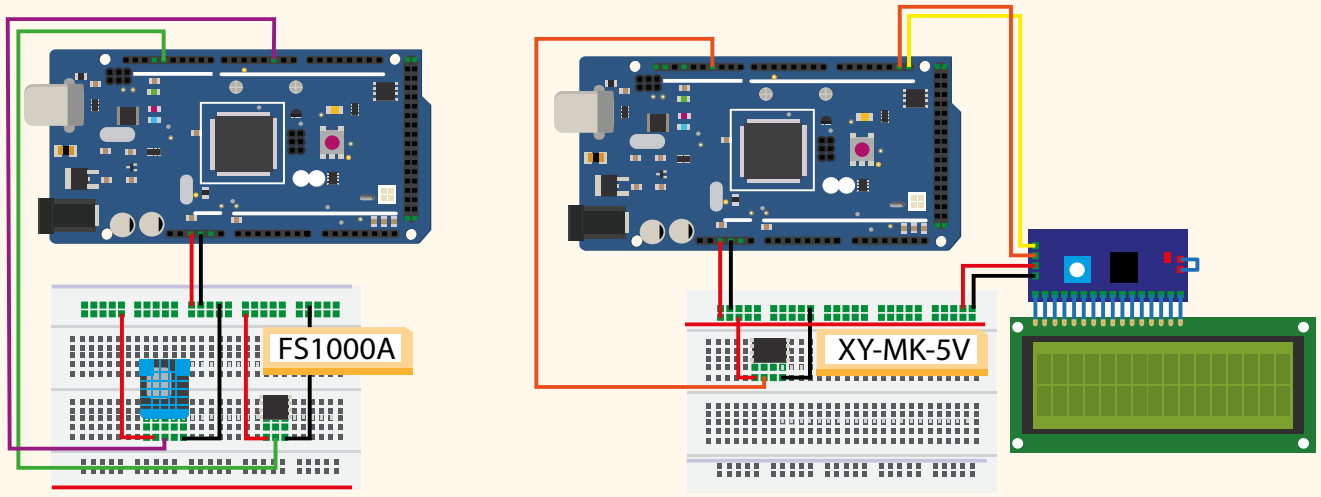
Parte I. Armado del sistema

1. Realiza las conexiones con los cables tipo Dupont, conforme a las indicaciones de las siguientes tablas para el Arduino transmisor y receptor.

Transmisor	
Dispositivo	Pin del Arduino
Sensor DHT11	pin VCC al pin 5 V pin GND al pin GND pin DATA al pin 2
RF transmisor	pin DATA al pin 12 pin GND al pin GND pin VCC al pin 5 V

Receptor	
Dispositivo	Pin del Arduino
Pantalla LCD	SDA y SCL a los pines 20 y 21 VCC al pin 5 V GND al pin GND
RF receptor	pin DATA al pin 11 pin GND al pin GND pin VCC al pin 5 V

2. Observa la imagen del arreglo para colocar los dispositivos electrónicos correctamente en la *breadboard.*



Acá, podrás descargar las librerías y códigos para programar los arduinos transmisor y receptor.

Parte II. Análisis de los códigos que se programarán

1. Lee la siguiente información sobre el funcionamiento de los códigos que se programarán en cada Arduino.

Transmisor (Arduino 1)	Receptor (Arduino 2)
El código leerá los datos del sensor DHT11 y los enviará a través del módulo RF.	El código recibirá los datos y los mostrará en la pantalla LCD.

2. Descarga las librerías para gestionar el sensor DHT11 con el Arduino transmisor y los módulos RF 433 MHz respectivamente.
3. Descarga las librerías *Wire.h y LiquidCrystal_I2C.h.* Servirán para la gestión entre la pantalla LCD y el Arduino receptor.
4. Verifica en el software IDE si ya cuenta con esas librerías; si no están, descárgalas escaneando el código QR.
5. Una vez descargadas, descomprime el archivo y pégalo en la carpeta librerías del software IDE.
6. Accede a los códigos para copiarlos y pegarlos para programar cada Arduino.

Parte III. Prueba del proyecto

1. Conecta ambos Arduino a sus respectivas fuentes de alimentación: primero, energiza el Arduino transmisor, debería de comenzar la difusión de la información.
2. Energiza el segundo módulo. En el monitor serie del Arduino receptor, verifica que los datos se reciben correctamente.
3. Observa los datos de temperatura y humedad en la pantalla LCD.

Parte IV. Análisis del funcionamiento

1. Acerca un cuerpo caliente o muy frío (podría ser una bebida) al sensor. Observa los valores mostrados en la pantalla LCD.
2. Reflexiona sobre cómo funciona la transmisión de datos mediante RF, el uso de sensores y la implementación de pantallas para la visualización de información. Para hacerlo, puedes discutir las siguientes preguntas:
   a. ¿Cómo afecta la temperatura del cuerpo cercano al sensor los valores mostrados en la pantalla?
   b. ¿Por qué es importante la frecuencia de en la transmisión de datos? (Revisa la información colocada al inicio de esta etapa de Creatividad).
   c. ¿Qué ventajas tiene el uso de una pantalla LCD en la visualización de datos?

En el laboratorio observamos un ejemplo de cómo las ondas de radio son moduladas para transportar información: el RF transmisor convierte los datos en señales eléctricas y las modula sobre una frecuencia portadora de $433\ \text{MHz}$. Esta señal es propagada a través del aire hasta el receptor, que la demodula para extraer la información original. Finalmente, vamos a hacer una retroalimentación del funcionamiento del RF $433\ \text{MHz}$, comprendiendo el concepto de modulación y el funcionamiento de una antena.

B. Principales hitos en el desarrollo de la radiocomunicación

Tomaremos como punto de partida el funcionamiento de una antena, para luego explicar los principales hitos en el desarrollo de las tecnologías de radiocomunicación.

ANTENA DIPOLO

La antena de media onda crea ondas estacionarias de corriente y voltaje al resonar con la frecuencia de la señal, maximizando la potencia de radiación.

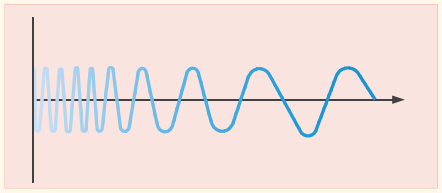
Procedimiento:

1. Lee y analiza la siguiente información sobre la **modulación** y cómo funciona una antena. Para transmitir información se utiliza un proceso llamado modulación, que consiste en modificar una onda portadora (en este caso, la señal de $433\ \text{MHz}$) de acuerdo con los datos que se quieren enviar.

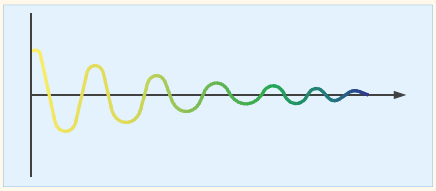
La modulación cambia alguna propiedad de la onda, como su **amplitud**, **frecuencia** o **fase**, para codificar los datos. En el receptor, el proceso inverso, llamado **demodulación**, se recuperan los datos originales a partir de las variaciones en la señal de radiofrecuencia.

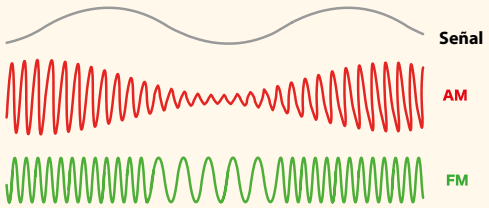
En AM (*Amplitude Modulation*), la amplitud de la onda portadora varía de acuerdo con los datos que se transmiten. Estas variaciones codifican la información. La onda portadora permanece en la misma frecuencia, pero su intensidad cambia según la señal de entrada.

Modulación de la frecuencia



Modulación de la amplitud





En FM (*Frequency Modulation*), lo que varía es la frecuencia de la onda portadora, manteniendo constante la amplitud. Los datos se codifican mediante cambios en la frecuencia.

Acá encontrarás algunos datos históricos sobre el desarrollo de la radiocomunicación.

La antena convierte las señales eléctricas en ondas de radio para su transmisión, y viceversa, recibe las ondas de radio y las convierte en señales eléctricas para que el receptor las procese. El tamaño de una antena está relacionado con la longitud de onda de la señal transmitida ($c = \lambda f$) y funciona mejor cuando está en resonancia con la señal que está transmitiendo o recibiendo.

2. Con base en lo leído anteriormente, ¿cómo explicarías ahora el funcionamiento del medidor de temperatura y humedad que construiste en la etapa anterior? Usa las siguientes preguntas para construir una explicación:
   a. ¿Cómo se utiliza la modulación con un módulo RF de $433\ \text{MHz}$?
   b. ¿Cuál es el papel de la antena en la transmisión y recepción de datos?

Resumen

Un campo magnético puede ser generado por el movimiento de cargas eléctricas; también un campo magnético puede ejercer una fuerza sobre una carga en movimiento.

Campo eléctrico	Campo magnético
Región del espacio que rodea a una carga eléctrica, en la que cualquier otra carga experimenta una fuerza eléctrica.	Región del espacio en la que una carga en movimiento, o un imán, experimenta una fuerza magnética. Es generado por corrientes eléctricas o por imanes.
Ambos forman al campo electromagnético, según las ecuaciones de Maxwell.	

Las ecuaciones de Maxwell describen las interacciones del campo electromagnético:

1. Ley de Gauss para el campo eléctrico	Los campos eléctricos son creados por cargas eléctricas.
2. Ley de Gauss para el campo magnético	Los campos magnéticos son creados por corrientes eléctricas.
3. Ley de Faraday de la inducción	Un campo magnético variable genera un campo eléctrico.
4. Ley de Ampère-Maxwell	Un campo eléctrico variable genera un campo magnético.

La fuerza de Lorentz $\vec{F}$ describe la fuerza que actúa sobre una carga eléctrica q en movimiento con una velocidad $\vec{v}$ en presencia de un campo eléctrico $\vec{E}$ y un campo magnético $\vec{B}$. Puede ser representada por la siguiente ecuación:

$$\vec{F} = q\left(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}\right) \qquad 2.3$$

Para un acelerador de partículas cono el ciclotrón, la rapidez máxima v a la que pueden ser aceleradas las partículas de masa m y carga q para un radio r del círculo máximo de su trayectoria helicoidal es:

$$v = \frac{qBr}{m} \qquad 2.5$$

Los campos eléctrico y magnético variables se refuerzan mutuamente, creando una perturbación que se propaga a una velocidad específica y transporta energía a través del espacio. Esta perturbación se denomina onda electromagnética (onda EM). Se clasifican en el espectro electromagnético:

Radiación	λ	f	E
Radio	> 1 m	< 300 MHz	< 1.24 μeV
Microonda	1 mm – 1 m	300 MHz – 300 GHz	1.24 μeV – 1.24 meV
Infrarrojo	700 nm – 1 mm	300 GHz – 430 THz	1.24 meV – 1.7 eV
Luz visible	380 nm –700 nm	430 THz – 770 THz	1.7 eV – 3.3 eV
Ultravioleta	10 nm – 380 nm	770 THz – 30 PHz	3.3 eV – 124 eV
Rayos X	0.01 nm – 10 nm	30 PHz – 30 EHz	124 eV – 124 keV
Rayos gamma	< 0.01 nm	> 30 EHz.	> 124 keV

Las ondas EM se propagan a la misma velocidad en el vacío: $c = \lambda f$

Cuyo valor es de $c = 3.00 \times 10^8$ m/s

La onda EM transporta energía, que puede medirse por medio de la potencia: energía por tiempo e intensidad: potencia por área:

$$I = \frac{P}{A} \qquad 2.7$$

El **flujo de energía** por tiempo por área es una cantidad vectorial denominada **vector de Poynting:**

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\,\vec{E} \times \vec{B} \qquad 2.8$$

Para ondas sinusoidales, se cumple:

$$S_{med} = \frac{E_{max} B_{max}}{2\mu_0} \qquad 2.9$$

El espectro radioeléctrico corresponde al espacio de frecuencias del espectro EM específico para la comunicación inalámbrica. Algunos ejemplos son:

RF	f	Tecnología
Media	300 kHz –3000 kHz	Radiodifusión en AM
Muy alta	30 MHz–300 MHz	Radiodifusión en FM
Ultraalta	300 MHz–3000 MHz	Redes móviles 4G/5G
Superalta	3 GHz–30 GHz	Bluetooth, WiFi y televisión satelital

Tecnología

El 5G es la quinta generación de redes móviles que promete una mayor velocidad, menor latencia y mayor capacidad de conexión diseñadas para soportar no solo una navegación más rápida.

Internet de las cosas (IoT). Conexión de millones de dispositivos, desde electrodomésticos hasta autos y sensores industriales.

Realidad aumentada (AR) y realidad virtual (VR). Con baja latencia y transmisión rápida de datos, el 5G permitirá experiencias inmersivas en tiempo real.

Automóviles autónomos. La comunicación casi instantánea entre vehículos y su entorno es crucial para la conducción autónoma segura.

Telemedicina. Transmisión de datos médicos y ejecución de cirugías remotas con alta precisión.

El 5G se basa en tres bandas de frecuencia diferentes:

Banda baja. Cobertura amplia, pero velocidades más bajas (similar al 4G).

Banda media. Compromiso entre velocidad y cobertura, alcanzando velocidades de hasta 1 Gbps..

Banda alta (mmWave). Velocidades superiores a 10 Gbps, pero con un alcance más corto y mayor susceptibilidad a obstrucciones.

El 6G es el siguiente paso en la evolución de las redes móviles se prevé que traiga mejoras significativas

Velocidades de hasta 100 veces más rápidas que el 5G..

Latencia muy baja (µs): transmisión instantánea.

Inteligencia artificial (IA) en la propia infraestructura.

Comunicación entre dispositivos más eficiente.

Internet táctil: telepresencia (interacción a distancia).

Transmisión de hologramas en tiempo real.

Quiero ser...

Carrera: Ingeniería Eléctrica

Duración: 5 años/10 ciclos

Bachilleratos sugeridos:
General, Mecánica General, Electricidad y Electrónica

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes convertirte en un profesional en la materia.

Descripción. La Ingeniería Eléctrica hace énfasis en la ejecución de proyectos eléctricos, así como tener la capacidad de garantizar el cumplimiento de las normas de seguridad y estándares de las instalaciones eléctricas, como también la evaluación de factores de riesgos. Además, desarrolla las habilidades de investigación y análisis para ser utilizados dentro del ámbito laboral y personal. La Ingeniería Eléctrica ofrece las bases para desempeñarse en la investigación y desarrollo, aplicación de conocimiento científico y docencia en distintas áreas, como las siguientes:

- Industria de mediana y gran escala
- Investigación y desarrollo
- Servicios de ingeniería
- Telecomunicaciones
- Sector construcción
- Diseñador y ejecutor de proyectos constructivos
- Generación y de transmisión eléctrica
- Hidráulica

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Biología
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Pensamiento crítico
- Investigación
- Creatividad
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Evaluación

1. Mueves un imán dentro de una bobina de alambre conectada a un voltímetro. Observas que el voltímetro registra una diferencia de potencial solo cuando el imán está en movimiento. ¿Cuál de las siguientes opciones explica mejor este fenómeno?
   a. El campo magnético del imán genera una corriente constante en la bobina.
   b. La energía cinética del imán se convierte directamente en energía eléctrica en la bobina.
   c. El cambio en el flujo magnético induce una diferencia de potencial.
   d. El voltímetro solo funciona cuando el imán se mueve hacia el centro de la bobina.

2. Realizaste tres experimentos: construcción de un electroimán, un motor eléctrico sencillo y un motor homopolar. En los tres casos, observaste que el paso de una corriente eléctrica generaba un campo magnético y que, en algunos casos, generaba movimiento. ¿Qué principio descrito por las ecuaciones de Maxwell explica mejor esto?
   a. Ley de Gauss para el magnetismo: las líneas de campo magnético son cerradas, no tienen principio ni fin.
   b. Ley de Faraday: un campo eléctrico es inducido por un cambio en el flujo magnético a través de una superficie.
   c. Ley de Ampère-Maxwell: las corrientes eléctricas generan campos magnéticos, los cuales pueden interactuar con imanes o causar movimiento.
   d. Ley de Gauss para la electricidad: la carga eléctrica crea un campo eléctrico.

3. Un protón se mueve en una trayectoria circular de radio $r = 0.3\ m$ dentro de un ciclotrón. La rapidez máxima que alcanza el protón es de $v = 4\times10^{7}\ m/s$. Sabiendo que la masa del protón es $m = 1.67 \times 10^{-27}\ kg$ y su carga eléctrica es $q = 1.6 \times 10^{-19}\ C$, ¿cuál es la intensidad del campo magnético que mantiene al protón en esta trayectoria circular?
   a. $0.93\ T$ b. $1.39\ T$ c. $2.48\ T$ d. $3.52\ T$

4. Con base en los resultados del experimento simplificado de Hertz realizado en clases, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?
   a. Ondas de radio logran trasmitir energía y encienden al bombillo.
   b. Ondas infrarrojas permiten la transmisión de calor entre las varillas.
   c. Rayos X penetran las varillas de metal.
   d. Microondas que se propagan a la velocidad la luz en el vacío encienden al bombillo.

5. Una antena emite ondas EM con un campo eléctrico de amplitud $E_{max} = 200\ V/m$ y un campo magnético de amplitud $B_{max} = 0.67\ mT$. Calcula la intensidad de la radiación en el espacio en W/m^2.
   a. 5.32 b. 53.2 c. 532 d. 0.532

6. En un sistema de comunicación inalámbrica, sabes que la información se transmite mediante ondas EM. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?
   a. Se utilizan señales de RF que se modulan para transportar la información y se transmiten a través de estaciones hacia los dispositivos.
   b. Es necesario tener cables de fibra óptica para transmitir información entre dispositivos, utilizando señales de luz visible para la comunicación.
   c. Se convierten las señales de audio en ondas sonoras que se transmiten directamente sin usar ondas EM.
   d. Se utilizan microondas para transmitir información solo en distancias cortas y no pueden conectarse a estaciones base o satélites.

7. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor un hito importante en el desarrollo de las tecnologías de radiocomunicación?
   a. AM transmite mediante la variación de la amplitud, pero tiene más interferencias que FM.
   b. FM mejoró la calidad de transmisión al variar la frecuencia, reduciendo interferencias.
   c. Las redes móviles 2G fueron un pequeño avance, ya que las redes 1G ya eran de alta calidad.
   d. Las antenas dipolo no tuvieron impacto, ya que las antenas verticales fueron siempre más efectivas.

8. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe mejor un hito importante en el desarrollo de las tecnologías de radiocomunicación?
   a. AM transmite mediante la variación de la amplitud, pero tiene más interferencias que FM.
   b. FM mejoró la calidad de transmisión al variar la frecuencia, reduciendo interferencias.
   c. Las redes móviles 2G fueron un pequeño avance, ya que las redes 1G ya eran de alta calidad.
   d. Las antenas dipolo no tuvieron impacto, ya que las antenas verticales fueron siempre más efectivas.

Unidad 3

Óptica

Eje integrador: interacciones

En esta unidad aprenderemos a:

- Explicar los fenómenos de interferencia, difracción y polarización de la luz.
- Discutir las aplicaciones tecnológicas de la interferencia, la difracción y la polarización.
- Explicar los fenómenos de dispersión y descomposición de la luz.
- Describir las aplicaciones tecnológicas de la dispersión y descomposición de la luz.
- Reconocer la predictibilidad de la trayectoria de la luz al incidir en un objeto.
- Medir directamente los ángulos de incidencia, refracción y reflexión.
- Resolver problemas que involucran reflexión, refracción y reflexión interna total.
- Reconocer las propiedades de las imágenes.
- Determinar la posición y el tamaño de una imagen formada por refracción y reflexión.
- Describir aplicaciones tecnológicas de las propiedades de las imágenes.

Palacio Nacional, El Salvador.

Duración: 4 semanas

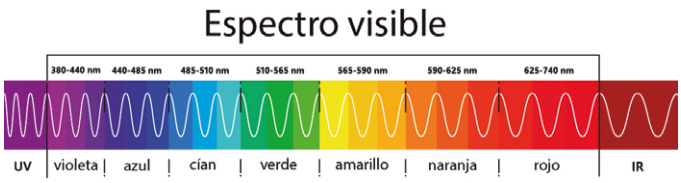
Naturaleza ondulatoria de la luz

Indagación

En nuestro entorno hemos percibido ciertos fenómenos que suceden cuando la luz interactúa con ciertos objetos. Por ejemplo, cuando hacemos burbujas de jabón, que son incoloras, observamos ciertos colores cuando la luz incide sobre las burbujas. ¿A qué se debe el color que observamos en las burbujas de jabón? Por otra parte, en ocasiones hemos observado imágenes tridimensionales llamadas hologramas, que tienen muchas aplicaciones en la actualidad. Pero, ¿por qué es posible generar un holograma? Es probable tener muchas respuestas a las preguntas anteriores; sin embargo, cabe la posibilidad de que las demos de manera errónea. Por ello, durante el desarrollo de la lección realizaremos actividades con las que vincularemos principios y aplicaciones que nos pueden ayudar a responder estas preguntas.

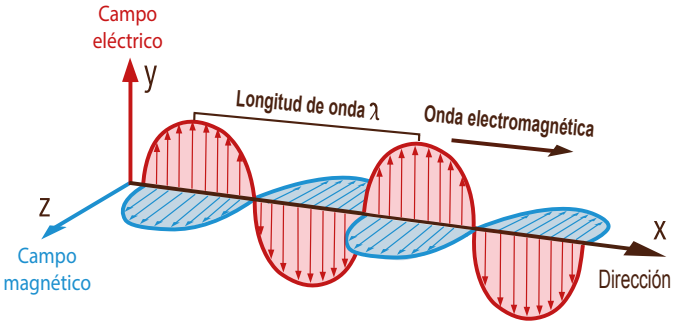
A. Recordando el espectro electromagnético

En la unidad anterior estudiamos el espectro electromagnético e identificamos que cierta región pertenece a la luz visible, como se muestra en la siguiente figura:



Los diferentes intervalos marcados en la luz visible corresponden, aproximadamente, al rango de las longitudes de onda para cada onda electromagnética (color). Por ejemplo, el color verde está entre los $510\ \text{nm}$ y $565\ \text{nm}$.

Cabe destacar que, si hacemos la analogía con ondas mecánicas, podemos considerar a la luz como ondas transversales, donde las direcciones de los campos eléctrico $(\vec{E})$ y magnético $(\vec{B})$ son perpendiculares a la dirección de propagación, moviéndose a la rapidez de la luz, como se muestra en la siguiente figura:



La rapidez de la luz (c) se relaciona con la longitud de onda (λ) y la frecuencia (v) mediante la siguiente expresión:

$$c = \lambda v \qquad 3.1$$

Considerando la luz como ondas electromagnéticas transversales y la ecuación 3.1, con el valor constante de la rapidez de la luz de $c = 3.00 \times 10^8\ \text{m/s}$, resuelve lo siguiente:

1. Para los rangos señalados en el espectro de luz visible, calcula el intervalo de frecuencia para cada color.
2. Explica brevemente cómo podrías obtener ondas electromagnéticas estacionarias para el rango visible.

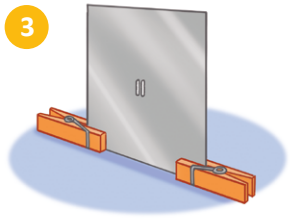
La óptica es la rama de la física que se encarga de estudiar el comportamiento de la luz. Sus propiedades nos permiten entender el principio básico de dispositivos que han tenido un gran avance tecnológico, como cámaras fotográficas, telescopios, microscopios, láser, fibra óptica y hologramas. Sin embargo, en esta lección nos enfocaremos en la óptica física, donde experimentaremos y modelaremos fenómenos de interferencia, difracción y polarización, que surgen como consecuencia de la naturaleza ondulatoria de la luz. Desarrollando lo anterior, podremos dar una respuesta certera sobre por qué observamos ciertos colores en las burbujas de jabón y cómo se generan los hologramas. Iniciaremos con un experimento donde observaremos la interferencia y la difracción.

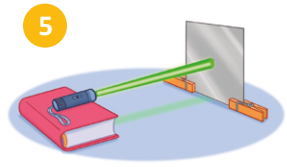
B. Generando los fenómenos de interferencia y difracción

En un recipiente con agua podemos generar ondas mediante una perturbación. Si generamos dos o más ondas, estas se traslapan en el espacio, cumpliéndose el **principio de superposición**. Dicho principio se aplica también para ondas electromagnéticas, como lo experimentaremos a continuación:

Materiales:

- Puntero láser
- Papel aluminio con dimensiones $6\ \text{cm} \times 12\ \text{cm}$
- Hoja de papel bond
- Regla de $30\ \text{cm}$
- Cinta adhesiva
- Tijeras
- 4 pinzas para ropa
- Estilete
- Hilo para costura





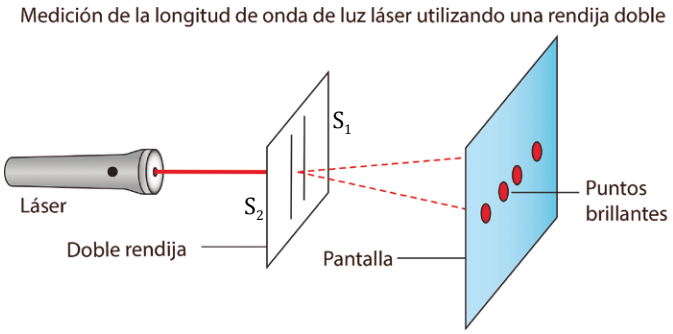
Procedimiento:

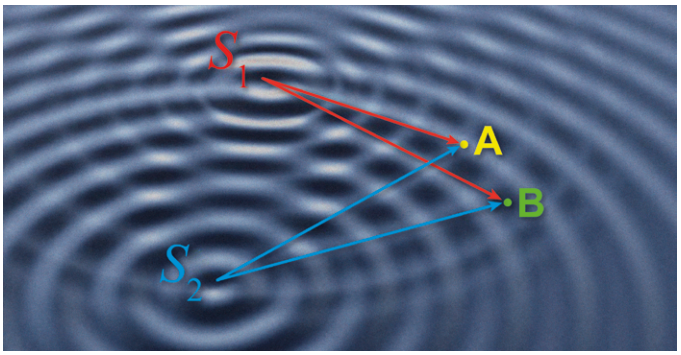
1. Corta el papel aluminio en dos partes iguales de $6\ \text{cm} \times 6\ \text{cm}$ cada una.
2. Usando el estilete, en una de las piezas de papel aluminio haz dos cortes (ranuras) paralelos y longitudinales de $5\ \text{cm}$ cada uno, dejando un espacio de $0.1\ \text{cm}$ entre cada corte. Luego, en el otro pedazo, perfora un agujero con la aguja, aproximadamente en medio, con un diámetro alrededor de $0.1\ \text{cm}$.
3. Con las pinzas para ropa, fija los extremos de cada pedazo de aluminio y colócalos sobre una mesa, quedando aproximadamente de manera perpendicular.
4. Sobre uno o varios libros, fija el puntero láser; puedes auxiliarte con cinta adhesiva. Coloca otro libro sobre el interruptor para que este se pueda activar.
5. Con el puntero láser encendido, haz que la luz incida sobre el pedazo de aluminio que tiene las ranuras paralelas; procura que la luz incida sobre ambas ranuras. Para lograrlo, puedes alejar o acercar el aluminio.
6. Al otro lado del pedazo de aluminio, coloca la hoja blanca alejada y observa el comportamiento de la luz después de pasar por el aluminio.
7. Repite los *pasos 5 y 6* para el otro pedazo de aluminio. Considera que la luz del puntero láser debe incidir en el agujero.
8. Toma una porción de hilo, colócala de forma que la luz del puntero láser incida sobre ella y repite el *paso 6*. Posteriormente, resuelve lo siguiente:
   a. Dibuja lo que observas en la hoja de papel bond cuando la luz incide en las tres situaciones anteriores.
   b. ¿Por qué el comportamiento de la luz sería diferente en las situaciones anteriores?
9. Analiza la sección *Así se hace*…. que aparece en la siguiente página.

Así se hace...

En la *actividad B* notamos que la luz del puntero láser, cuando incidía sobre las ranuras que realizamos en uno de los pedazos de papel aluminio, generaba una serie de puntos que pudimos observar en la hoja de papel bond. Pero, ¿cómo es posible que de una luz de un puntero láser tengamos una serie de puntos o franjas luminosas? Lo que experimentamos fue el fenómeno de interferencia. En la figura de abajo a la izquierda podemos observar un modelo del comportamiento de la luz del puntero láser cuando incide sobre dos ranuras, similar a lo que probablemente obtuvimos antes. Es de considerar que desde el puntero láser se propagan **frentes de onda** que llegan a las ranuras en fase porque recorren distancias similares desde el puntero láser; por ello, las ranuras actúan como fuentes independientes de luz y siempre estarían en fase. Por simplicidad, a las fuentes independientes las identificaremos como S_1 y S_2.

Cuando la luz de S_1 y S_2 interactúan, se genera interferencia entre las ondas, produciendo un patrón como la serie de puntos mostrados en la pantalla de figura de la izquierda. Para modelar el fenómeno de interferencia podemos generar dos ondas en agua que, cuando interactúan, observamos interferencias constructivas y destructivas, como se muestra en la figura de la derecha.

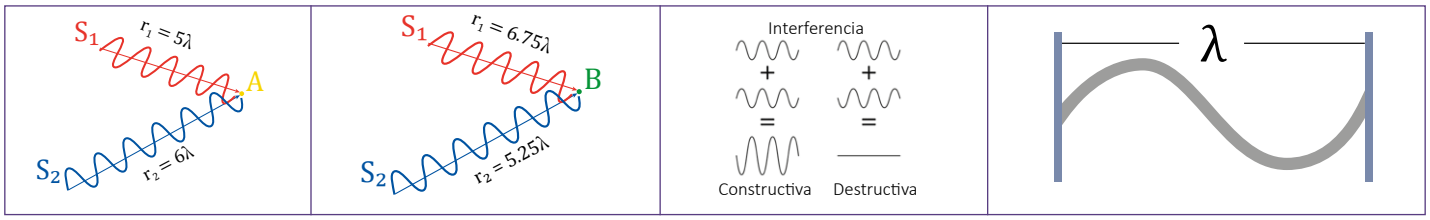




En la figura superior la derecha, ubicamos dos fuentes de ondas, S_1 y S_2, que generan interferencias. Notamos que los máximos corresponden a interferencias constructivas y los mínimos a destructivas. Tomaremos dos puntos, A y B, donde analizaremos la interferencia de dos fuentes de onda separadas por una distancia de 7λ. Las flechas rojas representan la distancia que existe desde la primera fuente hasta uno de los puntos; las azules se refieren a la segunda fuente.

El punto A aparece más iluminado debido a que las ondas de las fuentes llegan en fase; por ende, hay una superposición de ondas que resulta en una amplitud mayor, originando una **interferencia constructiva**. Abajo elaboramos el primer esquema, que representa cómo llegan las ondas al punto A: desde la primera fuente tenemos una distancia de $r_1 = 5\lambda$ hasta el punto, y desde la segunda fuente, $r_2 = 6\lambda$. Calculamos la diferencia de ambas trayectorias como:

$$r_2 - r_1 = 6\lambda - 5\lambda = \lambda$$



Si tomáramos otro punto donde existiese interferencia constructiva, la diferencia de trayectorias sería un múltiplo entero de la longitud de onda λ. En general, para la interferencia constructiva se cumple la siguiente condición:

$$r_2 - r_1 = n\lambda \qquad 3.2$$

donde n representa un número entero $(n = 0, \pm1, \pm2, \pm3...)$.

En el punto B del segundo esquema de arriba, ambas ondas no llegan en fase; en ese caso, se produce una **interferencia destructiva**. Si calculamos la diferencia de trayectoria, obtenemos:

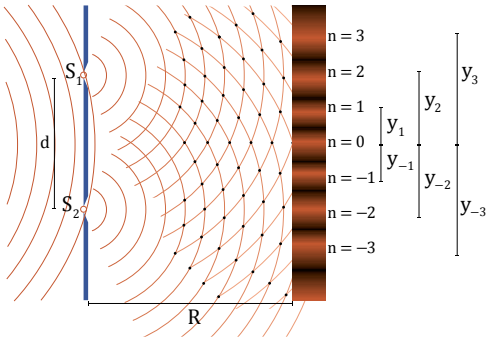
$$r_2 - r_1 = 5.25\lambda - 6.75\,\lambda = -1.5\lambda$$

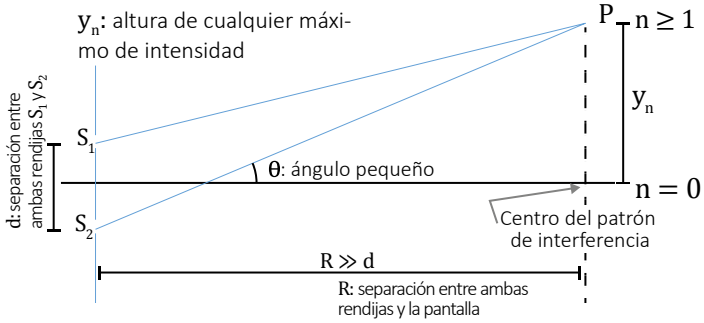
El resultado de -1.5λ corresponde a un desfase de media longitud de onda. La cresta de una de las ondas llega al punto B al mismo tiempo que el valle de la otra, por lo que al sumarse se cancelan mutuamente. La condición para que ocurra interferencia destructiva se expresa como:

$$r_2 - r_1 = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda \qquad 3.3$$

donde n indica un número entero. Las ecuaciones 3.2 y 3.3 son válidas para fuentes que tienen la misma longitud de onda y mantienen una fase constante en el tiempo, es decir, para fuentes coherentes.

Si modificamos la distancia entre la pantalla y la ranura de la *actividad B*, cambia la separación entre las regiones brillantes. Este patrón de interferencia es similar al del experimento de la doble rendija de Young (figura izquierda).



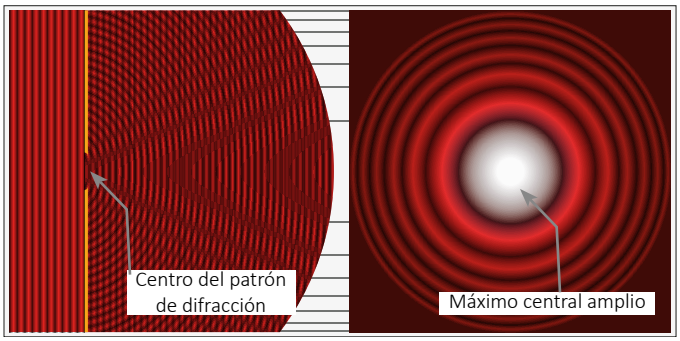


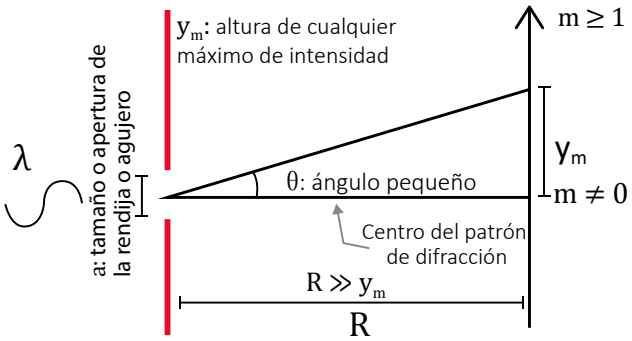
Este experimento consiste en iluminar dos rendijas de aberturas estrechas con luz monocromática proveniente de una fuente distante. La luz que pasa por cada rendija se dispersa o se «extiende» en diferentes direcciones, es decir, se difracta, actuando como dos fuentes puntuales de ondas luminosas que se superponen y producen un patrón de interferencia de franjas brillantes (interferencia constructiva) y oscuras (interferencia destructiva) sobre una pantalla. Los números enteros $n = 0, \pm 1, \pm 2...$, indican los órdenes donde ocurre cada interferencia constructiva o máximo de intensidad en el patrón de interferencia. Las magnitudes señaladas en la figura superior derecha se relacionan con la ecuación:

$$y_n = R\frac{n\lambda}{d} \qquad 3.4$$

Las magnitudes y_n, R y d las podemos medir sin mucha complicación, junto al orden n de las bandas brillantes. Con los datos anteriores, es posible obtener una aproximación de la longitud de onda de la luz utilizada en el *experimento B*.

El segundo experimento de la *actividad B*, el de un agujero, tuvo un patrón similar a la figura izquierda de abajo.





El fenómeno de la difracción ocurre cuando una onda encuentra una barrera con una abertura de dimensiones similares a la longitud de onda. La parte de la onda que pasa por la rendija estrecha se dispersa o se «extiende» hacia la región más allá de la rendija, es decir, la onda se difracta produciendo un patrón de máximos y mínimos de intensidad debido a la interferencia de las ondas que se propagan desde diferentes puntos de la rendija. Los órdenes de máximos $m = \pm 1, \pm 2, ...$, y las magnitudes señaladas en la figura superior derecha se relacionan con la ecuación:

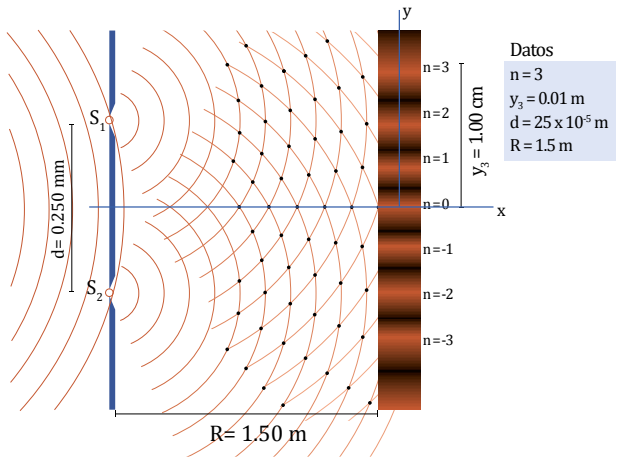
$$y_m = R\frac{m\lambda}{a} \qquad 3.5$$

Así se calcula...

Resolvamos algunos ejemplos sobre los fenómenos de interferencia y difracción de la luz.

Ejemplo 1. Realizamos un experimento similar al primero de la *actividad B*. Se elaboraron dos rendijas separadas por $0.250\ \text{mm}$; entre ellas se forma un arreglo sobre el cual incide luz proveniente de un puntero láser. Luego de que la luz pasa por las rendijas observamos interferencias en una pantalla colocada a $1.50\ \text{m}$. Al medir el desplazamiento vertical de la tercera franja brillante (desde la franja brillante central, $n = 0$) se obtiene valor aproximado de $1.00\ \text{cm}$. ¿Cuál será la longitud de onda de la luz del puntero láser?

Solución. Hagamos el esquema del experimento sobre un sistema de coordenadas e identifiquemos los datos. A la derecha del esquema realizamos el procedimiento para calcular la longitud de onda.



Despejamos la longitud de onda de la ecuación 3.4:

$$y_n = R\frac{n\lambda}{d}$$

$$\lambda = y_n\frac{d}{nR}$$

Sustituimos los datos y operamos:

$$\lambda = (0.01\ \text{m})\frac{25 \times 10^{-5}\ \text{m}}{3(1.50\ \text{m})}$$

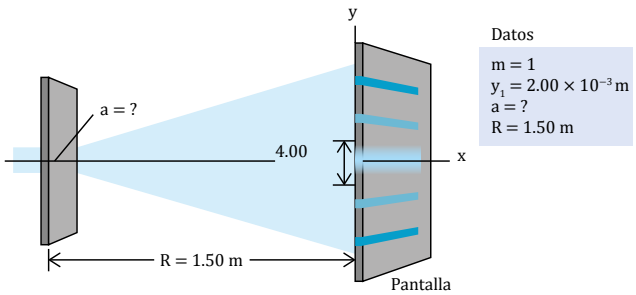
$$\lambda \approx 556 \times 10^{-9}\ \text{m}$$

Como el prefijo nano (símbolo n) es la potencia 10^{-9}:

$$\lambda \approx 556\ \text{nm}$$

Ejemplo 2. Del ejemplo anterior, se sustituye las dos rendijas por una sola muy angosta. Posteriormente, se hace incidir la luz del puntero láser, similar al *ejemplo 1*. Ahora, en la pantalla se forma un patrón de difracción con una franja brillante de aproximadamente $4.00\ \text{mm}$ de ancho, ubicada en el centro de la pantalla. ¿Cuál es el ancho de la rendija que genera dicho patrón de difracción?

Solución. El esquema del experimento es similar al anterior, considerando que ahora sustituiremos las dos rendijas o ranuras por una sola. Además, seguiremos las condiciones planteadas en la solución del ejemplo 1. Por la configuración del esquema, trabajaremos con la primera franja oscura, por lo que sabemos que $m = 1$.



Despejamos el ancho de la rendija de la ecuación 3.5:

$$y_m = R\frac{n\lambda}{a} \qquad a = R\frac{m\lambda}{y_m}$$

Sustituimos los datos y operamos:

$$a = (1.50\ \text{m})\frac{(1)(556 \times 10^{-9}\ \text{m})}{2.00 \times 10^{-3}\ \text{m}}$$

$$a \approx 4.17 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

Como el prefijo mili (símbolo m) es la potencia 10^{-3}:

$$a \approx 0.42\ \text{mm}$$

Hemos corroborado que los fenómenos de interferencia y difracción, aunque son distintos, se encuentran estrechamente relacionados. La difracción puede conducir a patrones de interferencia, dado que la luz difractada puede superponerse y crear regiones brillantes (interferencia constructiva) y oscuras (interferencia destructiva). Además, ambos fenómenos comprueban la naturaleza ondulatoria de la luz. Por otra parte, la luz, por ser una onda transversal, tiene la propiedad de polarización, que podemos comprobar en situaciones cotidianas.

Por otra parte, una onda se considera linealmente polarizada cuando se desplaza sobre uno de los ejes de coordenadas. Si se mueve sobre el eje Y, tendrá polarización lineal sobre ese eje; de forma similar ocurre con los otros ejes. Un filtro polarizador o simplemente polarizador puede usarse para seleccionar y permitir el paso únicamente de ondas con una dirección de polarización específica. En la siguiente actividad comprobaremos el comportamiento de la luz polarizada cuando se coloca un filtro y se rota a diferentes grados.

La interferencia constructiva y destructiva de la luz reflejada en las superficies exterior e interior de la pompa crea el espectro de colores.

C. Comportamiento de la polarización de la luz

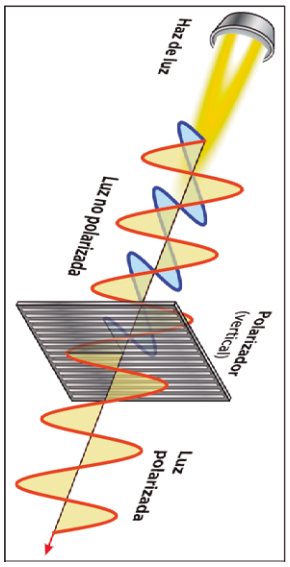
Las pantallas de cristal líquido (LCD: *liquid-crystal display*), que podemos encontrar en teléfonos móviles, pantallas de laptops, entre otros dispositivos, poseen polarizadores que, gracias a las propiedades de los cristales líquidos al ser sometidos a un campo eléctrico, se convierten en elementos esenciales para la correcta visualización de las imágenes. A continuación, experimentamos el comportamiento de la luz polarizada de una pantalla LCD.

Materiales:

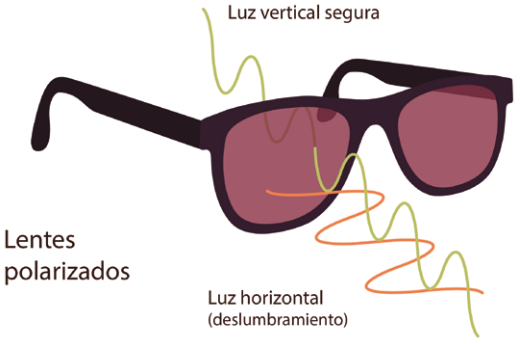
- Pantalla LCD (smartphone, tableta o laptop)
- Gafas polarizadas o polarizador
- Fuente de luz doméstica o lámpara
- Transportador

Procedimiento:

1. Enciende la fuente de luz doméstica o la lámpara; también puedes usar la linterna de un smartphone.
2. Coloca las gafas polarizadoras o el polarizador bloqueando el paso de luz.
3. Observa la luz transmitida por el polarizador; luego, rota lentamente el polarizador (giros de $30°$ hasta completar los $360°$).
4. Describe cómo observas la luz transmitida a medida que rotas el polarizador.
5. Enciende la pantalla LCD y abre un archivo que permita tener la pantalla en blanco.
6. Coloca el polarizador frente a la pantalla LCD y repite el *paso 3*.
   a. Discute con tus compañeros en que ángulos de giro observaron algún cambio en el polarizador.
   b. Elabora esquemas sobre cómo proviene la luz de la pantalla LCD y el comportamiento que tiene cuando pasa por el polarizador para cada ángulo de giro.
   c. Discute y compara con tus compañeros los esquemas elaborados.



La interferencia, la difracción y la polarización son fenómenos ondulatorios con muchas aplicaciones que han contribuido al desarrollo tecnológico en diversos campos, como la holografía, la fotografía, la microscopía, el almacenamiento de datos, entre otros.



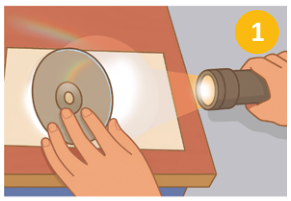
Indagación

Teoría corpuscular de la luz

En la clase anterior notamos que la interferencia y la difracción son fenómenos que dependen de la longitud de onda de la luz. Sin embargo, ¿qué pasaría si hiciéramos las actividades con luz blanca en sustitución del puntero láser? En nuestro entorno observamos que la luz interactúa con muchos objetos; uno de ellos es la atmósfera de la Tierra. Nos hemos preguntado si esta interacción es responsable de que veamos el cielo azul. Las respuestas a estas preguntas podremos resolverlas a medida que avancemos en la presente lección.

A. Explorando los colores de la luz

En la época lluviosa, en ocasiones hemos observado un arcoíris después de la lluvia o un CD reflejando colores similares a los del arcoíris. Identificamos que la luz es el factor común entre los fenómenos mencionados anteriormente. Para entrar en detalle sobre por qué la luz tiene dicho comportamiento, desarrollaremos la presente actividad.



Materiales:

- CD o DVD
- Vaso de vidrio
- Agua
- Prisma
- Cámara (teléfono móvil o tableta)
- Linterna o luz del teléfono móvil
- Hojas de papel bond
- Lápices de colores
- Puntero láser

Procedimiento:

1. Coloca el CD o DVD sobre la mesa de trabajo. Luego, haz incidir luz con la linterna e inclina el CD para que puedas observar la luz reflejada sobre una hoja de papel bond, que funcionará como pantalla.
2. Toma una fotografía de lo que observas en la hoja de papel bond.
3. Sustituye la linterna por el puntero láser y repite los pasos anteriores.
4. Busca un lugar donde incida la luz del sol y repite los *pasos 1 y 3*, sustituyendo la luz de la linterna por la luz solar.
5. Vierte agua en un vaso de vidrio hasta aproximadamente la mitad de su capacidad.
6. Enciende la linterna y procura que la mayor cantidad de luz incida sobre la mayor cantidad de agua. Similar al *paso 1*, pon una hoja de papel bond al lado del vaso y observa la luz incidir en el papel.
7. Repite el proceso usando como fuente de luz el puntero láser y luego la luz solar.
8. Sustituye el vaso con agua por un prisma y repite el paso anterior.
9. Resuelve las siguientes dificultades:

a. Registra tus observaciones, dibujando y describiendo la luz que observas cuando llega a la hoja de papel bond.
b. ¿Qué colores observaste en cada uno de los experimentos?
c. ¿Cómo relacionas lo que observaste con el fenómeno del arcoíris?
d. ¿Qué diferencias hay entre utilizar una luz blanca y un puntero láser en cada uno de los experimentos?

Cuando la luz blanca (linterna o solar) interactuó con el CD o DVD, el vaso con agua o el prisma, probablemente observamos que se formó una serie de colores. Por lo general, esas ondas (colores) que observamos se conocen como luz **dispersa** o espectro de luz. Dicho fenómeno fue observado para la luz blanca; sin embargo, con el puntero láser quizá solo notamos un cambio en la trayectoria de la onda, pero observando el mismo color.

En la próxima etapa desarrollaremos más sobre el fenómeno de dispersión de la luz y sus diferentes aplicaciones en ciencia y tecnología.

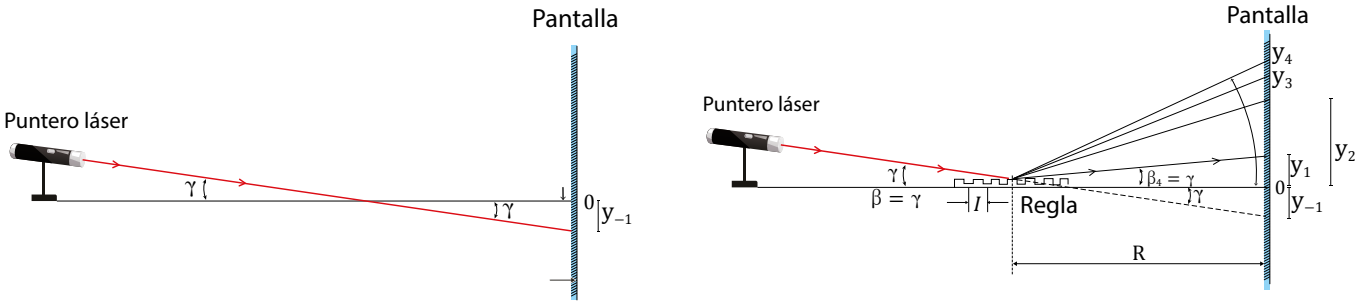
En los experimentos de la *actividad A* notamos que cuando la luz blanca pasaba de un medio a otro o se reflejaba sobre una superficie se originaba una serie de colores, por lo que podríamos decir que cuando la luz se propaga por un medio homogéneo y se encuentra con un obstáculo, parte de la energía incidente es absorbida y otra parte es llevada por un campo disperso, dando como resultado la **dispersión**. El fenómeno de la dispersión de la luz tiene muchas aplicaciones, como en el análisis de la calidad del aire, que permite calcular la concentración de partículas y aerosoles en la atmósfera. Por otra parte, utilizando la dispersión de la luz podemos calcular longitudes de onda, usando un pequeño arreglo experimental, como lo abordaremos en la siguiente actividad.

B. Calculando la longitud de onda de un puntero láser

En la actividad anterior observamos el comportamiento de la luz blanca cuando se transmitió por un prisma o se reflejó en un CD o DVD; en ambos casos notamos la dispersión de la luz. Sin embargo, en el caso del puntero láser seguimos observando el mismo color incidente, pero al hacer incidir la luz con cierta inclinación sobre el CD o DVD se manifestó un comportamiento similar a la difracción de la luz, como vimos en la lección anterior. No obstante, en esta ocasión existe una pequeña diferencia: el patrón de interferencia es generado por la luz reflejada.

El CD o DVD se comporta como una red de difracción; por ello, observamos el patrón de la luz del puntero láser cuando es reflejada. La separación entre cada rejilla es tan pequeña que no podemos percibirla a simple vista; sin embargo, podemos usar otros dispositivos que nos permitan medir la separación entre cada una, como una regla metálica que tenga ranuras en cada escala de milímetro y centímetro.

Cuando la luz proveniente del puntero láser no encuentra ningún obstáculo podemos predecir donde incidirá, como se muestra en la figura de abajo a la izquierda. Sin embargo, cuando colocamos un obstáculo (en este caso, una regla metálica con ranuras) podemos obtener un resultado como el mostrado en la figura de la derecha, originando un patrón de difracción.



En las figuras de arriba, para percibir el fenómeno de dispersión, es recomendable que la luz incida con cierto ángulo γ sobre la superficie. Aunque en la imagen de la izquierda no hay ningún obstáculo, se inclina el puntero para recrear condiciones similares a las de la figura de la derecha, donde se colocó una regla con ranuras, cuya separación entre ellas es l. Cuando la luz interactúa con la regla, esta se coloca a una distancia R para observar el patrón de interferencia. A diferencia de las interferencias por transmisión que estudiamos en la lección anterior, el patrón en este caso se origina únicamente en la parte superior al origen. La ecuación que relaciona las variables mencionadas es:

$$\frac{m}{l} = \frac{1}{2\lambda}\left(\frac{y_m^2 - y_i^2}{R^2}\right) \qquad 3.6$$

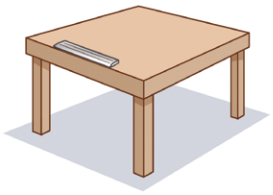
donde m es un número entero ($\pm 2, \pm 3, \cdots$) que indica el orden de cada patrón de interferencia observado, y_m y y_1 son las posiciones de los máximos de interferencia, R es la distancia entre la regla y la pantalla, l es la separación entre las ranuras, y λ es la longitud de onda de la luz utilizada.

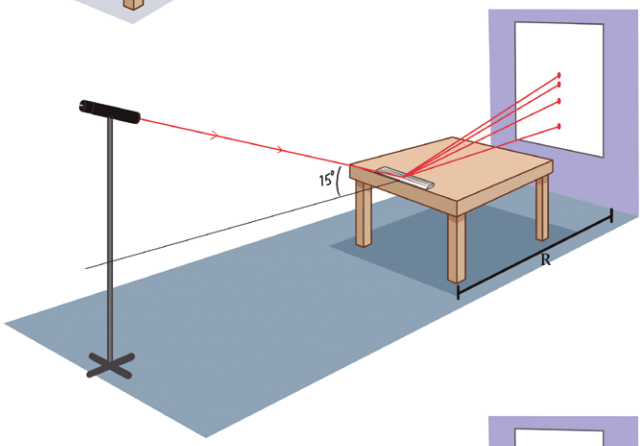
Materiales:

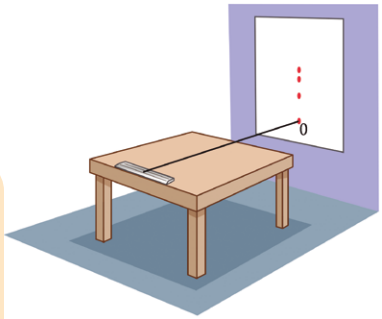
- Puntero láser
- Cinta métrica
- Calibrador vernier o regla metálica con ranuras en la escala de milímetros (mm)
- Transportador
- Binder clip
- Cinta adhesiva
- Pliego de papel bond.
- Regla de $30\ \text{cm}$ graduada en milímetros (mm)
- Calculadora

Procedimiento:

1. Coloca el calibrador vernier o la regla metálica en el borde de la mesa de trabajo; para evitar que se mueva, sujétala con cinta adhesiva, asegurándote de que la regla esté horizontal.
2. Ubica el puntero láser con una ligera inclinación; procura que la luz incida sobre las ranuras de la regla formando un ángulo aproximado de $15°$ respecto a la horizontal. Mide y registra la distancia (R) desde el punto donde incide la luz hasta el lugar donde se observa claramente el patrón de interferencia.







3. Usa el *binder* clip para mantener activo el interruptor del puntero láser.
4. Fija el puntero láser para que la luz incidente mantenga un ángulo de aproximadamente $15°$ o menos con respecto a la regla metálica durante todo el experimento.
5. Marca el punto inicial en la pantalla (0), asegurándote de que esté al mismo nivel que la regla.
6. Desde el punto inicial, mide y registra las posiciones para y_1, y_2, y_3, y_4, y_5.
7. Revisa la sección *Así se calcula…* y resuelve las siguientes dificultades con las medidas tomadas:
   a. Utiliza la ecuación 3.6 para despejar la longitud de onda λ.
   b. A partir del segundo patrón de difracción, calcula la longitud de onda para cada uno de los patrones de interferencia identificados en la pantalla (mínimo cuatro patrones). La separación de las ranuras (l) corresponde a la menor división de la regla o vernier, que es $1\ \text{mm}$.
   c. Compara los valores obtenidos de la longitud de onda y calcula el promedio.
   d. Verifica en el espectro electromagnético si el valor promedio de la longitud de onda corresponde al color emitido por el puntero láser.
   e. Analiza cómo afecta la distancia entre la rejilla de difracción y la pantalla al patrón observado.
   f. Si utilizaras un puntero láser de diferente color, ¿los resultados serían distintos? Explica por qué.
   g. ¿Cómo podrías calcular la separación entre las ranuras de difracción de un CD o DVD? Consulta la sección *Así se calcula…* para apoyar tu respuesta.

Ojo al dato…

La letra griega λ de la luz usualmente se representa en nanómetros (nm), que es equivalente a una mil millonésima de un metro $(10^{-9}\ \text{m})$, siendo fundamental para diferenciar los distintos colores que percibimos, dado que a cada uno le corresponde un rango de longitudes de onda.

Así se calcula...

Resolvamos algunos ejemplos sobre los fenómenos de dispersión similares a los desarrollados en la *actividad B*. Para calcular la longitud de onda a partir de patrones de difracción por reflexión, despejamos λ a partir de la ecuación 3.6.

$$\frac{m}{l} = \frac{1}{2\lambda}\left(\frac{y_m^2 - y_1^2}{R^2}\right)$$

$$\lambda = \frac{1}{2m} l\left(\frac{y_m^2 - y_1^2}{R^2}\right) \qquad 3.7$$

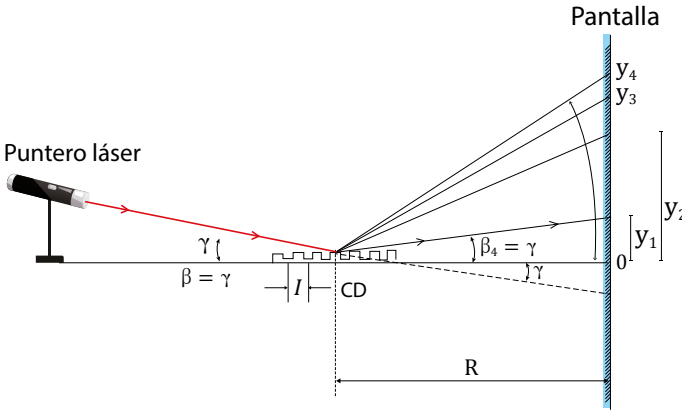
Además, en ocasiones podemos calcular la separación entre las ranuras de difracción cuando no es posible visualizarla o medirla directamente, como en el caso de un CD o DVD. En ese sentido, despejando l de la ecuación 3.7, obtenemos:

$$l = 2m\lambda\left(\frac{R^2}{y_m^2 - y_1^2}\right) \qquad 3.8$$

En el siguiente ejemplo calcularemos la separación entre las ranuras de difracción de un CD.

Ejemplo 1. Realizamos un experimento similar al de la *actividad B*, con la diferencia de que, en lugar de usar una regla, colocamos un CD. La longitud de onda del puntero láser utilizado es de $650\ \text{nm}$. Se hace incidir la luz sobre el CD con un ángulo de incidencia muy pequeño, generando un patrón de difracción que puede observarse en una pantalla ubicada a $50\ \text{cm}$ del punto donde incide la luz en el CD. Se identifica el origen en la pantalla a una altura que coincide paralelamente con el punto de incidencia de la luz. Luego, se miden cuatro patrones de difracción verticalmente desde el origen, obteniendo las siguientes distancias: $20\ \text{cm}$, $67\ \text{cm}$, $80\ \text{cm}$ y $92\ \text{cm}$. Considerando estos datos, ¿cuál será la separación entre las ranuras de difracción del CD?

Solución. Iniciamos realizando un esquema del experimento donde colocamos los datos proporcionados.



En el esquema, asignamos variables a las medidas indicadas para facilitar el cálculo.

Datos:
$\lambda = 650\ \text{nm} = 650 \times 10^{-9}\ \text{m}$
$R = 50\ \text{cm} = 0.50\ \text{m}$
$m = 1, 2, 3, 4$
$y_1 = 20\ \text{cm} = 0.20\ \text{m}$
$y_2 = 67\ \text{cm} = 0.67\ \text{m}$
$y_3 = 80\ \text{cm} = 0.80\ \text{m}$
$y_4 = 92\ \text{cm} = 0.92\ \text{m}$
$l = ¿?$

El ejemplo nos pide calcular la separación entre las ranuras de difracción del CD. Usaremos la ecuación 3.8. Dado que se observan varios patrones de difracción, emplearemos una tabla para calcular la separación de las ranuras para cada patrón.

m	y_m^2	y_1^2	l
2	$y_2^2 = (0.67\ \text{m}^2 \approx 0.45\ \text{m}^2$	$y_1^2 = (0.20\ \text{m})^2 = 0.04\ \text{m}^2$	$l = 2(2)(650 \times 10^{-9}\ \text{m})\left[\frac{(0.50\ \text{m})^2}{0.45\ \text{m}^2 - 0.04\ \text{m}^2}\right]$ $l \approx 1.59 \times 10^{-6}\ \text{m} = 1.59\ \mu\text{m}$
3	$y_3^2 = (0.80\ \text{m}^2 \approx 0.64\ \text{m}^2$	$y_1^2 = 0.04\ \text{m}^2$	$l = 2(3)(650 \times 10^{-9}\ \text{m})\left[\frac{(0.50\ \text{m})^2}{0.64\ \text{m}^2 - 0.04\ \text{m}^2}\right]$ $l \approx 1.63 \times 10^{-6}\ \text{m} = 1.63\ \mu\text{m}$
4	$y_4^2 = (0.92\ \text{m}^2 \approx 0.85\ \text{m}^2$	$y_1^2 = 0.04\ \text{m}^2$	$l = 2(4)(650 \times 10^{-9}\ \text{m})\left[\frac{(0.50\ \text{m})^2}{0.85\ \text{m}^2 - 0.04\ \text{m}^2}\right]$ $l \approx 1.61 \times 10^{-6}\ \text{m} = 1.61\ \mu\text{m}$

Comunicación

La dispersión de la luz es un fenómeno fundamental dentro de la óptica física. Una de las experiencias que pudimos percibir fue la descomposición de la luz blanca en varios colores y el comportamiento de la luz monocromática cuando interactúa con una rejilla de difracción. Mediante un arreglo experimental adecuado, pudimos medir la longitud de onda de un puntero láser. Además, resolvimos una serie de ejemplos en los que calculamos magnitudes que son casi imposibles de medir directamente. Para finalizar la lección, solucionaremos algunos problemas y describiremos aplicaciones tecnológicas que se han logrado u optimizado gracias al fenómeno de la dispersión y descomposición de la luz.

Ojo al dato...

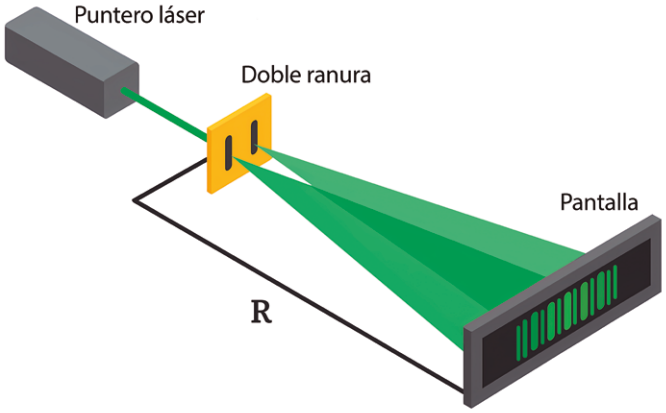
Usamos el término de «luz monocromática» cuando nos referimos a luz de un solo color, como la de un puntero láser, o cuando colocamos un filtro de color en una lámpara que emite luz blanca. Otros ejemplos de luz monocromática son los LED, que no emiten luz blanca.

C. Resolviendo problemas de óptica física

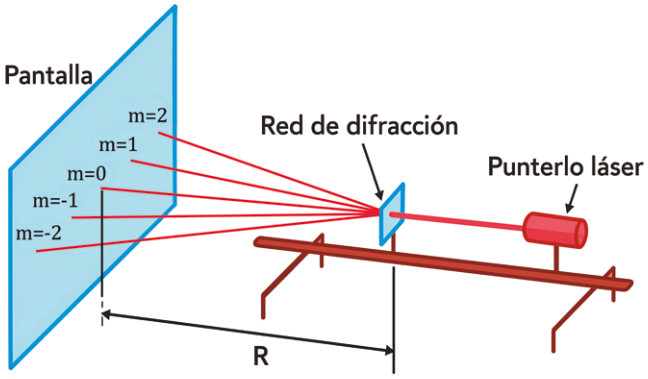
En las actividades y ejemplos de problemas desarrollados, tanto en la lección anterior como en la actual, calculamos magnitudes que no pueden ser medidas directamente debido a su orden de magnitud. Por ello, es necesario involucrar la interacción y el comportamiento de la luz en determinadas situaciones. A continuación, resolveremos algunos problemas con dificultades similares a la de los ejemplos.

Procedimiento:

1. Se presentan algunos problemas en los que deberás aplicar los conocimientos de óptica física adquiridos en las primeras dos lecciones. Puedes revisar los ejemplos desarrollados, que pueden servirte como guía para la búsqueda de una solución, y discutir con tus compañeros.



a. Se realiza un experimento de doble ranura, como se muestra en la figura de la izquierda, donde se utiliza un puntero láser que emite luz con una longitud de onda máxima alrededor de $532\ \text{nm}$. La luz incide sobre una doble ranura y, a una distancia de $2.00\ \text{m}$, se coloca una pantalla donde se observa un patrón de interferencia. Se encuentra que el centro de la vigésima franja brillante (considera la franja central como y_0) está $1.5\ \text{cm}$ del centro. Con la información proporcionada, calcula aproximadamente la separación entre las ranuras.

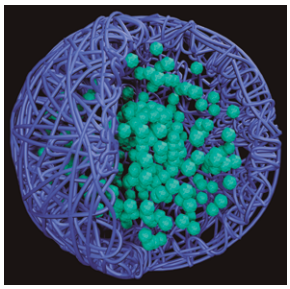


b. En un experimento para calcular la longitud de onda de la luz de un puntero láser se realizó un arreglo experimental como se muestra en la figura de la izquierda. Se utilizó una red de difracción con una separación entre las ranuras de $1.0\ \text{mm}$. Después de que la luz interactúa con la red, se coloca una pantalla a $2.0\ \text{m}$, donde se observan patrones de difracción. Tomando como origen el punto paralelo a la red de difracción en la pantalla, las distancias de los patrones desde el centro fueron: $20.1\ \text{cm}$, $21.5\ \text{cm}$, $22.6\ \text{cm}$, $23.7\ \text{cm}$, $24.4\ \text{cm}$, $25.6\ \text{cm}$ y $26.7\ \text{cm}$. Calcula el valor aproximado de la longitud de onda de la luz del puntero láser utilizado en el experimento.

La interacción de la luz con la materia ha contribuido significativamente al desarrollo tecnológico, especialmente a través del fenómeno de dispersión de la luz. Este fenómeno se manifiesta cuando la luz interactúa con partículas en un medio, desviando su trayectoria original. La dispersión es una herramienta de gran importancia con una amplia gama de aplicaciones tecnológicas, tales como el análisis de partículas, la microscopía, las telecomunicaciones, las ciencias de los materiales y las industrias farmacéuticas.

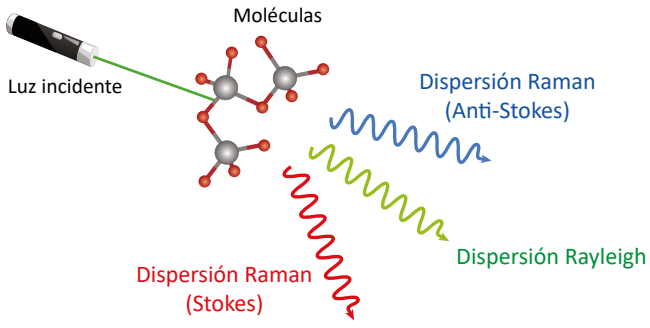
Caracterización de nanopartículas

La dispersión de la luz es esencial para caracterizar nanopartículas, que tienen tamaños del orden de nanómetros. Esta técnica permite determinar la distribución del tamaño, la forma y la estabilidad de nanopartículas.

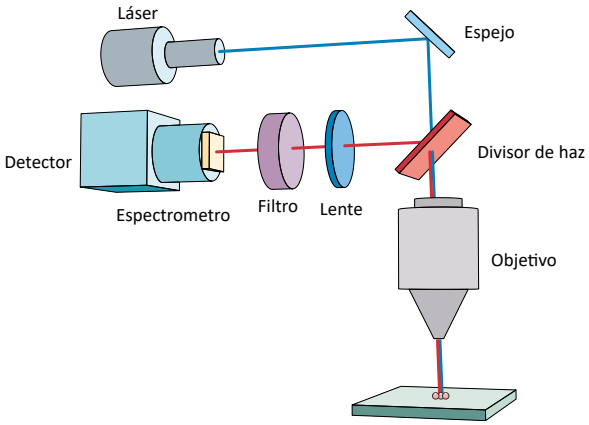


Dispersión Raman

Cuando luz monocromática incide sobre moléculas, estas dispersan la luz, mayoritariamente sin cambiar su longitud de onda, un fenómeno conocido como dispersión elástica o **dispersión Rayleigh**.



Sin embargo, ocurre además un fenómeno de dispersión inelástica conocido como **dispersión Raman**, en el cual un porcentaje menor de la luz dispersada presenta un cambio en su longitud de onda debido al intercambio de energía con las vibraciones moleculares. Este cambio puede manifestarse tanto como **dispersión Stokes** o desplazamientos Stokes (la luz dispersada tiene una longitud de onda mayor que la luz incidente) como **dispersión anti-Stokes** o desplazamientos anti-Stokes (longitud de onda menor), pero no ambos a la vez en una misma interacción con la molécula.



La dispersión Raman es una técnica rápida, práctica y no invasiva, ampliamente utilizada en biología debido a que permite profundizar en sistemas biológicos, estudiando la conformación de proteínas y ácidos nucleicos, la composición y dinámica molecular, la detección de biomarcadores y cambios patológicos, así como la visualización de muestras biológicas a nivel molecular, entre otras aplicaciones.

En estas dos lecciones sobre óptica física hemos explorado el fenómeno de la interferencia, donde la luz se entrelaza para crear patrones de luz y oscuridad, demostrando el comportamiento ondulatorio. También experimentamos con la difracción, que muestra cómo la luz se curva alrededor de obstáculos, evidenciando que no viaja en línea recta, sino que se propaga como una onda. Otro fenómeno estudiado fue la polarización, en la cual la luz se filtra para desplazarse en una sola dirección. Por último, observamos la dispersión, donde la luz puede descomponerse en otros colores o patrones, permitiendo analizar la composición de la materia.

Por otra parte, constatamos que la óptica física no es solo un conjunto de teorías y ecuaciones, sino una ventana al estudio de la naturaleza fundamentado en la realidad. Es clave para comprender cómo interactúa la luz con el mundo que nos rodea. Recordemos que la luz es mucho más que una fuente de iluminación, es una herramienta muy útil que nos permite estudiar objetos con base en la interacción que tiene la luz con ellos. En las próximas lecciones de esta unidad desarrollaremos otros fenómenos para constatar el comportamiento de la luz sobre algunos objetos.

REFRACCIÓN

Cuando un insecto es atrapado en ámbar, la luz que incide sobre él se refracta, haciendo posible ver al insecto a través del ámbar.

Óptica geométrica

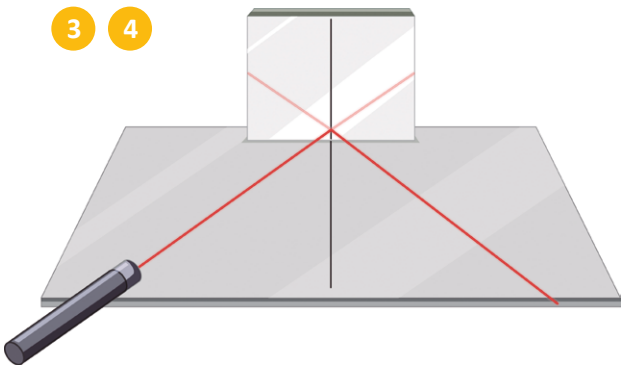
En las primeras dos lecciones tratamos la luz como una onda electromagnética; sin embargo, al finalizar la segunda lección, notamos que también podemos tratar la luz como un rayo que cambia su dirección de propagación al interactuar con objetos. Además, podemos observar muchos objetos gracias a la luz que reflejan. Si colocamos una lupa, podemos verlos más cerca; asimismo, los microscopios nos permiten observar objetos muy pequeños, y con los telescopios podemos observar objetos muy grandes que se encuentran a varios kilómetros de distancia. ¿Por qué es posible contar con instrumentos que nos permiten observar objetos que no podemos ver a simple vista? La respuesta a esta pregunta la resolveremos durante el desarrollo de la lección.

A. Explorando la trayectoria de la luz

Cuando la luz interactúa con un medio u objeto, puede cambiar su trayectoria, y podemos percibir e incluso predecir su comportamiento con base en lo que observamos. A continuación exploraremos algunas experiencias cotidianas que nos permitirán predecir la trayectoria y el comportamiento de la luz.

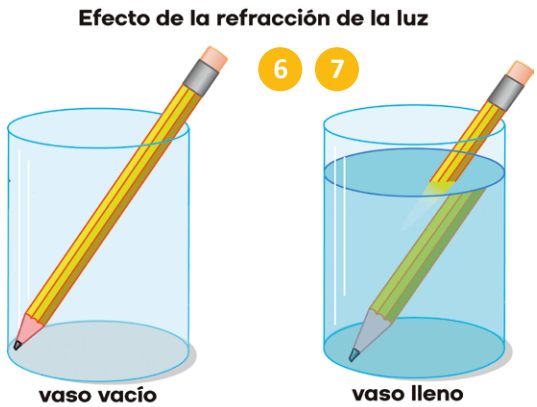
Materiales:

- Espejo plano de $7\ \text{cm} \times 10\ \text{cm}$
- Regla de $30\ \text{cm}$
- Vaso transparente de $250\ \text{ml}$
- Dos lápices similares
- Puntero láser
- Papel milimetrado



Procedimiento:

1. Coloca la mesa frente a una pared y apoya el espejo en la pared.
2. Ubica sobre la mesa el papel milimetrado.
3. Coloca el puntero láser frente al espejo, en el otro extremo opuesto de la mesa, y haz incidir la luz en el centro del espejo.
4. Mueve el láser sobre el extremo de la mesa y haz incidir la luz aproximadamente en el centro del espejo.
5. Retira el espejo y el papel milimetrado de la mesa.
6. Coloca sobre la mesa un vaso con agua y otro vacío.
7. Introduce un lápiz en cada vaso.
8. Resuelve las siguientes situaciones con base en lo observado en las dos experiencias:
   a. ¿Cómo es la luz que se refleja en el espejo con respecto a la que incide?
   b. ¿Cómo sería la trayectoria de la luz si el espejo fuese curvo?
   c. ¿Por qué el lápiz en el agua se ve diferente?
   d. ¿Qué pasaría si sustituimos el agua por aceite?



El comportamiento de la luz cuando interactúa con diferentes superficies y medios, desde el punto de vista geométrico, presenta características muy peculiares, como las que observamos en la *actividad A*. Los fenómenos fundamentales que percibimos fueron la reflexión y la refracción; el primero ocurrió cuando la luz parecía rebotar en el espejo, y en el segundo notamos un cambio en la trayectoria de la luz al pasar de un medio a otro sin deformar o alterar la forma de la onda luminosa. Los fenómenos antes mencionados los estudiaremos y pondremos en práctica en el desarrollo de esta etapa.

B. Midiendo los ángulos de incidencia y reflexión

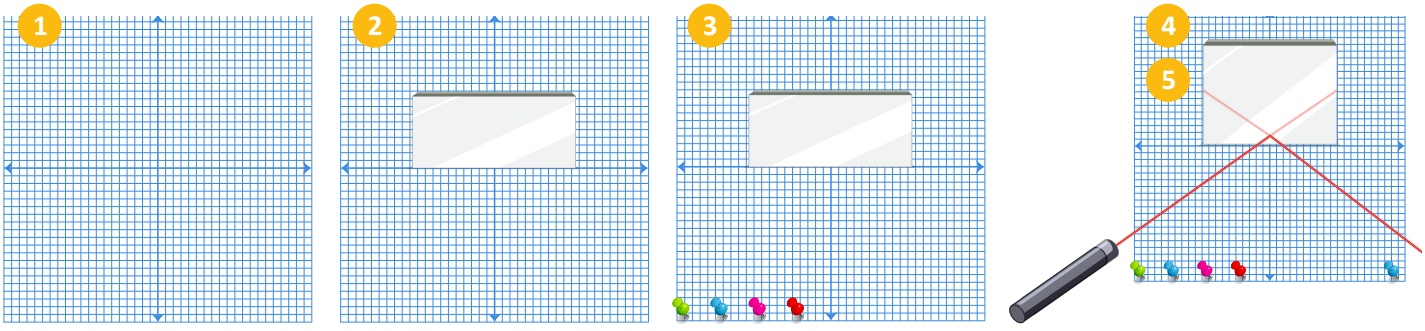
Cuando la luz interactúa con un medio u objeto puede cambiar su trayectoria, y podemos percibir e incluso predecir su comportamiento con base en lo que observamos. A continuación exploraremos algunas experiencias cotidianas que nos permitirán predecir la trayectoria y el comportamiento de la luz.

Materiales:

- Espejo plano de $7\ \text{cm} \times 10\ \text{cm}$
- Bloque de madera de $10\ \text{cm} \times 3\ \text{cm} \times 3\ \text{cm}$
- Cinta adhesiva
- Diez alfileres o tachuelas
- Regla de $30\ \text{cm}$
- Transportador
- Lápices de colores
- Puntero láser
- Papel milimetrado
- Cartón del tamaño del papel milimetrado

Procedimiento:

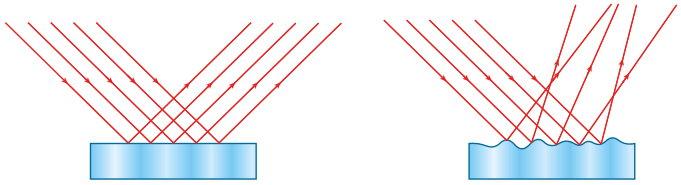
1. Adhiere con cinta adhesiva una hoja de papel milimetrado sobre el cartón y traza un plano cartesiano en todo el papel milimetrado, asegurándote de que el origen coincida con el centro del papel milimetrado.
2. Coloca el cartón con el papel milimetrado sobre una mesa. Une con cinta adhesiva el espejo al bloque de madera, procurando que el espejo quede siempre perpendicular a la mesa, y ubica el espejo en el centro del plano cartesiano.
3. Incrusta tachuelas o alfileres en el borde del papel milimetrado, comenzando desde el centro frente al espejo, cada $2\ \text{cm}$ hacia la izquierda.
4. Ilumina el espejo con el puntero láser justo en el centro del espejo, muy cerca de su base que reposa sobre el papel milimetrado. Observa la luz reflejada sobre el papel milimetrado.
5. Ubica el puntero láser cerca de una de las tachuelas, ilumina el centro del espejo y observa la trayectoria de la luz reflejada. Coloca otra tachuela donde la luz reflejada llegue al borde del papel milimetrado. Repite este procedimiento con las demás tachuelas.



6. Marca con colores la trayectoria de la luz y, con un transportador, mide los ángulos de **incidencia** y **reflexión**. Luego, responde las siguientes preguntas:
   a. ¿Qué relación tienen los ángulos medidos por cada trayectoria de la luz?
   b. ¿Qué pasaría con la trayectoria de la luz si sustituyéramos el espejo por un bloque de madera?
   c. ¿Obtendrías resultados similares si utilizaras un bloque de vidrio o acrílico en lugar del espejo?
7. Revisa la sección *Así se hace…* para fundamentar las respuestas a las preguntas anteriores.

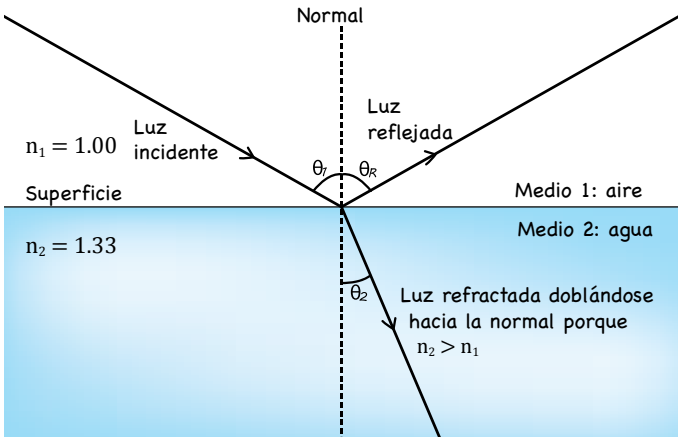
Así se calcula...

En la *actividad B* notamos que la luz del puntero láser, al incidir sobre el espejo, cambiaba su trayectoria. Dicho fenómeno puede modelarse considerando la luz como rayos, donde al interactuar con la superficie (espejo), la luz se refleja. Sin embargo, cuando observamos un lápiz sumergido en un vaso con agua, la luz pasa de un medio a otro, originando el fenómeno de **refracción**. En general, cuando la luz incide sobre la interfaz entre dos materiales transparentes (aire y vidrio, agua y vidrio, o acrílico y aire), se puede producir una división de la intensidad del rayo incidente en dos componentes: una porción de la luz se refleja y la otra se transmite al segundo material mediante refracción.



Reflexión especular

Reflexión difusa



Una diferencia notable en la *actividad B* es que, al hacer incidir la luz del puntero láser en el espejo, podíamos medir ángulos definidos de la luz reflejada; por ello, se le conoce como **reflexión especular**. Pero con el bloque de madera, la luz reflejada no tomaba una dirección definida y se dificultó medir ángulos reflejados; en ese caso, estábamos presenciando una **reflexión difusa**. En esta lección nos dedicaremos a la reflexión especular.

Cuando miramos a través de una ventana de vidrio, observamos una reflexión, como en el caso del limpiavidrios; sin embargo, somos capaces de ver lo que se encuentra detrás de la ventana. Alguien en el interior puede ver a través de la ventana la misma situación conforme la luz la atraviesa por refracción.

Para describir las direcciones de la luz cuando incide sobre un medio, realizaremos un esquema del comportamiento de los rayos de luz, como el que se muestra a la izquierda. El rayo o luz incidente, cuando interactúa con un material en una interfaz lisa, se describe en términos de los ángulos que forma con la normal (línea imaginaria perpendicular a la superficie de interacción de la luz). Viaja por el medio 1 (en nuestro caso, el aire) y, al llegar a la superficie del medio 2, lo hace con un ángulo θ_1 medido desde la normal. Se refleja una cantidad de luz con un ángulo θ_r, y para la reflexión especular se cumple que:

$$\theta_1 = \theta_r \qquad 3.9$$

En el medio 2 (en nuestro caso, el agua), otra parte de la luz se refracta con un ángulo θ_2 respecto a la normal. Este ángulo difiere del incidente porque la luz viaja más lentamente en el medio 2. En este sentido el **índice de refracción** (n) juega un papel importante en la óptica geométrica, ya que es la razón entre la rapidez de la luz en el vacío c y la rapidez de la luz en un medio material v, y se calcula con la expresión:

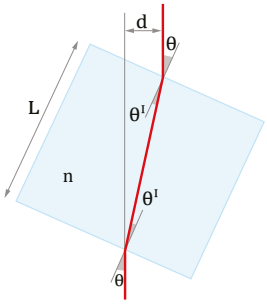
$$n = \frac{c}{v} \qquad 3.10$$

Esta ecuación es adimensional, ya que es la razón de dos rapideces. Además, podemos notar que a mayor índice de refracción de un material, menor es la rapidez de la luz en ese material.

La relación entre θ_1 y θ_2, cuando se utiliza luz monocromática, está dada por la ley de refracción o ley de Snell:

$$n_1 \text{sen}\theta_1 = n_2 \text{sen}\theta_2 \qquad 3.11$$

Laboratorio Determinación del índice de refracción



La trayectoria de un rayo de luz que pasa a través de un bloque en forma de paralelepípedo transparente se modifica por dos refracciones, dado que el rayo entra desde un medio 1, luego pasa al medio 2 y finalmente sale de nuevo al medio 1. Estas refracciones hacen que el rayo de luz que emerge al medio 1 sea paralelo al rayo original que entró, como se muestra en la figura de la derecha.

En dicha figura observamos un desplazamiento lateral (d) entre los rayos incidente y emergente. Este desplazamiento puede calcularse en función del ángulo de incidencia (θ), el grosor del bloque o camino óptico (L) y el índice de refracción del bloque (n). Para ángulos de incidencia muy pequeños, la expresión aproximada para calcular el desplazamiento lateral es:

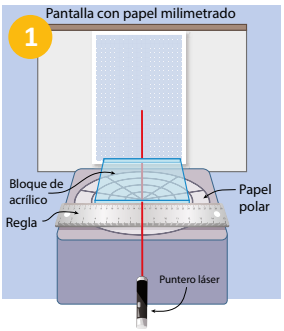
$$d(\theta) \approx L\,\frac{n-1}{n}\theta \qquad 3.12$$

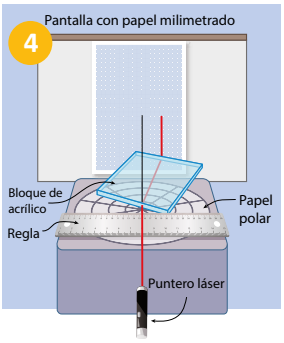
Materiales:

- Puntero láser
- Dos soportes universales
- Dos nueces dobles
- Bloque de acrílico (plexiglás) con dimensiones $10\ \text{cm} \times 5\ \text{cm} \times 3\ \text{cm}$
- Cinta adhesiva
- Papel polar
- Regla metálica de 30 cm
- Pantalla
- Papel milimetrado
- Calculadora científica

Procedimiento:

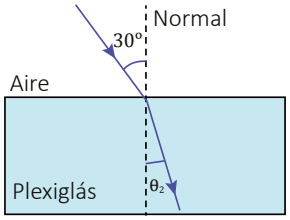
1. Sobre la mesa de trabajo, ajusta una altura adecuada para montar el puntero láser con la prensa nuez en el soporte universal; de manera similar, coloca la pantalla en otro soporte universal con la hoja de papel milimetrado adherida.
2. Fija con cinta adhesiva el papel polar sobre la mesa de trabajo y coloca el bloque de acrílico centrado sobre él; el montaje experimental debe ser similar al esquema.
3. Activa el puntero láser y procura que incida aproximadamente en el centro del bloque de acrílico, perpendicular a la superficie (sobre la normal).
4. Mantén fijo el puntero láser y rota el bloque de acrílico junto con la regla aproximadamente $2°$ en sentido horario; la regla te ayudará a medir los ángulos. Observa en la pantalla el desplazamiento de la luz emergente.
5. Elabora una tabla para registrar los ángulos con los que rotarás el bloque y los desplazamientos observados en la pantalla.
6. Toma aproximadamente diez medidas de ángulos y desplazamientos; la medida máxima para el ángulo será aproximadamente $15°$.
7. Agrega una columna a la tabla y convierte los ángulos medidos a radianes.
8. Realiza una gráfica con los datos obtenidos, tomando los ángulos en radianes como la variable independiente y el desplazamiento como variable dependiente.
9. Observa la tendencia de la gráfica y resuelve las siguientes actividades:
   a. Linealiza la gráfica obtenida.
   b. Selecciona dos puntos de la gráfica linealizada y calcula su pendiente.
   c. Compara el valor de la pendiente y relaciona con las variables correspondientes en la expresión 3.12.
   d. Calcula el valor aproximado del índice de refracción del bloque de acrílico.





Así se calcula...

Resolvamos algunos ejemplos sobre los fenómenos de reflexión y refracción de la luz, como los desarrollados en las actividades y laboratorio. Será de suma importancia comprender el significado de cada una de las magnitudes de las expresiones 3.9, 3.10, 3.11 y 3.12.



Ejemplo 1. El haz de luz de un puntero láser que viaja en el aire incide sobre la superficie de un bloque delgado de plexiglás, como el que usamos en el laboratorio, con un ángulo de $30°$ respecto a la normal, como se observa en la figura de la izquierda. ¿Cuál sería el ángulo de refracción de la luz al ingresar al bloque de plexiglás?

Solución. Observemos que hay dos medios: 1) aire, 2) plexiglás.

Con ello podemos plantear la ecuación 3.11. Aunque los índices de refracción no se mencionan explícitamente en el ejemplo, sí se indica el tipo de material. Considerando que el índice de refracción es una constante característica de cada material, es necesario obtener estos valores en tablas de índices de refracción, como la mostrada a la derecha. Escribiremos los valores en la tabla de abajo.

Datos:

Aire (1)	Plexiglás (2)
$n_1 = 1.0003$	$n_2 = 1.51$
$\theta_1 = 30°$	$\theta_2 = ¿?$

De la expresión 3.12 (Ley de Snell), despejamos θ_2:

$$\operatorname{sen}\theta_2 = \frac{n_1}{n_2}\operatorname{sen}\theta_1$$

$$\theta_2 = \operatorname{sen}^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2}\operatorname{sen}\theta_1\right)$$

Sustituyendo valores y usando una calculadora científica para la función seno inversa:

$$\theta_2 = \operatorname{sen}^{-1}\left(\frac{1.0003}{1.51}\operatorname{sen}30°\right) \approx 19°$$

Por lo tanto, el ángulo de refracción en el plexiglás es aproximadamente $19°$.

Valores de índices de refracción

Cada material tiene su propio valor de índice de refracción (n). A continuación se encuentran los valores para distintos materiales.

Material	Índice de refracción
Vacío	1.0000
Aire	1.0003
Hielo	1.309
Agua	1.333
Alcohol etílico	1.361
Teflón	1.38
Fluorita	1.434
Glicerina	1.473
Benceno	1.501
Plexiglás	1.51
Vidrio Crown	1.52
Vidrio Flint ligero	1.58
Vidrio de policarbonato	1.59
Vidrio Flint denso	1.66
Gema de zafiro	1.77
Circón	1.923
Diamante	2.417

Ejemplo 2. Para un experimento de refracción de la luz, necesitamos seleccionar entre tres materiales, hielo, agua y glicerina, el material en el que la luz viaje lo más lentamente posible. ¿Cuál de los tres materiales es el indicado para el experimento?

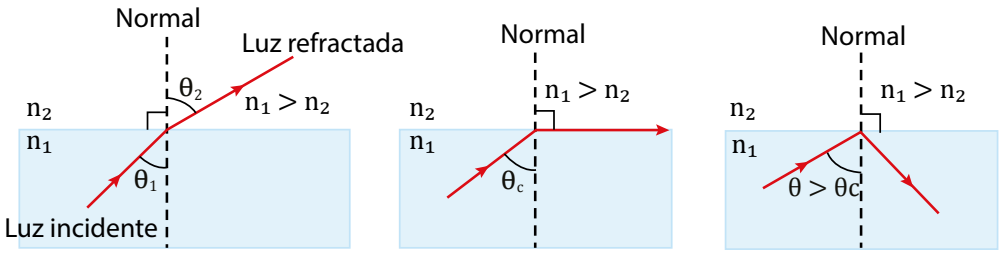
Solución. Asignamos el número 1 al hielo, el 2 al agua, y el 3 a la glicerina. Despejamos la rapidez v de la ecuación 3.10, $v = \frac{c}{n}$. El valor n de cada material lo obtenemos de la tabla Valores del índice de refracción. Calculamos la rapidez de la luz en cada material. Hielo: $v_1 = \frac{c}{n_1} = \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{1.309} = 2.29 \times 10^8\ \text{m/s}$. Agua: $v_2 = \frac{c}{n_2} = \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{1.333} = 2.25 \times 10^8\ \text{m/s}$. Glicerina: $v_3 = \frac{c}{n_3} = \frac{3.00 \times 10^8\ \text{m/s}}{1.473} = 2.03 \times 10^8\ \text{m/s}$. La luz viaja más lentamente en la glicerina, por lo que este es el material indicado para el experimento.

Comunicación

Durante el desarrollo de la lección constatamos el comportamiento de la luz desde el punto de vista geométrico, experimentando con leyes como la reflexión, que ocurre cuando la luz «rebota» en una superficie considerando que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión respecto a la normal, y la ley de la refracción, que se da cuando la luz cambia de dirección al pasar de un medio a otro. Además, notamos que ciertos materiales tienen una constante llamada índice de refracción, que relaciona la rapidez de la luz en el vacío con la rapidez de la luz en un medio material. Por otra parte, cuando la luz viaja de un medio con mayor índice de refracción a uno con menor, existe un ángulo de incidencia tal que la luz emerge de manera tangencial a la superficie; a este ángulo se le llama ángulo crítico (θ_c). A continuación resolveremos algunos problemas para aplicar las leyes de la óptica geométrica estudiadas en esta lección.

C. Aplicando leyes de la óptica geométrica

En la sección *Así se calcula…* resolvimos algunos ejemplos donde usamos las leyes de reflexión y refracción, pero en esta última debemos buscar una expresión que nos permita calcular el ángulo crítico. Para ello, observemos las siguientes figuras.



Como podemos observar, en la figura de la izquierda, la luz refractada se dobla alejándose de la normal porque $n_2 < n_1$; en la figura central, el ángulo de incidencia se convierte en ángulo crítico y la expresión 3.11 toma la siguiente forma:

$$\text{sen}\theta_c = \frac{n_2}{n_1} \qquad 3.13$$

La imagen del extremo derecho muestra un ángulo superior al crítico, donde se origina la **reflexión interna total**. Por ejemplo, para calcular el ángulo crítico entre los vidrios Flint (denso y ligero), solo necesitamos los índices de refracción, que podemos obtener de la tabla de la sección ***Así se calcula…***

$$\text{sen}\theta_c = \frac{1.58}{1.66} \approx 0.95 \Rightarrow \theta_c = \text{sen}^{-1}(0.95) \approx 72.14°$$

Para ángulos mayores a $72.14°$, la luz sufriría reflexión interna total en el vidrio Flint denso.

Procedimiento:

1. Lee el siguiente problema. Te encuentras sumergido en una piscina y quieres comprobar la refracción en medios líquidos. Iluminas con un puntero láser que forma un ángulo de incidencia de $30°$ respecto a la normal (vertical), como se muestra en la figura derecha. Ahora discute con tus compañeros y resuelve lo siguiente:
   a. ¿Cuál es el valor del ángulo de refracción con el que sale la luz al aire?
   b. ¿Se cumplen las condiciones para encontrar un ángulo crítico en la piscina y cuál sería su valor?
   c. ¿Para qué valores de ángulos sería posible tener reflexión interna total?

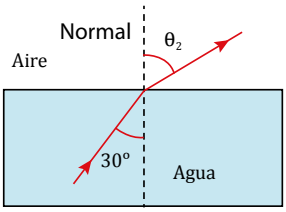
Por medio de la reflexión y la refracción podemos estudiar la formación de imágenes; esa parte la desarrollaremos en la siguiente lección, aunque podemos observar el recurso RA para tener una idea de lo que descubriremos.

Ojo al dato..

Cuando la luz viaja de un medio con mayor índice de refracción a uno con menor índice de refracción y su ángulo de incidencia sea mayor que el ángulo crítico, se origina una reflexión interna total.

REFLEXIÓN

La formación de una imagen por un espejo plano se da por la reflexión de la luz. La imagen es virtual y se sitúa a la misma distancia del espejo.



Lentes

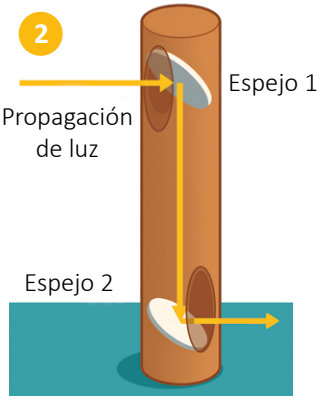
En la lección anterior estudiamos las leyes de reflexión y refracción, que son de suma importancia en la óptica geométrica. Observamos el comportamiento de la luz al interactuar con diferentes materiales para verificar dichas leyes. Ahora, además de analizar el comportamiento de la luz, estudiaremos la formación de imágenes a partir de la reflexión y la refracción. A propósito podemos preguntarnos si las imágenes formadas por reflexión o por refracción son reales o virtuales. Responderemos esta pregunta durante el desarrollo de la presente lección, que comienza con una actividad sobre imágenes formadas debido a la reflexión y la refracción de la luz.

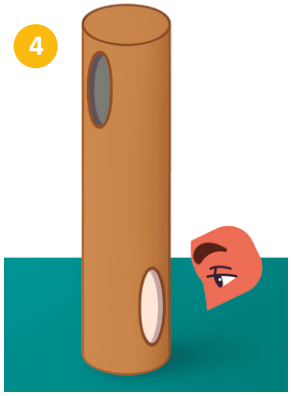
A. Explorando imágenes formadas por reflexión y refracción

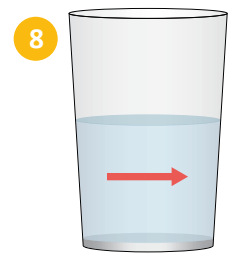
La reflexión y la refracción dan forma a las imágenes que percibimos. Con la presente actividad exploraremos cómo se forman y se perciben las imágenes de los objetos que observamos, ya sea a simple vista o mediante dispositivos ópticos, cuando utilizamos la reflexión o la refracción.

Materiales:

- Dos espejos planos y redondos de $4\ \text{cm}$ de diámetro
- Cilindro de cartón de $4\ \text{cm}$ de diámetro y $30\ \text{cm}$ de largo
- Regla de $30\ \text{cm}$
- Dos vasos transparentes de $250\ \text{ml}$
- Hoja de palpel bond
- Plumón rojo
- Cinta adhesiva
- Aguja o estilete
- Tijeras







Procedimiento:

Parte I. Formación de imagen por reflexión

1. Haz agujeros en forma ovalada con la aguja en cada extremo del cilindro; los agujeros deben quedar en lados opuestos.
2. Fija los espejos dentro del cilindro; debes colocarlos aproximadamente a $45°$ y que la parte reflectante esté frente a cada agujero.
3. Con el cartón sobrante de los agujeros, cierra los extremos del cilindro.
4. Acerca tu ojo a uno de los agujeros y responde:
   a. ¿Observas algún tipo de imagen?
   b. Si inviertes el cilindro, ¿cambiará el resultado de lo que observas?
   c. ¿Qué pasaría si colocas luz, de manera perpendicular, con un puntero láser en uno de los agujeros.

Parte II. Formación de imagen por refracción

5. Recorta dos tarjetas de papel bond, de $5\ \text{cm} \times 10\ \text{cm}$.
6. Dibuja con un plumón dos flechas señalando a la derecha en el centro de las tarjetas; procura que el tamaño de las flechas no supere el diámetro del vaso transparente.
7. Vierte agua en un vaso hasta alcanzar un poco más de la mitad de su capacidad.
8. Coloca los vasos sobre una mesa, ubícate frente a ellos y pon una tarjeta detrás donde pueda verse la flecha, de forma horizontal y señalando a la derecha.
9. Aleja poco a poco las flechas de los vasos hasta que notes alguna diferencia y luego responde:
   a. ¿Qué diferencia notaste con la flecha que observaste en el vaso con agua respecto al que estaba vacío?
   b. ¿Cómo influye la refracción de la luz cuando observaste las flechas en ambos casos?

Creatividad

Ver nuestra imagen en un espejo y observar aves a través de binoculares son ejemplos de formación de imágenes mediante reflexión y refracción, respectivamente. En cada caso, podemos notar que lo que vemos parece estar en un lugar diferente de su posición real; nuestro reflejo está al otro lado del espejo y las aves parecen estar más cerca cuando las vemos con los binoculares. En ambas situaciones, la luz que proviene de un punto de un objeto se desvía por reflexión, refracción o combinación de ambas. En esta etapa exploraremos los diferentes tipos de imágenes que se forman mediante sistemas ópticos simples tales como espejos, lentes y combinaciones básicas de estos.

B. Analizando la formación de imágenes por reflexión

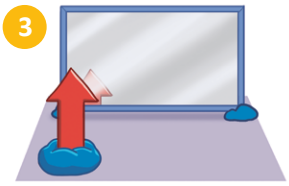
En la *actividad B* de la lección anterior notamos que el tamaño de la imagen que se origina por reflexión de los alfileres era similar; podríamos decir que en un espejo plano forma una imagen del mismo tamaño que el objeto. Sin embargo, los espejos tienen muchas aplicaciones si necesitamos que la imagen y el objeto sean de diferentes tamaños; un ejemplo de ello son los espejos retrovisores para punto ciego en vehículos.

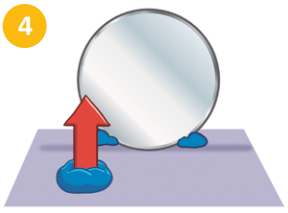
Materiales:

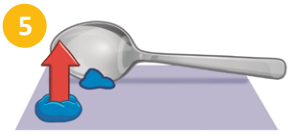
- Espejo plano redondo de $4\ \text{cm}$ de diámetro
- Espejo convexo redondo, retrovisor de $5\ \text{cm}$ de diámetro
- Cuchara de acero inoxidable de $4\ \text{cm}$ de eje de simetría mayor
- Cinta métrica de $150\ \text{cm}$
- Regla de $30\ \text{cm}$
- Hoja de fomi
- Plastilina
- Cinta adhesiva
- Tijeras

Procedimiento:

1. Elabora una flecha en fomi de $3\ \text{cm}$ de alto, luego haz una esfera de plastilina donde incrustarás la flecha para que quede vertical.
2. Sobre una mesa, fija el espejo plano; puedes usar plastilina o apoyarlo en otra superficie para que el espejo se mantenga siempre perpendicular a la mesa.
3. Ubica la flecha frente al espejo plano y mueve la flecha 5 veces, aumentando la distancia de separación en $5\ \text{cm}$ en cada movimiento; en cada posición mide la altura de la imagen reflejada en el espejo. Registra cada medida.
4. Reemplaza el espejo plano por el espejo convexo o retrovisor y realiza el paso 3 de manera similar.
5. Sustituye el espejo convexo por una cuchara; coloca la parte convexa frente a la flecha y repite el *paso 3*.
6. Gira la cuchara para que la parte cóncava quede frente a la flecha y repite el *paso 3*.
7. Considera las superficies reflejantes que has utilizado (plano, convexo y cóncavo) para responder las siguientes preguntas:
   a. ¿En qué se diferencia la imagen formada en los tres tipos de superficie?
   b. ¿Cómo se compara el tamaño de la imagen con el tamaño real de la flecha?
   c. ¿Las imágenes observadas fueron derechas o invertidas?
   d. ¿Cómo cambió la imagen a medida que te alejabas o acercabas a cada una de las superficies?
   e. ¿Qué factores determinan la ubicación, el tamaño y la orientación de las imágenes formadas por estas superficies?



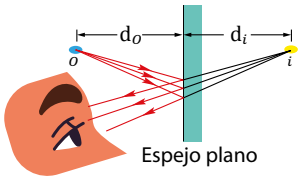


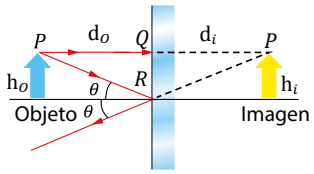


El fenómeno que observamos en la actividad puede representarse teóricamente; para ello, lee la sección *Así se hace…*, que además será de utilidad para responder las preguntas anteriores.

Así se hace...

Como vimos en la *actividad B*, un espejo plano produce una imagen virtual detrás del espejo, a la misma distancia y con la misma orientación que el objeto, como muestra la figura de abajo. Esto es consecuencia de la ley de la reflexión.



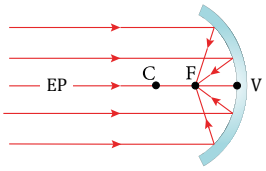


La distancia del objeto y de la imagen al espejo son (d_o) y (d_i), respectivamente, y para un espejo plano $(d_o = d_i)$. El **aumento lateral** (m) es la relación entre la altura de la imagen (h_i) y la del objeto (h_o).

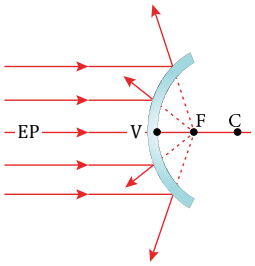
$$m = \frac{h_i}{h_o} \qquad 3.14$$

Para un espejo plano, $m = 1$; en **espejos esféricos** (cóncavos y convexos) m varía porque h_i depende de d_o, como se vio en la *actividad B*. Los espejos esféricos son casquetes esféricos, definidos por un radio de curvatura R (el radio del casquete), un centro de curvatura C (el centro de la esfera de la que forma parte el espejo), un vértice V (el punto central de la superficie curva del espejo). El eje principal (EP) es la recta que pasa por C y V. El punto focal o foco F es el punto del EP donde se reflejan o donde se cruzan las prolongaciones de los rayos paralelos al EP. La distancia focal f suele ser la mitad de R:

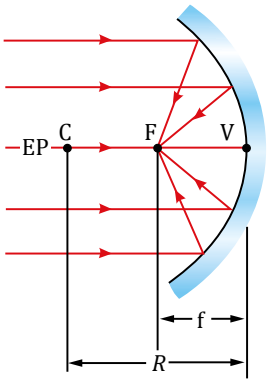
$$f = \frac{R}{2} \qquad 3.15$$



Reflexión de la luz en espejo cóncavo

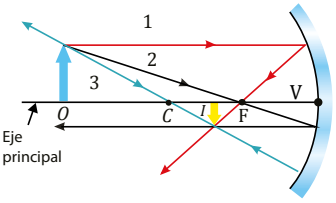


Reflexión de la luz en espejo convexo

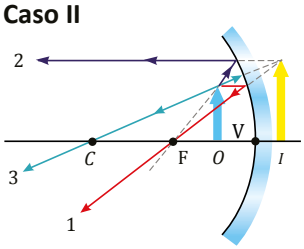


Para la formación de imágenes se emplean tres rayos cuyos reflejos son fáciles de trazar:
Rayo 1 (Rayo paralelo). Llega paralelo a EP y se refleja pasando por F.
Rayo 2 (Rayo focal). Llega al espejo pasando por F y se refleja paralelo a EP.
Rayo 3 (Rayo central). Llega al espejo pasando por C y se refleja sobre sí mismo.
Analizaremos los tres casos siguientes:

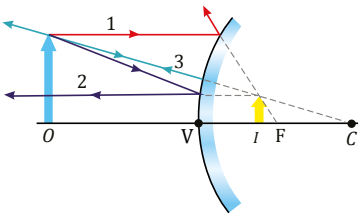
Caso I



Caso II



Caso III



Caso I. Espejo cóncavo, objeto más lejos que F: la imagen es real, invertida y reducida. El aumento lateral sería

$$m = -\frac{d_i}{d_o} \qquad 3.16$$

Caso II. Espejo cóncavo, objeto entre V y F: los rayos reflejados no convergen frente al espejo, por lo que se proyectan detrás para encontrar la imagen, que es virtual, vertical y ampliada.
Caso III. Espejo convexo: C y F están detrás del espejo. Los rayos reflejados parecen divergir desde un punto detrás del espejo, por lo que la imagen es virtual, vertical y reducida.

La ecuación de espejos relaciona las distancias d_o, d_i y f:

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} \qquad 3.17$$

C. Analizando la formación de imágenes por refracción

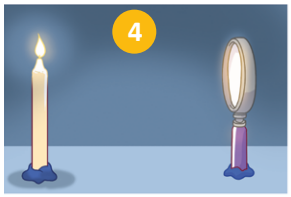
Si un objeto en un medio se observa desde otro, la imagen del objeto se verá afectada por la refracción de la luz en la interfaz entre ambos medios. Por ejemplo, en el experimento realizado en la *Parte II* de la *actividad A* notamos que a medida que alejamos la flecha, esta parecía cambiar de dirección; además, la curvatura del vaso también influía. Ahora analizaremos la formación de imágenes por refracción en la presente actividad.

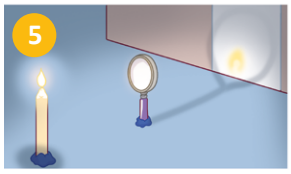
Materiales:

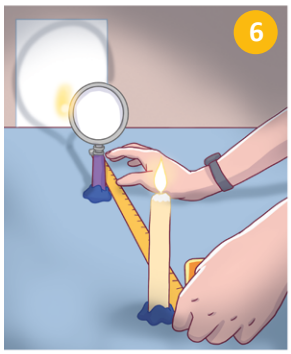
- Lupa de mano
- Vela de $20\ \text{cm}$ de longitud
- Cinta métrica de $150\ \text{cm}$
- Plastilina
- Regla de $30\ \text{cm}$
- Hoja de papel bond
- Cinta adhesiva
- Encendedor

Procedimiento:

1. Busca un espacio con poca luz para realizar la actividad.
2. Fija la vela de manera perpendicular en un extremo de la mesa donde realizarás la actividad; puedes utilizar plastilina para fijarla. Considera que necesitarás una mesa de aproximadamente $2\ \text{m}$ de longitud o hacerlo sobre el piso frente a una pared.
3. En el otro extremo de la vela, adhiere a la pared una hoja de papel bond; esta servirá como pantalla.
4. Enciende la vela y coloca la lupa a unos $10\ \text{cm}$ de ella; observa la luz que se proyecta en la pantalla.
5. Mueve poco a poco la lupa en dirección a la pantalla y observa lo que sucede a medida que te alejas de la vela.
6. Fija con plastilina la lupa en el punto donde observaste una imagen nítida en la pantalla; luego mide las distancias entre la vela y la lupa, y entre la lupa y la pantalla.
7. Apaga la vela, retira la lupa y la pantalla, busca una luminaria en el techo y colócate debajo de ella.
8. Enciende la luminaria, coloca la hoja de papel bond sobre la mesa como pantalla y aleja la lupa hasta conseguir una imagen definida sobre la pantalla.
9. Mide la distancia entre la lupa y la imagen bien definida en la pantalla.
10. Resuelve las siguientes preguntas:
    a. ¿Qué pasó con la luz que emite la vela al pasar por la lupa?
    b. ¿Cómo configuraste el experimento para obtener la imagen más nítida proyectada en la pantalla?
    c. ¿Qué diferencia notaste entre la medida realizada con la luz de la vela y la de la luminaria?
    d. Si otros equipos usaron lupas similares, ¿cómo compararon sus medidas con las de tu equipo?
    e. ¿Qué diferencias encuentras entre la imagen formada por espejos y la formada con la lupa?
    f. Observando tus resultados y considerando la luz que emite la vela como rayos de luz, realiza un diagrama de rayos equivalente a lo realizado con espejos. Puedes revisar la siguiente sección *Así se hace*... para apoyarte en la respuesta.



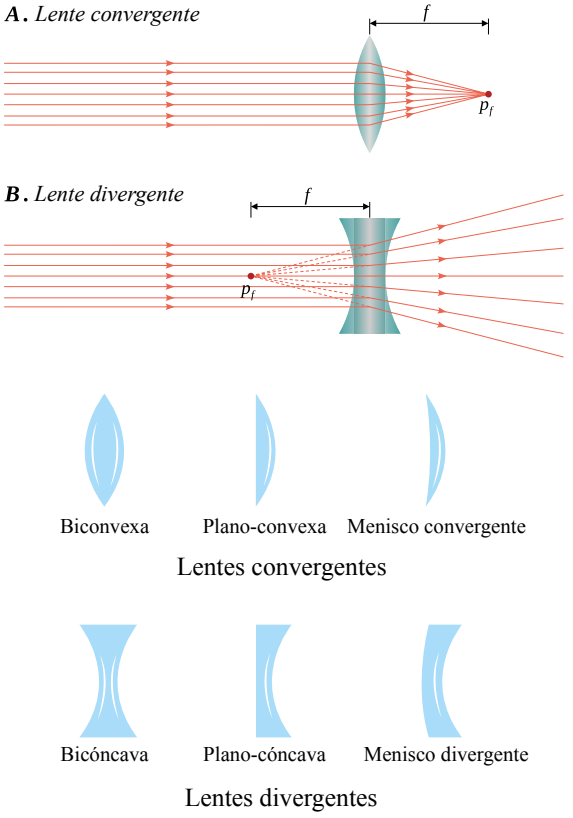




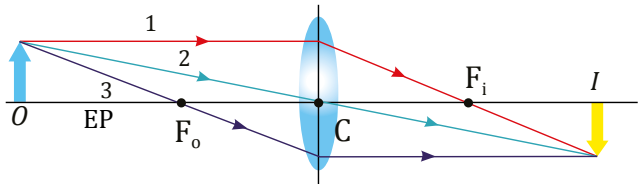
Dado que durante la actividad analizamos la luz que pasa por una lupa, se generó el fenómeno de la refracción. Podemos decir que, similar a la reflexión, con la refracción podemos manipular la luz y crear imágenes. Las lupas pertenecen a la categoría de lentes, que, al igual que los espejos, tienen diversas formas y propiedades.

Así se hace...

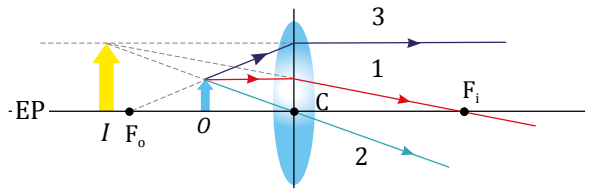
La lente formada por dos superficies curvas que refractan la luz crea imágenes según el índice de refracción del material y la curvatura de sus superficies. Tiene dos focos, uno a cada lado, y dos distancias focales correspondientes, una para cada foco. El foco o punto focal (p_f) es el lugar donde convergen los rayos de luz (reales o virtuales), y la distancia focal (f) es la distancia entre la lente y ese foco.



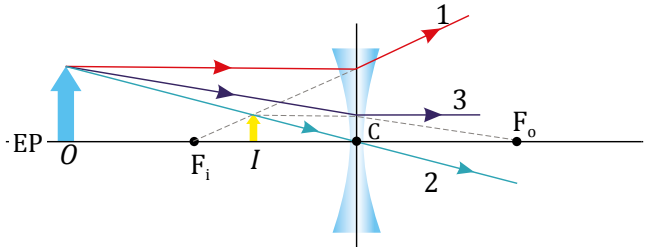
Caso I



Caso II



Caso III



Similar a los espejos, existen lentes convergentes y divergentes. Las lentes convergentes tienen una distancia focal positiva y la imagen formada por un objeto lejano es real y se encuentra en el lado opuesto de la lente respecto al objeto, como se observó en la *actividad C* con la vela.

Las lentes divergentes tienen una distancia focal negativa y la imagen formada por un objeto lejano es virtual y se encuentra en el mismo lado de la lente que el objeto.

Aunque comúnmente dividimos las lentes en convergentes y divergentes, existen otras clasificaciones que dependen de la forma de la lente (ver las figuras de la izquierda).

Para la formación de imágenes se emplean tres rayos incidentes sobre el lente, cuyos rayos emergentes son fáciles de trazar:
Rayo 1 (Rayo paralelo). Llega paralelo al eje principal EP y emerge del lente pasando por el foco imagen F_i, el punto donde convergen los rayos emergentes que provienen de rayos incidentes paralelos al eje principal.
Rayo 2 (Rayo central). Pasa por el centro óptico C del lente y no se desvía.
Rayo 3 (Rayo focal). Pasa por el foco objeto, el punto por donde deben pasar los rayos incidentes para que, tras atravesar la lente, emerjan paralelos al eje principal.

La imagen se determina por la intersección de los rayos que pasan por la lente, ya sea directamente (imagen real) o por extensión (imagen virtual). Se distinguen tres casos para la formación de imágenes:
Caso I. El objeto O está alejado del foco objeto F_o; la imagen I es real e invertida.
Caso II. Si el objeto está dentro de foco objeto F_o de una lente convergente; la imagen es virtual y vertical.
Caso III. Para una lente divergente, la imagen siempre es virtual.

La ecuación del fabricante de lentes relaciona la distancia focal f, el índice de refracción n y los radios de curvatura de las superficies R_1 y R_2 mediante la fórmula:

$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \qquad 3.18$$

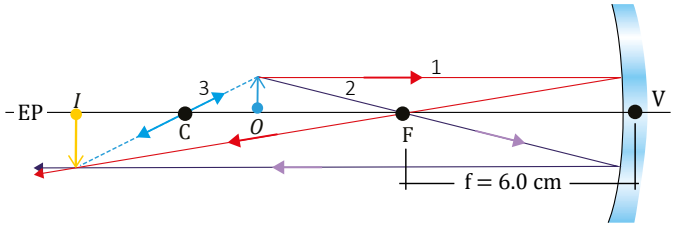
Revolvamos un ejemplo con espejos y otro con lentes para practicar el procedimiento que permite determinar la posición, el tamaño y el tipo de imagen. Aplicaremos las ecuaciones 3.14 y 3.18.

Ejemplo 1. Colocamos un objeto de $1.0\ \text{cm}$ de altura a $10.0\ \text{cm}$ de un espejo cóncavo con distancia focal de $6.0\ \text{cm}$. Determinar:

a. La imagen mediante diagrama de rayos.
b. La distancia de la imagen al espejo.
c. La magnificación lateral.
d. La altura de la imagen.

Solución

a. Dibuja el eje principal EP del espejo y marca el centro de curvatura C y a $6.0\ \text{cm}$ del vértice V marca el foco F. Ubica el objeto a $10\ \text{cm}$ de V sobre EP, con altura de $1.0\ \text{cm}$. Traza los siguientes tres rayos desde la punta del objeto: rayo paralelo (1 rojo): paralelo al EP y, tras reflejarse, pasa por F; rayo focal (2 púrpura): pasa por F y, tras reflejarse, sale paralelo a EP; rayo central (3 azul): pasa por C y se refleja sobre sí mismo (regresa por el mismo camino). Dibuja la imagen (amarillo) desde el EP hasta el punto de intersección de los tres rayos reflejados (o sus extensiones) para obtener la altura y orientación de la imagen.



b. Para encontrar la distancia de la imagen al espejo (d_i) usaremos la ecuación del espejo esférico 3.17.

$$\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}=\frac{1}{f}$$

Despejando d_i y sustituyendo los valores $h_0 = 1.0\ \text{cm}$, $d_o = 10.0\ \text{cm}$ y $f = 6.0\ \text{cm}$.

$$d_i=\frac{fd_o}{d_o-f}=\frac{(6.0\ \text{cm})(10.0\ \text{cm})}{10.0\ \text{cm}-6.0\ \text{cm}}=1.5\ \text{cm}$$

c. La magnificación lateral se calcula con la ecuación 3.16:

$$m=-\frac{d_i}{d_o}=-\frac{15.0\ \text{cm}}{10.0\ \text{cm}}=-1.5\ \text{cm}$$

Significa que la imagen es 1.5 veces más grande que el objeto y está invertida (el signo negativo indica inversión). Ver la flecha amarilla del diagrama de rayos.

d. La altura de la imagen h_i se obtiene usando la relación entre magnificación y alturas:

$$m=\frac{h_i}{h_o}$$

$$h_i = mh_o = -1.5(1.0\ \text{cm}) = -1.5\ \text{cm}$$

El signo negativo indica que la imagen está invertida. Esto se verifica en el diagrama de rayos.

Ejemplo 2. Los radios de curvatura de una lente biconvexa son $20\ \text{cm}$ y $30\ \text{cm}$. Si el índice de refracción de la lente es 1.51, ¿cuál es su distancia focal?

Solución

Como las curvaturas de la lente son opuestas, uno de los radios debe considerarse negativo. Tomamos: $R_1 = 20\ \text{cm}$, $R_2 = -30\ \text{cm}$ y $n = 1.51$. Usamos la ecuación del fabricante de lentes 3.18.

$$\frac{1}{f}=(n-1)\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right)$$

Despejando la distancia focal f y sustituyendo valores:

$$f=\frac{(20\ \text{cm})-30\ \text{cm}}{(1.51-1)(-30\text{cm}-20\text{cm})}$$

$$f=\frac{-600\ \text{cm}^2}{-25.5\ \text{cm}}\approx 24\ \text{cm}$$

Si invertimos los radios de curvatura, $R_1 = 30\ \text{cm}$, $R_2 = -20\ \text{cm}$ y sustituimos en la misma expresión:

$$f=\frac{(30\ \text{cm})(-20\ \text{cm})}{(1.51-1)(-20\ \text{cm}-30\ \text{cm})}$$

$$f=\frac{-600\ \text{cm}^2}{-25.5\ \text{cm}}\approx 24\text{cm}$$

Por lo tanto, el orden de los radios no afecta el valor de la distancia focal, aunque sí es importante mantener la convención de signos para la correcta interpretación física. En la práctica, la elección del signo positivo para uno de los radios depende de la orientación de la lente.

Finalmente, aunque la ecuación 3.17 es originalmente para espejos, también puede aplicarse a lentes para relacionar objeto, imagen y distancia focal, siempre respetando la convención de signos adecuada.

Comunicación

Como hemos notado, la óptica geométrica analiza la luz considerando que se propaga en líneas rectas denominadas rayos, y explica la formación de imágenes mediante lentes delgadas y espejos, utilizando principios como la reflexión y la refracción. Esta disciplina es fundamental para comprender y manipular la luz en diversas aplicaciones tecnológicas. A continuación, resolveremos problemas sobre óptica geométrica y luego verificaremos los principios básicos de dispositivos que han revolucionado la investigación científica, como los telescopios y microscopios.

D. Resolviendo problemas teóricos de espejos y lentes

En la sección *Así se calcula…* resolvimos algunos ejemplos donde utilizamos diagramas de rayos, la ecuación de espejos o la relación objeto-imagen para espejos esféricos (3.17) y la ecuación del fabricante de lentes (3.18). Notamos que al manipular estas ecuaciones es necesario asignar signos según la posición del objeto, el tipo de espejo o lente. Podemos utilizar una convención de signos común para espejos y lentes, que usaremos en la resolución de problemas teóricos. Estas convenciones se muestran en las siguientes tablas:

Convención de signos para espejos

Considerando la ubicación del objeto frente o detrás del espejo:

Magnitud	Enfrente	Atrás	Imagen vertical	Imagen invertida
d_o	+	−		
d_i	+	−		
f	+	−		
h_i			+	−
m			+	−

Convención de signos para lentes

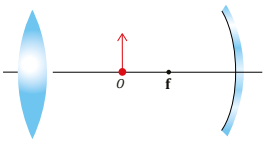
Considerando la ubicación del objeto frente o detrás de la lente; el primer radio de curvatura corresponde al que está a la derecha:

Magnitud	Enfrente	Atrás	Convergente	Imagen invertida
d_o	+	−		
d_i	−	+		
R_1, R_2	−	+		
f			+	−

Ojo al dato…

Una dioptría es la unidad que se utiliza para medir el poder de refracción de una lente. En oftalmología y optometría es utilizada para cuantificar la corrección visual en gafas y lentes de contacto. Se calcula como el recíproco de la distancia focal de la lente, medida en m^{-1}.

$$D = \frac{1}{f}$$



Procedimiento:

1. Revisa y repasa la sección anterior *Así se hace…*
2. Lee los siguientes problemas y resuélvelos de manera ordenada; posteriormente, discute tus resultados con tus compañeros.
   a. Si colocas un objeto aproximadamente a $20.0\ cm$ frente a un espejo convexo con una distancia focal de $-15.0\ cm$, encuentra la ubicación de la imagen usando un diagrama de rayos y la ecuación de los espejos, así como el aumento lateral.
   b. En un experimento con un espejo cóncavo de $12.0\ cm$ de radio, se coloca un objeto a $4.0\ cm$ frente a él para verificar su aumento lateral. Explica y discute con tus compañeros cómo calcularían la distancia de la imagen al espejo y su magnificación.
   c. Se intenta reproducir un experimento similar al de la *actividad C*, utilizando en sustitución de la lupa una lente biconvexa con una distancia focal de $17\ cm$. Se coloca una candela a $34\ cm$ frente a la lente. Realiza y discute con tus compañeros un diagrama de rayos para encontrar la posición de la imagen.
   d. Un objeto de aproximadamente $15\ mm$ de altura se coloca a $30\ cm$ frente a un espejo cóncavo con una distancia focal de $20\ cm$. La imagen formada por el espejo se utiliza como objeto para una lente biconvexa colocada a $15\ cm$ del espejo. La lente tiene una distancia focal de $10\ cm$. Discute con tus compañeros cómo determinar la posición y el tamaño de la imagen final formada por lente, considerando que el tamaño de la lente es mayor que el del objeto.

Como se señaló en el *problema d*, se planteaba una combinación entre espejo y lente, similar a la que se encuentra en diversos dispositivos ópticos que nos permiten observar imágenes, como microscopios, telescopios y cámaras fotográficas. A continuación se presentarán los principios básicos de los telescopios, los cuales facilitan el desarrollo de aplicaciones tecnológicas a partir de las imágenes captadas.

Telescopios

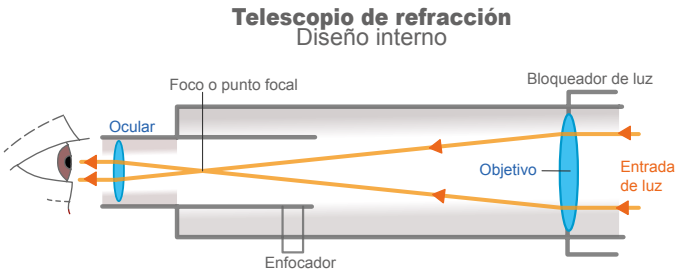
Los telescopios son sistemas ópticos que permiten observar objetos distantes y pueden ser de refracción o reflexión según su objetivo (lente o espejo).

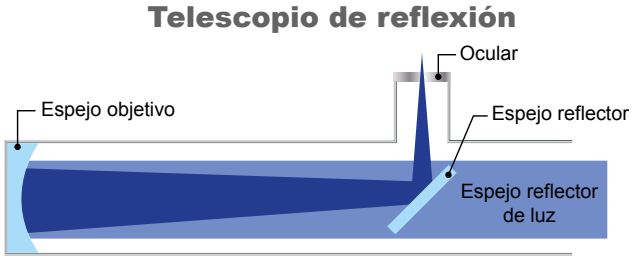
El **telescopio de refracción** utiliza lentes como elementos ópticos, donde la lente llamada objetivo recibe la luz del objeto distante y forma una imagen real que actúa como objeto para la lente ocular, la cual produce una imagen virtual ampliada. Debido a que los objetos observados están muy lejos, la imagen se forma cerca del segundo foco del objetivo, coincidiendo con el primer foco del ocular. Una desventaja es que las lentes grandes hacen que los telescopios de refracción sean voluminosos y pesados, dificultando su uso en el espacio.

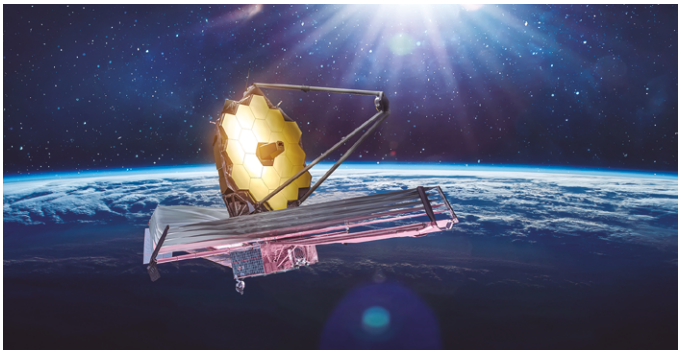
El **telescopio de reflexión** utiliza un espejo cóncavo como elemento óptico principal en lugar de una lente objetivo. A diferencia del telescopio de refracción, en los de reflexión los espejos grandes pueden fabricarse con menor grosor y peso que las lentes del mismo tamaño, lo que los hace más adecuados para su uso en el espacio.

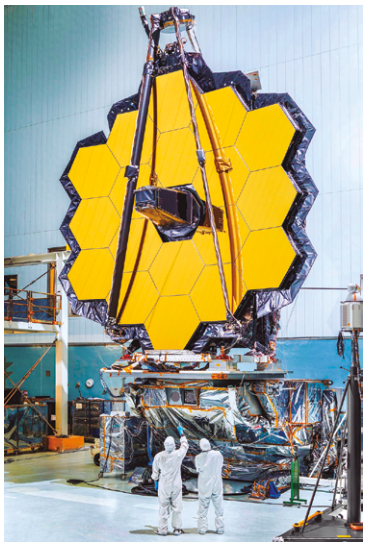
Uno de los telescopios de reflexión que estudia todas las fases de la historia del Universo es el telescopio espacial James Webb, lanzado por la NASA el 25 de diciembre de 2021, considerado el principal observatorio de la próxima década.

El telescopio Webb capta la luz infrarroja mediante un espejo objetivo de berilio recubierto de oro, compuesto por 18 segmentos hexagonales con un diámetro total aproximado de $6.5\ \mathrm{m}$. Con el telescopio Webb se han detectado planetas de tamaño similar a Júpiter que flotan libremente en el espacio. Además, se ha demostrado que las estrellas comenzaron a agruparse en galaxias mucho antes y que maduran más rápido de lo que se había reportado anteriormente.









TELESCOPIO

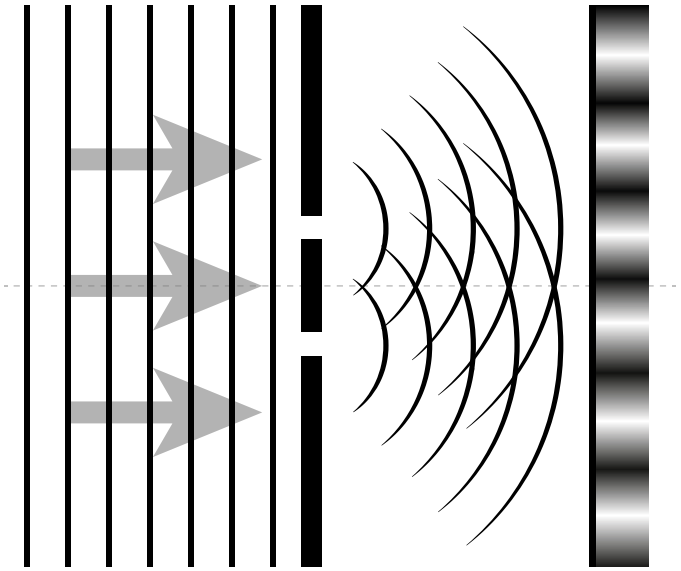
Un telescopio newtoniano o un reflector utilizan espejos para reflejar la luz que ingresa y enfocarla para observar una imagen.

Unidad 3

Resumen

La unidad se basó en el estudio de la óptica, que es la rama de la física que estudia la luz y su interacción con medios materiales. Según el fenómeno, esta puede ser tratada como onda o como rayo de luz; por ello, dividimos la óptica en dos partes: óptica física y óptica geométrica.

La interferencia es un fenómeno de la óptica física que ocurre cuando dos ondas coherentes se superponen, produciendo interferencia constructiva (franjas brillantes o aumento de intensidad) o destructiva (franjas oscuras o ausencia de luz), como sucede en el experimento de las dos rendijas con luz coherente y monocromática.



Para que ocurra la interferencia constructiva, la diferencia de trayectorias debe ser un múltiplo entero de la longitud de onda, según la ecuación:

$$r_2 - r_1 = n\lambda \qquad 3.2$$

donde n representa cualquier número entero $(n = 0, \pm1, \pm2, \pm3, \ldots)$.

Las franjas oscuras se producen cuando las ondas llegan medio ciclo desfasadas, es decir, una cresta coincide con un valle, y al sumarse se cancelan, sin generar una onda resultante. La condición para que ocurra la interferencia destructiva es:

$$r_2 - r_1 = \left(n + \frac{1}{2}\right)\lambda \qquad 3.3$$

Cuando la interferencia de ondas luminosas ocurre al pasar por una ranura, este fenómeno se denomina difracción. De manera similar a la interferencia, consideremos la apertura de la ranura, representada por (a). Estas magnitudes se relacionan, siempre que el ángulo θ sea muy pequeño, mediante la ecuación:

$$y_m = R\frac{m\lambda}{a} \qquad 3.5$$

Es importante considerar que la altura y_m debe ser mucho menor que la distancia entre la ranura y la pantalla $(y_m \ll R)$, y que m toma valores enteros distintos de cero $(m = \pm1, \pm2, \pm3, \ldots)$. Por otra parte, aunque las ecuaciones 3.4 y 3.5 sean similares, en la primera el cociente se refiere a la separación entre ranuras (rendijas), y en la segunda al tamaño de la ranura o agujero por donde pasa la luz.

Cuando la luz se propaga por un medio homogéneo (sin cambios en sus propiedades) y encuentra un obstáculo, parte de la energía incidente es absorbida y otra parte es dispersada, dando lugar al fenómeno de **dispersión**.

Algunos ejemplos de dispersión se desarrollaron en la *actividad B*. Para calcular la longitud de onda en patrones de difracción por reflexión, recordemos que despejamos λ a partir de la ecuación 3.6.

$$\frac{m}{l} = \frac{1}{2\lambda}\left(\frac{y_m^2 - y_1^2}{R^2}\right)$$

de donde se obtiene:

$$\lambda = \frac{1}{2m}l\left(\frac{y_m^2 - y_1^2}{R^2}\right) \qquad 3.7$$

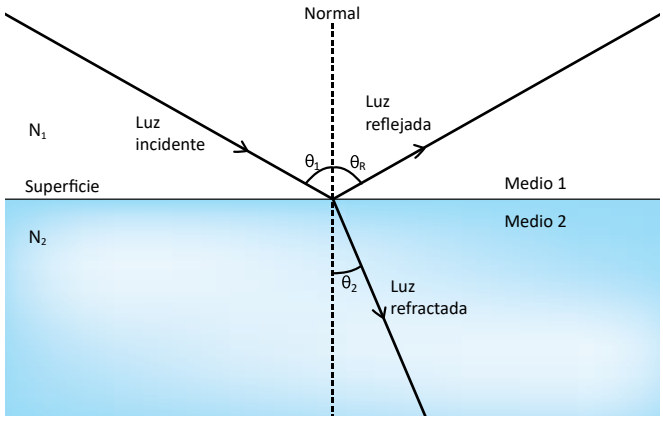
Además, en ocasiones podemos calcular la separación entre las ranuras de difracción cuando no es posible medirla directamente, como en el caso de los CD o DVD. Al despejar l en 3.7 obtenemos:

$$l = 2m\lambda\left(\frac{R^2}{y_m^2 - y_1^2}\right) \qquad 3.8$$

Podemos revisar nuevamente el *Ejemplo 3*, donde calculamos la separación entre las ranuras de difracción de un CD, resultado que difícilmente podríamos obtener con instrumentos cotidianos.

En la óptica geométrica, la luz se trata como rayos. Los fenómenos de **reflexión** y **refracción** son de gran importancia.

Cuando la luz incide sobre la interfaz entre dos materiales transparentes (aire y vidrio, agua y vidrio, o acrílico y aire), una parte de la luz se refleja y otra parte se transmite al segundo material mediante refracción. Esto puede interpretarse mediante un rayo de luz que incide sobre un medio, como se muestra en la imagen de abajo.



Para la reflexión se cumple que:

$$\theta_i = \theta_r \qquad 3.9$$

En la refracción, el índice de refracción (n) juega un papel fundamental en óptica geométrica. Este índice es la razón entre la rapidez de la luz en el vacío c y la rapidez en un medio material v, y se calcula como:

$$n = \frac{c}{v} \qquad 3.10$$

Recordemos que el índice de refracción es adimensional; a mayor índice de refracción del medio material, menor es la rapidez de la luz en ese medio material.

La expresión que relaciona los ángulos de incidencia y refracción, siempre que la luz sea monocromática (de una sola longitud de onda), es la ley de Snell:

$$n_1 \operatorname{sen}\theta_1 = n_2 \operatorname{sen}\theta_2 \qquad 3.11$$

Utilizando los fenómenos de reflexión y refracción, es posible formar imágenes, que son la base del funcionamiento de espejos y lentes.

Los espejos pueden ser planos o esféricos (cóncavos y convexos). Los espejos planos forman imágenes virtuales, derechas y del mismo tamaño que el objeto. En los espejos esféricos, aplicando la ley de los rayos, se concluye lo siguiente:

Caso I. Espejo cóncavo, objeto ubicado más allá del foco F: la imagen es real, invertida y reducida. El aumento lateral se calcula como:

$$m = -\frac{d_i}{d_o} \qquad 3.16$$

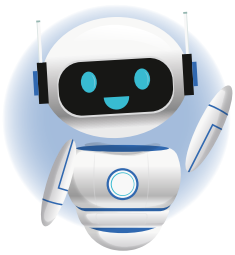
Caso II. Espejo cóncavo, objeto ubicado entre el vértice V y el foco F: los rayos reflejados no convergen frente al espejo, por lo que se proyectan detrás del espejo para encontrar la imagen, que es virtual, vertical y ampliada.
Caso III. Espejo convexo, cuyo centro de curvatura C y foco F están detrás del espejo: los rayos reflejados divergen, pero al proyectarlos hacia atrás del espejo se intersecan formando una imagen virtual, vertical y reducida.
La ecuación que relaciona objeto, imagen y foco en espejos esféricos es:

$$\frac{1}{d_o} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} \qquad 3.17$$

En el caso de las lentes, también se distinguen tres casos principales:
Caso I. Objeto a una distancia mayor que la distancia focal en una lente convergente: la imagen es real e invertida.
Caso II. Objeto a una distancia menor que la distancia focal en una lente convergente: la imagen es virtual y vertical.
Caso III. Lente divergente: la imagen siempre es virtual.

Existe una expresión llamada ecuación del fabricante de lentes que relaciona la distancia focal f, el índice de refracción n y los radios de curvatura R_1 y R_2 de las superficies de la lente:

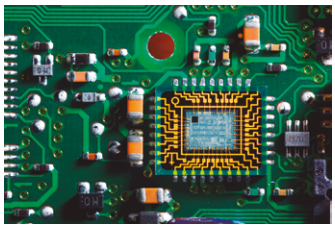
$$\frac{1}{f} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) \qquad 3.18$$



Busca las siguientes palabras dentro del texto y aprende su significado. Te será de mucha utilidad.

- **Interferencia**
- **Difracción**
- **Polarización**
- **Dispersión**

Tecnología



Circuito integrado fotónico

Los circuitos integrados fotónicos (PIC: *Photonic Integrated Circuits*) son microchips que utilizan fotones (partículas de luz o cuantos de energía de una onda electromagnética) para procesar y transmitir información. A diferencia de los circuitos integrados electrónicos, los PIC ofrecen ventajas como alta velocidad, bajo consumo de energía y compatibilidad con sistemas de procesamiento como los sistemas de computación avanzada.

Gracias a su tamaño compacto y su capacidad para generar, modificar y detectar señales ópticas (luz en forma de datos), los PIC son ideales para aplicaciones en comunicación, informática, detección y procesamiento de datos. Entre sus usos más comunes se encuentran la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático.

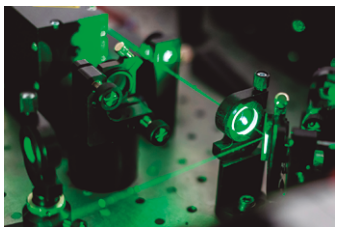
Los PIC están relacionados principalmente con la óptica física, ya que su funcionamiento depende del comportamiento ondulatorio y cuántico de la luz (fotones), más allá del modelo de rayos que utiliza la óptica geométrica para describir la trayectoria de la luz. Esto permite aprovechar fenómenos como la interferencia, la modulación y la detección coherente, fundamentales para el procesamiento de señales ópticas.

Los PIC desempeñan un papel importante en el avance de las aplicaciones de IA, ya que actualmente se utilizan en comunicaciones ópticas dentro y entre computadoras. Investigaciones recientes muestran que ciertos algoritmos de IA, especialmente las redes neuronales, son muy adecuados para implementarse en PIC debido a su eficiencia en el procesamiento paralelo y velocidad.

Quiero ser...

Carrera: licenciatura en Física

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes convertirte en un profesional en la materia.



Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La licenciatura en Física hace énfasis en los principios científicos que conducen al conocimiento de la ciencia en general y de la física en particular, y sus aplicaciones a los diversos campos técnicos o científicos, así como el fomento, desarrollo y actualización de los avances científicos de la física misma.

Bachilleratos sugeridos:
General, Mecánica General, Eletricidad y Electrónica.

La licenciatura en Física ofrece las bases para desempeñarse en la investigación, desarrollo, aplicación de conocimiento científico y docencia en distintas áreas, como las siguientes:

- Propiedades de los materiales
- Aprovechamiento de los recursos naturales
- Hidrogeología, hidrología e hidráulica
- Meteorología
- Equipos científicos o industriales
- Metrología
- Astrofísica
- Radiación

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

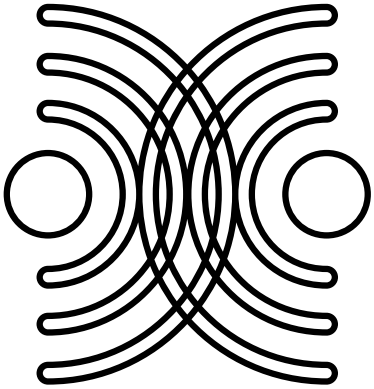
- Física
- Matemática
- Química
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

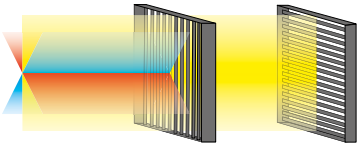
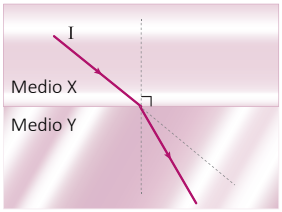
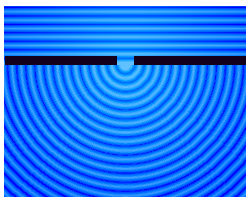
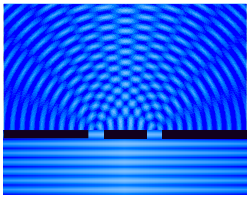
- Pensamiento crítico
- Investigación
- Comunicación
- Resolución de problemas
- Capacidad de cálculo
- Abstracción y lógica

Evaluación

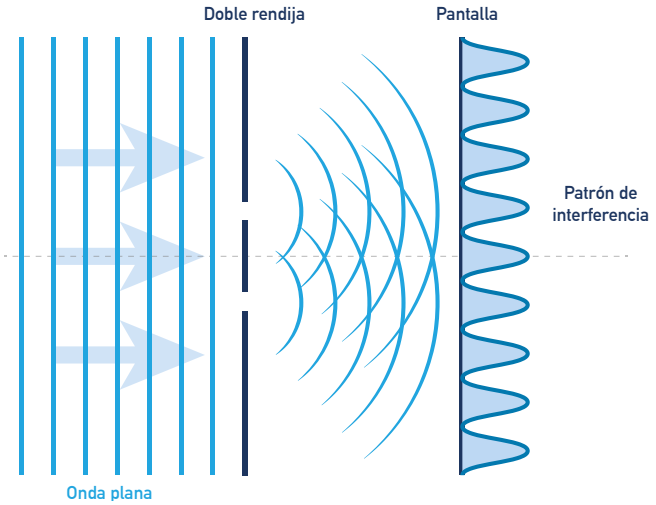
1. En la figura de abajo observarás de manera esquemática dos fuentes de luz que interactúan entre sí. Colorea de azul las zonas donde exista interferencia constructiva y de rojo las zonas con interferencia destructiva.



2. Señala el fenómeno con la figura adecuada.

Fenómeno	Figura
Difracción	
Interferencia	
Polarización	
Reflexión	
Refracción	

3. Se realiza un experimento donde se genera un patrón de interferencia utilizando dos rendijas separadas por $0.050\ \text{mm}$, con una fuente de luz coherente y monocromática de $470\ \text{nm}$ de longitud de onda. La pantalla está colocada a $2.5\ \text{m}$ de distancia desde las rendijas. La figura de abajo muestra esquemáticamente el experimento y el patrón de interferencia sobre la pantalla cuando la luz incide sobre las rendijas.



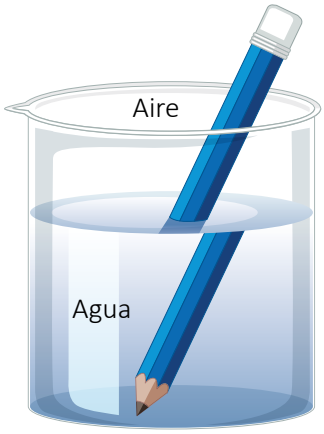
Calcula la distancia vertical de la franja brillante más alejada de la franja central y selecciona la respuesta correcta:

a. $58.75\ \text{mm}$
b. $23.5 \times 10^3\ \text{m}$
c. $9.4\ \text{cm}$
d. $2.4\ \text{cm}$

4. Se realiza un experimento donde se genera un patrón de difracción. Para ello, en el problema anterior se sustituyen las dos rendijas por una sola rendija muy angosta. Se hace incidir luz con la misma longitud de onda y la pantalla permanece a la misma distancia. Ahora se forma un patrón de difracción con una franja brillante central (origen) de aproximadamente $2.00\ \text{mm}$ de ancho. Calcula el ancho de la rendija y selecciona la respuesta correcta:

a. $1\ \text{mm}$
b. $1\ 175\ \text{m}$
c. $1\ \mu\text{m}$
d. $0.6\ \text{mm}$

5. ¿Cuál es el fenómeno que provoca la alteración en la percepción de la posición y forma de un lápiz parcialmente sumergido en agua?



a. Difracción
b. Interferencia
c. Reflexión
d. Refracción

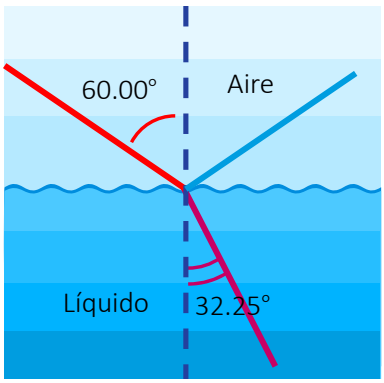
6. Selecciona el material por el cual la luz viajaría con mayor rapidez.

a. Benceno
b. Diamante
c. Circón
d. Fluorita

7. Calcula la rapidez de la luz en el material seleccionado en el numeral anterior y elige la respuesta correcta.

a. $3.00 \times 10^8\ \mathrm{m/s}$
b. $2.09 \times 10^8\ \mathrm{m/s}$
c. $2.00 \times 10^8\ \mathrm{m/s}$
d. $1.56 \times 10^8\ \mathrm{m/s}$

8. Un rayo de luz pasa del aire a un líquido desconocido, formando los ángulos de incidencia y refracción indicados en la figura de abajo.



Aplica la ley de Snell para calcular el índice de refracción del líquido y selecciona el material correspondiente a dicho índice (consulta la tabla de los índices de refracción, pág. 72).

a. Agua
b. Alcohol etílico
c. Benceno
d. Glicerina

9. En un experimento de formación de imágenes por reflexión, se coloca un objeto de $24\ \mathrm{mm}$ de altura a $12.0\ \mathrm{cm}$ frente a un espejo cóncavo con una longitud focal de $3.0\ \mathrm{cm}$. Recuerda usar adecuadamente la convención de signos para espejos. Calcula o realiza un diagrama de rayos para encontrar la distancia de la imagen y selecciona la respuesta correcta.

a. $4.0\ \mathrm{cm}$
b. $3.0\ \mathrm{cm}$
c. $0.25\ \mathrm{cm}$
d. $2.0\ \mathrm{cm}$

10. Utiliza los datos y resultados del problema anterior para calcular el tamaño de la imagen formada por el espejo cóncavo, luego selecciona la respuesta correcta.

a. $-8.0\ \mathrm{mm}$
b. $8.0\ \mathrm{mm}$
c. $0.33\ \mathrm{mm}$
d. $-2.0\ \mathrm{cm}$

11. En un experimento para generar imágenes por refracción, se coloca un objeto de $5.0\ \mathrm{cm}$ de altura a $12\ \mathrm{cm}$ frente a una lente convergente, formando una imagen en el mismo lado, pero a una distancia de $61\ \mathrm{cm}$ respecto a la lente. Recuerda usar adecuadamente la convención de signos para lentes. Calcula y selecciona la respuesta correcta de la distancia focal de la lente.

a. $10.0\ \mathrm{mm}$
b. $14.9\ \mathrm{mm}$
c. $17.0\ \mathrm{mm}$
d. $66.0\ \mathrm{cm}$

12. Utiliza los datos y resultados del problema anterior para calcular el tamaño de la imagen formada por la lente convergente, luego selecciona la respuesta correcta.

a. $25.4\ \mathrm{cm}$
b. $5.1\ \mathrm{cm}$
c. $10.0\ \mathrm{cm}$
d. $160.0\ \mathrm{cm}$

Unidad 4

Introducción a la química orgánica

Eje integrador: organización

En esta unidad aprenderemos a:

- Ejemplificar sustancias de uso común que contienen compuestos orgánicos.
- Describir orbitales híbridos empleando modelos tridimensionales.
- Reconocer al carbono como elemento principal en la estructura de los compuestos orgánicos.
- Reconocer la función alcano en sustancias de uso común.
- Reconocer la función alqueno como materia prima en la industria química.
- Reconocer la función alquino.
- Identificar las propiedades físicas y químicas de los alcanos, alquenos y alquinos.
- Emplear nomenclatura IUPAC para nombrar alcanos, alquenos y alquinos.

Planta de biogás, Unión Europea

Duración: 4 semanas

Conociendo los compuestos orgánicos

Indagación

Hemos estudiado los compuestos inorgánicos y entendemos que los compuestos químicos que incluyen átomos de carbono (a excepción de CO y CO_2) son conocidos como **compuestos orgánicos**. ¿Puedes identificarlos? ¿Crees que los usamos a diario? ¿Se producen de manera natural o industrial? ¿Qué tipo de enlace une a los átomos en estos compuestos orgánicos? Vamos a realizar la siguiente actividad para explorar estos compuestos con mayor detalle.

A. Identificando sustancias

Observemos y leamos etiquetas de diferentes productos de uso diario para identificar elementos que pueden formar compuestos orgánicos.

Materiales:

- Depósitos de productos de limpieza con su viñeta
- Bolsas vacías de alimentos con viñeta
- Frascos de productos para el cuidado persona

Procedimiento:

1. Organiza con tus compañeros equipos de trabajo.
2. Coloca los depósitos, bolsas o frascos en el centro de las mesas.
3. Elabora una tabla con los siguientes encabezados:

Compuesto que contiene carbono	Elementos unidos al carbono	Usos o aplicaciones	Origen de los compuestos

4. Lee los ingredientes que componen cada producto e intenta identificar compuestos que contengan carbono; escribe los nombres en la tabla.
5. Intenta descifrar qué otros elementos están unidos al carbono de los compuestos del paso anterior.
6. Investiga otros usos o aplicaciones que tienen los compuestos de la tabla.
7. Investiga el origen de los compuestos que enlistaste.

Fíjate que...

El carbono puede formar enlaces fuertes no solo entre sus propios átomos, sino también con una amplia variedad de otros elementos. Por esta razón, existe una rama de la química llamada **química orgánica**, que se dedica al estudio de los compuestos que contienen carbono.

En la actividad anterior lograste identificar varios compuestos orgánicos y, como percibiste, el carbono es un elemento capaz de formar una gran variedad de compuestos debido a su habilidad para establecer diferentes tipos de enlaces. Para comprender mejor los compuestos orgánicos, es útil recordar que las moléculas suelen estar formadas por átomos no metálicos que se unen mediante enlaces covalentes múltiples y los sencillos, es decir como los dobles y triples. Estos tipos de enlace son predominantes en los compuestos orgánicos.

Los compuestos orgánicos están presentes de manera natural en sustancias como el gas natural, el vinagre, el grafito y el diamante, así como en productos procesados como fármacos, plásticos, telas y productos de higiene, entre otros. Además del carbono, los compuestos orgánicos suelen tener en su estructura otros elementos unidos a este. Entre los elementos más comunes se encuentran el hidrógeno, el boro, el nitrógeno, el oxígeno, el flúor, el silicio, el fósforo, el azufre, el cloro, el bromo y el yodo.

El carbono es muy versátil por la capacidad que tiene para unirse a otros átomos, así como a sí mismo. Esto se debe a su **tetravalencia**, lo que significa que el carbono puede formar con otros átomos cuatro enlaces covalentes. El carbono tiene cuatro electrones en su capa de valencia y busca compartir estos electrones para lograr una configuración estable. A continuación, desarrollaremos una actividad para conocer más sobre el carbono.

B. Conociendo compuestos de carbono

Materiales:

- Tabla periódica

Procedimiento:

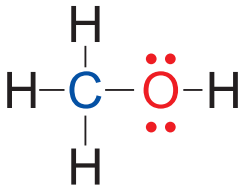
1. Escribe la configuración electrónica de los siguientes elementos: carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y bromo.
2. Desarrolla la estructura de Lewis para los elementos del paso anterior.
3. Desarrolla la estructura de Lewis para los siguientes compuestos: HBr, NH_3, CO_2, CH_4, H_2O ,C_2H_6 ,C_2H_4 , C_2H_2.
4. Identifica en los compuestos del paso 3 la cantidad de pares de electrones enlazantes y de pares de electrones no enlazantes.
5. Predice la estructura geométrica de los compuestos del paso 3 aplicando el modelo RPECV. Sigue el ejemplo para aplicar el modelo.

Configuración electrónica del litio

$1s^2, 2s^1$

Estructura de Lewis de H_2O

Estructura de Lewis de CH_3OH



Ejemplo 1

1. Dibujamos la estructura de Lewis del H_2O. Debemos considerar los pares de electrones alrededor del átomo central, que en este caso es el oxígeno.
2. Contamos el número total de pares de electrones que rodean el átomo central, diferenciando entre pares enlazantes y pares libres.
3. Determinamos la geometría de la molécula basándonos en los pares de electrones. En este caso, el oxígeno está rodeado por cuatro pares de electrones (dos pares enlazantes y dos pares libres), por lo que la geometría resultante es angular (ver tabla), considerando los pares enlazantes y excluyendo los pares libres.

En una molécula que posee más de un átomo central, se determina la geometría para cada átomo central.

Ejemplo 2

En la molécula del CH_3OH, los átomos centrales son C y O . El átomo de carbono forma tres enlaces con los átomos de hidrógeno y un enlace con el oxígeno, lo que da lugar a una geometría tetraédrica alrededor del carbono. El oxígeno, por su parte, tiene dos pares de electrones no enlazantes y dos pares de electrones enlazantes con el carbono y con el hidrógeno, lo que resulta en una geometría angular.

Con el modelo RPECV logramos realizar predicciones de la distribución espacial de las estructuras moleculares tomando en cuenta los tipos de fuerzas de repulsión que existen en la molécula.

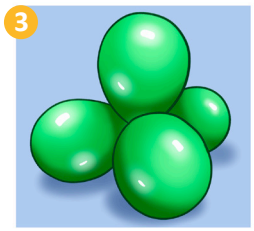
Geometría molecular

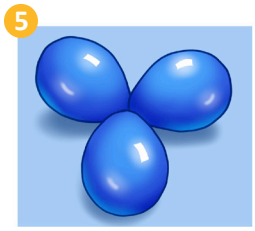
Número de pares de e-	Pares de e- libres = 0	Pares de e- libres = 1	Pares de e- libres = 2	Pares de e- libres = 3	Pares de e- libres = 4
2	Lineal				
3	Trigonal plana	Angular, Tetrahedral			
4	Tetraédrica	Pirámide trigonal	Angular, Tetrahedral		
5	Bipiramidal trigonal	Sube y baja	Forma de T	Lineal	
6	Octaédrica	Pirámide cuadrada	Plana cuadrada	Forma de T	Lineal

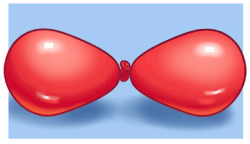
Creatividad

En la etapa anterior, determinaste la geometría molecular de varios compuestos, como el CO_2 y el H_2O. Aunque ambas son moléculas triatómicas con enlaces polares, su geometría es diferente, lo que les otorga propiedades físicas y químicas distintas. Por ejemplo, el H_2O tiene una geometría angular y es una molécula polar, mientras que el CO_2 posee una geometría lineal y es una molécula no polar.

Para establecer la geometría molecular, fue necesario determinar tanto la cantidad de pares electrónicos enlazantes y no enlazantes como la configuración electrónica de cada átomo. Esta configuración nos permite entender cómo se distribuyen los electrones en los orbitales, que son las regiones donde es más probable encontrar un electrón. Hasta ahora, hemos representado estos orbitales de manera esquemática, pero a continuación realizaremos la siguiente actividad para profundizar en su naturaleza y su importancia en la formación de enlaces.







Escanea el código QR y observa el video de la hibridación del carbono.
https://qrs.ly/nih1g4l

C. Hibridación en tus manos

Organízate en equipos de trabajo y realiza modelos de los orbitales del carbono utilizando globos para visualizar las formas geométricas que adquieren al unirse a otros átomos, ya sean de carbono u otros elementos.

Materiales:

- 4 globos verdes
- 3 globos azules
- 2 globos rojos
- Plumón permanente

Procedimiento:

1. Lee la infografía de la siguiente página sobre el proceso de hibridación.
2. Infla los cuatro globos verdes e intenta que todos tengan el mismo tamaño.
3. Une los cuatro globos amarrando las boquillas y procura que formen un tetraedro.
4. Analiza y compara la figura obtenida por los globos con la forma geométrica de los orbitales híbridos sp^3.
5. Luego repite los *pasos 2* y *3* con tres globos azules y con dos globos rojos para representar los orbitales híbridos y los sp, respectivamente.
6. Analiza y compara las figuras obtenidas con las formas geométricas de los orbitales híbridos sp^2 y los sp .
7. Investiga los ángulos de enlace de las tres formas geométricas obtenidas.
8. Responde:
   a. ¿Qué diferencias existen entre los distintos tipos de hibridación del carbono?
   b. ¿Por qué es importante que ocurra la hibridación?
   c. ¿La hibridación puede ocurrir a otro átomo diferente del carbono?

La hibridación no se aplica a átomos individuales, sino que es un modelo teórico utilizado para describir el enlace covalente.

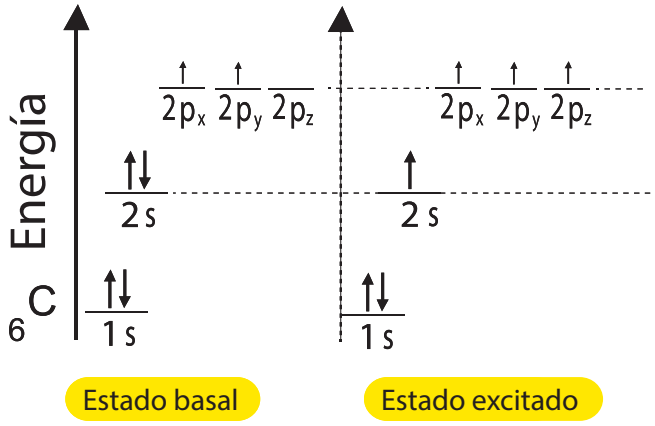
a. ¿Cuál de las sales conduce la electricidad de la mejor manera?

La hibridación no se aplica a átomos individuales, sino que es un modelo teórico utilizado para describir el enlace covalente.

Este proceso implica la combinación de al menos dos orbitales atómicos no equivalentes, como los orbitales s y p. Como resultado, un orbital híbrido no es un orbital atómico puro, ya que difiere significativamente en forma. El número de orbitales híbridos generados es igual al número de orbitales atómicos puros involucrados en la hibridación. Aunque la hibridación requiere energía, esta se compensa durante la formación del enlace. Los enlaces covalentes en iones poliatómicos y moléculas se forman mediante el solapamiento de orbitales híbridos o una combinación de orbitales híbridos y puros.

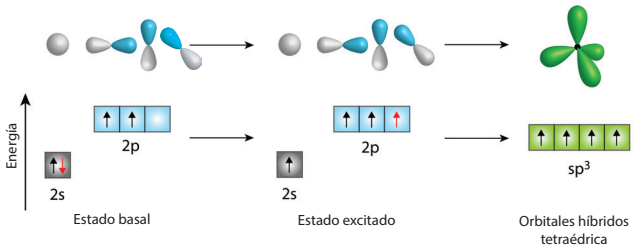
Hibridación del carbono

La hibridación es un proceso de combinación de los **orbitales atómicos** de un átomo (por lo regular el átomo central) para generar un conjunto de nuevos **orbitales híbridos** de energía equivalente.



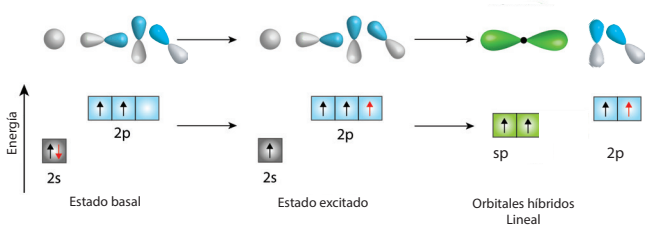
Orbital atómico

Se considera que los orbitales atómicos representan la función de onda del electrón en un átomo. Los orbitales s, p, y d son regiones dentro del átomo donde es más probable encontrar electrones, y cada tipo de orbital tiene una forma y energía distintas.



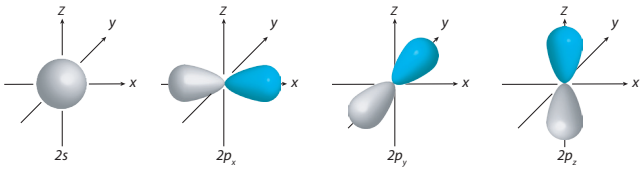
Hibridación

Es cuando un orbital 2s y dos orbitales 2p se combinan para formar tres orbitales híbridos sp^2, dejando un orbital 2p sin hibridar. Estos orbitales híbridos se utilizan para formar enlaces dobles, como en la molécula de eteno (CH_4), que tiene una geometría trigonal plana.



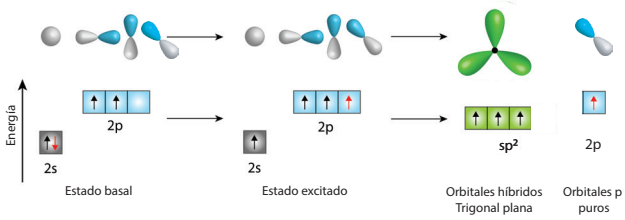
Para cumplir su tetravalencia, el carbono necesita reorganizar los electrones de sus orbitales. En su estado fundamental, el carbono tiene dos electrones desapareados en los orbitales , lo que le permitiría formar solo dos enlaces. Sin embargo, el carbono puede formar hasta cuatro enlaces, salvo en el caso del monóxido de carbono CO .

¿Por qué es necesaria la hibridación del carbono? Es esencial para permitir que los átomos de carbono formen enlaces covalentes estables y equivalentes con otros átomos.



Hibridación

Es la combinación de un orbital atómico 2s y tres orbitales atómicos 2p para formar cuatro orbitales equivalentes conocidos por orbitales híbridos sp^3. Estos orbitales híbridos se utilizan para formar enlaces simples, como ocurre en la molécula de metano (CH_4), que tiene una geometría tetraédrica.



Hibridación

Es cuando un orbital atómico 2s y un orbital atómico 2p se combinan para formar dos orbitales híbridos sp mientras que dos orbitales 2p permanecen sin hibridar. Los orbitales híbridos sp se utilizan para formar enlaces triples, como en la molécula de etino (C_2H_2), que tiene una geometría lineal.

S – S

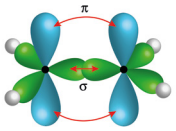
P – S

P – P

Enlace sigma (σ)

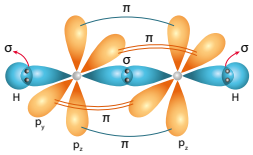
P – P

Enlace pi (π)



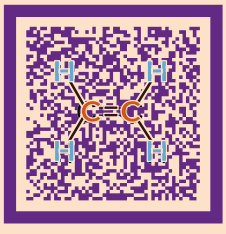
sp^2 Orbital híbrido

Orbital p puro



sp^2 Orbital híbrido

Orbital p puro



Moléculas con estructura geométrica y enlaces pi.

D. Características de los enlaces covalentes

Exploraremos las características clave de los enlaces covalentes simples y múltiples (dobles o triples) y su relación con los orbitales atómicos e híbridos.

Procedimiento:

1. Lee la siguiente información.

Enlaces sigma (σ) y **enlace pi** (π). Cuando en un enlace simple se unen orbitales por medio de una **superposición frontal** se le conoce como sigma (σ). Este tipo de superposición ocurre a lo largo del **eje internuclear**, que es la línea imaginaria que conecta los núcleos de ambos átomos. Los orbitales involucrados en la formación de un enlace sigma pueden ser de tipo s , p o híbridos (como sp, sp^2 o sp^3), dependiendo de la configuración de los átomos en la molécula. Este tipo de enlace es el más fuerte de los enlaces covalentes debido a la efectiva superposición frontal, lo que permite una mayor concentración de densidad electrónica entre los núcleos de los átomos. Por ejemplo, en el metano (CH_4), todos los enlaces son sigma.

Otra característica importante de los enlaces sigma es que permiten la **rotación libre** de los átomos alrededor del eje del enlace sin romperlo, ya que la superposición de los orbitales no se ve afectada por este movimiento. Este tipo de enlace es esencial en la estructura de las moléculas porque actúa como el enlace base que une a los átomos.

El enlace pi (π) es un tipo de enlace covalente que se forma por la **superposición lateral** de orbitales puros entre dos átomos. A diferencia del enlace sigma, la superposición de los orbitales ocurre fuera del eje que conecta los núcleos de los átomos, creando zonas de densidad electrónica por **encima y por debajo del plano** de los átomos enlazados. Los enlaces pi son más débiles que los enlaces sigma debido a la menor efectividad de esta superposición lateral. Los enlaces pi siempre acompañan a un enlace sigma en moléculas con enlaces múltiples (dobles o triples), como en el caso del eteno (C_2H_4), donde hay un enlace sigma y un enlace pi entre los átomos de carbono.

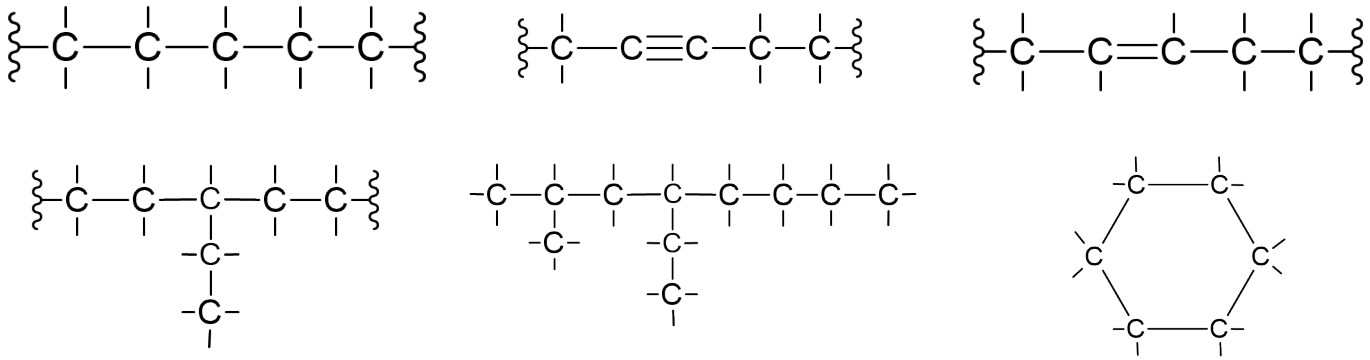
Una característica fundamental del enlace pi es que restringe la **rotación libre** alrededor del enlace, ya que al girar los átomos rompería la superposición lateral de los orbitales , lo que hace que las moléculas con enlaces pi, como las que tienen enlaces dobles o triples, sean más rígidas. Además, los enlaces pi desempeñan un papel crucial en la reactividad química de las moléculas, ya que la densidad electrónica localizada fuera del eje internuclear es más accesible para participar en diversas reacciones.

2. Elabora una tabla comparativa de las características de los enlaces sigma y pi (superposición, fuerza, rotación, ubicación de los electrones).
3. Con base en la lectura anterior, ordena la fuerza de los tres tipos de enlaces carbono–carbono. Toma en cuenta el tipo y cantidad de enlaces presentes.
4. Investiga si los enlaces covalentes carbono–carbono poseen la misma distancia.

En química orgánica, comprender las características de los enlaces y la geometría molecular es esencial para interpretar las propiedades químicas y físicas de los compuestos. A medida que avancemos en esta unidad, exploraremos cómo estos conceptos influyen en la reactividad, estabilidad y comportamiento de las moléculas.

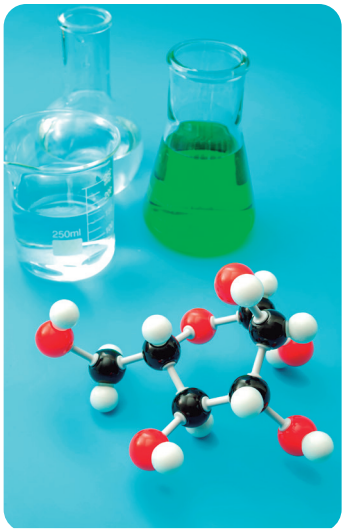
Comunicación

Otra característica destacada del carbono es su capacidad para formar cadenas largas y anillos estables de cinco y seis átomos de carbono, un fenómeno conocido como **concatenación** (unión de átomos iguales). Esta habilidad para unir átomos idénticos da lugar a la formación de millones de compuestos orgánicos.



E. Escribiendo formulas químicas

Existen varios tipos de fórmulas químicas que permiten representar las estructuras de los compuestos orgánicos de distintas maneras. Organízate en equipos de trabajo y aprende a escribir las diferentes fórmulas de los compuestos orgánicos.



Procedimiento:

1. Lee el apartado de *Así se hace…* para conocer las fórmulas químicas.
2. Desarrolla dos diferentes tipos de fórmulas químicas a partir de las fórmulas condensadas de los siguientes compuestos orgánicos: CH_4, CCl_4, C_2H_6, C_3H_8, C_6H_{14}, C_9H_{20}.
3. Escribe la fórmula desarrollada de los siguientes compuestos: C_4H_8, C_5H_{10}, C_6H_{12}. Considera que los tres compuestos son cíclicos. Puedes apoyarte de la estructura del inicio.
4. Compara las fórmulas químicas escritas con otros equipos y verifica que todos los átomos de carbono tengan cuatro enlaces.

Los compuestos orgánicos son compuestos principalmente por carbono y están presentes en innumerables aspectos de nuestra vida cotidiana, desde los combustibles hasta los materiales que usamos diariamente. Además, utilizando modelos tridimensionales para visualizar sus formas y enlaces, exploramos cómo los orbitales híbridos permiten explicar la diversidad y estabilidad de las estructuras moleculares. Este conocimiento nos permite conectar la química con el mundo real, comprendiendo cómo la estructura molecular está relacionada con las propiedades y aplicaciones de estos compuestos en nuestra vida diaria.

Otro aspecto importante es la representación de los compuestos mediante diferentes tipos de fórmulas químicas. Por ejemplo, las fórmulas de líneas y ángulos son especialmente útiles para ilustrar los ángulos de enlace y la geometría tridimensional, ya que muestran las orientaciones relativas de los enlaces, lo cual es fundamental para comprender la **estereoquímica** y la reactividad de las moléculas orgánicas, una temática que se abordará más adelante. Cada tipo de fórmula proporciona un nivel distinto de información sobre la disposición de los átomos y enlaces en una molécula.

Así se hace...

Fórmula molecular o condensada

Indica el número total de átomos de cada elemento en una molécula utilizando subíndices, pero no da información sobre cómo están conectados. Por ejemplo:

C_5H_{12}	C_5H_{10}	C_5H_8
$C_5H_{12}O$	$C_5H_{11}Br$	C_5H_6

Fórmula semidesarrollada

Cada átomo de carbono y sus átomos de hidrógeno se representan en forma de grupo utilizando subíndices para indicar cuántos átomos de hidrógeno están enlazados a cada carbono. Por ejemplo:

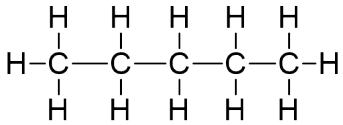
$$CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_3$$

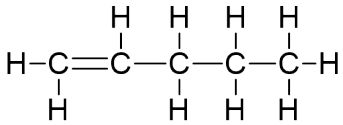
$$CH_3 - CH = CH - CH_2 - CH_3$$

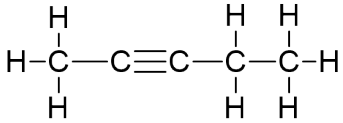
$$CH_3 - C \equiv C - CH_2 - CH_3$$

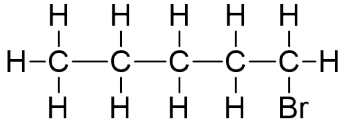
Fórmula desarrollada

Ofrece una representación completa de la molécula en un plano, mostrando explícitamente cómo están enlazados los átomos. Cada enlace se indica con guiones, y se dibujan todos los enlaces presentes en la estructura. Por ejemplo:



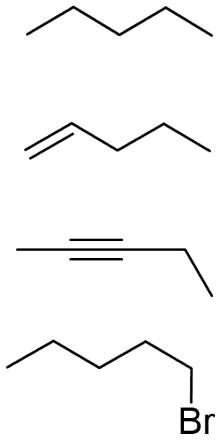




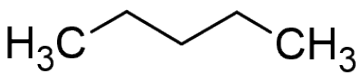


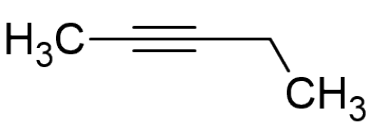
Fórmula de líneas y ángulos

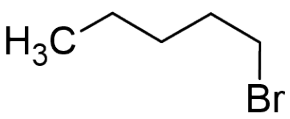
Es una representación simplificada que omite los átomos de carbono y los hidrógenos enlazados a ellos. Las líneas indican los enlaces entre átomos de carbono, asumiendo que en los extremos y vértices de las líneas se encuentran los átomos de carbono con los hidrógenos implícitos. Sin embargo, los átomos de nitrógeno, oxígeno y halógenos sí se representan explícitamente.



Otra forma de representar este tipo de fórmulas es escribiendo el carbono de los extremos: H_3C para el extremo izquierdo y CH_3 para el extremo derecho (puede variar si hay enlace múltiple). Cuando en la cadena carbonada existe un tripe enlace, este se dibuja lineal.





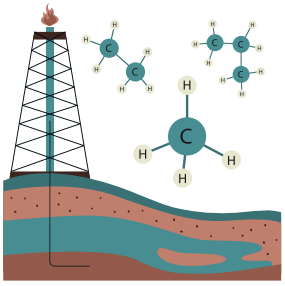


¿Qué son los alcanos?

Indagación

La semana pasada aprendimos cómo escribir los compuestos orgánicos y exploramos algunas de sus aplicaciones en la vida cotidiana. Estos compuestos son fundamentales en muchos productos que usamos diariamente, como combustibles, plásticos y medicamentos. Ahora nos enfocaremos en un grupo especial de compuestos orgánicos llamados **hidrocarburos**. ¿Alguna vez has escuchado términos como «octanaje» al hablar de gasolina? El octanaje está relacionado con los compuestos orgánicos que estudiaremos. Vamos a realizar una actividad que nos ayudará a descubrir qué son los **alcanos** y cuáles son sus aplicaciones más comunes.

A. Explorando los alcanos en la vida cotidiana



Materiales:

- Vela de parafina
- Agua
- Encendedor
- Aceite mineral
- Vaso transparente

Procedimiento:

1. Toma el vaso y agrega de aceite mineral y observa sus características.
2. Adiciona de agua al vaso que contiene aceite mineral.
   a. ¿El agua y el aceite se mezclan?
   b. ¿Por qué crees que ocurre este fenómeno?
3. Toma la vela y enciéndela usando un encendedor.
4. Observa qué ocurre mientras la vela está encendida y responde:
   a. ¿Qué cambios observas en la vela?
   b. ¿Qué tienen en común la vela y el encendedor?
5. Investiga la composición química de la vela y el gas del encendedor.
   a. Describe sus propiedades fisicoquímicas y cómo se relacionan con los alcanos.
6. Investiga y explica la importancia de los alcanos en la vida cotidiana.
7. Investiga y elabora una lista con cinco ejemplos de alcanos y describe al menos una aplicación para cada uno en la vida cotidiana.

Con esta actividad exploramos algunos alcanos y sus aplicaciones en la vida cotidiana. Como hemos observado, los alcanos son compuestos orgánicos que contienen únicamente átomos de carbono e hidrógeno en su estructura.

Este tipo de compuestos se agrupan dentro de los hidrocarburos, que a su vez se dividen en dos categorías principales: **alifáticos** y **aromáticos**. Los hidrocarburos alifáticos no contienen anillos bencénicos, mientras que los aromáticos sí poseen estos anillos.

En química inorgánica, los compuestos se clasifican según su función química. De manera similar, en química orgánica, la clasificación se realiza con base en los grupos funcionales. Un grupo funcional es un conjunto específico de átomos que determina las propiedades químicas y el comportamiento reactivo de la molécula que lo contiene. Por ello, moléculas diferentes que comparten el mismo tipo de grupo funcional tienden a reaccionar de forma similar. Los grupos funcionales son esenciales para entender las reacciones químicas y la diversidad de compuestos en la química orgánica.

Escanea el código QR para conocer más de los hidrocarburos. https://qrs.ly/owh1g61

Es importante destacar que la mayoría de las moléculas orgánicas se clasifican según los grupos funcionales que contienen, ya que estos dictan su comportamiento químico. Este conocimiento es esencial para comprender la diversidad de compuestos orgánicos y sus aplicaciones prácticas, especialmente en contextos relacionados con los hidrocarburos y su uso cotidiano.

Los alcanos no poseen grupo funcional porque no tienen un conjunto específico de átomos que determinen una reactividad química característica. Esto se debe a que sus enlaces simples son muy estables y tienen baja polaridad, lo que los hace poco reactivos en comparación con otros compuestos orgánicos que sí contienen grupos funcionales.

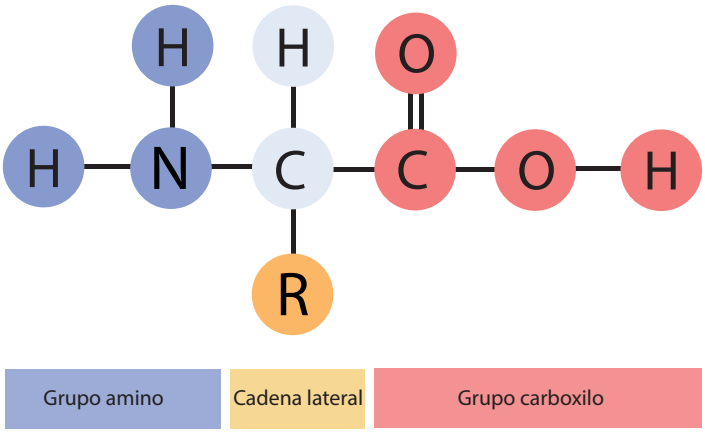
B. Escribiendo fórmulas de alcanos

Aprendamos a escribir compuestos orgánicos iniciando con los alcanos y utilizando la información del *Así se hace…* de la página 94. Desarrolla los siguientes ejercicios.

1. El metano es un gas a temperatura ambiente que se forma tanto en procesos naturales como en actividades humanas. Además, es el segundo gas de efecto invernadero más importante después del dióxido de carbono. Está formado por un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno. Escribe su fórmula molecular y desarrollada.
2. El butano (C_4H_{10}) es un hidrocarburo con múltiples aplicaciones debido a su capacidad de combustión limpia y su estado gaseoso a temperatura ambiente, aunque se licúa fácilmente bajo presión. Se utiliza en tambos de gas licuado de petróleo (GLP) para estufas. Escribe su fórmula molecular desarrollada.
3. El queroseno es una mezcla de hidrocarburos líquidos obtenida mediante la destilación del petróleo crudo. Es un combustible ampliamente utilizado en motores de aviones a reacción, lámparas, calefacción y como solvente industrial. Escribe la fórmula semidesarrollada del $C_{13}H_{28}$ (tridecano), que es uno de los alcanos que se encuentran en la mezcla.

Por medio de actividades de indagación conocimos algunos alcanos y sus aplicaciones. Ahora exploraremos sus fórmulas y propiedades. Para simplificar la representación de cadenas hidrocarbonadas de tamaño y estructura variable, usamos el grupo R, que se refiere de forma general a partes de una molécula no involucradas directamente en sus propiedades químicas principales. En el contexto de los alcanos, el grupo **R** se refiere a una cadena o fragmento **alquilo** derivado de un alcano al eliminar un átomo de hidrógeno.

Por ejemplo El metano (CH_4), si se elimina un hidrógeno, se forma el grupo metilo (CH_3-), que es un grupo R. El etano (CH_3CH_3-), al eliminar un hidrógeno, se forma el grupo etilo (CH_3CH_2-).



Un caso concreto de uso del grupo R es en los aminoácidos, donde R representa la cadena lateral que diferencia a cada uno. Todos los aminoácidos poseen un carbono con un hidrógeno que une a un grupo funcional llamado $-NH_2$ (amino) y otro $-COOH$ (carboxilo), dejando el resto de la molécula como R. Así, dependiendo de qué cadena R se agregue (como un grupo metilo, $-CH_3$ o un hidrógeno, $-H$), obtenemos diferentes aminoácidos, como la alanina o la glicina. Esto muestra cómo pequeñas variaciones en el grupo R pueden dar lugar a compuestos con propiedades únicas.

Creatividad

En la etapa anterior indagamos sobre algunos compuestos orgánicos que se utilizan muy a menudo en los hogares debido a la diversidad de propiedades físicas y químicas de los alcanos. Recuerda que estos compuestos se caracterizan por poseer únicamente átomos de carbono e hidrógeno en su estructura; además, están formados exclusivamente por enlaces simples entre los átomos de carbono. Este tipo de enlaces se conoce como enlaces sigma (σ), lo que los hace **compuestos saturados**, es decir, no contienen enlaces dobles ni triples.

C. Propiedades físicas y químicas de los alcanos

Aprendamos a identificar algunas propiedades físicas y químicas de los alcanos, compuestos que se utilizan frecuentemente en los hogares. Recuerda que es fundamental seguir siempre las medidas de seguridad al manipular equipos de laboratorio y sustancias químicas. Aunque su uso sea común en la vida cotidiana, es imprescindible manejarlos con cuidado y responsabilidad.

Fíjate que...

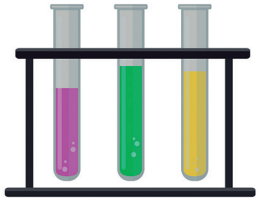
Las termitas son una fuente natural de metano. Se calcula que estos insectos producen al año 170 millones de toneladas de este hidrocarburo.

Materiales:

- Agua
- Alcohol
- Fósforos
- Termómetro
- Gradilla o vaso
- 2 tubos de ensayo
- Aceite mineral
- Estufa eléctrica
- Vela de parafina
- Cuchara metálica
- Vaso de precipitado o deposito metálico

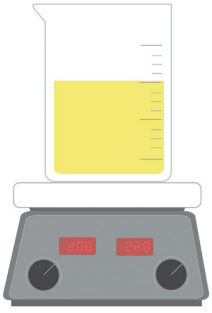
Procedimiento:

Parte I. Propiedades físicas



1. Identifica los tubos de ensayo como tubo 1 y tubo 2 y colócalos en la gradilla.
2. Agrega $2\ ml$ de agua al tubo 1 y $2\ ml$ de alcohol al tubo 2.
3. Añade $2\ ml$ de aceite mineral en cada tubo. Agita y observa.
4. Registra si el aceite se disuelve o forma una capa separada.
   a. ¿Por qué ocurre esto? Considera las densidades de las sustancias y que los alcanos son no polares.
   b. ¿Por qué los alcanos no se disuelven en agua, pero sí en otras sustancias no polares?
5. Coloca en el vaso de precipitado un poco de parafina y caliéntalo sobre una estufa eléctrica.
6. Espera a que se funda la parafina y mide la temperatura.
   a. ¿Cuál es el punto de fusión de la parafina?
   b. Considerando el dato del punto de fusión de la parafina, ¿crees que todos los alcanos tienen puntos de fusión bajos? Investiga por qué.

Parte II. Propiedades químicas



1. Enciende la vela y coloca la cuchara sobre la flama.
2. Observa y responde:
   a. ¿Deja residuos la flama en la cuchara?
   b. Investiga qué información obtenemos al observar el tipo de llama en la combustión de un alcano.
3. Investiga el comportamiento de los puntos de fusión y ebullición de los alcanos.
   a. Elabora una lista de alcanos con los datos de los puntos de fusión y ebullición. Considera alcanos con menos de 10 carbonos en su fórmula química.

Ojo al dato...

A los alcanos se les conoce como **parafinas** debido a su baja reactividad química. El término parafina proviene del latín parum affinis, que significa «poca afinidad».

4. Investiga la reacción de halogenación de los alcanos.
   a. ¿Qué relación tienen las propiedades físicas y químicas de los alcanos con sus usos cotidianos (combustibles, lubricantes, etc.)?

Parte III. Análisis de propiedades

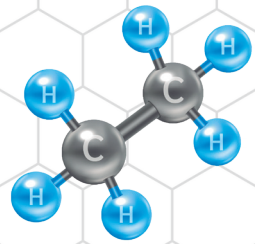
1. Lee la infografía de los alcanos.
2. Discute en equipo sobre las propiedades físicas y químicas de los alcanos.
3. Considera la fórmula general de los alcanos y escribe las fórmulas moleculares cuando n es igual a 6, 11 y 12.
4. Escribe tres ejemplos de compuestos orgánicos utilizando las fórmula de líneas y ángulos.

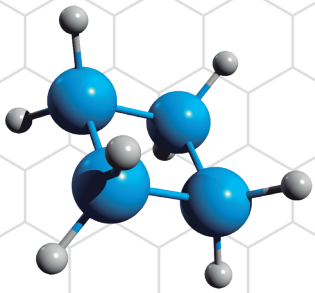
ALCANOS

Fórmula general

Los alcanos siguen la fórmula molecular: C_nH_{2n+2}

donde ñ es el número de átomos de carbono





Estructura

- Pueden ser lineales (como el metano, el etano o el propano).
- Pueden ser ramificados (como el isobutano).
- También existen en forma de cicloalcanos (cuando los carbonos forman un anillo).

Propiedades físicas

- Son no polares, por lo que no se disuelven en agua, pero sí en solventes orgánicos.
- Su punto de ebullición y de fusión aumenta con el tamaño de la molécula, es decir, a mayor cantidad de átomos de carbono, mayores serán sus puntos de ebullición y fusión.
- Los alcanos más ligeros (hasta el butano) son gases, los intermedios son líquidos y los más pesados son sólidos a temperatura ambiente.

Las propiedades físicas de los alcanos están determinadas por las fuerzas de dispersión de London, las cuales dependen de sus interacciones intermoleculares.

Propiedades químicas

- Son poco reactivos debido a la estabilidad de los enlaces sigma.
- Su principal reacción química es la combustión, donde liberan energía al reaccionar con oxígeno.
- También pueden experimentar reacciones de sustitución en presencia de halógenos y luz ultravioleta.

Por tanto, los alcanos son poco reactivos porque carecen de grupos funcionales, limitando las reacciones químicas en comparación con otros compuestos orgánicos.

En la actividad anterior exploramos las propiedades físicas y químicas de los alcanos, fundamentales para su amplia variedad de aplicaciones. Ahora profundicemos en sus características estructurales, como la flexibilidad, la rotación y la fuerza de enlace, por medio de la siguiente actividad.

Libre rotación del enlace simple carbono-carbono.

D. Un vistazo microscópico

Para entender mejor la estructura de los alcanos elaboremos un modelo molecular que nos ayudará a visualizar sus características y la disposición de sus enlaces. Por medio de esta actividad exploraremos la flexibilidad, la rotación y la forma en que los átomos se organizan en estos compuestos, facilitando la comprensión de sus propiedades.

Materiales:

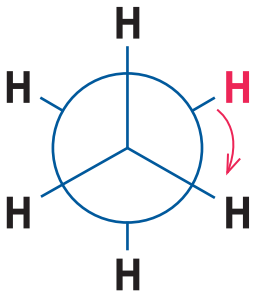
- Palillos de madera
- Transportador
- Plastilina de dos colores

Procedimiento:

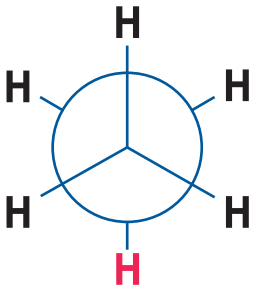
1. Lee la siguiente información.

Características clave de los enlaces carbono-carbono de los hidrocarburos alifáticos:

- **Tipo de enlace**. Son enlaces covalentes simples que se forman cuando dos átomos de carbono comparten un par de electrones.
- **Hibridación**. Los carbonos involucrados en enlaces presentan hibridación , lo que les confiere una geometría tetraédrica con ángulos de enlace de aproximadamente $109.5°$.
- **Flexibilidad y rotación**. A diferencia de los enlaces dobles o triples, los enlaces simples permiten la rotación libre alrededor del eje del enlace, lo que da lugar a diferentes conformaciones de las moléculas que son más estables.
- **Longitud del enlace**. La distancia promedio entre los átomos de carbono en un enlace simple es de aproximadamente $1.54\ \text{Å}$ (angstroms), siendo más larga que la de los enlaces dobles o triples.
- **Energía de enlace**. El enlace C-C tiene una energía de enlace de aproximadamente $348\ \text{kJ/mol}$, lo que lo hace lo suficientemente fuerte para proporcionar estabilidad estructural a los alcanos y otros hidrocarburos saturados.



Estas propiedades hacen que los hidrocarburos alifáticos saturados, como los alcanos, sean ideales como combustibles, solventes y materias primas en diversas aplicaciones industriales.



2. Forma seis esferas pequeñas de plastilina de un color para representar átomos de hidrógeno.
3. Con otro color, elabora dos esferas más grandes para representar átomos de carbono.
4. Une las esferas grandes (carbonos) con un palillo.
5. Coloca en cada carbón tres palillos y, utilizando el transportador, procura que cada palillo tenga el ángulo de enlace de la lectura anterior.
6. Comprueba la rotación del enlace C-C rotando uno de los extremos de la molécula de etano.
   a. ¿Por qué los enlaces carbono-carbono en los alcanos permiten la rotación libre?
   b. Si sustituyeras dos hidrógenos en cada carbono del etano por CH_3-, ¿habrá más repulsión entre átomos? Explica.

   En esta actividad exploramos cómo las propiedades del enlace carbono-carbono influyen en las características físicas y químicas de los hidrocarburos alifáticos cuando modelaron la molécula de etano. Comprendimos la rotación libre del enlace simple C-C y que su estabilidad determina la baja reactividad de los alcanos.

Comunicación

Hemos explorado las propiedades físicas y químicas de los alcanos. Ahora, ¿qué te parece si practicamos la escritura de estos compuestos mientras aprendemos las reglas para nombrarlos correctamente? Recuerda que existe una entidad encargada de estandarizar estos nombres, la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC). La nomenclatura química es una herramienta esencial para identificar y comunicar de manera precisa las características de los compuestos químicos.

Prefijos numéricos

Prefijo	N.o de átomos de carbono
Met-	1
Et-	2
Prop-	3
But-	4
Pent-	5
Hex-	6
Hept-	7
Oct-	8
Non-	9
Dec-	10
Undec-	11
Dodec-	12
Tridec-	13
Tetradec-	14
Pentadec-	15
Hexadec-	16
Heptadec-	17
Octadec-	18
Nonadec-	19
Eicos-	20

Hidrocarburos alifáticos

Fórmula molecular	Nombre
CH_4	Metano
C_2H_6	Etano
C_3H_8	Propano
C_4H_{10}	Butano
C_5H_{12}	Pentano
$C_{10}H_{22}$	Decano
$C_{12}H_{16}$	Dodecano

Grupos alquilo

Alquilo	Nombre
$-CH_3$	Metilo
$-C_2H_5$	Etilo
$-C_3H_7$	Propilo
$-C_4H_9$	Butilo
$-C_5H_{11}$	Pentilo

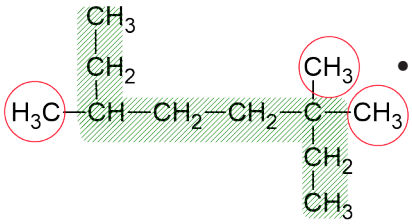
E. ¿Cómo se nombran los alcanos?

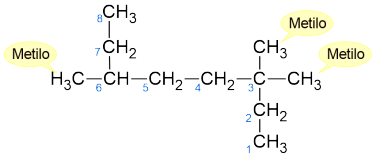
Practiquemos la escritura de diferentes alcanos y aprendamos a nombrarlos siguiendo las reglas de nomenclatura sistemática. Esta práctica también nos ayudará a identificar alcanos de cadena lineal y ramificada.

Procedimiento:

1. Realiza la lectura de la sección *Así se usa…*
2. Lee el siguiente ejemplo de aplicación de las reglas para nombrar los alcanos.

Ejemplo 1. Resuelto

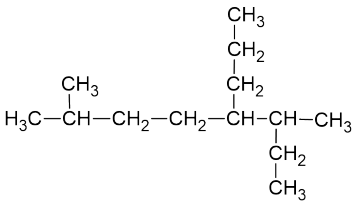




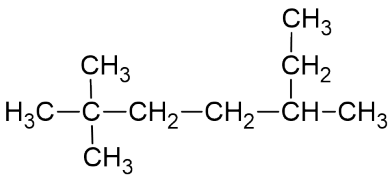
- Identificar la cadena más larga. En este caso, la cadena principal tiene ocho átomos de carbono, por lo que el nombre base será **octano**.
- Numerar la cadena. Se elige la numeración que dé los números más bajos a las ramificaciones. En este caso, las ramificaciones están en el C3 y el C6. Si numeramos de abajo hacia arriba, obtenemos los números más pequeños posibles.
- Identificar los grupos alquilo. Observamos que hay tres grupos **metilo ($-CH_3$)**, dos en el carbono 3 y uno en el carbono 6.
- *Nombrar los sustituyentes*. Como hay tres grupos metilo, usamos el prefijo **tri-**. Luego, indicamos sus posiciones: **3,3,6-trimetil**.
- *Escribir el nombre completo.*. Juntamos todo, primero los sustituyentes y luego el nombre de la cadena principal: **3,3,6-trimetiloctano**.

3. Escribe los nombres de los siguientes hidrocarburos alifáticos:

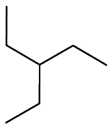
a.



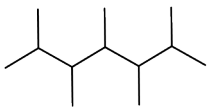
h.



c.



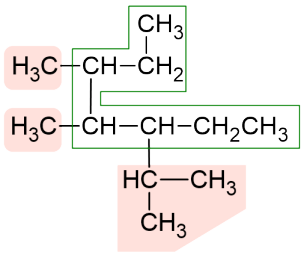
d.



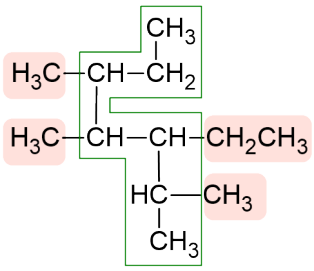
3. Escribe las fórmulas semidesarrolladas para los siguientes compuestos:
   a. 2,4-dimetilpentano
   b. 2,2-dimetilpropano

Nombres sistemáticos (o IUPAC) de los alcanos

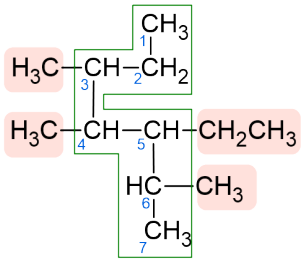
Para garantizar un sistema uniforme y preciso para identificar cada compuesto, existen reglas para nombrar muchas familias distintas de compuestos, las cuales consisten en:

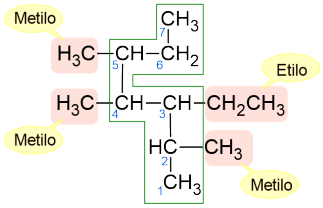


Incorrecta (misma longitud de la cadena, pero menos sustituyentes)



Correcta (misma longitud de la cadena y más sustituyentes)





Grupos Alquilo

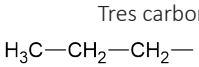
Un carbono

Grupo metilo

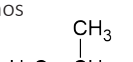
Dos carbonos

Grupo metilo

Tres carbonos

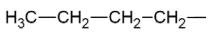


grupo propilo (o "grupo n-propilo")

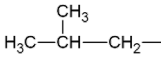


grupo isopropilo

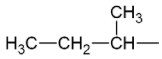
Cuatro carbonos



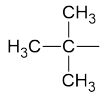
grupo butilo (o "grupo n-butilo")



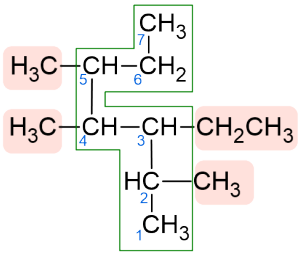
grupo isobutilo



grupo sec-butilo



grupo ter-butilo (o "grupo t-butilo")



Regla 1. **Identificar la cadena principal**. Es la cadena más larga de átomos de carbono en la molécula. Si hay dos cadenas de igual longitud, se elige la que tenga más sustituyentes.

Regla 2. **Numerar los átomos de la cadena principal**. Se asignan números a los átomos de carbono de la cadena principal comenzando desde el extremo más cercano a un sustituyente.

Regla 3. **Nombrar los sustituyentes**. Los grupos alquilo (como metil, etil, propil, etc.) se nombran indicando su posición en la cadena principal.

Regla 4. **Indicar las posiciones de los sustituyentes**. Se especifica el número del carbono donde está unido cada sustituyente, precediendo el nombre del grupo alquilo. Si un sustituyente aparece varias veces, se usan prefijos como «di-», que significa 2; «tri-», que significa 3, o «tetra-», que significa 4.

Regla 5. **Escribir el nombre completo**. Se escribe como una sola palabra, colocando los sustituyentes en orden alfabético, seguidos por el nombre de la cadena principal. Los números se separan entre sí por comas y se usan guiones para separar números y palabras.

Para nombrar la cadena principal se utilizan **prefijos numéricos griegos** (hexa-, hepta-, octa-, etc.) y en la terminación se coloca el sufijo **-ano**.

En este caso, la cadena principal posee siete carbonos, por tanto, el prefijo griego es hepta-; al agregarle el sufijo, la cadena principal se llamaría **heptano**. Luego, los sustituyentes que ya identificamos son un grupo etilo en el C3 y tres metilo en los C2, C4 y C5. El grupo etilo se menciona antes que los grupos metilo, por orden alfabético. Finalmente, el nombre del compuesto es **3-etil-2,4,5-trimetilheptano**.

De esta manera, siguiendo las reglas de nomenclatura de la IUPAC, podemos asignar un nombre único y sistemático a cualquier alcano, asegurando una identificación clara y precisa de su estructura. Aplicar estas reglas no solo facilita la comunicación en el ámbito de la química, sino que también permite comprender mejor la relación entre la estructura y las propiedades de los compuestos orgánicos. Al dominar la nomenclatura, se adquiere una herramienta fundamental para el estudio y análisis de las moléculas en diversas aplicaciones, desde la industria hasta la investigación científica.

Alquenos

Indagación

La semana anterior exploramos sobre los alcanos, compuestos formados únicamente por enlaces simples entre átomos de carbono. Pero ¿qué ocurre si en lugar de un enlace simple encontramos un doble enlace en la molécula? A estos compuestos se les conoce como **alquenos**. ¿Cómo crees que influye el doble enlace en sus propiedades? Los alquenos son fundamentales en la industria: se usan en la fabricación de plásticos, medicamentos y productos cosméticos. Descubramos más sobre sus características y aplicaciones en nuestra vida cotidiana.

Fábrica de productos plásticos

Industria de cosméticos

Industria del caucho

Uso industrial de etileno

Industria farmacéutica

A. Descubriendo los alquenos

Identifiquemos y analicemos los alquenos en la vida cotidiana mediante la exploración de los productos de uso común.

Materiales:

- Palillos de madera
- Transportador
- Plastilina de dos colores

Procedimiento:

1. Forma seis esferas pequeñas de plastilina de un color para representar átomos de hidrógeno.
2. Con otro color, elabora dos esferas más grandes para representar átomos de carbono.
3. Une las esferas grandes (carbonos) con un palillo.
4. Construye un modelo de la molécula de etano (C_2H_6).
   a. ¿Qué sucedería si cada carbono perdiera un enlace con un hidrógeno?
   b. ¿Cómo completarías el octeto de los carbonos? ¿Dónde se forma un nuevo enlace?
5. Retira un átomo de hidrógeno de cada uno de los carbonos.
6. Une ambos carbonos con un solo palillo adicional.
   a. ¿Qué tipo de enlace se ha formado entre los carbonos?
   b. ¿Cuántos hidrógenos posee ahora la molécula?
7. Analiza la molécula y escribe la fórmula molecular del compuesto obtenido.
8. Considera la fórmula general de los alcanos (C_nH_{2n+2}) y compara con la fórmula obtenida en el paso anterior.
9. Plantea una propuesta de fórmula general para los alquenos a partir de la comparación del paso anterior.
10. Compara con otros equipos la fórmula propuesta.

En esta actividad hemos comparado estructuralmente los alcanos y los alquenos, observando que, aunque ambos contienen los mismos tipos de átomos, la forma en que los carbonos se unen es distinta. Mientras que en los alcanos los carbonos están unidos por enlaces simples con hibridación sp^3, en los alquenos la presencia de un doble enlace implica una reorganización de los orbitales atómicos.

Este cambio en la estructura no solo modifica la forma de la molécula, también influye en sus propiedades físicas y químicas. Pero ¿qué tipo de hibridación presentan los carbonos en los alquenos? Reflexionemos sobre cómo esta diferencia estructural impacta en su comportamiento y aplicaciones en la vida cotidiana.

B. Aplicaciones de los alquenos en nuestra vida diaria

Investiguemos y analicemos el uso de los alquenos en productos de la vida cotidiana para comprender su importancia en diversas áreas y descubramos qué otras diferencias estructurales poseen en comparación con los alcanos.

Procedimiento:

1. Enlista productos que utilices a diario y que provengan de las industrias mencionadas en la página anterior.
2. Investiga nombres de alquenos que se utilicen como materia prima para los productos enlistados del paso anterior.
3. Lee la siguiente información sobre los alquenos.

¿Qué son los alquenos?

Los alquenos (también son conocidos como **olefinas**) son compuestos orgánicos formados únicamente por carbono e hidrógeno, pertenecientes a la familia de los hidrocarburos **insaturados**. Se caracterizan por la presencia de al menos un doble enlace ($C = C$) entre dos átomos de carbono, lo que los diferencia de los alcanos, que solo tienen enlaces simples.

Fórmula general de los alquenos

La fórmula general de los alquenos es: $C_n H_{2n}$

Donde representa el número de átomos de carbono en la molécula.

Esta fórmula indica que los alquenos tienen **menos hidrógenos** que los alcanos debido a la presencia del doble enlace.

Por ejemplo:

- Eteno ($C_2 H_4$)
- Propeno ($C_3 H_6$)
- Buteno ($C_4 H_5$)

Grupo funcional de los alquenos

El grupo funcional de los alquenos es el doble enlace carbono-carbono ($C = C$). Este doble enlace es lo que les da propiedades químicas particulares y los hace más reactivos que los alcanos.

Enlaces sigma (σ) y pi (π) en los alquenos

El doble enlace en los alquenos está compuesto por dos tipos de enlaces:

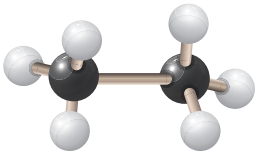
1. Un enlace sigma (σ), que se forma por la superposición directa de orbitales y es fuerte, proporcionando estabilidad a la molécula.
2. Un enlace pi (π), que se forma por la superposición lateral de orbitales p, lo que lo hace más débil y reactivo que el enlace sigma. Este enlace pi es responsable de muchas de las reacciones químicas de los alquenos.

Estas características los hacen compuestos versátiles y ampliamente utilizados en la industria, como en la fabricación de plásticos y productos químicos.

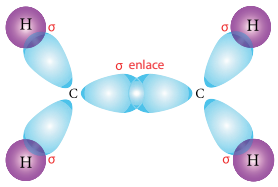
4. Con base en la lectura anterior, responde:
   a. ¿Qué característica principal diferencia a los alquenos de los alcanos?
   b. ¿Qué es el grupo funcional de los alquenos y por qué es importante?
   c. ¿Por qué el enlace pi hace que los alquenos sean más reactivos que los alcanos?
5. Elabora un esquema de orbitales que represente el doble enlace carbono-carbono de un alqueno.

Escanea el código QR para conocer los alquenos.
https://qrs.ly/zch1g7y

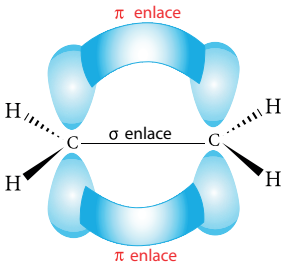
Etano C_2H_6

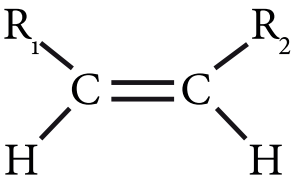


Enlace sigma



Enlace pi





Unidad 4

Creatividad

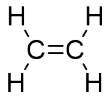
Ya indagamos algunas características fundamentales de los alquenos y cómo se diferencian estructuralmente de los alcanos. Ahora profundicemos en sus propiedades químicas y físicas, comprendiendo cómo el doble enlace influye en su comportamiento y reactividad.

Fíjate que...

El eteno (C_2H_4), también llamado etileno, es un compuesto orgánico que actúa también como una hormona vegetal natural que regula el proceso de maduración de las frutas. Su aplicación en la industria agroalimentaria permite controlar y acelerar la maduración de frutas para su comercialización.

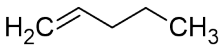
Estados físicos

Eteno



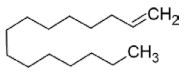
Punto de fusión
$-169°\ C$
Punto de ebullición
$-103°\ C$

1-Penteno



Punto de fusión:
$-165°\ C$
Punto de ebullición:
$30°\ C$

1-Pentadeceno



Punto de fusión: Punto de fusión $-4°\ C$
Punto de ebullición:
$268°\ C$ a $269°\ C$

C. Propiedades físicas de los alquenos

Conozcamos algunas propiedades físicas de los alquenos y analicemos el comportamiento de estas propiedades cuando hay cambios en la cantidad de carbonos de la cadena y en la cantidad de dobles enlaces en una molécula.

Procedimiento:

1. Lee la siguiente información de las propiedades físicas de los alquenos.

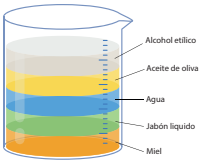
Estado físico

- Los alquenos de menor tamaño, como el eteno, el propeno y el buteno, son gases a temperatura ambiente.
- Los alquenos de entre 5 y 14 átomos de carbono están en estado líquido bajo condiciones ambientales.
- Los alquenos con más de 15 átomos de carbono son sólidos y de textura cerosa a temperatura ambiente.

Estado físico	
Carbonos	Estado
1-4	Gases
5-15	Líquidos

Puntos de ebullición y fusión

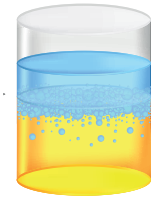
- Tienen puntos de ebullición y fusión más bajos que los alcanos de tamaño similar debido a que son menos densos y presentan fuerzas de dispersión de London más débiles.
- Los puntos de ebullición y fusión incrementan con el aumento de la longitud de la cadena.



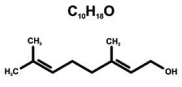
Densidad

- Los alquenos son menos densos que el agua, por lo que flotan en ella.
- Su densidad es muy similar a la de los alcanos correspondientes.

Solubilidad



- Son insolubles en agua (porque son no polares), pero solubles en solventes orgánicos como el alcohol, el éter o el benceno.
- La parte no polar de la molécula predomina, incluso con el doble enlace.



Olor y apariencia

- Los alquenos más simples son inodoros, pero los más grandes pueden tener olores característicos.
- Son incoloros en su mayoría.

2. Enlista similitudes y diferencias de las propiedades físicas de los alquenos con las de los alcanos.
3. Analiza y responde:
   a. ¿Por qué es importante conocer las propiedades físicas de los alquenos en la vida diaria o en la industria?
   b. ¿Cómo afecta el tamaño de la cadena de carbono de un alqueno a su punto de ebullición?
   c. ¿Podrías predecir la solubilidad de un alqueno en agua basándote en su estructura? Explica.

Como aprendimos en la actividad anterior, las propiedades físicas de los alquenos como su punto de ebullición, solubilidad y densidad— están estrechamente relacionadas con su estructura molecular, especialmente la presencia del doble enlace. Estos compuestos, aunque similares a los alcanos en algunas características, muestran diferencias notables debido a la insaturación de su enlace carbono-carbono. Los alquenos tienden a ser menos solubles en agua debido a la naturaleza no polar de su enlace, pero pueden disolverse en solventes orgánicos. Su punto de ebullición generalmente aumenta con el tamaño de la cadena carbonada, pero se ve afectado por la geometría de la molécula.

Ahora que entendemos cómo las propiedades físicas influyen en su comportamiento, es el momento perfecto para explorar sus propiedades químicas. Estos comportamientos químicos, como la adición de halógenos o la reacción con ácidos, son fundamentales para comprender el amplio uso de los alquenos en la industria química.

Laboratorio

Medición de temperatura y humedad

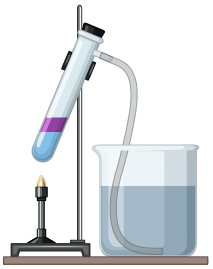
Comprobemos una de las propiedades químicas de los alquenos y comprendamos su comportamiento con el desarrollo de la siguiente actividad.

Materiales:

- Agua
- Mechero
- Removedor
- $100\ \text{ml}$ etanol
- Beaker de
- $5\ \text{g}$ hidróxido de calcio (cal)
- Pinza para tubo de ensayo
- $5\ \text{ml}$ de ácido sulfúrico concentrado
- Tapón de hule para tubo de $24\ \text{mm}$
- Tubo para destilación
- Manguera de vinil (para adaptarlo al brazo del tubo para destilación)

Procedimiento:

1. Prepara una solución de hidróxido de calcio agregando $2\ \text{g}$ de cal en el beaker y $150\ \text{ml}$ de agua.
2. Remueve hasta disolver y reserva la disolución.
3. Toma el tubo para destilación y coloca en el brazo la manguera de vinil.
4. Agrega $3\ \text{ml}$ de etanol en el tubo de destilación.
5. Ahora agrega poco a poco $1.5\ \text{ml}$ de ácido sulfúrico; debes tener precaución al momento de la manipulación.
6. Inmediatamente, tapa el tubo de destilación con el tapón de hule.
7. Sumerge el extremo de la manguera en la solución del paso 1 y sujeta el tubo de destilación con la pinza para tubo.
8. Enciende el mechero y acerca a la flama el tubo de ensayo.
9. Calienta y observa el desprendimiento de gases en la solución.
10. Observa los cambios en la solución y anota tus resultados.
    a. La fórmula química del etanol es C_2H_5OH. Cuando este pierde dos hidrógenos y el oxígeno, forma un alqueno. Escribe la fórmula molecular del alqueno resultante.
    b. Investiga por qué es necesario colocar el extremo de la manguera en una solución o en un líquido.



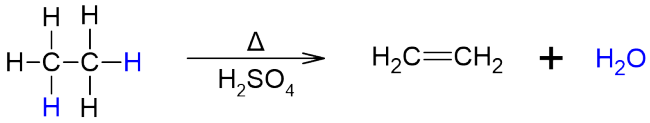
Hemos experimentado la reacción entre el etanol en presencia de ácido sulfúrico. En esta reacción, el alcohol sufre una deshidratación, es decir que de su molécula se rompen los enlaces $-OH$ de un carbono y $-H$ del otro carbono. Esto da paso a la formación de un alqueno simple llamado eteno. Esta reacción es típica en los hidrocarburos insaturados.

Observa una variante del experimento para la obtención de un alqueno.
https://qrs.ly/zch1g7y

Fíjate que...

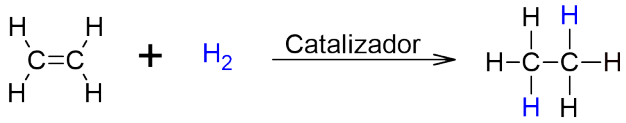
Los términos *cis* y *trans* se utilizan para describir la isomería geométrica en los compuestos con dobles enlaces o compuestos cíclicos, donde la rotación está restringida. En la configuración cis, ciertos grupos de átomos están en el mismo lado de la molécula. En la configuración trans, ciertos grupos de átomos se localizan en lados opuestos de la molécula.

La ecuación que representa la formación de alquenos a partir de la deshidratación de alcoholes es:



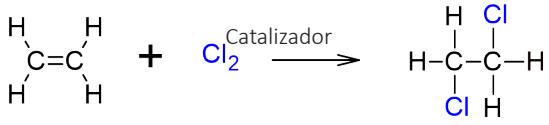
Como se observa en la ecuación química, el alcohol pierde una molécula de agua (H_20) para formar un alqueno. En este proceso, el carbono unido al grupo $-OH$ pierde el enlace con el oxígeno ($C-O$), mientras que un carbono adyacente pierde un enlace con un hidrógeno ($C-H$), permitiendo la formación de un doble enlace entre ambos carbonos. Para que esta reacción ocurra se deben cumplir ciertas condiciones como la presencia de un ácido fuerte, que en esta ocasión fue el ácido sulfúrico, y la aplicación de calor (alrededor de $170\,°C$ para alcoholes primarios).

En general, los alquenos presentan reacciones de adición donde se rompe el doble enlace y se adicionan en esos átomos las otras sustancias con las cuales se combinan.

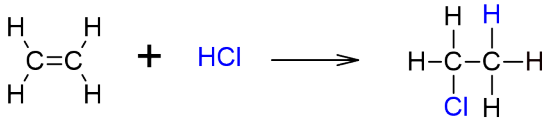


Reacción del doble enlace C-C

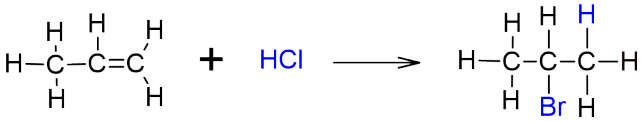
- Un alqueno en presencia de bromo, cloro o flúor reacciona y se obtiene como producto un compuesto dihalogenado.



- Un alqueno en presencia de un hidrácido reacciona y se obtiene como producto un compuesto mohalogenado.



Los alquenos, cuando sufren reacciones de adición, siguen la **regla de Markovnikoff**, la cual establece que, en un alqueno no simétrico, el átomo más electronegativo se enlaza al carbono que posee menos átomos de hidrógeno, mientras que el hidrógeno se enlaza al carbono que tiene más átomos de hidrógeno. Por ejemplo, en una reacción con un hidrácido, el átomo de hidrógeno buscará al átomo de carbono con mayor número de hidrógenos y el halógeno, al átomo de carbono con menor cantidad de átomos de hidrógeno.

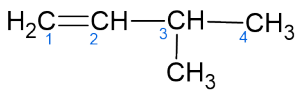


Comunicación

Hemos conocido las propiedades físicas y químicas de los alquenos, que son fundamentales para comprender cómo se nombran correctamente estos compuestos. La presencia del doble enlace también introduce posibilidades de **isomería estructural** y **geométrica**, lo que hace que una correcta nomenclatura sea esencial para distinguir entre compuestos con propiedades distintas. Por ello, la nomenclatura IUPAC de los alquenos no solo identifica la longitud y ramificación de la cadena carbonada, sino también la posición del doble enlace y, cuando es necesario, la orientación espacial de los grupos alrededor de dicho enlace.

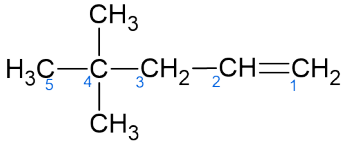
E. Conozcamos la nomenclatura de los alquenos

En esta actividad aprenderemos a nombrar correctamente los alquenos aplicando las reglas de nomenclatura.



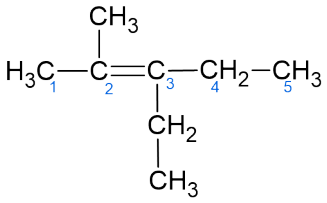
Procedimiento:

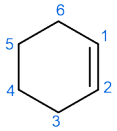
1. Lee la siguiente información.



Reglas básicas de nomenclatura de alquenos

Regla 1: Identifica la cadena más larga que contenga uno o más dobles enlaces.
Regla 2: Enumera los carbonos de la cadena principal comenzando desde el extremo más cercano al doble enlace.
Regla 3: Indica el número del primer carbono del doble enlace antes del nombre base.
Regla 4: Cambia el sufijo -**ano** del alcano correspondiente por **-eno** (o -**dieno**, -**trieno**, etc., si hay más de un doble enlace).
Regla 51: Nombra los grupos alquilo, como prefijos, indicando su posición en la cadena.

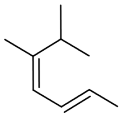




2. Sigue las reglas básicas de la nomenclatura de los alquenos y nombra los siguientes alquenos.

   a. $H_2C{=}CH{-}CH_2{-}CH_3$ b. $H_3C{-}CH{=}CH{-}CH_3$ c. $H_3C{-}CH_2{-}CH{=}CH{-}CH_3$

3. Nombra los siguientes alquenos ramificados o con más de un doble enlace:

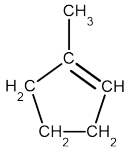
   d. 

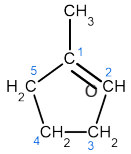
   e. $H_2C{=}CH{-}CH_2{-}CH{=}CH_2$

   f. $H_3C{-}CH{=}C(CH_3){-}CH_2{-}CH_2{-}CH(CH_3){-}CH_3$

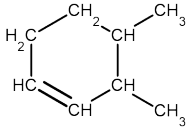
Ahora ya puedes nombrar los alquenos utilizando nomenclatura IUPAC. Siguiendo las reglas, no solo puedes nombrarlos, sino también, a partir del nombre, escribir su fórmula desarrollada, semidesarrollada o líneas y ángulos. Para ello debes tener presente la fórmula general de los alquenos, que es C_nH_2n ; esta fórmula no aplica para los cicloalquenos, ya que estos, al poseer una cadena cerrada, contienen menos hidrógenos, por lo que podemos generalizar en $C_n H(_2n-_2)$.

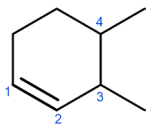
Para nombrar los cicloalquenos debes anteponer el prefijo ciclo- y seguir las reglas anteriores. Por ejemplo:





1-Metilciclopenteno





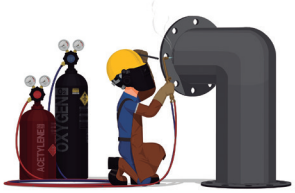
3,4- Dimetilciclohexeno

Con esto finalizamos el estudio de la estructura, nomenclatura y propiedades de los alquenos, entendiendo cómo su doble enlace define su comportamiento químico. Dominar estos aspectos nos permite identificar y nombrar correctamente estos compuestos y comprender sus aplicaciones. Con esta base, estamos listos para avanzar hacia sus reacciones más importantes.

Conozcamos los alquinos

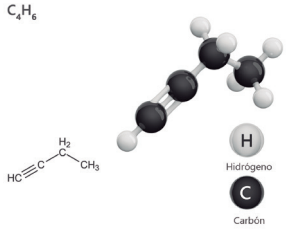
Indagación

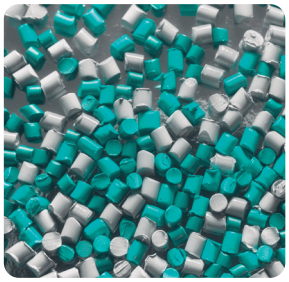
En las semanas anteriores hemos estudiado los compuestos del carbono, tanto saturados como insaturados, por ejemplo, los alquenos. Pero ¿existen otros tipos de compuestos insaturados? Si recuerdas, en la *página 94* de este libro se aprecian las diferentes fórmulas para representar los hidrocarburos y, entre ellas, se encuentran compuestos que poseen triple enlace carbono–carbono. Además del tipo de enlace múltiple, ¿qué otras características nos permiten distinguir estos compuestos? ¿Qué usos prácticos crees que podrían tener estos compuestos en la industria o en la vida cotidiana? A continuación, indaguemos sobre estos compuestos, sus características y propiedades.



Butino

C_4H_6





A. Alquinos

En equipo de trabajo, realiza un modelaje de una molécula de un alquino y representa la unión de dos carbonos por triple enlace carbono–carbono para comprender las estructuras de los hidrocarburos con enlace múltiple.

Materiales:

- Palillos de madera
- Transportador
- Plastilina de dos colores diferentes

Procedimiento:

1. Forma cuatro esferas pequeñas de plastilina de un color para representar átomos de hidrógeno.
1. Con otro color, elabora dos esferas más grandes para representar átomos de carbono.
2. Une las esferas grandes (carbonos) con dos palillos.
3. Elabora un modelo de la molécula de eteno (C_2H_4).
   a. ¿Qué ocurriría si cada carbono perdiera un enlace con un hidrógeno?
   b. ¿Cómo completarías el octeto de los carbonos? ¿Dónde se forma un nuevo enlace?
5. Retira un átomo de hidrógeno de cada carbono.
6. Une ambos carbonos con un solo palillo adicional.
   a. ¿Qué tipo de enlace se ha formado entre los carbonos?
   b. ¿Cuántos hidrógenos posee ahora la molécula?
7. Analiza la molécula y escribe la fórmula molecular del compuesto obtenido.
8. Considera la fórmula general de los alcanos (C_nH_{2n+2}) y de los alquenos (C_nH_{2n+2}) y compara con la fórmula obtenida en el paso anterior.
9. Plantea una propuesta de fórmula general para los alquinos a partir de la comparación del paso anterior.
10. Compara con otros equipos la fórmula propuesta.

Con el modelaje anterior de la molécula con triple enlace carbono-carbono podemos realizar una comparación entre los compuestos del carbono de enlace simple y múltiple. En química, a los hidrocarburos que poseen triple enlace carbono-carbono se les conoce como **alquinos.** Estos compuestos se conocen también como **acetilenos** porque son derivados del alquino más simple llamado acetileno (C_2H_2).

Los alquinos son compuestos poco comunes en la naturaleza comparados con los alquenos, pero por sus propiedades químicas similares a los alquenos, sus usos son frecuentes en la industria farmacéutica, la agroindustria o la industria de los plásticos. Conozcamos más de los alquinos realizando la siguiente actividad.

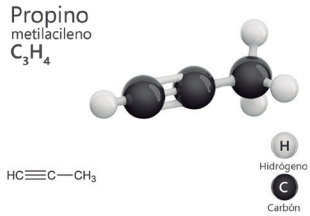
B. Usos de alquinos

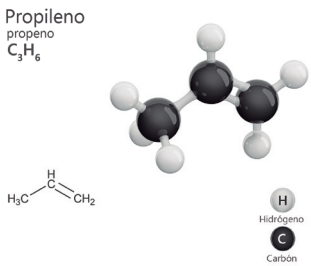
¿Sabes por qué son importantes los alquinos? Para dar respuesta a esta pregunta, organízate en equipos de trabajo y realiza una pequeña investigación sobre las características estructurales y las aplicaciones de estos compuestos en diversas áreas.

Observa el video y descubre algunos usos de los alquinos.
https://qrs.ly/qeh1g8t

Procedimiento:

1. Investiga las características del triple enlace carbono-carbono:
   a. Composición del enlace
   b. Hibridación de los carbonos
   c. Geometría molecular
2. Investiga las longitudes de enlace carbono-carbono para enlaces simples y múltiples y realiza una comparación de dichas longitudes.
3. Investiga la energía de enlace entre carbono-carbono para enlaces simples y múltiples.
4. Considera que la energía y longitud de enlace afecta la reactividad de los alcanos y los alquenos.
5. Predice si los alquinos son más reactivos que los alcanos. Justifica tu respuesta basándote en los datos de la longitud y energía de enlace.
6. Investiga las aplicaciones de los alquinos en diferentes áreas, como las siguientes:
   a. Vida cotidiana
   b. Industria
   c. Medicina y farmacia
7. Investiga y enlista cinco alquinos más utilizados en las diferentes áreas.



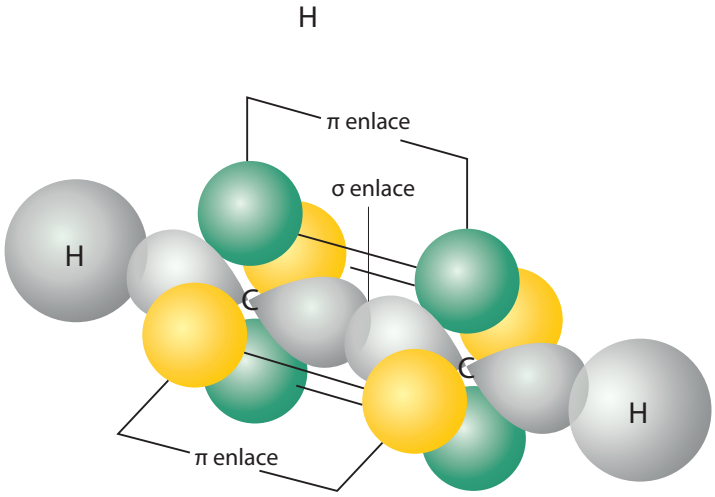


Ahora que investigaste ciertas características de los alquinos puedes reconocer los alquinos dentro de un grupo de hidrocarburos. La clave está en observar la unión carbono-carbono, puesto que siempre que observes dos átomos de carbono unidos por un triple enlace, se trata de un alquino. En los alquinos el triple enlace es su grupo funcional ($c \equiv c$) y forman parte de los hidrocarburos insaturados; este grupo funcional les confiere características distintivas y determina su comportamiento químico, que estudiaremos más adelante.

Además, como pudiste investigar, la geometría del triple enlace es lineal. Esto se debe al ángulo de enlace, que es de $180°$, es decir que los dos átomos de carbono del triple enlace y los dos átomos que están unidos a estos se encuentran en línea recta. Para comprender mejor, veamos la representación de los orbitales en el alquino más simple: el etino (C_2H_2).

En la imagen de la derecha puedes ver cómo se forma el triple enlace. Ambos carbonos poseen dos orbitales híbridos sp (color gris), alineados y orientados a $180°$. Este solapamiento frontal es el que permite la formación del enlace sigma (σ), el más fuerte del triple enlace.

Además, los dos orbitales $p$puros de cada carbono (en verde y amarillo) se solapan lateralmente: uno por encima y por debajo de la línea que conecta los núcleos de los carbonos, y el otro por delante y por detrás. Este solapamiento resulta en los dos enlaces pi (π).



Creatividad

En la sección anterior conocimos qué son los alquinos, sus características estructurales y algunas de sus aplicaciones en diferentes sectores como la industria, la medicina, entre otros. Pero ¿influyen estas características en sus propiedades físicas y químicas?, ¿poseen propiedades similares a los alquenos porque ambos tienen enlaces pi? Para dar respuestas a estas y otras inquietudes, conozcamos las propiedades físicas y químicas de los alquinos desarrollando diversas actividades.

Escanea el código y conoce algunas características de los alquinos.
https://qrs.ly/qeh1g8t

C. Propiedades físicas de los alquinos

Analiza la información de las propiedades químicas y físicas de los alquinos y representa por medio de un modelaje una de las propiedades químicas de este tipo de compuestos.

Materiales:

- Palillos de madera
- Plastilina de tres colores diferentes

Procedimiento:

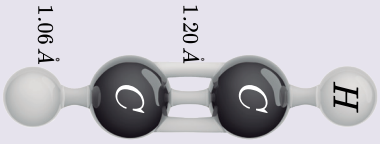
Parte I. Conociendo las propiedades de los alquinos

1. Lee la siguiente infografía de las propiedades físicas y químicas de los alquinos.

Alquinos

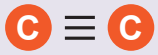
Fórmula general

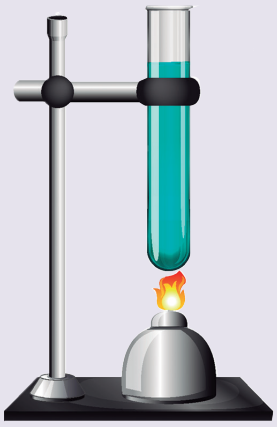
C_nH_{2-2}



Grupo funcional

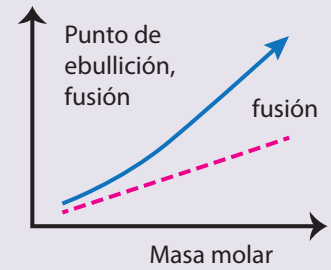
$-C \equiv C-$





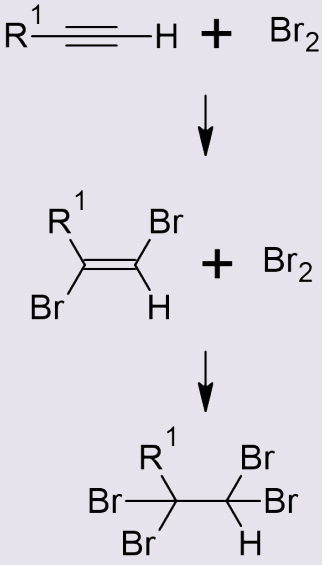
Propiedades físicas

- Son compuestos con poca polaridad, por lo que se disuelven bien en otras sustancias también poco polares, como el tetracloruro de carbono (CCl_4). Son menos densos que el agua e insolubles en ella; su densidad aumenta conforme aumenta su masa molar.
- Los tres primeros alquinos son gases a temperatura ambiente.
- Los puntos de fusión y ebullición son más elevados que los de los alquenos correspondientes.
- Las ramificaciones disminuyen el punto de ebullición al comparar compuestos con la misma cantidad de átomos de carbono. La longitud de enlace carbono-carbono es de $120\ \text{Å}$

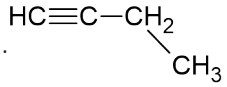
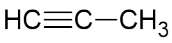
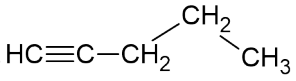
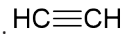


Propiedades químicas

- Los alquinos participan en reacciones de adición electrofílica, en las que los electrones del triple enlace se dirigen hacia zonas con carga positiva de otras moléculas, permitiendo que se unan nuevos átomos a la estructura. Presentan reacciones de oxidación, es decir que pueden ser oxidados a otros compuestos que contengan oxígeno, dependiendo de las condiciones de la reacción.
- Los alquinos pueden reaccionar con halógenos para formar productos de adición como los alquenos.
- Los alquinos pueden reaccionar con ácidos para formar vinilo.



2. Con base en la lectura de las propiedades de los alquinos, predice el orden, de menor a mayor, del punto de fusión de los siguientes alquinos:

a.  b.  c.  d. 

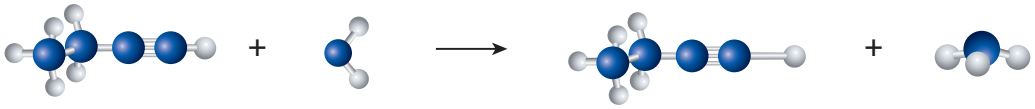
3. La fórmula molecular C_6H_{10} corresponde a un alquino. Escribe tres compuestos diferentes donde el triple enlace carbono-carbono esté en una posición diferente.
4. Elabora un modelaje que represente los reactivos y productos de la siguiente reacción: un mol de propino ($HC \equiv C - CH_2$). Reacciona con dos moles de cloro molecular y obtendrás un compuesto de carbono con cuatro átomos de halógeno.
Nota: selecciona un color de plastilina para cada tipo de átomo; los palillos de diente representan los enlaces. Sigue los pasos de la reacción de la lectura anterior.

Fíjate que...

El oxígeno se combina con el acetileno en sopletes para generar una llama muy caliente, ideal para cortar o soldar metales, ya que alcanza temperaturas superiores a los 3000 °C.

Con esta actividad aprendiste que los alquinos son hidrocarburos insaturados caracterizados por la presencia de al menos un triple enlace carbono-carbono, lo que les confiere propiedades físicas y químicas distintivas. Físicamente, sus puntos de ebullición y fusión, así como su densidad, aumentan con el incremento de la masa molecular, exhibiendo una polaridad muy baja que los hace insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos.

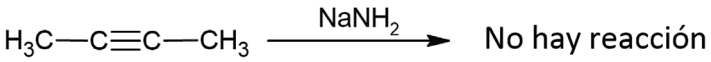
Químicamente, el triple enlace es un centro de alta reactividad, lo que permite que los alquinos experimenten, sobre todo, reacciones de adición, donde los enlaces π se rompen para formar nuevos enlaces con otras moléculas. Otra característica de los alquinos es que cuando el triple enlace está ubicado en uno de los extremos de la cadena carbonada se les conoce como **alquino terminal**. Esta posición del tiple enlace les confiere ciertas características únicas, ya que uno de los carbonos está unido a un átomo de hidrógeno (los triples enlaces internos están unidos a carbonos) y provoca una acidez peculiar en la molécula (ácidos débiles). Esta acidez permite que los alquinos terminales reaccionen en presencia de bases fuertes como las siguientes:



ALQUINOS TERMINALES

Observa la ecuación que representa el aumento de la cadena carbonada a partir de un alquino terminal.

Los alquinos terminales son mucho más ácidos que otros hidrocarburos. En el caso de los alquinos que no son terminales, al no poseer un hidrógeno unido al carbono con triple enlace, no reaccionan en presencia de una base porque no se comportan como ácidos.



Para comprender mejor los alquinos es necesario aprender a identificarlos y nombrarlos correctamente. Eso lo haremos estudiando las reglas de nomenclatura de alquinos, que son muy similares a las de la nomenclatura de los alquenos.

Comunicación

Cuando estudiamos las propiedades de los alquinos conocimos que estos tienen similitudes en las reacciones de adición. Otra característica que comparten con los alquenos es la isomería estructural. Pero ¿qué significa exactamente la isomería estructural en el contexto de los alquinos? Por ejemplo, si recuerdas el paso 3 de la *actividad C*, partiendo de una única fórmula molecular lograste dibujar tres compuestos distintos, todos con seis átomos de carbono. Para desarrollar este paso debiste escribir el triple enlace en diferentes posiciones de la cadena carbonada, con lo que, sin darte cuenta, creaste tres isómeros estructurales.

Esta capacidad de formar múltiples compuestos con la misma fórmula molecular, pero con arreglos atómicos diferentes, es lo que da origen a la gran variedad de moléculas en la química orgánica. Esta variedad de compuestos hace que sea indispensable un sistema para identificarlos. Por ello, conoceremos a continuación el conjunto de reglas que nos permitirán nombrar sistemáticamente a los alquinos, asegurando que cada estructura tenga su nombre único, y viceversa.

Ojo al dato...

El propino es un alquino que no requiere indicar la posición del triple enlace, ya que en su estructura solo existe una ubicación posible para este. La fórmula molecular del propino es C_3H_4 y su estructura es $HC \equiv C - CH_3$

D. Nombremos a los alquinos

Conoce las reglas para nombrar a los alquinos y ponlas en práctica nombrando algunos compuestos o dibujando la fórmula estructural a partir del nombre.

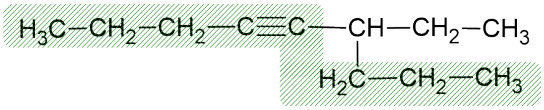
Procedimiento:

1. Lee la información del apartado Así se usa...
2. Forma equipos de trabajo y analiza las reglas de la nomenclatura de los alquinos.
3. Escribe las estructuras de los siguientes alquinos utilizando fórmulas desarrolladas:
   a. 2- heptino
   b. 1-butino
   c. 3 etil-1-pentino

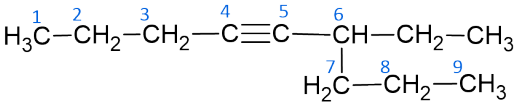
Así se usa...

Nomenclatura de los alquinos

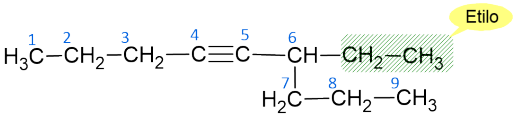
Los alquinos se nombran de manera similar a los alquenos, es decir que siguen las mismas reglas de la nomenclatura sistemática, pero se sustituye la terminación **-eno** por **-ino**.



Regla 1. Identificamos la cadena más larga de átomos de carbono que incluya el triple enlace. Si hay ramificaciones, busca siempre la más larga con triple enlace, pero que posea la mayor cantidad de sustituyentes.

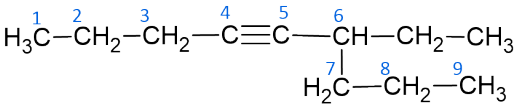


Regla 2. Comenzamos a enumerar la cadena a partir del extremo más cercano al carbono que posea el triple enlace para darle el número más bajo posible.

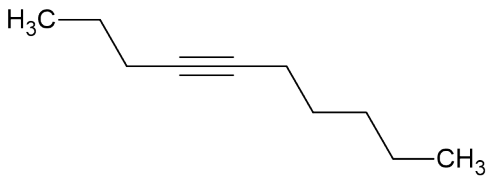


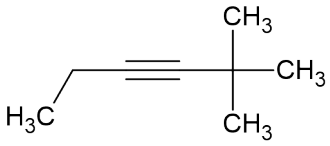
Regla 3. Si hay sustituyentes, se identifican los grupos alquilo y se nombran indicando su posición en la cadena principal.

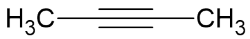
Regla 4. Para escribir el nombre completo, se inicia por orden alfabético de los sustituyentes; después, se escribe la posición del triple enlace y el nombre de la cadena principal con la terminación **-ino**.

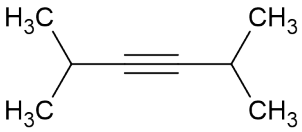


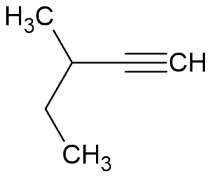
4. observa las siguientes estructuras. Sigue las reglas de nomenclatura y determina su nombre.

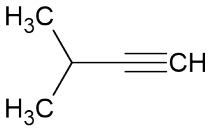
a. 

b. 

c. 

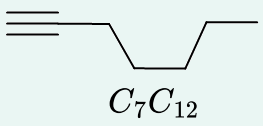
e. 

g. 

i. 

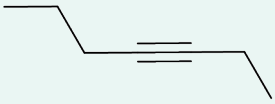
5. Para la fórmula molecular C_3H_{14}, escribe tres isómeros estructurales y determina sus nombres.
6. Presenta a tu clase los isómeros estructurales que realizaste y sus respectivos nombres.

Isómeros estructurales

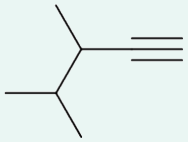


C_7C_{12}

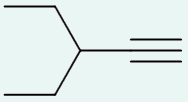
1-heptino



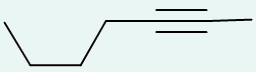
3-heptino



3, 4-dimetil-1-pentino



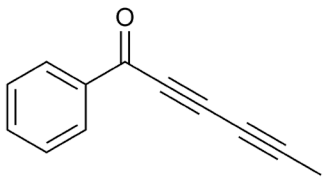
3-etil-1-pentino



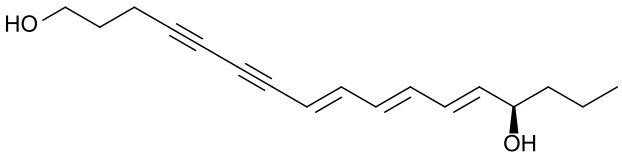
Ahora ya puedes nombrar y dibujar las moléculas de los hidrocarburos. Comprender nomenclatura es muy importante en química orgánica, ya que permite identificar distintos compuestos, reconocer sus grupos funcionales y anticipar algunas de sus propiedades.

Además de identificarlos por sus nombres y estructuras, aprendimos sobre sus aplicaciones en diversas industrias. Por ejemplo, el etino (conocido como acetileno) —el alquilo más simple— se utiliza en soldaduras. Al mezclarse con oxígeno, produce una combustión que genera una llama que alcanza una alta temperatura, capaz de cortar láminas de acero de gran espesor.

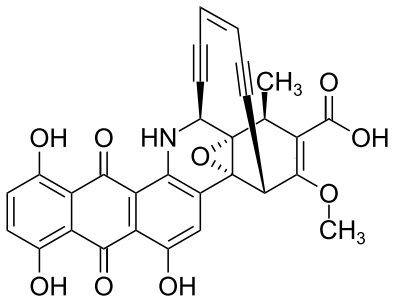
Aunque los alquinos no son tan comunes como otros compuestos orgánicos, tienen usos relevantes. Algunas plantas, como la cicuta acuática, producen alquinos como defensa contra depredadores. Otro ejemplo destacado por sus aplicaciones es la dinemicina A, una molécula de origen natural, compleja, con enlaces triples y dobles, que se conoce por sus propiedades antibióticas y anticancerígenas.



Capilina

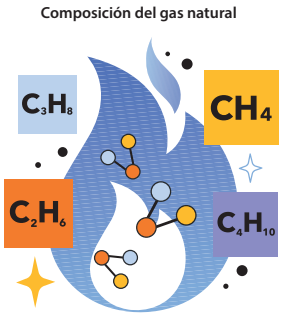


Cicutoxina

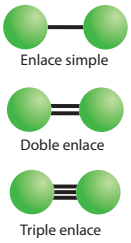


Dinemicina A

Resumen



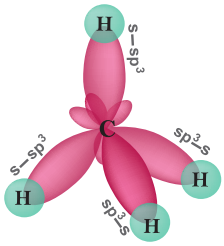
En esta unidad exploramos los hidrocarburos, compuestos fundamentales en la química orgánica por estar constituidos únicamente por átomos de carbono e hidrógeno. Además, identificamos al carbono como el elemento central de los compuestos orgánicos gracias a su capacidad para formar hasta cuatro enlaces covalentes y generar estructuras lineales, ramificadas o cíclicas. Esta propiedad lo convierte en la base de una enorme variedad de sustancias naturales y sintéticas presentes en nuestra vida diaria.

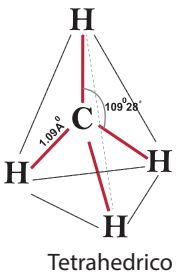


Mediante modelos tridimensionales, analizamos cómo los orbitales híbridos del carbono sp^3 en los alcanos, sp^2 en los alquenos y sp en los alquinos permiten la formación de enlaces simples, dobles y triples, respectivamente. Estos modelos facilitaron la visualización de los ángulos de enlace, la geometría molecular y la distribución espacial de los átomos, lo cual es clave para comprender la estructura y la reactividad de estos compuestos.

Orbital molecular del metano

- Hibridación de C es sp^3
- C-H longitud de enlace 1.09 Å

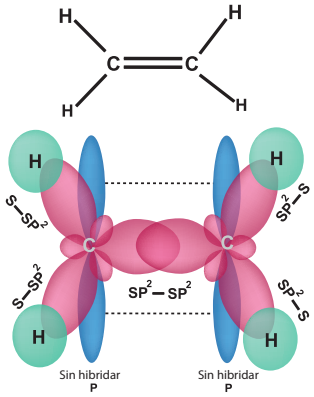




Tetrahedrico

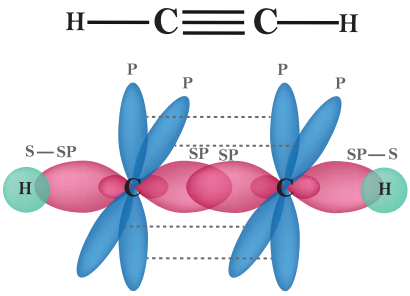
Orbital molecular del etileno

- Hibridación de C es sp^2
- C=H longitud de enlace 1.34 Å
- C-H longitud de enlace 1.078 Å



Orbital molecular del Acetileno

- Hibridación de C es sp
- Molécula lineal
- C≡H longitud de enlace 1.20 Å
- C-H longitud de enlace 1.05 Å



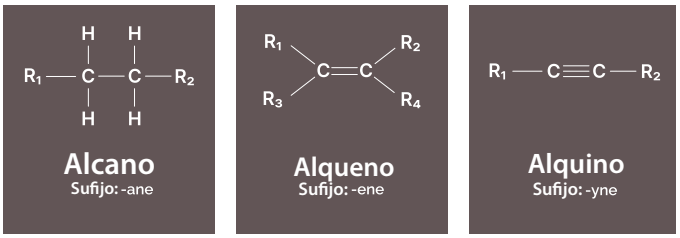
Mediante algunos ejemplos relacionamos los hidrocarburos con productos de uso común. Observamos que los alcanos están presentes en el gas butano y el gas propano de uso doméstico; que los alquenos, como el eteno, se emplean en la maduración de frutas y la producción de plásticos, y que los alquinos, como el acetileno, se utilizan en soldaduras industriales por la alta temperatura que genera su combustión con oxígeno. Estos ejemplos nos permitieron evidenciar la importancia práctica de los hidrocarburos en la vida cotidiana y en la industria química.

Referente a sus propiedades físicas, identificamos que los hidrocarburos presentan diferentes estados físicos dependiendo de la longitud de su cadena: los más pequeños son gases, los medianos son líquidos y los más largos, sólidos cerosos. También observamos que son compuestos no polares, por lo tanto, insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos. Sus puntos de ebullición y densidad aumentan con el número de carbonos y su inflamabilidad es una característica común, lo que los hace útiles como combustibles.

En el análisis de sus propiedades químicas, comprendimos que los alcanos reaccionan principalmente por combustión o halogenación debido a su estabilidad. En cambio, los alquenos y los alquinos, por contener enlaces múltiples, presentan reacciones de adición, siendo más reactivos.

En el caso de los alquenos, estos siguen la regla de Markovnikov durante las reacciones de adición con hidrácidos. Según esta regla, el hidrógeno se une al carbono del doble enlace que posee más átomos de hidrógeno, mientras que el otro grupo se añade al carbono con menos hidrógenos.

Por su parte, los alquinos pueden formar compuestos como los vinilos, caracterizados por la presencia de un grupo etileno unido a un carbono . Además, algunos hidrocarburos insaturados tienen aplicaciones específicas, como ciertos alquinos presentes en compuestos naturales con propiedades medicinales o defensivas.

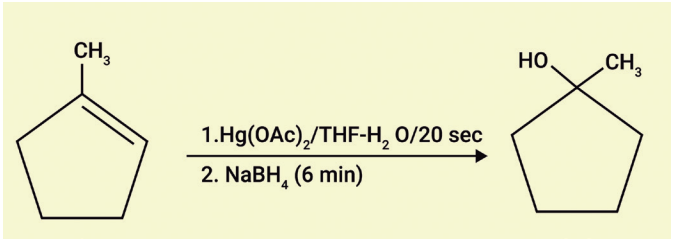


Para poder identificar, clasificar y comunicar adecuadamente estos compuestos es fundamental aplicar correctamente las reglas de nomenclatura química. Estas reglas, establecidas por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), permiten nombrar de forma sistemática y precisa cada hidrocarburo según su estructura.

Este sistema evita ambigüedades al nombrar compuestos con estructura similares. También permite identificar la longitud de la cadena, los tipos de enlaces y si existen ramificaciones o sustituyentes. La nomenclatura es esencial para la comunicación científica, la industria química y la educación.

CLASIFICACIÓN DE LOS HIDROCARBUROS

- **ACÍCLICOS** (Cadena abierta)
  - **Saturados**
    - **Ligadura sencilla** (ALCANOS)
      - Normales o lineales y Arborescentes
  - **No saturados**
    - **Doble ligadura** (ALQUENOS)
      - Normales o lineales y Arborescentes
    - **Triple ligadura** (ALQUINOS)
      - Normales o lineales y Arborescentes
- **CÍCLICOS** (Cadena cerrada)
  - **Saturados**
    - Ciclanos o Alicíclicos
  - **No saturados**
    - Bencénicos o Aromáticos.



Esta reactividad está estrechamente relacionada con la naturaleza del grupo funcional presente en cada tipo de hidrocarburo. Estos grupos funcionales no solo determinan la estructura de los compuestos sino también su comportamiento químico y su potencial uso en aplicaciones industriales o biológicas.

Tips para aplicar la nomenclatura hidrocarburos

1.Identifica la cadena principal más larga que contenga el grupo funcional (doble o triple enlace).
2.Numera la cadena desde el extremo más cercano al enlace múltiple (para alquenos y alquinos) o a la ramificación (en alcanos).
3.Indica la posición del enlace doble o triple con el número más bajo posible para alquenos y alquinos.
4.Nombra las ramificaciones (grupos alquilo) y colócalas en orden alfabético.
5.Usa prefijos para indicar la cantidad de carbonos: met-, et-, prop-, but-, etc.
6.Utiliza los sufijos adecuados:

- -ano para alcanos (solo enlaces simples)
- -eno para alquenos (un doble enlace)
- -ino para alquinos (un triple enlace)

En esta unidad conocimos los compuestos que poseen únicamente átomos de carbono y átomos de hidrógeno en su estructura. Aprendimos que hay una gran variedad de este tipo de compuestos, como los hidrocarburos de cadena abierta, entre ellos el heptano, y que este a su vez se clasifica como saturado porque no posee enlaces múltiples.

Conocer esta clasificación de compuestos nos permitió ampliar nuestros conocimientos y, sobre todo, plantar los cimientos para comprender los contenidos de la próxima unidad, donde conoceremos los compuestos cíclicos no saturados.

Tecnología

GRAFENO

El material maravilla

Descubierto en 2004, al grafeno se le atribuyen propiedades extraordinarias que lo posicionan como un material con múltiples aplicaciones potenciales. Desde transformar la electrónica hasta ofrecer soluciones innovadoras en medicina, el grafeno promete revolucionar diversos campos científicos y tecnológicos.

¿Qué es?

Es una sustancia compuesta por carbono, organizada en una lámina de un solo átomo de espesor. Para ponerlo en perspectiva, se necesitarían tres millones de láminas de grafeno apiladas para alcanzar un solo milímetro de grosor. Sus átomos están dispuestos en una estructura bidimensional con forma de panal de abeja, donde cada carbono está fuertemente unido a tres carbonos, lo que le confiere propiedades mecánicas y eléctricas excepcionales.

¿Quiénes lo descubrieron?

Andre Geim y
Konstantin Novoselov (Rusia)
Universidad de Manchester
Ganadores del Premio Nobel de Física en 2010

100
veces más fuerte que el acero

1%
de grafeno puede convertir al plástico en conductor de electrcidad

Mayor conductividad eléctrica que el cobre

Más duro que el diamante

Tan flexible como el caucho

Podría sustituir al silicio en la electrónica

Principales áreas de aplicación

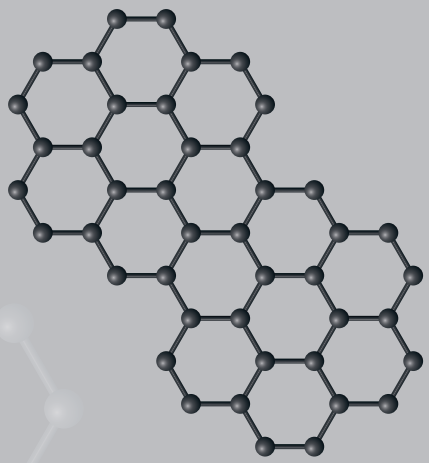
- Electrónica
- Informática
- Telefonía móvil
- Sector energético
- Industria del blindaje
- Industria automovilística
- Industria alimentaria.
- Tratamiento de aguas

El problema

Las propiedades del grafeno solo se han probado a pequeña escala y su producción masiva sigue limitada por el alto costo y la dificultad de obtener láminas uniformes.

Algunos usos posibles

- Dispositivos móviles y pantallas: más rápidos, delgados y flexibles
- Nuevas aplicaciones en electrónica transparente y flexible.
- Digitalización de envolturas o ropa
- Carrocerías de autos, neumáticos y fuselajes más ligeros y fuertes
- Dentaduras postizas más resistentes
- Baterías de mayor duración



Sabías que...

Ya existen productos hechos con algún porcentaje de grafeno (raquetas, esquís, focos, entre otros) y empresas como Samsung, IBM o Nokia están utilizando el material para la creación de nuevos dispositivos.

Evaluación

1. 1. ¿Por qué el carbono es capaz de formar una gran cantidad de compuestos?
   a. Porque tiene valencia 4 (tetravalencia).
   b. Porque forma cadenas largas C-C.
   c. Porque forma múltiples enlaces.
   d. Totas las anteriores.

2. ¿Por qué es necesaria la hibridación del carbono?
   a. Porque le permite al carbono ganar o perder electrones fácilmente.
   b. Porque evita que el carbono se combine con otros elementos distintos al hidrógeno.
   c. Porque le confiere al carbono comportamiento metálico y forma enlaces fácilmente.
   d. Porque permite la formación de enlaces covalentes estables y equivalentes con otros átomos.

3.¿Qué describe mejor la hibridación sp^3 del carbono?
   a. Combinación de un orbital s y tres orbitales p.
   b. División de los orbitales para liberar energía.
   c. Pérdida de electrones en el orbital p del carbono.
   d. Combinación de tres orbitales s y un orbital p.

4. ¿Cuál es una característica de los enlaces formados por hibridación sp^3?
   a. Son simples, fuertes y de igual energía.
   b. Son dobles, débiles y polares.
   c. Presentan geometría lineal rígida.
   d. Solo ocurren con átomos metálicos.

5. ¿Qué caracteriza a un enlace sigma (σ) en una molécula?
   a. Se forma por superposición frontal a lo largo del eje internuclear.
   b. Resulta de la fusión lateral entre orbitales atómicos p sin hibridar.
   c. Solo se presenta cuando los átomos comparten tres pares de electrones.
   d. Es exclusivo de los enlaces que ocurren entre elementos metálicos.

6. Los enlaces simples en los alcanos permiten la libre rotación de los átomos unidos.
   Falso Verdadero

7. ¿Qué geometría adopta un átomo de carbono con hibridación ?
   a. Tetraédrica, con ángulos de $109{,}5°$.
   b. Lineal, con ángulos de $180°$.
   c. Plana, con ángulos de $120°$.
   d. Cuadrada, con ángulos de $90°$.

7. ¿Qué geometría adopta un átomo de carbono con hibridación sp^2?
   a. Tetraédrica, con ángulos de 109,5°.
   b. Lineal, con ángulos de 180°.
   c. Plana, con ángulos de 120°.
   d. Cuadrada, con ángulos de 90°.

8. ¿Qué es un grupo funcional en química orgánica?
   a. Es un conjunto de átomos que determina propiedades específicas.
   b. Es una mezcla de compuestos con estructuras parecidas.
   c. Es un tipo de enlace que une dos moléculas diferentes.
   d. Es un conjunto de átomos que no determina propiedades específicas.

9. ¿Cuál es la principal diferencia entre hidrocarburos alifáticos y aromáticos?
   a. Los alifáticos no tienen anillos; los aromáticos sí tienen anillos estables.
   b. Los aromáticos son más pesados que los alifáticos por su estructura.
   c. Los alifáticos contienen oxígeno y los aromáticos solo carbono e hidrógeno.
   d. Los aromáticos se disuelven en agua y los alifáticos no lo hacen.

10. ¿Por qué a los alcanos se les conoce también como parafinas?
    a. Porque son poco reactivos y no reaccionan fácilmente con otros compuestos.
    b. Porque contienen oxígeno y forman parte de las ceras industriales comunes.
    c. Porque tienen estructuras complejas con muchos enlaces dobles y triples.
    d. Porque se disuelven bien en agua y se usan como disolventes polares.

11. Los alquenos tienen enlaces dobles que permiten una libre rotación como en los alcanos.
    Falso Verdadero

12. Los alquenos y los alquinos presentan propiedades químicas similares porque ambos son compuestos insaturados con enlaces múltiples que permiten reacciones de adición.
    Falso Verdadero

Evaluación

13. Escribe la fórmula desarrollada para los siguientes compuestos de cadena lineal no ramificada:

    a. C_7H_{16}

    b. C_7H_{14}

    c. C_7H_{12}

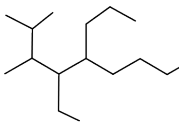
14. Escribe en fórmula líneo-angular tres isómeros estructurales con fórmula molecular de C_7H_{16}

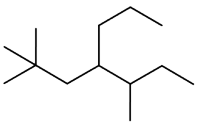
    a.

    b.

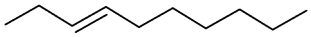
    c.

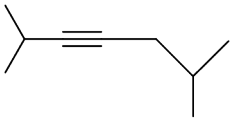
15. Sigue las reglas de nomenclatura de los alcanos y determina el nombre de:

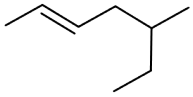
    a. 

    b. 

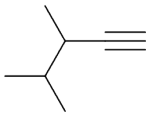
16. Sigue las reglas de nomenclatura de los alquenos y determina el nombre de:

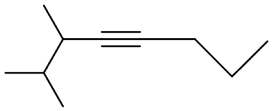
    a. 

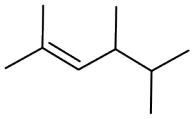
    b. 

    c. 

17. Sigue las reglas de nomenclatura de los alquinos y determina el nombre de:

    a. 

    b. 

    c. 

Unidad 5

Compuestos orgánicos

Eje integrador: organización

En esta unidad aprenderemos a:

- Reconocer las funciones de los hidrocarburos aromáticos, alcohol, fenol, éter, aldehído, cetona, ácido carboxílico, derivados de ácido carboxílico, tioles, tioéteres, aminas, haluros de alquilo y arilo.
- Identificar las propiedades físicas y químicas de los hidrocarburos aromáticos, alcoholes, fenoles, éteres, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos y sus derivados de ácido carboxílico, tioles, tioéteres, aminas, haluros de alquilo y arilo.
- Emplear nomenclatura IUPAC para nombrar hidrocarburos aromáticos, alcoholes, éteres, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, sus derivados de ácido carboxílico, tioles, tioéteres, aminas, haluros de alquilo y arilo.
- Describir la quiralidad del átomo de carbono.
- Construir modelos de isómeros constitucionales y estereoisómeros.

Vinagre compuesto principalmente de ácido acético y agua

Duración: 5 semanas

Hidrocarburos aromáticos

Indagación

Existen muchas moléculas orgánicas con olores agradables y otras con olores menos atractivos. Nos encontramos con estas sustancias diariamente, por ejemplo, al usar un gel de ducha perfumado, al sazonar nuestras comidas con espe-cias o al aspirar profundamente el aroma de una rosa. Para muchas personas, limpiar los pisos de sus hogares es una tarea satisfactoria, ya que al finalizar queda el aroma del desinfectante. Pero ¿te has preguntado cómo es que pode-mos per-cibir estos aromas y qué hace que estas sustancias sean aromáticas?
Tratemos de dar respuesta a estas interrogantes con la siguiente actividad.

A. Identifiquemos aromas

En esta actividad, huele diferentes sustancias y pon a prueba tu sentido olfativo identificando todos los olores posibles.

Materiales:

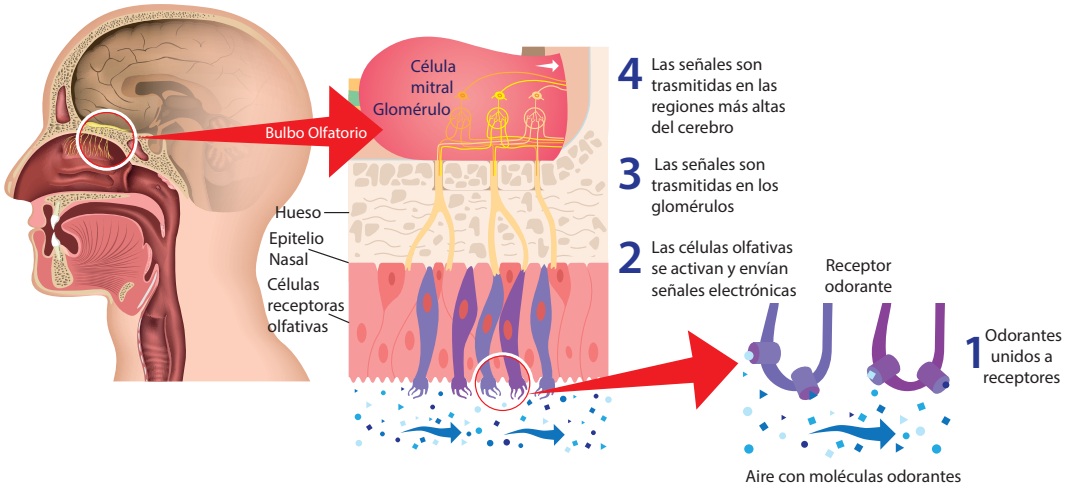
- 4 bolitas de algodón
- 4 bolsas para charamuscas, 7.6 × 20.3 cm (3 × 8 pulgadas)
- Sustancias aromáticas variadas: alcanfor, canela, desinfectantes, jabón, etc.

Procedimiento:

1. Toma una bolita de algodón e impregnala con una de las sustancias aromáticas de tu elección o de la que dispongas.
2. Introdúcela en una bolsa y etiquétala con un código propio de modo que solo tú sepas la identidad de tu sustancia aromática.
3. Repite los dos pasos anteriores hasta obtener cuatro muestras de diferente olor.
4. Forma pareja con un estudiante de tu clase.
5. Intercambien sus muestras y utilicen su sentido del olfato para identificar de qué sustancia aromática se trata; tu pareja te indicara si acertaste o no.
6. Responde:
   a. ¿Qué idea tienen de cómo podemos percibir estos aromas?
   b. ¿Qué hace que estas sustancias tengan aroma?

Con esta actividad comprendimos que existen sustancias con aromas distintos. Al leer la etiqueta de un desinfectante, notarás que varían en fragancia y color. Por ejemplo, el aroma a lavanda suele presentarse en envases morados, mientras que el verde se asocia comúnmente al olor a manzana verde.

Clasificar los olores no es tan sencillo como definir los sabores básicos como dulce, ácido, salado y amargo. Los olores típicos incluyen floral (jazmín), picante (pimienta), afrutado (manzana verde), resinoso (pino), podrido (huevo podrido), quemado o ahumado (madera quemada), mentolado (alcanfor), acre (vinagre). La percepción de los olores ocurre cuando moléculas compuestas por carbono, hidrógeno y otros átomos como oxígeno, azufre o nitrógeno, cuya estructura molecu-lar determina un olor característico, se liberan en el aire y alcanzan el epitelio olfativo, una membrana mucosa ubicada en la parte superior de la cavidad nasal.



Al respirar, estas moléculas se transportan a esta zona; si el olor es débil, aspiramos más aire para que más moléculas llegue a la membrana sensorial. Allí, las moléculas se disuelven en la mucosa y se unen a receptores olfativos situados en la membrana plasmática de las células sensoriales. Pero ¿qué hace que estas sustancias sean aromáticas?

Ante esta pregunta es momento de analizar las características químicas de los hidrocarburos, en específico los grupos funcionales de las moléculas aromáticas que están asociados con los olores característicos que percibimos. Para ello, hagamos la siguiente actividad.

B. Hidrocarburo aromático

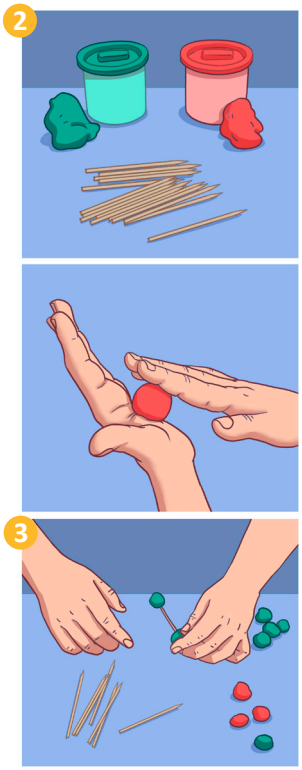
En esta actividad indagarás cómo es la estructura de una molécula clasificada como hidrocarburo aromático. Trabaja en equipo.

Materiales:

- Plastilina de dos colores diferentes.
- Palillos de madera

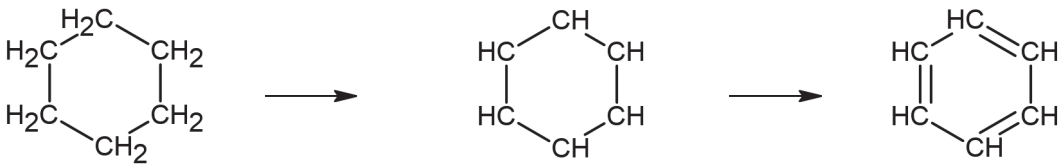
Procedimiento:

1. Discute con tus compañeros cómo consideran que es la estructura molecular del hidrocarburo aromático más simple C_6H_6.
   a. Escriban una propuesta de la fórmula desarrollada para el compuesto C_6H_6.
2. Tomen la plastilina y elaboren seis esferas de cada color. Asignen un color que represente los átomos de carbono y otro para los átomos de hidrógeno.
3. Utilicen los palillos y las esferas de plastilina para construir un modelo tridimensional de la fórmula propuesta en el *literal a*. Recuerda que los palillos representan los enlaces entre átomos.
4. Expongan ante toda la clase su modelo tridimensional y justifiquen su propuesta de fórmula desarrollada para el hidrocarburo aromático C_6H_6.
5. Lean y analicen la siguiente información.



El benceno, un hidrocarburo aromático, es un compuesto clave dentro de la familia de las sustancias orgánicas. Fue descubierto por Michael Faraday en 1826, pero no fue sino hasta 1865 que August Friedrich Kekulé propuso su estructura más representativa: un anillo cíclico de seis átomos de carbono, similar en apariencia al ciclohexano.

Imagina que en la molécula de ciclohexano cada átomo de carbono pierde un átomo de hidrógeno. Para mantener la tetravalencia del carbono, sería necesario establecer enlaces dobles entre los carbonos.



Ciclohexano — Eliminación de hidrógenos — Benceno

C_6H_6.
Benceno
Punto de fusión: 5.4 °C
Punto de ebullición: 80.1 °C
Densidad: 878.6 kg/m^3
Olor fuerte no agradable.

Sin embargo, estos dobles enlaces deben disponerse de forma alternada, es decir, uno simple seguido de uno doble, formando así una estructura cíclica con enlaces conjugados. Esta disposición es precisamente la que da origen al benceno, una molécula formada por seis carbonos y seis hidrógenos, cuya estructura presenta **resonancia**, lo que le proporciona gran estabilidad química y lo convierte en el compuesto base de los hidrocarburos aromáticos.

Es probable que tras la lectura anterior tengas una mejor comprensión sobre cómo se disponen los átomos de carbono y de hidrógeno en la estructura del benceno. Pero ¿qué es la resonancia? En la siguiente sección conocerás este concepto y las propiedades de los compuestos aromáticos.

Creatividad

En la sección anterior conocieron uno de los compuestos aromáticos más importante y elaboraron una propuesta de modelo de su molécula. Ahora conozcamos más sobre este compuesto, que es base fundamental para comprender los hidrocarburos aromáticos.

C. Conociendo el benceno

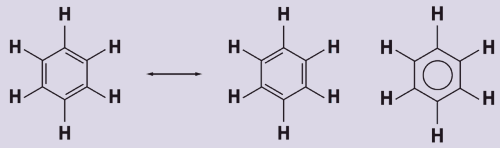
Desarrollemos la siguiente actividad para comprender la distribución espacial de los electrones en el benceno.

Procedimiento:

1. Lee la siguiente información.

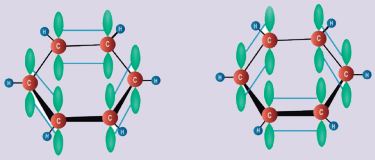
El benceno y su resonancia electrónica

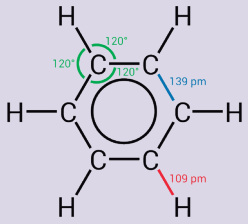
El benceno es un compuesto aromático cuya fórmula molecular C_6H_6 sugiere la presencia de tres enlaces dobles alternados en un anillo de seis carbonos. Sin embargo, los estudios experimentales revelaron que todos los enlaces carbonocarbono tienen la misma longitud, lo que indica que no se trata de enlaces simples ni dobles, sino de un estado intermedio entre ambos.



Para explicar este comportamiento, se introdujo el concepto de **resonancia electrónica**. En lugar de tener una única estructura con enlaces dobles fijos, el benceno presenta dos estructuras resonantes equivalentes que se alternan constantemente.

Esta alternancia provoca una deslocalización de los electrones π (pi) sobre todo el anillo, generando una estructura más estable que cualquiera de las formas individuales. La deslocalización se representa comúnmente con un círculo en el centro del hexágono, lo cual indica que los electrones π están distribuidos de forma equitativa entre todos los carbonos. Esta representación explica tanto la simetría como la estabilidad del benceno, características que no se observan en compuestos alifáticos.

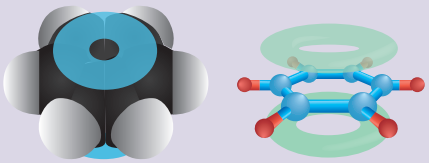




Desde un punto de vista estructural, cada carbono del benceno tiene una hibridación sp^2, unido a un hidrógeno y a otros dos carbonos con ángulos de enlace de $120°$, lo que da lugar a una estructura plana. Cada carbono tiene un orbital p no hibridado orientado perpendicular al plano del anillo, y los seis electrones π ocupan estos orbitales en una nube electrónica compartida, formando un sistema conjugado continuo.

Por estas razones, el benceno es considerado el compuesto aromático por excelencia y de él derivan muchos otros, conocidos como compuestos aromáticos **bencenoides**.

Los compuestos aromáticos, en general, son aquellos que presentan una estructura cíclica, enlaces conjugados y una alta energía de resonancia, lo que les proporciona una notable estabilidad química. Esta característica los diferencia claramente de los compuestos alifáticos, haciendo que los aromáticos tengan propiedades químicas particulares y gran importancia en la industria y la síntesis de materiales.



2. Discute con tus compañeros sobre la lectura.
3. Explica con tus palabras en qué consiste la resonancia en el benceno.

Ahora que hemos aprendido sobre la estructura del benceno, conozcamos las propiedades físicas y químicas de algunos compuestos aromáticos.

D. Propiedades de los hidrocarburos aromáticos

En equipo, experimenta con algunas de las propiedades químicas y físicas de los hidrocarburos aromáticos. Asignen a dos integrantes para la manipulación de estos.

Materiales:

- Etanol
- Benceno
- Parafina
- Gasolina
- Hielo
- Agua destilada
- Cloruro de sodio
- Ácido nítrico concentrado
- Ácido sulfúrico concentrado
- Guantes
- Mascarilla
- Agitador de vidrio
- 6 tubos de ensayo
- 2 *beaker* de $50\ ml$
- Gafas de seguridad
- Cápsula de porcelana
- Fósforos o encendedor
- *Hot plate* o cocina eléctrica

Procedimiento:

Parte I. Experimentando

1. Tomen el *beaker* y agreguen $25\ ml$ de agua, colóquenlo en hielo y resérvenlo para el *paso 13*.
2. Tomen tres tubos de ensayo y etiquétenlos del 1 al 3.
3. Viertan en el primer tubo $1\ ml$ de benceno, en el segundo tubo, $1\ ml$ de etanol, y en el tercero, $1\ ml$ de gasolina.
4. Comprueben la solubilidad en agua de las sustancias anteriores agregando $1\ ml$ de agua destilada a cada tubo. Agiten, observen y anoten lo que ocurre.
5. Ahora comprueben la solubilidad del benceno añadiendo $2\ ml$ de benceno a dos tubos de ensayo. Etiquétenlos como 4 y 5.
6. En el tubo 4 agreguen $0.2\ g$ de cloruro de sodio y en otro tubo $0.5\ ml$ de parafina. Observen y registren los resultados
7. Para comprobar la combustión del benceno, tomen una cápsula de porcelana y agreguen unas gotas de benceno.
8. Enciendan un fósforo y, con mucha precaución, acerquen la flama a la cápsula de porcelana.
9. Registren sus observaciones antes y después que la flama se haya extinguido.
10. Tomen un tubo de ensayo y etiquétenlo como 6.
11. Agreguen $2\ ml$ de ácido nítrico y por las paredes del tubo adicionen cuidadosamente $1\ ml$ de ácido sulfúrico.
12. Luego agreguen 10 gotas de benceno, gota a gota, y agiten con un agitador durante 3 minutos.
13. Agreguen el contenido del tubo en el *beaker* con agua helada del *paso 1*.
14. Registren sus observaciones (comprobación de reacción de sustitución).

Parte II. Tipos de reacciones

1. Lean y analicen en equipo la información de la siguiente página.
2. Identifiquen qué tipo de reacciones de los compuestos aromáticos se desarrollan en el procedimiento de la parte I.
3. Identifiquen las propiedades químicas y físicas de los hidrocarburos aromáticos.

Ahora ya conoces algunas propiedades físicas y químicas de los compuestos aromáti-cos, que son únicas gracias a la estructura cíclica conjugada. Estos compuestos son esenciales en diversas industrias debido a su alta estabilidad.

Recuerda seguir las medidas de seguridad durante la manipula-ción de los reactivos

En el siguiente código podrás evidenciar las propiedades de los hidro-carburos aromáticos
https://qrs.ly/r1h1g94

RESONANCIA DEL BENCENO

Fenómeno que describe la deslocalización de los electrones π (pi) a través de los seis átomos de carbono del anillo bencénico.

Propiedades químicas de los aromáticos

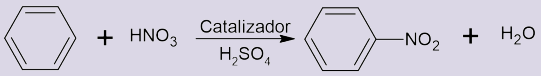
Los hidrocarburos aromáticos, también llamados **arenos**, presentan de manera general ciertas propiedades físicas y químicas entre las que podemos mencionar: muestran aromaticidad y arden con una fuerte llama de color amarillo que deja rastro de hollín por la alta relación carbonohidrógeno.

La **sustitución electrofílica aromática (SEA)** y la reacción de **sustitución nucleofílica aromática (SNA)** son reacciones características de los compuestos aromáticos. Veamos algunos ejemplos de reacciones con el benceno.

Sustitución electrofílica aromática (SEA)

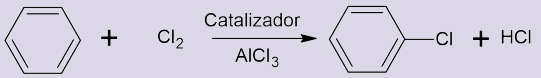
Nitración. Se introduce un grupo nitro ($-NO_2$) utilizando ácido nítrico y ácido sulfúrico como catalizador.

$$C_6H_6 + HNO_3 \rightarrow C_6H_5NO_2 + H_2O$$



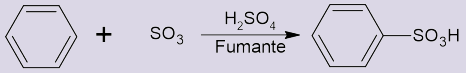
Halogenación. Se añade un halógeno (como Cl o Br) en presencia de un catalizador como $AlCl_3$ o $FeBr_3$.

$$C_6H_6 + X_2 \rightarrow C_6H_5X + HX$$



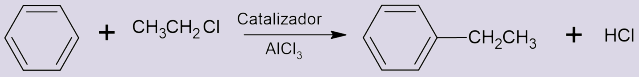
Sulfonación. Se añade el trióxido de azufre (SO_3) en presencia de ácido sulfúrico fumante H_2SO_4.

$$C_6H_6 + SO_3 \rightarrow C_6H_5SO_3H$$



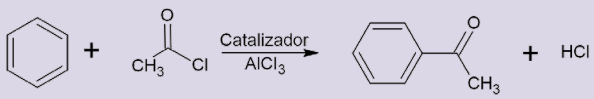
Alquilación de Friedel-Crafts. Se introduce un grupo alquilo utilizando un haluro de alquilo y un ácido de Lewis como $AlCl_3$.

$$C_6H_6 + RCl \rightarrow C_6H_5R + HCl$$



Acilación de Friedel-Crafts. Se introduce un grupo acilo utilizando un haluro de acilo y un ácido de Lewis como $AlCl_3$.

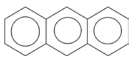
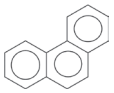
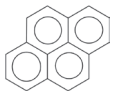
$$C_6H_6 + RCOCl \rightarrow C_6H_5COR + HCl$$



Compuestos aromáticos derivados del benceno

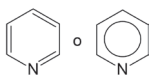
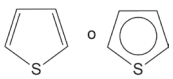
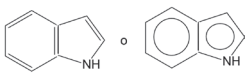
Los hidrocarburos **aromáticos policíclicos (HAP)** o aromáticos polinucleares son hidrocarburos aromáticos que están formados por dos o más anillos de benceno fusionados.

Los HAP se encuentran en depósitos de petróleo, carbón y alquitrán y se producen como subproductos de la quema de combustibles (ya sean combustibles fósiles o biomasa).

Nombre	Fórmula	Estructura
Naftaleno	$C_{10}H_8$	
Antraceno	$C_{14}H_{10}$	
Fenantreno	$C_{14}H_{10}$	
Pireno	$C_{16}H_{10}$	

Además de los compuestos aromáticos derivados del benceno, existen los compuestos aromáticos heterocíclicos, que contienen anillos con uno o más átomos distintos del carbono (llamados heteroátomos), como nitrógeno, oxígeno o azufre, los cuales presentan hibridación sp^2 y contribuyen a la aromaticidad del sistema.

Este tipo de compuestos es muy común en la naturaleza y en la química medicinal, ya que muchos forman parte de estructuras biológicas esenciales como vitaminas, bases nitrogenadas del ADN y medicamentos. Algunos ejemplos comunes de compuestos aromáticos heterocíclicos son:

Nombre	Fórmula	Estructura
Piridina	C_5H_5N	
Furano	C_4H_4O	
Tiofeno	C_4H_4S	
Indol	C_8H_7N	

Comunicación

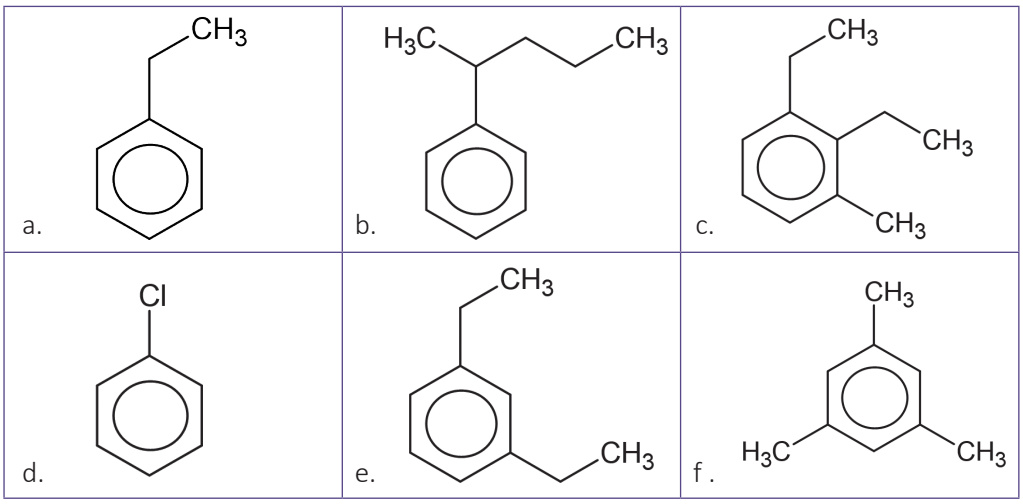
Ahora que conocemos algunos compuestos orgánicos aromáticos, es momento de aprender las reglas para nombrarlos correctamente. La nomenclatura es fundamental porque nos permite identificar con precisión cada compuesto, evitando confusiones y facilitando su estudio. Un nombre correcto no solo describe la estructura de la molécula sino que también nos ayuda a relacionarla con sus propiedades y aplicaciones en áreas tan diversas como la medicina, la vida cotidiana o distintas industrias.

D. Nomenclatura de compuestos orgánicos aromáticos

Aprende a utilizar las reglas de la nomenclatura de los compuestos orgánicos para escribir el nombre o dibujar las estructuras de los compuestos orgánicos aromáticos

Procedimiento:

1. Lee y analiza la nomenclatura de los hidrocarburos aromáticos.
2. Aplica las reglas de nomenclatura y nombra los siguientes compuestos:



3. Verifica con tus compañeros si has escrito los nombres correctamente según la nomenclatura IUPAC.
4. Escribe la estructura de los siguientes compuestos, siguiendo las reglas de la nomenclatura para los nombres de compuestos orgánicos aromáticos.
   g. Metilbenceno
   h. 1,4-Dimetilbenceno
   i 1,2,4-Trinitrobenceno
   j. Hidroxibenceno (grupo hidroxilo: $-\mathrm{OH}$)
   k. 1-Bromo-3-nitrobenceno (grupo nitro: $-\mathrm{NO_2}$)
   h. Metilnaftaleno
5. Verifica con tus compañeros si has dibujado correctamente según la nomenclatura IUPAC.

Notación...

Cuando un compuesto presenta más de un grupo funcional, se asigna el número más bajo al grupo de **mayor prioridad**, siguiendo el orden establecido de mayor a menor:

↑ Ácidos carboxílicos
Anhídridos
Esteres
Amidas
Nitrilos
Aldehídos
Cetonas
Alcoholes
Aminas
Éteres
Halogenuros de alquilo
Nitrocompuestos

En esta semana hemos estudiado los compuestos orgánicos aromáticos, que tienen una estructura única basada en anillos con electrones deslocalizados, lo que les confiere gran estabilidad química. Esta disposición especial de los enlaces, conocida como aromaticidad, diferencia a los aromáticos de otros compuestos orgánicos y explica su resistencia a ciertas reacciones. Además, la resonancia en su estructura influye directamente en sus propiedades físicas y químicas. Comprender su conformación es el primer paso para aprovechar su potencial en la ciencia y la industria.

Otro dato importante que estudiamos son las reacciones químicas en las que los compuestos aromáticos participan principalmente en sustituciones electrofílicas y, en casos específicos, nucleofílicas, permitiendo la incorporación de diferentes grupos funcionales. La correcta nomenclatura, basada en las reglas de la IUPAC, es clave para identificarlos y comunicar sus características. Sus aplicaciones abarcan desde la producción de fármacos y colorantes hasta materiales de alto rendimiento y productos de uso cotidiano. Por ello, conocer su estructura, reactividad y nomenclatura no solo tiene valor académico, sino también un impacto directo en el desarrollo tecnológico e industrial.

Nomenclatura de los hidrocarburos aromáticos

La nomenclatura IUPAC de compuestos orgánicos aromáticos sigue ciertas reglas que ayudan a identificar y nombrar las estructuras químicas basadas en el anillo bencénico. A continuación se presentan las principales reglas:

Benceno como compuesto base para nombrar compuestos aromáticos. Cuando hay sustituyentes en el anillo bencénico, estos se nombran antes de «benceno».

Sustituyentes en el anillo bencénico

Monosustituidos. Cuando hay un solo sustituyente, simplemente se nombra el sustituyente seguido de la palabra «benceno». Ejemplo: clorobenceno, bromobenceno.

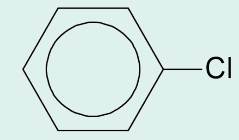
Disustituidos. Cuando hay dos sustituyentes, se numera el anillo y se inicia la numeración con el átomo que aparezca en orden alfabético; las posibles posiciones de los sustituyentes son 1,2; 1,3 o 1,4.

Sustituyente átomos iguales. Se identifica el número de carbono donde están los sustituyentes. Ejemplo: 1,2-Diclorobenceno.

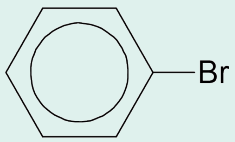
Sustituyentes átomos distintos. Se identifica el número de carbono donde está el sustituyente y se coloca en orden alfabético. Ejemplo: 1-bromo-4-clorobenceno.

Polisustituidos. Cuando hay más de dos sustituyen-tes, la numeración debe ser de modo que los sustituyentes tengan el menor número de posición; luego se nombran en orden alfabético. Ejemplo: 1,4-Dibromo-2-clorobenceno, 5-bromo-1,3-dinitrobenceno.

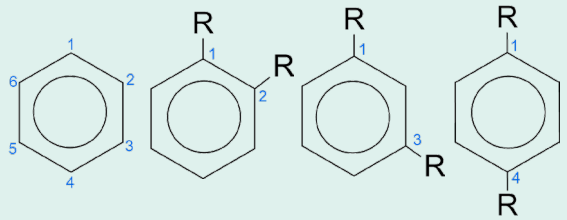
Sustituyentes derivados de benceno.
Cuando se usa el anillo bencénico como sustituyente, se le llama grupo fenilo (Ph). Ejemplo: Fenilmetano ($Ph\text{-}CH_3$). También es un fenil cuando está unido a una cadena principal. Ejemplo: 4-etil-1,6-difenil-2-metilhexano.

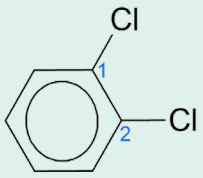


Clorobenceno

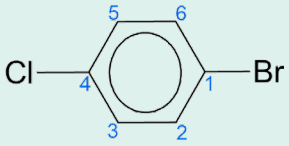


Bromobenceno

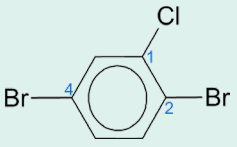


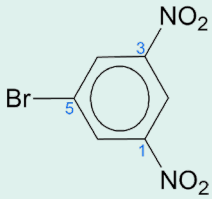


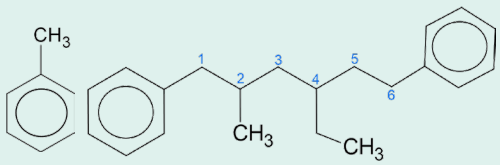
1,2-Diclorobenceno



1-Bromo-4-clorobenceno





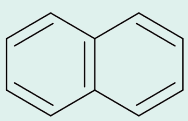


Fenilmetano

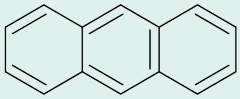
4-etil-1,6-difenil-2-metilhexano

Compuestos aromáticos con anillos fusionados

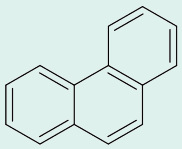
Son compuestos formados por dos o más anillos bencénicos que comparten uno o más lados. Su nomenclatura combina nombres comunes ampliamente aceptados, como **naftaleno** (dos anillos fusionados), **antraceno** (tres anillos en línea) y **fenantreno** (tres anillos en forma angular). Para nombrar los compuestos sustituidos, se aplica una numeración específica de los carbonos del anillo, comenzando por el extremo derecho y siguiendo en sentido horario. Los carbonos de unión entre anillos se identifican con letras del alfabeto. Los sustituyentes se nombran en orden alfabético, seguidos del nombre del hidrocarburo principal.



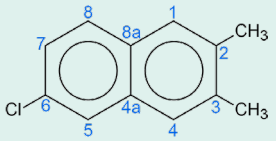
Naftaleno



Antraceno



Fenantreno



6-cloro-2,3-dimetilnaftaleno

Alcoholes, fenoles y éteres

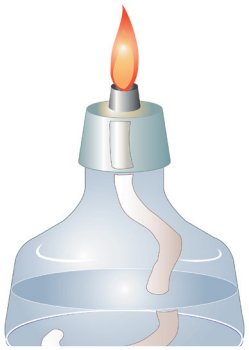
Indagación

En la actualidad se ha generado conciencia sobre el uso de antisépticos y desinfectantes para evitar la propagación de agentes infecciosos. En este contexto, los compuestos orgánicos oxigenados, como los **alcoholes**, los **fenoles** y los **éteres**, juegan un papel importante no solo como antisépticos, sino también por sus usos significativos en diversas áreas industriales.

En la industria cosmética y de cuidado personal, los alcoholes, los fenoles y los éteres se utilizan para elaborar perfumes, desodorantes, lociones y geles antibacteriales. También se emplean en la fabricación de pinturas, barnices y otros productos industriales. Además, son utilizados en la industria de los alimentos, como en las bebidas alcohólicas, o en farmacéutica, para fabricar medicamentos, incluyendo analgésicos, antisépticos, entre otros productos. En resumen, los compuestos orgánicos oxigenados son esenciales no solo por su capacidad antiséptica, sino también por sus múltiples aplicaciones en industrias como la cosmética, la alimentaria y la farmacéutica.

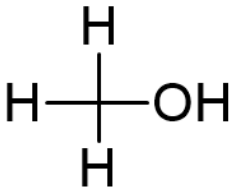
A. Identifiquemos grupo funcional

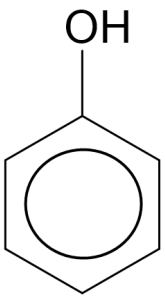
En esta actividad aprenderás qué es un grupo funcional e identificarás el grupo funcional del alcohol y del fenol. Para ello, sigue estos pasos.

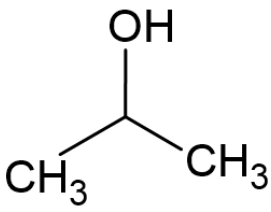


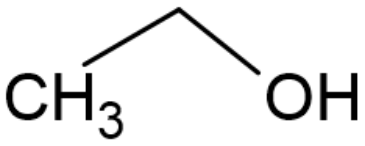
Procedimiento:

1. En las imágenes siguientes, observa los compuestos que se presentan e identifica la especie que es común en todos ellos, aparte de los carbonos y el hidrógeno.
2. Escribe la estructura en tu cuaderno. Resalta con un color la cadena carbonada y con otro color, el grupo funcional.









Recuerda que un grupo funcional es un conjunto específico de átomos dentro de una molécula que confiere características químicas particulares a esa molécula. Se representa en la fórmula general por R para los compuestos alifáticos y como Ar para los compuestos aromáticos. Estos grupos son responsables de las reacciones químicas típicas de la molécula y determinantes de sus propiedades físicas y químicas.

Si se habla de la reactividad química, los grupos funcionales son los sitios de la molécula donde tienen lugar las reacciones químicas. Las propiedades físicas influyen en el punto de ebullición, el punto de fusión y la solubilidad.
En el caso de la nomenclatura, los nombres de los compuestos orgánicos suelen reflejar la presencia de grupos funcionales. Las interacciones intermoleculares son fuerzas que pueden afectar la forma en que las moléculas actúan entre sí, como las fuerzas de Van der Waals, los enlaces de hidrógeno y los dipolos. Gracias a los grupos funcionales se pueden identificar y clasificar compuestos químicos, que son esenciales en la planificación y ejecución de síntesis químicas, además de ser cruciales para la actividad biológica y la función molecular.

Creatividad

Los alcoholes son sustancias que tienen un **grupo hidroxilo** $-OH$ unido a un carbono alifático $R-OH$. Los fenoles, en cambio, presentan el grupo hidroxilo unido a un carbono aromático $Ar-OH$; esta diferencia estructural hace que los alcoholes se comporten de manera diferente a los fenoles. Los éteres contienen la unión $R\text{-}O\text{-}R'$, donde R y R' son grupos derivados de hidrocarburos (alifáticos o aromáticos). Se forman a partir de la reacción entre un alcóxido que contiene el ion RO^- y un halogenuro de alquilo.

Estas diferencias estructurales en alcoholes, fenoles y éteres proporciona sus propiedades físicas y químicas a cada uno de estos grupos de compuestos. Estas propiedades son importantes, pues gracias a ellas se pueden clasificar y determinar sus aplicaciones en la industria.

Ojo al dato...

El **alquilo** es un sustituyente, formado por la separación de un átomo de hidrógeno de un hidrocarburo saturado o alcano.

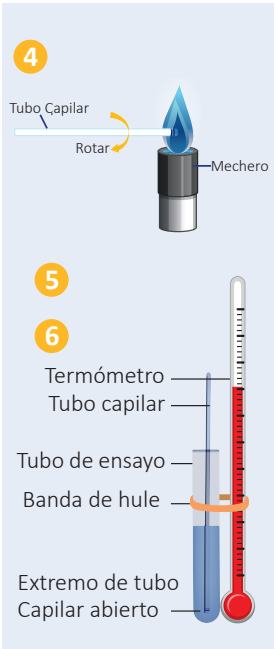
Los **alcóxidos** son compuestos del tipo ROM, siendo
R un grupo alquilo,
O un átomo de oxígeno,
M un ion metálico u otro tipo de catión.

Laboratorio — Medición de temperatura y humedad

En equipo comprueba algunas propiedades de compuestos que contienen oxígeno en su estructura, para ello necesitaras los siguientes.

Materiales:

- 10 ml de etanol
- 50 ml de parafina
- 3 ml de dietiléter
- 20 ml de agua destilada
- 2 ml de cloruro férrico al 1 %
- 10 ml de fenol concentrado o al 10 %
- 2 ml de solución de fenolftaleína
- 7 ml de hidróxido de sodio al 10 % y al 0.05 %
- Mechero o encendedor
- 14 tubos de ensayo pequeños o de hemolisis
- Gradilla
- 3 goteros
- Fósforos
- Probetas de 10 ml
- Tubo capilar
- Banda de hule
- Termómetro de 250 °C
- Beaker de 100 ml
- Soporte metálico
- Pinza de sostén
- Hot plate o mechero



Procedimiento:

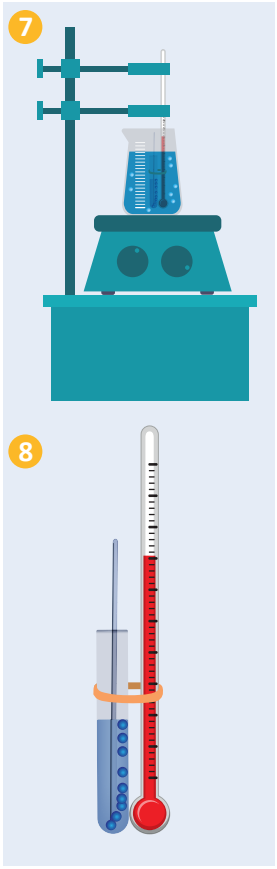
Parte I. Propiedades físicas

1. Tomen la gradilla y tres tubos de ensayo, numérenlos y coloquen las sustancias que se indican a continuación:
   Tubo 1: 0.5 ml etanol
   Tubo 2: 0.5 ml fenol
   Tubo 3: 0.5 ml dietiléter
2. Adicionen a cada tubo 2 ml de agua destilada, agiten cuidadosamente y observen.
3. Anoten en su cuaderno los resultados de la solubilidad en agua de las sustancias que contenía cada tubo.
   a. ¿Todas las sustancias son solubles en agua? Explica tu respuesta.
4. Ahora tomen un capilar y acerquen un extremo a la llama del mechero girándolo para lograr que se cierre ese extremo.
5. Coloquen 0.3 ml de etanol o fenol (solo uno de los dos compuestos) en un tubo de ensayo e introduzcan el capilar con el extremo abierto hacia abajo.
6. Adhieran el tubo a un termómetro con una banda de hule, de forma que el fondo esté al mismo nivel que el bulbo del termómetro.

Procedimiento:

Parte I. Propiedades físicas

7. Tomen un *beaker* de $100\ \text{ml}$, adicionen $50\ \text{ml}$ de parafina e introduzcan el tubo con el termómetro en el *beaker* como se muestra en la imagen. Deben tener precaución de que el hule no se sumerja o tenga contacto con la parafina.
8. Calienten lentamente hasta que empiece a salir burbujas de aire del capilar (como un rosario de burbujas); continuar el calentamiento de modo que vaya subiendo la temperatura $2\ °\text{C}$ por minuto.
9. Observen el capilar y cuando salga la última burbuja de aire anoten la temperatura. Esta será la temperatura del punto de ebullición del compuesto seleccionado.
10. Investiguen el punto de ebullición teórico del compuesto seleccionado y compárenlo con el valor obtenido en el experimento.
11. Descarten los líquidos contenidos en los tubos de ensayo y lávenlos.



Parte II. Propiedades químicas

1. Tomen tres tubos de ensayo, numérenlos y coloquen las sustancias que se indican a continuación:
   Tubo 1: $0.5\ \text{ml}$ etanol
   Tubo 2: $0.5\ \text{ml}$ fenol
   Tubo 3: $0.5\ \text{ml}$ dietiléter
2. Adicionen a cada tubo $5\ \text{ml}$ de una solución de hidróxido de sodio al $10\ \%$ y agiten en cada caso.
3. Observen y anoten los resultados de la reacción de los compuestos oxigenados con un álcali (NaOH) para cada tubo.
   a. ¿Todas las sustancias reaccionan con el hidróxido de sodio? Expliquen.
4. Tomen otros tres tubos de ensayo y etiquétenlos así: tubo $1 + \text{FeCl}_3$, Tubo $2 + \text{FeCl}_3$ y tubo $3 + \text{FeCl}_3$.
5. Coloquen en tres tubos de ensayo $5\ \text{ml}$ de agua destilada y adicionen respectivamente de 2 a 3 gotas de cada compuesto:
   Tubo $1 + \text{FeCl}_3$: etanol
   Tubo $2 + \text{FeCl}_3$: fenol
   Tubo $3 + \text{FeCl}_3$: dietiléter
6. Agiten vigorosamente para efectuar las disoluciones.
7. Luego adicionen a cada tubo 2 gotas de solución de cloruro férrico al $1\ \%$ y agiten.
8. Observen y anoten la coloración de cada compuesto y si hay evidencia de la reacción con tricloruro de hierro.
   a. ¿Qué sustancias reaccionaron con el cloruro de hierro?
9. Tomen un tubo de ensayo y etiquétenlo como **acidez del fenol**.
10. Agreguen en el tubo de ensayo $0.5\ \text{ml}$ de hidróxido de sodio al $0.05\ \%$ y 1 gota de fenolftaleína.
11. Añadan gota a gota la solución de fenol al $10\ \%$ hasta decolorar la solución.
12. Observen y anoten las evidencias de lo ocurrido.
13. Respondan:
    a. ¿Cuántas gotas utilizaron para neutralizar la solución?

Con esta actividad hemos comprobado algunas de las propiedades físicas y químicas de los alcoholes, los fenoles y los éteres. Observaste que los puntos varían significativamente según el grupo funcional: los alcoholes y los fenoles tienen puntos de fusión más altos que los éteres. Estas observaciones directas nos han permitido entender cómo los diferentes grupos funcionales $-\text{OH}$ y $\text{R}-\text{O}-\text{R}'$ son responsables de las propiedades físicas y la reactividad únicas que hacen a cada clase de compuesto esencial y distinguible en el laboratorio.

En esta actividad conoceremos las características estructurales de los alcoholes, los fenoles y los éteres y sus grupos funcionales para comprender mejor las propiedades químicas y físicas de esos compuestos.

TIPOS DE ALCOHOLES

Los alcoholes se clasifican en primarios, secundarios o terciarios según el número de grupos alquilo unidos al carbono con el -OH.

B. Conociendo los alcoholes, los fenoles y los éteres

Aprendamos características estructurales de los alcoholes, los fenoles y los éteres a partir del análisis de lectura, que nos ayudará a comprender las propiedades físicas y químicas que le confieren los grupos funcionales a este tipo de compuestos.

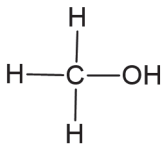
Procedimiento:

1. Lee y analiza la siguiente información.

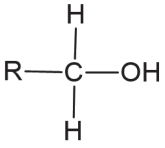
Alcoholes

Grupo funcional: $-OH$ Representación estructural $R\text{-}OH$

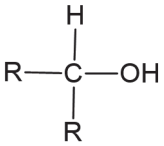
Los alcoholes pueden ser clasificados según la cantidad de carbonos que estén unidos al carbono donde se sustituya el hidroxilo.



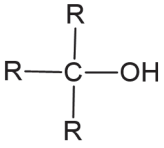
No se clasifica



Alcohol primario

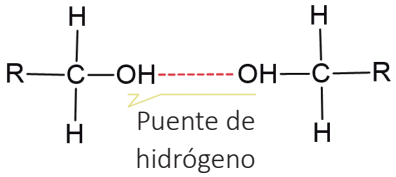


Alcohol secundario

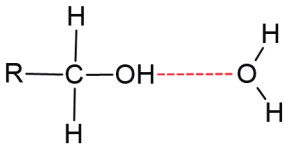


Alcohol terciario

La presencia del grupo hidroxilo permite a estos compuestos formar puentes de hidrógeno entre sus moléculas (puentes de hidrogeno intermoleculares), así como lo hacen con el agua, esto trae como consecuencia, la solubilidad que tanto los alcoholes como los fenoles sean apreciablemente solubles en agua particularmente los miembros más pequeños de la serie.



Puente de hidrógeno intermolecular

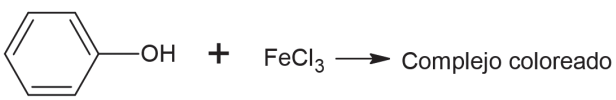


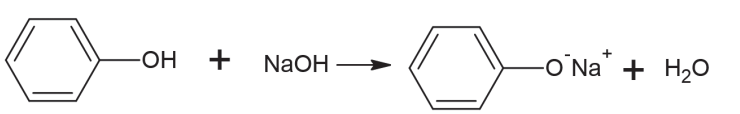
Puente de hidrógeno alcohol- agua

Otra característica de los alcoholes es el **carácter anfotérico**. Los alcoholes pueden actuar como ácidos o como bases, pero los fenoles presentan una acidez mayor a la de los alcoholes: los fenoles forman sales al reaccionar con una solución de hidróxido de sodio, pero los alcoholes no. Las sales obtenidas generalmente son solubles en agua.

Los fenoles y los compuestos con grupos hidroxilo unidos a átomos de carbono insaturado (enoles) reaccionan con el cloruro férrico, formando productos coloreados que pueden ser rosados, violetas o verdes, según su estructura. Estas coloraciones se deben a la formación de complejos de coordinación con el hierro. Los alcoholes, en general, no reaccionan, por lo que esta prueba puede utilizarse para diferenciar alcoholes de fenoles.

Los fenoles reaccionan con hidróxido de sodio para formar una sal iónica llamada «fenóxido de sodio». El ion fenóxido es muy estable debido a la resonancia, lo que hace que los fenoles sean más ácidos que los alcoholes. Esto se refleja en la reacción con $NaOH$, que es positiva para fenoles, pero no para alcoholes.

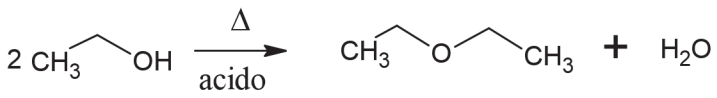




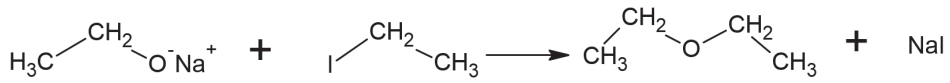
Fenóxido de sodio

Los éteres se pueden formar mediante varios métodos, siendo los más comunes la deshidratación de alcoholes y la síntesis de Williamson. Veamos brevemente ambos métodos.

Deshidratación de alcoholes. Este método consiste en la eliminación de una molécula de agua (H_2O) a partir de dos moléculas de alcohol. Generalmente, se utiliza ácido sulfúrico como catalizador y se lleva a cabo a altas temperaturas. Por ejemplo, la deshidratación de etanol (C_2H_5OH) puede producir dietiléter ($C_2H_5OC_2H_5$).



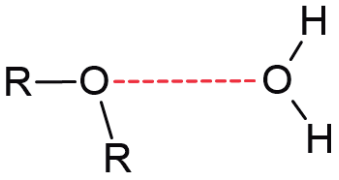
Síntesis de Williamson. Este es uno de los métodos más comunes y versátiles para la preparación de éteres. Consiste en la reacción de un haluro de alquilo ($R-X$) con un alcóxido ($R-O^-$), que es una base fuerte derivada de un alcohol. El alcóxido se prepara tratando el alcohol con una base fuerte como el hidruro de sodio (NaH) o el sodio metálico (Na). Un ejemplo específico sería la reacción del etóxido de sodio (C_2H_5ONa) con yoduro de etilo (C_2H_5I)
para formar dietiléter ($C_2H_5-O-C_2H_5$) y yoduro de sodio (NaI).



Alcóxido Haluro de alquilo éter

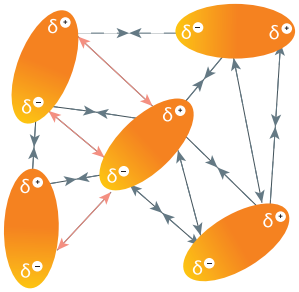
En general los éteres son líquidos, solo el éter que posee dos átomos de carbono (dimetiléter) es gaseoso a temperatura ambiente. Otra característica de los éteres es que tienen olor agradable y son menos densos que el agua. Los éteres que tienen cinco o menos carbonos en su estructura son solubles en agua y los que tienen más de seis carbonos no son solubles en este solvente.

Los éteres, al carecer de un hidrógeno unido directamente al oxígeno, no pueden formar puentes de hidrógeno entre sus moléculas, pero sí forman puentes de hidrógeno con el agua. Es decir, una molécula de un éter puede formar puente de hidrógeno con una molécula de agua. En los éteres, la fuerza intermolecular que predomina son las interacciones dipolo-dipolo.



Puente de hidrógeno
éter- agua

Interacción dipolo - dipolo



2 Discute en equipo los resultados de la *actividad B, Parte II: propiedades químicas*.
3. Escribe en tu cuaderno los compuestos que dieron positivo en las reacciones de la *actividad B*, *Parte II*: *propiedades químicas*.

En esta actividad conocimos cómo las propiedades físicas y químicas de los alcoholes, los fenoles y los éteres están intrínsecamente ligadas a sus grupos funcionales. Hemos confirmado que la formación de puentes de hidrógeno a través del grupo hidroxilo ($-OH$) es la razón principal de los altos puntos de ebullición y la solubilidad de alcoholes y fenoles, una característica ausente en los éteres, que presentan puntos de ebullición notablemente inferiores.

Asimismo, hemos explorado cómo las diferencias estructurales influyen en la reactividad, siendo los fenoles marcadamente más ácidos. Ahora, para poder comunicar con precisión estas propiedades y las reacciones que les dan origen, y dado que estas sustancias están por doquier, es de vital importancia dominar la nomenclatura química: nombrar correctamente un alcohol, un fenol o un éter nos permite, instantáneamente, saber a qué compuesto nos referimos y anticipar su comportamiento.

Comunicación

Ahora que has identificado los grupos funcionales de los alcoholes, los fenoles y los éteres, es momento de abordar la nomenclatura de cada uno de estos compuestos. A continuación conoceremos las reglas de nomenclatura para estos compuestos oxigenados y las aplicaremos nombrando o elaborando las estructuras en algunos ejemplos.

C. Nomenclatura de alcoholes, fenoles y éteres

En esta actividad debes nombrar o elaborar las estructuras de los compuestos presentados, aplicando las reglas de nomenclatura correspondientes a los grupos funcionales indicados.

Procedimiento:

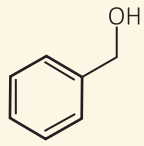
1. Lee la siguiente información sobre las reglas de nomenclatura para alcoholes, fenoles y éteres.

Nomenclatura para alcoholes

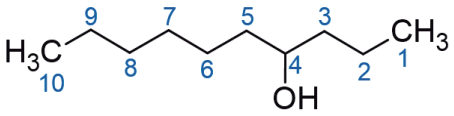
- Se identifica la cadena principal: primero se encuentra la cadena de carbono más larga que contiene el grupo hidroxilo $-OH$. Esta cadena será la cadena principal.
- Se numera la cadena principal de manera que el grupo hidroxilo $(-OH)$ tenga el número más bajo posible. El carbono al que está unido el grupo recibe el número más bajo.
- El nombre de la cadena principal se deriva del nombre del alcano correspondiente (metano, etano, propano, etc.), cambiando la terminación «-ano» por «-ol». Ejemplo: Si la cadena principal tiene tres carbonos, el nombre base es «propanol».
- Se indica la posición del grupo hidroxilo y se coloca el número del carbono al que está unido el grupo $-OH$ antes del nombre base, separado por un guion. Ejemplo: si el grupo $-OH$ está en el carbono 2 de una cadena de tres carbonos, el nombre es «2-propanol».
- Se nombra y numera los sustituyentes: si hay otros grupos (sustituyentes) unidos a la cadena principal, se numeran según su posición en la cadena principal y se nombran con prefijos. Los sustituyentes deben estar en orden alfabético en el nombre final. Ejemplo: si hay un grupo metilo (CH_3) en el carbono 2 de «2-propanol», el nombre es «2-metil-2-propanol».
- Para identificar grupos funcionales en una cadena o anillo aromático hay una jerarquía de prioridad en la nomenclatura y reactividad de los compuestos orgánicos (ver página 125 para guiarte e identificar).

Fíjate que...

Para la estructura del $C_6H_5CH_2OH$, la cadena principal es el de un carbono, porque el anillo bencénico se toma como un sustituyente (grupo fenilo) y el grupo funcional es el $-OH$, lo que corresponde un alcohol con nombre fenilmetanol.



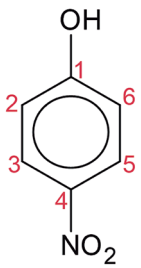
Cadena principal:	10 carbonos (decano)
Grupo funcional:	–OH en el carbono 4
Sustituyentes:	No
Nombre:	4-decanol



Nomenclatura para fenoles

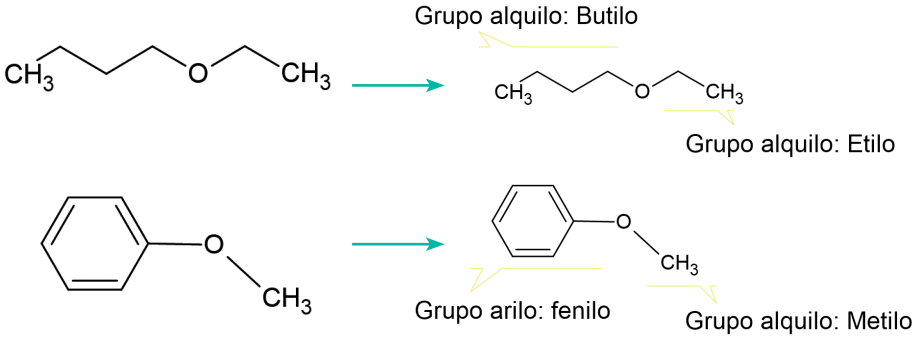
- El fenol es un anillo de benceno con un grupo hidroxilo $(-OH)$ unido directamente a uno de los carbonos del anillo.
- El compuesto base se llama «fenol».
- Se numera los carbonos del anillo de benceno empezando desde el carbono al que está unido el grupo hidroxilo $(-OH)$ y se continua en la dirección que otorgue los números más bajos posibles a los sustituyentes.
- Se nombra y numera los sustituyentes; si hay otros grupos (sustituyentes) unidos al anillo de benceno, se numeran según su posición en el anillo y nómbralos con prefijos.

Grupo funcional:	$-OH$, numera el anillo iniciando en el grupo funcional.
Sustituyentes:	Sigue la numeración de modo que el grupo nitro tenga el número más bajo, en este caso 4.
Nombre:	4-nitrofenol



Nomenclatura para éteres

- Se identifican los grupos alquilo o arilo: los éteres están formados por un átomo de oxígeno unido a dos grupos alquilo o arilo ($R - O - R'$). Los grupos alquilo son cadenas de carbonos y los grupos arilo son anillos aromáticos que se unen a la cadena principal o grupo funcional.
- Se nombran los dos grupos unidos al oxígeno en orden alfabético. Si ambos grupos son iguales, se usa el prefijo «di-».
- Se usa el sufijo «éter»: se añade la palabra «éter» al final de los nombres de los grupos alquilo o arilo. Aplicando las reglas, tenemos los siguientes ejemplos:



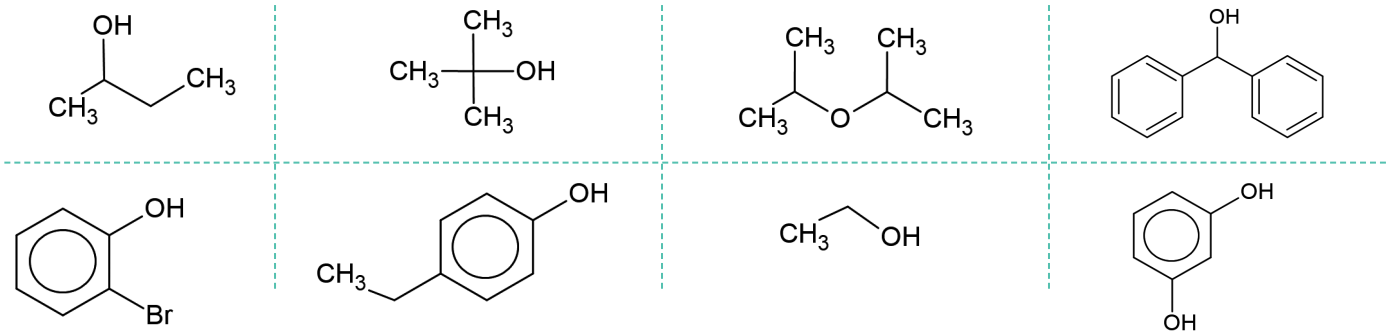
Grupos alquilo: etilo (C_2H_5) y butilo (C_4H_9)

Nombre: butiletiléter

Grupos: fenilo (C_6H_5) y metilo (CH_3)

Nombre: fenilmetiléter

2. Aplica las reglas de nomenclatura para escribir el nombre a las estructuras de los siguientes compuestos:



3. Analizando las reglas de nomenclatura, dibuja las estructuras que corresponden a los siguientes compuestos:
   a) 2-metil-1-propanol
   b) Trifenilmetanol
   c) 2-metilfenol
   d) 1-bromo-3, 3-dimentil-2-butanol
   e) 1-metilciclopentanol
   f) 3-nitrofenol
   g) Butilpropiléter
   h) Dimetiléter

4. Clasifica los compuestos de los *pasos 2* y *3* en alcoholes, fenoles o éteres, según corresponda.

Con esta actividad hemos aprendido las reglas para nombrar los alcoholes, fenoles y éteres. Un dato importante es que existen otras formas de nombrar estos compuestos mediante los nombres tradicionales, pero en nuestro caso seguiremos la nomenclatura de la actividad que acabas de finalizar.

En esta semana hemos aprendido características físicas y químicas de los alcoholes, los fenoles y los éteres, así como a identificar el grupo funcional de cada uno de estos compuestos. Además, conocer la nomenclatura química y las aplicaciones de estos compuestos nos ayuda a comprender ciertos usos de estas sustancias en la vida cotidiana. Ahora que experimentaste con el etanol y su punto de ebullición, por ejemplo, tendrás más cuidado de manipular este compuesto cerca de una flama.

Finalmente, con esta temática aprendimos que estos compuestos están presentes en nuestro día a día, dándoles significado a sus usos cotidianos. De esta forma podemos reconocer fácilmente que sustancias comunes como los enjuagues bucales utilizan alcoholes y, en ocasiones, fenoles, como el 4-hexilresorcinol, demostrando que la química orgánica que estudiamos tiene una aplicación real y constante en el mundo que nos rodea.

Aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos

Indagación

Anteriormente conocimos los alcoholes y su importancia en la vida cotidiana, pero ¿qué ocurre cuando estos compuestos se oxidan? El resultado son nuevos compuestos orgánicos oxigenados, como aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos, que se encuentran en productos de uso cotidiano. Por ejemplo, el olor de la vainilla, el aroma de la canela o la acidez característica del vinagre se deben a estos compuestos. ¿Qué crees que los diferencia entre sí? ¿Cómo se relaciona su estructura con sus propiedades y aplicaciones?

Actualmente, existe una tendencia creciente en el uso de resinas. Cabe destacar que estas sustancias contienen compuestos oxigenados como los aldehídos, entre otros. Es probable que hayas escuchado la palabra resina en algunas artesanías, pinturas, uñas artificiales o en prótesis dentales. Otra área donde se utilizan los compuestos oxigenados es la alimentaria: ciertos ácidos orgánicos son ampliamente utilizados como conservantes. Un ejemplo familiar es el encurtido de repollo que acompaña las pupusas, elaborado con vinagre, que contiene un porcentaje de ácido acético.

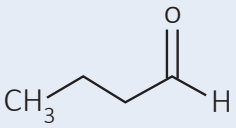
Hasta ahora has conocido tres grupos funcionales de compuestos orgánicos oxigenados: los alcoholes, fenoles y éteres. En esta semana conocerás otros grupos funcionales de compuestos orgánicos oxigenados. Veamos la siguiente actividad.

A. Identifiquemos aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos

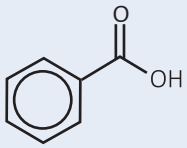
En esta actividad se muestran diversos compuestos orgánicos oxigenados clasificados como aldehídos, centonas y ácidos carboxílicos utilizados en productos domésticos. Trata de identificarlos siguiendo estos pasos:

Procedimiento:

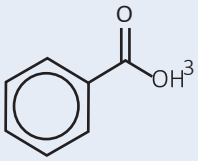
1. Lee el apartado titulado *Grupo funcional de aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos*.
2. Busca algunos productos de uso doméstico que encuentres en casa, como productos de limpieza o alimenticios.
3. Observa en la viñeta los ingredientes, identifica alguno de los compuestos con nombres comunes y compara si aparecen algunos de los que se muestran a continuación.
4. De los compuestos que encontraste en el paso 3 y en la lectura anterior, trata de identificar su grupo funcional y comprueba si acertaste; si no es el caso, no te preocupes, ahora ya sabrás identificarlos



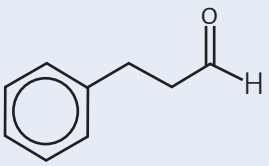
Butiraldehído
Aroma: mantequilla
Usos: margarina, alimentos



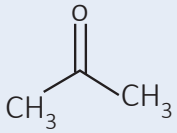
Ácido benzoico
Aroma: acre
Usos: conservante de alimentos



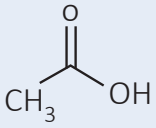
Acetofenona
Aroma: pistacho
Usos: helado



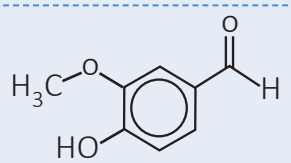
Cinamaldehído
Aroma: canela
Usos: dulces, alimentos, fármacos



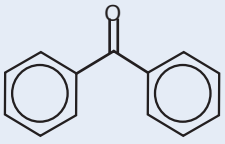
Acetona
Aroma: dulce
Usos: plásticos, fibras, medicamentos.



Vinagre
Aroma: agrio
Usos: medicina, industrias química y alimentaria



Vainilla
Aroma: vainilla
Usos: alimentos, perfumes



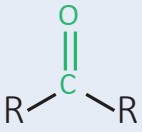
Benzofenona
Aroma: rosas
Usos: fotoquímica orgánica, perfumería

Grupo funcional de aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos

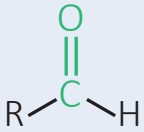
Una de las características que comparten estos compuestos es que contienen el **grupo carbonilo** (C=O), de gran importancia en la química orgánica, en la bioquímica y en la biología. Los compuestos carbonílicos se encuentran en todas partes. Además de su uso como reactivos y disolventes, son constituyentes de telas, saborizantes, plásticos y fármacos.

Entre los compuestos carbonílicos que existen en la naturaleza se incluyen proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos, que son constituyentes de las plantas y los animales, pero esto lo veremos más adelante. Ahora nos centraremos en las propiedades y reacciones de los compuestos carbonílicos sencillos. Los compuestos carbonílicos más sencillos son las cetonas y los aldehídos:

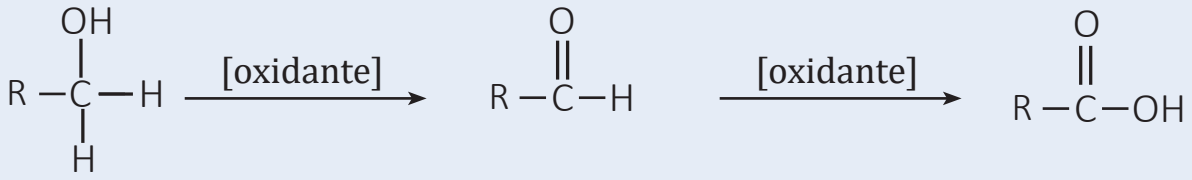
Cetona
Dos grupos alquilo unidos a un grupo carbonilo.



Aldehído
Un grupo alquilo y un hidrógeno unidos a un grupo carbonilo

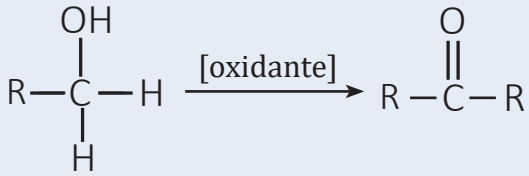


Los aldehídos se obtienen a partir de la oxidación de un alcohol primario, pero se oxidan fácilmente hasta convertirse en ácidos carboxílicos. Por lo tanto, para preparar aldehídos a partir de alcoholes primarios es necesario controlar cuidadosamente la oxidación del compuesto formado, evitando, en la medida de lo posible, el contacto del aldehído producido con el reactivo oxidante. Esto se logra aplicando métodos de separación, como la destilación del aldehído.



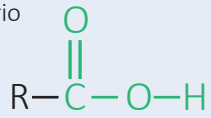
Alcohol primario — Aldehído — Ácido carboxílico

Los alcoholes secundarios obtenidos por el mismo procedimiento producen cetonas. La reacción no puede continuar hasta un ácido carboxílico porque no existe un hidrógeno en el carbono del grupo carbonilo para oxidar más.



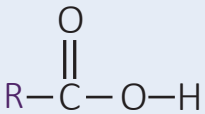
Alcohol secundario — cetona

A la combinación de un grupo carbonilo y un hidroxilo en el mismo átomo de carbono se le conoce como **grupo carboxilo** (COOH). Los compuestos que contiene el grupo carboxilo son claramente ácidos y se les llama ácidos carboxílicos.

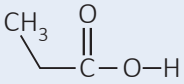


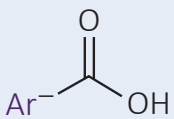
Ácido carboxílico
Grupo carboxilo

Esto se clasifican de acuerdo con el sustituyente enlazado al grupo carboxílico:

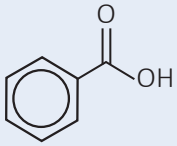


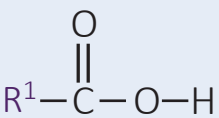
Ácido alifático: tiene un grupo alquilo enlazado al grupo carboxílico.



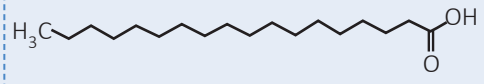


Ácido aromático: tiene un grupo aromático enlazado al grupo carboxílico.





Ácidos grasos: son ácidos alifáticos de cadena larga derivados de la hidrólisis de las grasas y de los aceites.



Creatividad

Los aldehídos y las cetonas tienen propiedades físicas que se derivan principalmente de la presencia del grupo carbonilo ($C=O$) en su estructura. A continuación se presentan las propiedades físicas más relevantes de estos compuestos:

El impedimento estérico ocurre cuando el tamaño de los grupos o átomos en una molécula hace difícil que otras moléculas o átomos se acerquen o reaccionen con ella. Es como si partes de la molécula estuvieran «bloqueando el camino» debido a su volumen, lo que puede afectar la reactividad química o la estabilidad de la molécula.

B. Propiedades de aldehídos y cetonas

Con esta actividad conocerás las propiedades físicas y observarás las diversas reacciones que se emplean para la identificación de aldehídos y cetonas.

Procedimiento:

1. Lee sobre las propiedades físicas de los aldehídos y cetonas.

Punto de ebullición. La polaridad de cetonas y aldehídos causa atracciones dipolodipolo, elevando sus puntos de ebullición respecto a hidrocarburos y éteres de similar masa molecular.

Punto de fusión. Las cetonas suelen tener puntos de fusión más altos que los aldehí-dos debido a su simetría molecular, lo que favorece sólidos más estables.

Solubilidad en agua. Los aldehídos y las cetonas de bajo peso molecular son solubles en agua; su solubilidad disminuye con mayor peso molecular. Los aldehídos suelen ser más solubles que las cetonas debido a que tienen menos impedimento estérico para interactuar con el agua.

Olor. Muchos aldehídos y cetonas tienen olores distintivos; aldehídos como el benzaldehído se usan en perfumería, y cetonas como la acetona sirven como solventes.

Polaridad. Los aldehídos y las cetonas son compuestos polares por el grupo carbonilo; las cetonas son ligeramente más polares que los aldehídos debido a sus dos grupos alquilo.

Densidad. Los aldehídos y las cetonas son más densos que los hidrocarburos, pero menos densos que el agua, y son útiles en solventes, fragancias y aplicaciones industriales.

2. Escanea el código QR que aparece al lado y presta atención al video que se presenta.
3. Elabora en tu cuaderno una tabla y complétala siguiendo este ejemplo:

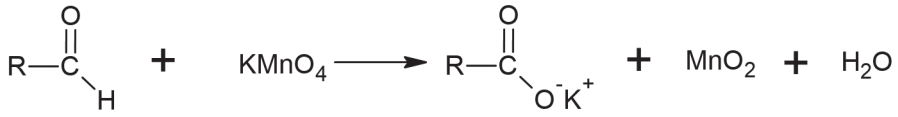
Escanea el siguiente código QR y observa los experimentos de práctica de laboratorio de aldehídos y cetonas
https://qrs.ly/4eh1g98

Nombre de la reacción	Aldehído	Cetona	Ecuación química
Rx. Fehling	Solución azul sólido rojizo	No reacciona	$CH_3CHO + 2Cu^{+2}\ 5OH^- \rightarrow CH_3COO^- + Cu_2O + 3H_2O$

4. Responde:
   a. ¿Por qué los aldehídos son compuestos de mayor reactividad que las cetonas?
   b. Se realiza la reacción de Fehling a dos muestras: muestra A, formaldehído; muestra B, benzaldehído. Los resultados dicen que la muestra A da positivo con la formación de un sólido rojizo y que la muestra B no reacciona. ¿Por qué sucede esto si ambos son aldehídos?

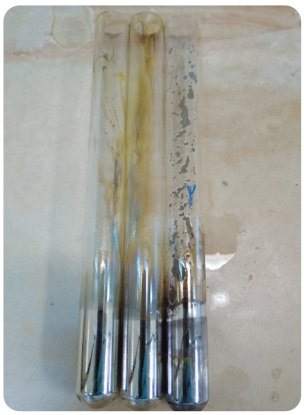
Los aldehídos se oxidan fácilmente a ácidos carboxílicos con el mismo número de carbonos. Las cetonas, en cambio, requieren condiciones específicas para oxidarse, como la presencia de permanganato de potasio, que provoca la ruptura del enlace carbono-carbono y forma dos ácidos carboxílicos con menos carbonos. En cetonas cíclicas, la oxidación produce ácidos dicarboxílicos con igual número de carbonos, pero también ocurre la ruptura del enlace carbono-carbono, lo que lleva al rompimiento del anillo. Las pruebas para distinguir aldehídos de cetonas se basan principalmente en la diferente reactividad frente a los reactivos oxidantes.

Oxidación con permanganato de potasio: las cetonas son más resistentes a la oxidación que los aldehídos.



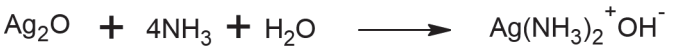
Aldehído — Permanganato de potasio — Sal de ácido carboxílico — Óxido de magnesio

Para distinguirlos, se prefieren oxidantes débiles, como Tollens o Fehling, que reaccionan solo con aldehídos.



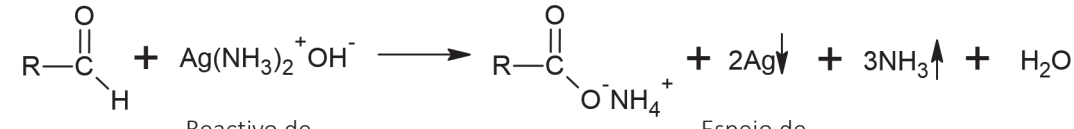
Prueba de Tollens. El reactivo de Tollens es una solución de nitrato de plata amoniacal que se prepara disolviendo óxido de plata en amoniaco. El óxido de plata se obtiene al tratar el nitrato de plata con hidróxido de sodio.

Nitrato de plata amonical — Óxido de plata



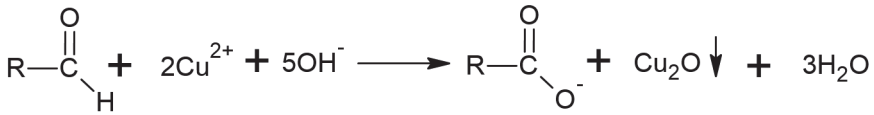
Reactivo de Tollens

Las cetonas no reaccionan, pero los aldehídos sí, y al hacerlo forman un espejo de plata en tubos limpios; de lo contrario, la plata precipita como un sólido blanco.



Aldehído — Reactivo de Tollens — Espejo de plata

Prueba de Fehling. El reactivo de Fehling mezcla sulfato de cobre (Fehling A) con tartrato de sodio y potasio en hidróxido de sodio (Fehling B), formando una solución azul intensa. Los aldehídos reducen el ion cúprico (Cu^{2+}) a óxido cuproso (Cu^{+}), lo que cambia el color a verde y luego forma un precipitado rojizo. Las cetonas simples no reaccionan, pero algunas hidroxicetonas y carbohidratos sí.



1. lee las reglas de nomenclatura para aldehídos y cetonas.

Nomenclatura de aldehídos y cetonas

Aldehídos

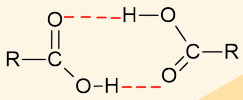
- Se selecciona la cadena carbonada más larga que contiene el grupo ($-CHO$).
- El sufijo del nombre de un aldehído es «-al»: **metanal** (HCHO), **etanal** (CH_3CHO) (ver *Resumen*, pág. 152).
- El átomo de carbono del grupo aldehído es siempre el carbono 1 en la cadena principal, por lo que no se requiere indicar su posición en el nombre.
- Nombra y numera cualquier sustituyente como de costumbre.
- Si hay más de un grupo aldehído, se utiliza el prefijo «oxo-» para aldehídos adicionales o el prefijo «dioxo-» y se indica con números: 2,4-dioxo-pentanal.

Cetonas

- Selecciona la cadena carbonada más larga que contiene el grupo carbonilo ($C=O$).
- El sufijo del nombre de una cetona es «-ona»: **propanona** (CH_3COCH_3), **butanona** ($CH_3COCH_2CH_3$) (ver *Resumen*, pág. 152).
- Numera la cadena principal de manera que el grupo carbonilo tenga el número más bajo posible, e indica su posición antes del sufijo: **2-pentanona** ($CH_3COCH_2CH_2CH_3$).
- Nombra y numera cualquier sustituyente como de costumbre.
- Si hay más de un grupo cetona, se utilizan prefijos como «di-» o «tri-» y se especifican las posiciones: 2,4-pentadiona.

Fíjate que...

La **dimerización** es un proceso químico en el que dos moléculas iguales o muy parecidas se unen para formar una sola molécula más grande llamada **dímero**.



Escanea el siguiente código QR y observa los experimentos
https://qrs.ly/qth1gb9

C. Propiedades de los ácidos carboxílicos

En esta actividad conocerás algunas propiedades físicas y químicas de los ácidos car-boxílicos.

Procedimiento:

Parte I. Identificación de ácido carboxílico.

1. Lee sobre las propiedades físicas más relevantes:

Punto de ebullición. Los ácidos carboxílicos tienen altos puntos de ebullición debido a la capacidad de formar fuertes enlaces de hidrógeno. También presentan dimerización en fase líquida o gaseosa, formando pares de moléculas unidas por estos enlaces.

Punto de fusión. Los puntos de fusión de los ácidos carboxílicos también son relativamente altos, especialmente en ácidos de cadena más larga, debido a las fuertes interacciones intermoleculares (puentes de hidrógeno).

Solubilidad en agua. Los ácidos carboxílicos de bajo peso molecular son muy solubles en agua por enlaces de hidrógeno, pero la solubilidad disminuye con cadenas más largas.

Olor. Los ácidos carboxílicos de cadena corta tienen olores penetrantes y desagradables, como el ácido acético y el ácido butírico, mientras que los de cadena larga suelen ser menos intensos o inodoros.

Polaridad. Los ácidos carboxílicos son compuestos polares debido al grupo carboxilo, que tiene un enlace doble carbono-oxígeno ($C=O$) y un grupo hidroxilo (**OH**), ambos altamente electronegativos.

Acidez y densidad. Los ácidos carboxílicos son ácidos débiles, pero más ácidos que los alcoholes y los fenoles, y presentan alta densidad. Se usan en química y en biología para diversos productos industriales.

2. Escanea el código QR que aparece al lado y mira el video hasta el minuto 4:12.
3. Elabora en tu cuaderno una tabla como la del ejemplo y completa la información.

Compuesto	Reactivo de identificación	Resultado de la prueba	Evidencia	pH

Los ácidos carboxílicos tienen propiedades físicas distintivas a los aldehídos y las cetonas debido a la presencia del grupo funcional carboxilo $(-COOH)$ en su estructura.

Aldehídos y cetonas contienen un grupo carbonilo $(C=O)$. La combinación con un hidroxilo forma un carboxilo $(-COOH)$, clave en procesos biológicos.

Pate II. Derivados funcionales de los ácidos carboxílicos

1. Mira el video anterior a partir del minuto 4:13 y responde:
   a. ¿A partir de qué reactivos se forma el ácido acetilsalicílico? Investiga las estructuras químicas de los reactivos y los productos.
   b. ¿Qué es el silicato de metilo y a partir de qué compuestos se obtiene? Investiga las estructuras químicas de los reactivos y los productos.
2. Lee la siguiente información:

Dentro de las reacciones de obtención de derivados de ácidos carboxílicos tememos:

Formación de sales

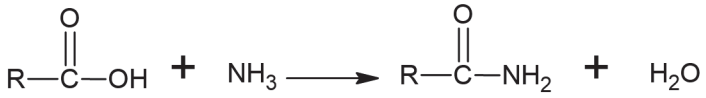
Ocurre cuando un ácido carboxílico reacciona con un hidróxido para producir la sal de un ácido carboxílico y agua.

Formación de haluros de ácido

Los ácidos pueden convertirse en halogenuros de ácido por la reacción de los halogenuros de fósforo $(PCl_3; PCl_5)$ o del cloruro de tionilo $(SOCl_2)$.

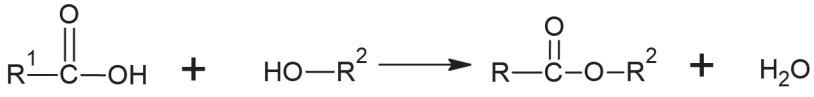
Formación de amidas

El ácido carboxílico reacciona con el amoniaco, de donde se obtiene una amida.



Formación de ésteres

Los ésteres pueden obtenerse por reacción de un alcohol con un ácido carboxílico o un alcohol y un derivado funcional de ácido.



Formación de anhídridos

Esta reacción se lleva a cabo por la reacción de dos ácidos carboxílicos para formar un anhídrido.

Comunicación

La nomenclatura IUPAC es esencial para la claridad, la precisión y la comunicación efectiva en química, lo que facilita el trabajo de científicos y educadores en todo el mundo.

Escanea el QR y desarrolla los ejercicios https://bit.ly/4nTU1vf

D. Nomenclatura de aldehídos, cetonas y ácidos carboxílicos y sus derivados

En esta actividad aplicaremos las reglas de nomenclatura IUPAC para nombrar compuestos orgánicos o deducir estructuras a partir de nombres.

Procedimiento:

1. Lee las reglas de nomenclatura para ácidos carboxílicos y sus derivados.
2. Escanea el QR y aplica las Reglas de nomenclatura para nombrar cada estructura de cada grupo funcional.
3. Dibuja las estructuras de acuerdo con el nombre que se te presenta de cada grupo funcional.

Reglas de nomenclatura para ácidos carboxílicos y sus derivados

Ácidos carboxílicos

- Se selecciona la cadena carbonada más larga que contiene el grupo carboxilo $(-COOH)$.
- El nombre de un ácido carboxílico termina con «-oico», precedido por «ácido»: **acido metanoico** $(HCOOH)$ (ver *Resumen*, pág. 152).
- El carbono 1 siempre es el del grupo carboxilo, por lo que no se indica su posición en el nombre.
- Se numera y nombra los sustituyentes.
- Si hay dos grupos carboxilo, se utilizan los prefijos «di-» y el nombre termina en «-dioico»: **ácido butanodioico** (ácido succínico, $HOOCCH_2CH_2COOH$).

Los derivados funcionales de ácidos carboxílicos incluyen ésteres, amidas, cloruros, anhídridos y nitrilos.

Ésteres

- Se nombra el grupo alquilo (o arilo) unido al oxígeno del grupo éster $(R-O-)$, ejemplo: «etil», «fenil».
- La cadena principal se nombra como el ácido carboxílico, pero cambiando el sufijo «-oico» por «-oato» o «-carboxilato» (para nombres comunes), ejemplo: **metanoato de metilo** $(HCOOCH_3)$, **etanoato de etilo** $(CH_3COOCH_2CH_3)$.
- Los sustituyentes en la cadena del ácido se nombran y se numeran como de costumbre.

Amidas

- Se toma el nombre del ácido carboxílico correspondiente y se reemplaza el sufijo «-oico» por «-amida» o «-carboxamida» (para nombres comunes): **metanamida** $(HCONH)$
- Si hay grupos alquilo o arilo unidos al nitrógeno, se colocan como prefijos con la letra «N-»: **N-metilpropanamida** $(CH_3CH_2CONHCH_3)$.

Haluros de acilo

- Se nombra el ácido carboxílico correspondiente, pero reemplazando el sufijo «-oico» por «-cloruro» o «-carbonil cloruro» (para ácidos con nombres comunes): **cloruro de metanoilo** $(HCOCl)$, **cloruro de etanoilo** (CH_3COCl).
- Los sustituyentes en la cadena se nombran y se numeran de acuerdo con las reglas generales.

Anhídridos

- Se nombra cada uno de los ácidos carboxílicos correspondientes, reemplazando «ácido» por «anhídrido» y listando los nombres en orden alfabético si es un anhídrido mixto (formado por dos ácidos diferentes), ejemplo: **Anhídrido acético** $(CH_3CO)_2O$, **anhídrido metanoico-etanoico** $(HCOOCOCH_3)$.
- Se aplican las mismas reglas de numeración y nomenclatura para los sustituyentes que en los ácidos carboxílicos.

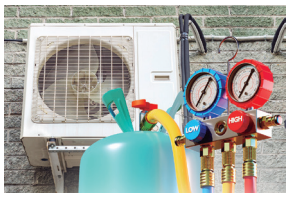
Nitrilos

- Se toma el nombre del hidrocarburo correspondiente y se reemplaza el sufijo «-oico» del ácido carboxílico por «-nitrilo» o «-carbonitrilo» (para ácidos con nombres comunes): **metanonitrilo** (HCN), **butanonitrilo** $(CH_3CH_2CH_2CN)$.
- El carbono del grupo cianuro $(-CN)$ se considera el carbono 1.
- Se aplican las mismas reglas de numeración y nomenclatura para los sustituyentes.

Estas reglas garantizan la correcta identificación y nomenclatura de derivados funcionales de ácidos carboxílicos.

Compuestos con S, N y halógenos

Como has podido observar, en la química orgánica existe una gran variedad de grupos funcionales, cada uno con propiedades físicas y químicas distintas, y con diversas aplicaciones como materia prima para la fabricación de productos de uso cotidiano. Esta semana la dedicaremos al estudio de los **tioles**, **tioéteres**, **amidas** y **haluros de alquilo** y de **arilo**, comenzando por sus aplicaciones.



A. Diferenciemos tioles, tioéteres, aminas, haluros de alquilo y de arilo

En esta actividad intentaremos identificar cada uno de los siguientes compuestos: tioles, tioéteres, aminas y haluros de alquilo y de arilo para familiarizarnos con sus grupos funcionales.

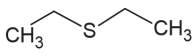
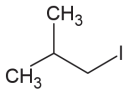
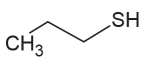
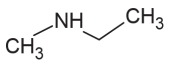
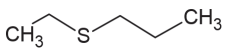
Procedimiento:

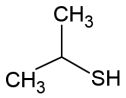
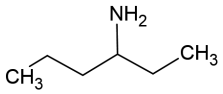
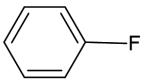
1. Lee el párrafo a continuación.

Los tioles o **mercaptanos** se aplican en la industria del gas como odorantes para detectar fugas, por ejemplo, de gas natural, que es inodoro; se usan también como antioxidantes para proteger a las células de radicales libres, como en el glutatión, y son precursores de compuestos organometálicos y catalizadores. Los tioéteres son utilizados en la industria farmacéutica como componentes clave en medicamentos como antibióticos y anestésicos. Además, se emplean como polímeros en la síntesis de otros polímeros con resistencia química y térmica mejorada, y como disolventes especializados en la síntesis química.

Algunas aminas son empleadas como fármacos esenciales en la síntesis de antihistamínicos, analgésicos y neurotransmisores. En agricultura se aplican para producir pesticidas y fertilizantes. También se usan industrialmente en la elaboración de polímeros como las poliamidas (nylon) y en colorantes. Por último, los haluros de alquilo y de arilo son muy utilizados en refrigerantes como los clorofluorocarbonos (CFC), que sirven en sistemas de refrigeración, y en la industria farmacéutica, como precursores en la síntesis de medicamentos.

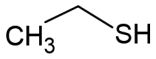
2. Observa los compuestos presentados en la siguiente tabla.
3. Trata de identificar el grupo funcional de cada una de las moléculas y márcalo con una X.

Estructura	Tioles	Tioéteres	Aminas	Haluros de alquilo	Haluros de arilo
					
					
					
					
					
$H_3C—Cl$					

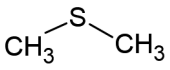
4. Lee el segmento teórico *Compuestos orgánicos que contienen S, N y halógenos*.
5. Revisa tus resultados de la tabla y haz las modificaciones que consideres pertinentes.

Compuestos orgánicos que contienen S, N y halógenos


Etanotiol

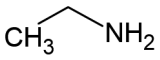
Tioles

Un tiol es un compuesto orgánico que contiene un grupo funcional formado por un átomo de azufre unido a un átomo de hidrógeno, representado como $-\mathrm{SH}$ grupo **sulfhidrilo** o tiol. Los tioles son análogos a los alcoholes, pero en lugar de un átomo de oxígeno tienen un átomo de azufre. Debido a la presencia del azufre, los tioles suelen tener olores fuertes y característicos, como el de los huevos podridos o el ajo.


Sulfuro de metilo

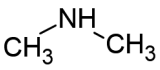
Tioéteres

Son compuestos orgánicos que contienen un átomo de azufre enlazado a dos grupos alquilo o arilo, con la fórmula general $\mathrm{R-S-R'}$, $\mathrm{Ar-S-Ar'}$, donde R, $\mathrm{R'}$, Ar y $\mathrm{Ar'}$ representan cadenas de carbono o anillos aromáticos. Son análogos a los éteres, pero en lugar de un átomo de oxígeno tienen un átomo de azufre.

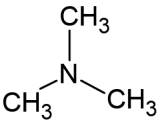

Etilamina

Aminas

Una amina es un compuesto orgánico que contiene un átomo de nitrógeno unido a uno, dos o tres grupos alquilo o arilo. Las aminas se pueden clasificar en tres tipos, dependiendo de cuántos grupos están unidos al nitrógeno:


Dimetilamina

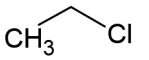
Amina primaria (1°). El nitrógeno está unido a un solo grupo alquilo o arilo $(\mathrm{R-NH_2})$.
Amina secundaria (2°). El nitrógeno está unido a dos grupos alquilo o arilo $(\mathrm{R_2-NH})$.
Amina terciaria (3°). El nitrógeno está unido a tres grupos alquilo o arilo $(\mathrm{R_3-N})$.


Trimetilamina

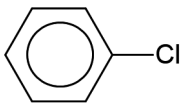
Las aminas son básicas debido al par de electrones no compartidos en el átomo de nitrógeno, y son esenciales en muchos procesos biológicos.

Haluros de alquilo y de arilo

Los haluros de alquilo y de arilo contienen uno o más átomos de halógeno (flúor, cloro, bromo o yodo) están enlazados a una cadena de carbonada.


Cloroetano

Haluros de alquilo. Un halógeno está unido a un átomo de carbono que forma parte de una cadena alquílica $(\mathrm{R-X})$, donde R es un grupo alquilo y X es el halógeno.
Haluros de arilo. El halógeno está unido directamente a un anillo aromático $(\mathrm{Ar-X})$, donde Ar es el anillo arilo y X es el halógeno.


Clorobenceno

Has desarrollado la habilidad de reconocer grupos funcionales a simple vista. Ahora estás listo para conocer las propiedades físicas y químicas de estos compuestos. La química orgánica no es solo memorizar nombres, sino entender por qué las cosas se comportan como lo hacen.

Creatividad

La variedad de compuestos que estudiamos esta semana cuenta con características importantes. Los tioles, por ejemplo, se destacan por su horrible olor; esto es muy evidente en la esencia del zorrillo, que contiene tioles sencillos 3-metil-1-butanotiol y 2-buteno-1-tiol. Los tioles volátiles como el etanotiol se añaden al gas natural y al propano licuado para servir como una advertencia fácilmente detectable en caso de fugas.

B. Propiedades físicas de tioéteres, aminas y haluros de alquilo y de arilo

Para explorar las propiedades de cada uno de los compuestos que nos atañen comenzaremos con aquellas de índole física, que son las más cotidianas.

Procedimiento:

1. Lee la información contenida en la tabla inferior.
2. Supón que eres un ingeniero químico y necesitas modificar un producto:
   a. ¿Qué grupo de compuestos mezclarías con agua y por qué?
   b. ¿Qué grupo de compuestos elegirías para mejorar el aroma de tu producto?
   c. ¿Qué grupo de compuesto usarías para aumentar la volatilidad y por qué?

Propiedades	Compuesto			
	Tioles	Sujeto b	Sujeto a	Sujeto b
Olor	Los tioles tienen olores fuertes y desagradables, similares al de los huevos podridos o ajo, incluso en bajas concentraciones.	Muchos tioéteres tienen olores característicos, que pueden variar desde desagradables y similares al ajo o a la cebolla, hasta relativamente suaves en algunos casos.	Las aminas tienen olores fuertes y desagradables; las de bajo peso molecular son similares al amoníaco, mientras que las de mayor peso recuerdan a peces en descomposición.	Suelen tener olores variados, que pueden ser agradables o desagradables, dependiendo del tipo específico de haluro.
Punto de ebullición	Los tioles tienen puntos de ebullición generalmente más bajos que los alcoholes equivalentes debido a la menor capacidad para formar enlaces de hidrógeno.	Los tioéteres tienen puntos de ebullición más bajos que los éteres de tamaño comparable debido a la menor capacidad del azufre para formar enlaces de hidrógeno en comparación con el oxígeno.	Las aminas primarias y secundarias tienen puntos de ebullición más altos que los alcanos equivalentes debido a su capacidad para formar enlaces de hidrógeno, mientras que las terciarias tienen puntos más bajos.	Los haluros tienen puntos de ebullición más altos que los alcanos por su mayor masa y polaridad, aumentando con el tamaño del halógeno y la longitud de la cadena.
Solubilidad	Son menos solubles en agua que los alcoholes debido a la menor polaridad del grupo $-SH$, pero algunos tioles pequeños aún son parcialmente solubles en agua.	Los tioéteres son menos solubles en agua que los éteres debido a la menor electronegatividad del azufre en comparación con el oxígeno, pero son solubles en solventes orgánicos no polares.	Las aminas de bajo peso molecular son solubles en agua por enlaces de hidrógeno, pero su solubilidad disminuye al aumentar el tamaño de la cadena hidrocarbonada debido a la porción no polar	Los haluros de alquilo y de arilo son generalmente insolubles en agua debido a su naturaleza no polar, pero son solubles en solventes orgánicos no polares como el éter y el benceno.
Polaridad	Aunque el grupo tiol $(-SH)$ es polar, es menos polar que el grupo hidroxilo $(-OH)$ presente en los alcoholes.	Los tioéteres son ligeramente polares debido a la diferencia de electronegatividad entre el azufre y el carbono, pero son menos polares que los éteres.	Las aminas son compuestos polares debido a la presencia del átomo de nitrógeno, que genera una diferencia de electronegatividad con los átomos de carbono e hidrógeno a los que está enlazado.	Los haluros de alquilo y de arilo son compuestos polares porque los halógenos son mucho más electronegativos que el carbono. En el caso de los haluros de arilo, esta polaridad es aún mayor.

Escanea el siguiente código QR para observar la fusión con sodio.
https://qrs.ly/6bh1gbf

Escanea el siguiente código QR para observar la identificación de nitrógeno en una muestra.
https://qrs.ly/f7h1gbo

Escanea el siguiente código QR para observar la identificación de azufre en una muestra.
https://qrs.ly/quh1gbw

Escanea el siguiente código QR para observar la identificación de halógeno en una muestra.
https://qrs.ly/n2h1gc8

C. Identificar nitrógeno, azufre y halógenos en sustancias orgánicas

Con base en las propiedades de tioles, tioéteres, aminas y haluros, los químicos han desarrollado diversas rutas para su identificación. En esta actividad aprenderás a preparar una muestra que contiene compuestos orgánicos con nitrógeno, azufre y halógenos mediante el método de fusión con sodio, para luego identificarlos a través de reacciones posteriores a la fusión con sodio.

Procedimiento:

Parte I. Fusión con sodio

1. Escanea el primer código QR de esta página para observar el paso a paso del método de fusión con sodio.
2. Elabora una guía esquemática de este paso a paso. Puedes hacerla mediante esquemas, un mapa conceptual o según tu creatividad.
3. Responde las siguientes preguntas sobre el procedimiento según el video:
   a. ¿Cuál es el objetivo de realizar la fusión con sodio?
   b. ¿Qué precauciones de seguridad se deben tener al realizar la fusión con sodio?
   c. ¿Qué compuestos o elementos estamos tratando de detectar a través de la fusión con sodio?
   d. ¿Qué cambios observamos en la muestra durante la fusión?
   e. ¿Por qué es importante el proceso de filtración en el método?

Parte II. Identificación de nitrógeno, azufre y halógenos

1. Escanea el segundo código QR de esta página y observa el paso a paso para la identificación de nitrógeno en una muestra.
2. Elabora una tabla como la que se muestra a continuación y llena la primera fila.

Muestra	Nombre y fórmula de los reactivos de identificación	Evidencia de presencia
Nitrógeno (N)		
Azufre (S)		
Halógeno (F, Cl, Br, I)		

3. Responde:
   a. ¿Qué compuesto se forma en la fusión con sodio cuando la muestra contiene nitrógeno?
   b. ¿Qué indica la formación de una precipitación azul durante la prueba de identificación?
4. Escanea el tercer código QR de esta página y observa el paso a paso para la identificación de azufre en una muestra.
5. Completa la segunda fila de tu tabla (*paso 2*) y responde:
   a. ¿Qué indica la formación de un precipitado negro en la prueba de identificación de azufre?
   b. ¿Qué función tiene el acetato de plomo $(Pb(CH_3COO)_2)$ en la prueba de identificación de azufre?
6. Escanea el cuarto código QR de esta página y accede al paso a paso para la identificación de halógenos en una muestra.

7. Termina el llenado de tu tabla (*paso 2*). Puedes auxiliarte del segmento teórico I*dentificación de nitrógeno azufre y halógenos en muestras preparadas mediante fusión con sodio.*
8. Responde:
   a. ¿Qué observación indica la presencia de un halógeno al agregar nitrato de plata $(AgNO_3)$ a la muestra?
   b. Investiga cómo puedes distinguir entre la presencia de cloruro, bromuro o yoduro mediante los precipitados formados con nitrato de plata.

Identificación de nitrógeno azufre y halógenos en muestras preparadas mediante fusión con sodio

Para identificar nitrógeno en una muestra obtenida a partir de la fusión con sodio se puede utilizar la **prueba de Lassaigne** o reacción de la fusión con sodio, que permite transformar compuestos orgánicos complejos en sales inorgánicas simples y solubles en agua. Esto permite identificar de manera confiable la presencia de nitrógeno, azufre y halógenos en las muestras.

Para la identificación de nitrógeno se realiza la reacción con sulfato ferroso y ácido sulfúrico diluido (prueba de prusiato o del ferrocianuro). El filtrado obtenido tras la fusión con sodio se trata con sulfato ferroso y se acidifica con ácido sulfúrico diluido, esto forma ferrocianuro, que al reaccionar con sales férricas produce una coloración azul característica.

Formación de ferrocianuro:

$$Fe(CN)_2 + 4NaCN \rightarrow Na_4[Fe(CN)_6]$$

Formación del ferrocianuro férrico (azul de Prusia):

$$4FeCl_3 + 3Na_4[Fe(CN)_6] \rightarrow 12NaCl + Fe_4[Fe(CN)_6]_3$$

La formación de un precipitado azul intenso confirma la presencia de nitrógeno en la muestra orgánica.

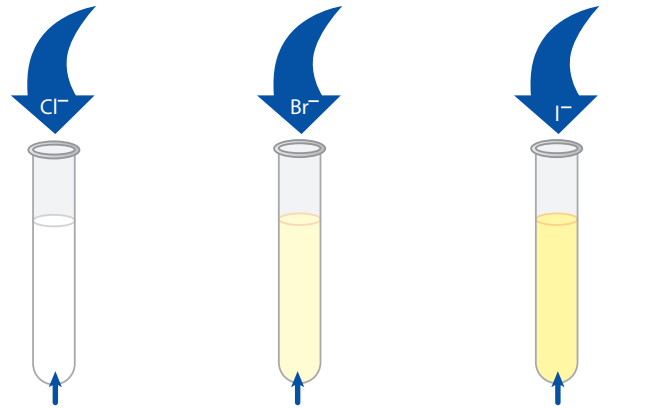
Para identificar azufre en una muestra se realiza la prueba con acetato de plomo $(Pb(CH_3\ COO)_2)$; si hay sulfuros presentes, se formará un precipitado negro de sulfuro de plomo (PbS).

$$Na_2S + Pb(CH_3COO)_2 \rightarrow PbS\downarrow + NaCH_3COO$$

Para identificar si la muestra contiene halógenos (F, Cl, Br, I) se realiza la prueba con nitrato de plata $(AgNO_3)$. Dependiendo del haluro presente, se forma un precipitado específico.

$$R - X + Na \rightarrow NaX$$

Cloruros (Cl^-)	$NaCl + AgNO_3 \rightarrow AgCl\downarrow$	Precipitado blanco de $AgCl$
Bromuros (Br^-)	$NaBr + AgNO_3 \rightarrow AgBr\downarrow$	Precipitado crema de $AgBr$
Yoduros (I^-)	$NaI + AgNO_3 \rightarrow AgI\downarrow$	Precipitado amarillo de AgI



Precipitado blanco. **AgCl**(s)

Precipitado de color crema muy pálido. **AgBr**(s)

Precipitado de color amarillo muy pálido. **AgI**(s)

Comunicación

Para finalizar la semana estudiaremos cómo nombrar tioles, tioéteres, aminas y haluros de alquilo y de arilo según la nomenclatura estándar internacional, lo que nos ayudará a identificar y representar estas importantes sustancias.

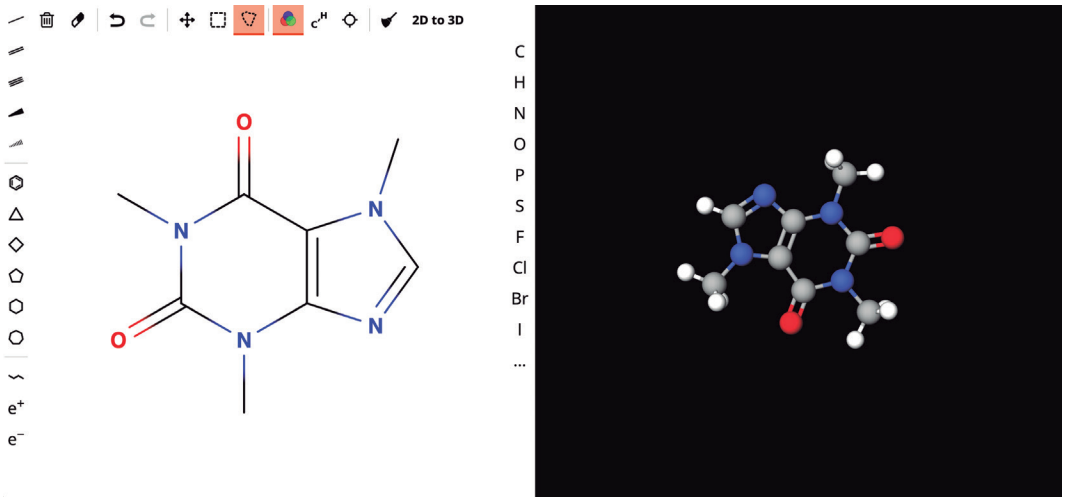
D. Nomenclatura de tioles, tioéteres, aminas y haluros de alquilo y de arilo

Ahora utilizaremos un *software* que nos permitirá poner en práctica y de forma divertida las reglas de nomenclatura establecidas por la IUPAC para los compuestos que hemos estudiado durante la semana.

Escanea el siguiente código QR o ingresa al enlace siguiente https://qrs.ly/wwh1gcb

Procedimiento:

1. Escanea el código QR de la izquierda, que te llevará al sitio https://molview.org/. Observarás una ventana como la siguiente.



2. Analiza el segmento teórico *Reglas de nomenclatura IUPAC para denominación de tioles, tioéteres, aminas y haluros de alquilo y de arilo*, de la página 147.
3. Trata de dibujar las estructuras de los siguientes compuestos. Recuerda basarte en las reglas estudiadas en el *paso 2*.

TIOLES

El metanotiol es una sustancia azufrada de bajo peso que huele a podrido: se puede sentir en la orina al comer espárragos.

N.°	Nombre del compuesto	N.°	Nombre del compuesto
1	Etanotiol	13	Difenilsulfuro
2	1-bromopropano	14	N-etil-N-metilbutilamina
3	Dietilsulfuro	15	2,4-diclorometilbenceno
4	1-butanamina	16	3-metil-butano-1-tiol
5	Clorobenceno	17	Yodobenceno
6	Fenilamina	18	Ciclohexilsulfuro
7	Metilpropilsulfuro	19	N,N-dimetilamina
8	2-butanotiol	20	4-cloro-3,3-difluorpen-1-eno
9	1-propanotiol	21	Trietilamina
10	5-cloro-2-meltilheptano	22	diciclohexilsulfuro
11	2-propeno-1-tiol	23	2-buteno-1-tiol
12	Fenilhexilsulfuro	24	N,N-dimetilfenilamina

4. Copia y pega cada estructura en un documento de texto, identificando su nombre y con qué grupo funcional cuenta.

Reglas de nomenclatura IUPAC para denominación de tioles, tioéteres, aminas y haluros de alquilo y de arilo.

Tioles $(R-SH)$

- Se toma como cadena principal la cadena que es más larga y que contenga los radicales $-SH$.
- Se numera de tal manera que el grupo $-SH$ tenga la numeración más baja posible.
- El radical $-SH$ tiene prioridad sobre dobles o triples enlaces y radicales halógenos.
- Se nombra el compuesto similar a los alcoholes, pero se sustituye el sufijo «-ol» por «-tiol». Ejemplo: CH_3-SH se nombra metanotiol.
- Si el compuesto tiene una cadena con tres o más carbonos, se indica la posición del grupo $-SH$ en la cadena principal con un número. Ejemplo: $CH_3-CH_2-CH_2-SH$ se nombra 1- propantiol.

Tioéteres $(R-S-R')$

- Se elige la cadena principal, la cual contenga mayor número de carbonos.
- Se nombran alfabéticamente los dos grupos alquilo o arilo que parten del azufre.
- Se nombran como si fueran éteres, pero reemplazando el oxígeno por el azufre. Se mencionan los grupos alquilo o arilo en orden alfabético seguidos de la palabra «sulfuro». Ejemplo: CH_3-S-CH_3 se nombra dimetilsulfuro; $CH_3-S-C_6H_5$ metilfenilsulfuro.
- Simetría en tioéteres: Si los grupos alquilo o arilo son iguales, se puede usar el prefijo «di-» seguido del nombre del alquilo o arilo y la palabra «sulfuro». Ejemplo: $C_2H_5-S-C_2H_5$ se nombra dietilsulfuro.

Aminas Primarias $(R-NH_2)$

- Las aminas primarias tienen un grupo $-NH_2$ unido a un carbono de la cadena principal.
- Se nombra la cadena de carbonos como si fuera un hidrocarburo, y al final se añade el sufijo «-amina». Ejemplo: CH_3-NH_2 se nombra metanamina.
- Si hay una cadena con más de tres carbonos se indica la posición del grupo amino con un número. Ejemplo: $CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$ se nombra 1-propanamina.

Aminas secundarias $(R-NH-R')$

- Las aminas secundarias tienen el grupo $-NH-$ unido a dos cadenas de alquilo o de arilo.
- Se nombra la cadena más larga como base y se usa el prefijo «N—» para designar al grupo unido al nitrógeno. Si ambos sustituyentes son iguales, se utiliza el prefijo «di-». Ejemplo: $CH_3-NH-CH_3$ se nombra N-dimetilamina.

Aminas terciarias $(R-N(R')_2)$

- Las aminas terciarias tienen el nitrógeno unido a tres grupos alquilo o arilo.
- Se aplica la misma lógica que con las aminas secundarias, usando «N, N—» para indicar dos sustituyentes unidos al nitrógeno. Ejemplo: $CH_3-N(CH_3)_2$ se nombra N, N— dimetilmetanamina o trimetilamina.

Haluros de alquilo $(R-X)$

- Para los haluros de alquilo o de arilo se nombra la cadena principal como un hidrocarburo o base benceno y se usa el nombre del halógeno como prefijo, seguido de un número que indica la posición del halógeno en la cadena.
- Se elige la cadena más larga de carbonos que contenga el halógeno como la cadena principal.
- La posición del halógeno se indica con un número, que debe ser el más bajo posible.
- Si hay más de un halógeno, se nombran en orden alfabético y se utilizan los prefijos «di-», «tri-», «tetra-», etc., si hay más de un átomo del mismo tipo. Ejemplo: CH_3-CH_2-Br se nombra bromoetano, CH_2Cl_2 se nombra diclorometano.

Completar la actividad de nomenclatura es un paso crucial en tu aprendizaje de la química. Al usar un *software* para dibujar estructuras, no solo hiciste el proceso más dinámico, sino que también reforzaste las reglas que viste en la teoría.

Dominar la nomenclatura IUPAC es como aprender un nuevo idioma: te permite traducir un nombre a una estructura y viceversa. Esta habilidad es fundamental para comunicarte con precisión en el mundo científico. Recuerda que la química no es solo una colección de datos, sino un sistema lógico. Tu habilidad para nombrar y dibujar es el primer paso para entenderlo a fondo.

Estereoquímica

Hemos visto cómo los grupos funcionales definen la identidad de una molécula. Pero las moléculas no son solo estructuras, son entidades dinámicas que rotan, vibran y cambian de forma constantemente. El mundo molecular está lleno de movimiento.

A. ¿La naturaleza prefiere un sentido?

En esta actividad observarás ciertas características que los caracoles tienen en común y que responden a patrones que ocurren en la naturaleza.

Procedimiento:

1. Observa las siguientes imágenes

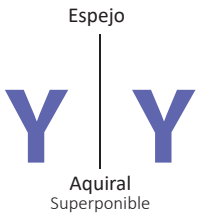
2. Responde:
   a. ¿Notas algo peculiar en ellas?
   b. ¿Puedes identificar algún patrón?
3. Lee el segmento teórico *La quiralidad en la naturaleza*.
4. Contesta:
   a. Imagina una molécula de agua. ¿Sería un objeto quiral o aquiral?

Lonicera sempervirens

Convolvulus arvensis

La quiralidad en la naturaleza

La quiralidad o asimetría es un fenómeno común en la naturaleza. Podemos verla en las conchas de los caracoles, que siempre giran en la misma dirección, o en las plantas trepadoras, como la madreselva y la correhuela, que se enrollan consistentemente hacia la izquierda o la derecha, respectivamente. Estas observaciones nos llevan a preguntarnos por qué la naturaleza prefiere una orientación sobre la otra. El científico Louis Pasteur fue uno de los primeros en explorar esta pregunta.

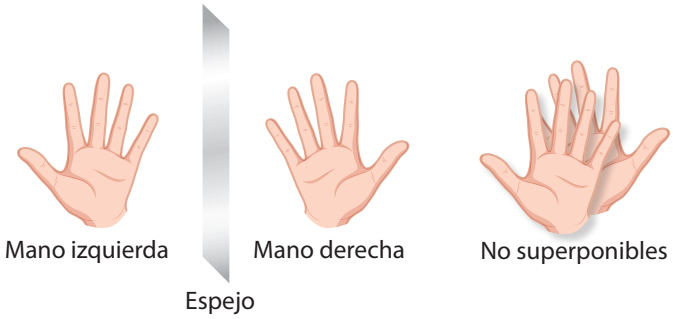


En 1848, descubrió que una sal formaba dos tipos de cristales que eran **imágenes especulares** entre sí, como nuestras manos. Al disolverlos y exponerlos a luz polarizada, notó que cada tipo de cristal giraba la luz en una dirección opuesta.

Una imagen especular es el reflejo de un objeto en una superficie, como un espejo, donde las partes del objeto aparecen invertidas lateralmente. A este tipo de asimetría se le conoce con el nombre de **quiralidad**. Un objeto es quiral si no hay forma de hacerlo coincidir con su propio reflejo mediante alguna rotación o traslación.

A su vez, hay objetos que sí pueden superponerse totalmente con su propio reflejo, como una esfera o un cubo; a estos objetos se les llama **aquirales**.

Para entenderlo, el mejor ejemplo de quiralidad son nuestras propias manos: es claro que son simétricas especularmente, pues una mano es el reflejo del espejo de la otra.



Sin embargo, decimos que son quirales debido a que es imposible que se puedan superponer totalmente debido a que al estar alineadas siempre van a quedar apuntando a direcciones opuestas, como sucede al poner palma con palma.

Para tratar de entender bien estos dos términos, hagamos la siguiente actividad.

B. Quiralidad de los objetos

En esta actividad aprenderás a diferenciar si los objetos son quirales o aquirales. Para ello necesitaras los siguiente:

Materiales:

- Un espejo de medidas aproximadas de $21\ \text{cm} \times 15\ \text{cm}$.
- Objetos diversos: tijeras, calcetín, llave, manzana, tenedor, lapicero, audífonos, taza, letra A, letra Q, un cubo pequeño, una pelota pequeña, guantes

Procedimiento:

1. Forma equipos de trabajo; cada integrante puede aportar uno o dos objetos.
2. Fijen el espejo de manera vertical, luego coloquen frente a él uno por uno los objetos y clasifíquenlos en quiral o aquiral.
3. Elaboren una tabla como la siguiente:

Quiral	Aquiral
Letra P	Vaso

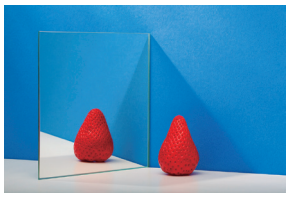
4. Lean el texto.

   Volviendo al ejemplo de los caracoles, en la mayoría de las especies de este tipo de moluscos el espiral de su concha resulta ser de mano derecha o **dextrógiros** debido a que al alinearlos con nuestro pulgar al eje de giro solo es posible describir la trayectoria con la mano derecha. También existen conchas cuyo espiral se dibuja hacia el otro sentido y solo se puede recorrer con la mano izquierda, a los que denominamos **levógiros**, como es el caso del famoso caracol Jeremy, en el cual una mutación genética hizo que su concha se enrollara hacia la izquierda. Los humanos somos estructuralmente quirales, pues tenemos el corazón a la izquierda y el hígado a la derecha.

   Además, la quiralidad puede ocurrir a nivel funcional: hay muchas más personas diestras que zurdas. También se ha analizado el comportamiento de la quiralidad a nivel microscópico; por ejemplo, el ADN tiene una quiralidad definida, pues la hélice es dextrógira. Incluso las partículas elementales pueden ser levógiras o dextrógiras, aunque la mayoría de ellas existen en ambas versiones, pero en casos como el del neutrino, una partícula que se produce en grandes cantidades en el sol, solo se ha detectado en su versión levógira.

   En conclusión, has descubierto que la quiralidad es fundamental desde las conchas de caracoles hasta las partículas más pequeñas. La diferencia clave es que un objeto quiral (como tu mano) no se superpone con su imagen especular, mientras que un objeto aquiral (como el agua) sí lo hace. Finalmente, ya sabes los términos levógiro y dextrógiro, con lo cual has aprendido que esta asimetría influye incluso en la vida, como lo demostró el famoso caracol Jeremy. ¡La forma de una molécula realmente importa!

   Veamos la aplicación de estos nuevos términos a nivel molecular.



Caracol Jeremy

Levógiro

Dextrógiro

Creatividad

Ahora que tienes una idea de lo que es la quiralidad y te has dado cuenta de que estás rodeado de objetos que la presentan, es importante saber que, a nivel molecular, los compuestos también pueden ser quirales o aquirales. Además, son dinámicos y pueden exhibir movimientos dextrógiros o levógiros. Para comprender mejor estos fenómenos a nivel molecular, vamos a estudiar algunos compuestos orgánicos.

Recuerda el ejemplo de nuestras manos: aunque parecen iguales, no siempre somos conscientes de que no lo son: superponerlas no es posible. Si reflejas una de tus manos en un espejo notarás que el reflejo no es idéntico a tu otra mano. Esto se debe a que las manos, como objeto e imagen en el espejo, no son superponibles. Algunos objetos y sus imágenes, en cambio, sí lo son, debido a su alto grado de simetría. Sin embargo, las manos son asimétricas entre sí. Algo similar ocurre con las moléculas.

D. Quiral o aquiral

En esta actividad comprobarás si las moléculas son quirales para luego clasificaras como quirales o aquirales.

Materiales:

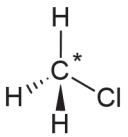
- Palillos de madera
- Plastilina de diversos colores

Procedimiento:

1. Formen grupos de trabajo.
2. Lean el segmento teórico *Quiralidad del carbono*.
3. Elijan dos compuestos de la siguiente tabla y formen sus estructuras con los materiales.

$(CH_3 - CH(OH) - CH_2 - CH_3)$ 2-butanol	$(CH_3)_2CH - CH_3)$ 2-metilpropano
$(CH_3 - CH(NH_2) - COOH)$ Ácido 2-aminopropanoico	$(HOCH_2 - CH(NH_2) - COOH)$ ácido 2-amino-3-hidroxipropanoico
$(CH_3 - CH(Br) - CH_2 - CH_3)$ 2-bromobutano	$(C_3H_4Cl_2)$ 1,2-diclorociclopropano
$(HOCH_2 - CHOH - CH_2OH)$ Propano-1,2,3-triol	$(CH_3 - CHCl)$ cloroetano

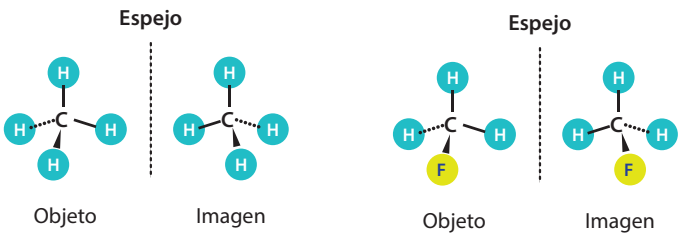
4. Construyan las imágenes especulares e identifiquen el carbono quiral.
5. Elaboren un cuadro como el del ejemplo y clasifiquen la estructura en quiral o aquiral.

Compuesto	Carbono quiral	Clasificación
Clorometano		Aquiral

Quiralidad del carbono

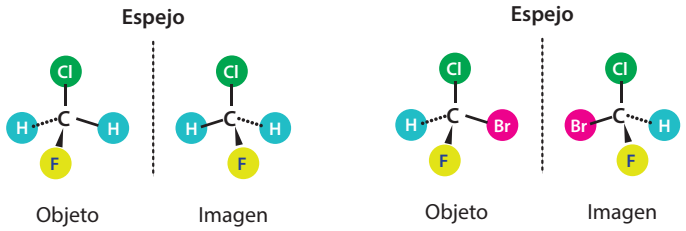
Tomando como ejemplo el metano (CH_4), su objeto e imagen son superponibles, ya que presenta un alto grado de simetría debido a su estructura tetraédrica.

Al reemplazar un hidrógeno por un átomo de flúor (F), el objeto y su imagen siguen siendo superponibles, ya que el fluorometano mantiene suficientes grados de simetría.



Al reemplazar otro hidrógeno por un átomo de cloro (Cl), el objeto y la imagen siguen siendo superponibles, pues la molécula aún conserva suficiente simetría.

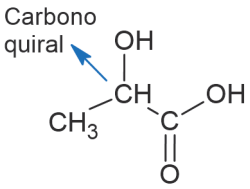
Al reemplazar un tercer hidrógeno por un átomo de bromo (Br), ¿son objeto e imagen superponibles? La respuesta es no, ya que la molécula ha perdido su simetría.



En el último ejemplo para convertir el objeto en la imagen no habría más remedio que romper enlaces. Por tanto, a estas moléculas se les conoce como **estereoisómeros**, moléculas que comparten la misma fórmula molecular y los mismos enlaces entre los átomos, pero que difieren en la disposición tridimensional de sus átomos. Un ejemplo es cuando dos moléculas tienen la misma fórmula química, pero una disposición espacial diferente en ciertos átomos o grupos funcionales. Un **carbono quiral** es un átomo de carbono que está unido a cuatro grupos diferentes. Se puede identificar de la siguiente manera:

Para identificar un carbono quiral sigue estos pasos:

- Identifica los átomos de carbono en la molécula.
- Si un carbono está unido a cuatro grupos diferentes, ese carbono es quiral.



Ácido láctico

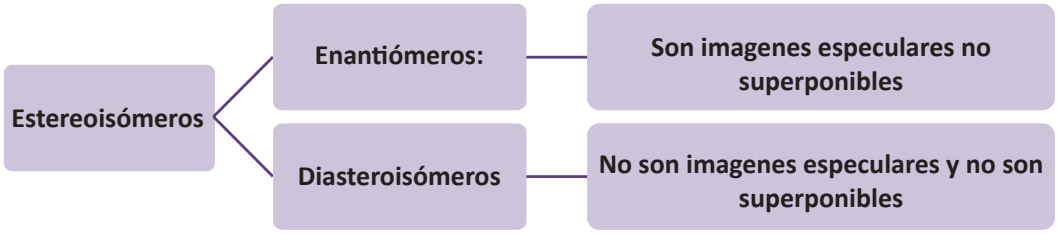
Verifica si el carbono está enlazado a cuatro sustituyentes distintos. En el ácido láctico $(CH_3 - CH(OH) - COOH)$, el carbono central está unido a un grupo OH, un metilo (CH_3), un carboxilo $(COOH)$ y un hidrógeno (H). Al tener cuatro grupos diferentes, es quiral.

Los estereoisómeros se dividen en dos principales categorías: **enantiómeros** y d**iasteroisómeros**.

Enantiómeros. Son un tipo de estereoisómeros que son imágenes especulares no superponibles entre sí. Entre sus propiedades destacan:

- Tienen las mismas propiedades físicas (punto de ebullición, punto de fusión) y químicas.
- Pueden diferir en la forma en que rotan la luz polarizada: uno es dextrógiro (rota la luz a la derecha) y el otro es levógiro (rota la luz a la izquierda).
- Tienen comportamientos biológicos diferentes; por ejemplo, un enantiómero de una sustancia puede ser activo en un sistema biológico, mientras que el otro puede ser inactivo o tóxico. Ejemplo: el par $R-$ y $S-$ del ácido láctico.

Diasteroisómeros. Son estereoisómeros que no son imágenes especulares entre sí, ni superponibles. Estos tienen diferentes propiedades físicas y químicas entre sí, como puntos de ebullición, solubilidad y comportamiento frente a reactivos; por ejemplo, el 2-buteno tiene una forma cis y otra trans, que difieren en sus propiedades.



CIS - TRANS

La mayoría de los hidrocarburos naturales tienen configuración cis; los trans son artificiales y el cuerpo no puede metabolizarlos.

Entendiste que la quiralidad y el carbono quiral crean estereoisómeros, moléculas idénticas que son imágenes especulares. Ahora, ¡exploremos más a fondo los estereoisómeros!

Comunicación

La alanina, un aminoácido común, tiene un carbono asimétrico, lo que significa que existe en dos formas de enantiómeros (imágenes especulares). Esta sutil diferencia estructural es crucial y se refleja directamente en su bioquímica. Exploremos este concepto con la siguiente actividad.

C. Nomenclatura R y S

Con esta actividad identificarás el carbono quiral y, aplicando el convenio *Cahn-Ingold-Prelog*, determinarás si la molécula es R o S.

Materiales:

- Palillos de madera
- Plastilina de diversos colores

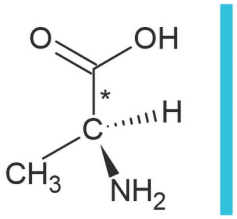
Fíjate que...

Una **mezcla racémica** contiene cantidades iguales de dos enantiómeros de una sustancia quiral en proporción 1:1, lo que la hace ópticamente inactiva, ya que las rotaciones de los enantiómeros opuestos se cancelan entre sí.

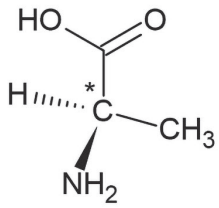
Procedimiento:

1. Lee el segmento teórico *Convención Cahn-Ingold.*
2. Dibuja los enantiómeros de los compuestos siguientes e identifícalos como R y S.
3. Construye los modelos utilizando los materiales para una mejor orientación espacial.

Compuestos	Nomenclatura R o S	
1,3-dibromobutano $(CH_2(Br) - CH_2 - CH(Br) - CH_3)$	R ◯	S ◯
Ácido láctico $(CH_3 - CH(OH) - COOH)$	R ◯	S ◯
2-butanol $(CH_3 - CH(OH) - CH_2 - CH_3)$	R ◯	S ◯
2-bromobutano $(CH_3 - CH(Br) - CH_2 - CH_3)$	R ◯	S ◯
3-Cloropentano $(CH_3 - CH_2 - CH(Cl) - CH_2 - CH_3)$	R ◯	S ◯



alanina natural



alanina no natural

Convención Cahn-Ingold. Solo el enantiómero de la izquierda puede ser metabolizado por una enzima; el de la derecha no es reconocido como un aminoácido útil. Sin embargo, ambos son llamados ácido 2-aminopropanoico según el sistema IUPAC, pero con su nombre común «alanina». Por tanto, necesitamos una manera sencilla de distinguir a los enantiómeros y darle a cada uno un nombre único.

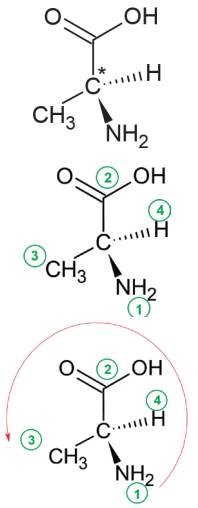
La diferencia entre los dos enantiómeros de la alanina reside en la disposición tridimensional de los cuatro grupos que rodean al átomo de carbono asimétrico. Cualquier carbono asimétrico puede adoptar dos configuraciones espaciales posibles (imágenes especulares), conocidas como configuraciones. Los enantiómeros de la alanina representan estas dos disposiciones posibles de los grupos alrededor del carbono asimétrico. Si podemos nombrar las configuraciones de cualquier carbono asimétrico tendremos una manera de especificar y nombrar los enantiómeros, como en el caso de la alanina o de cualquier otro compuesto quiral.

La convención *Cahn-Ingold-Prelog* es el sistema más aceptado para nombrar las configuraciones de los centros quirales. A cada átomo de carbono asimétrico se le asigna una letra R o S, de acuerdo con su configuración tridimensional. Para identificar la configuración R o S de un carbono asimétrico, sigue estos pasos:

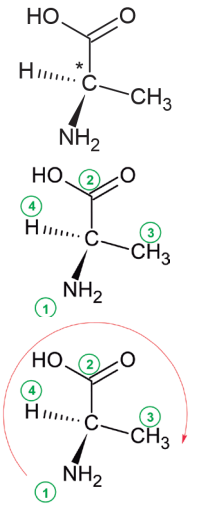
- Identifica el carbono quiral que está unido a cuatro grupos diferentes.
- Asigna prioridades a los sustituyentes usando las reglas de Cahn-Ingold-Prelog. El grupo con el átomo de mayor número atómico tiene prioridad (1). Si los átomos inmediatos son iguales, se compara el siguiente en la cadena.
- Coloca el sustituyente de menor prioridad (4) (usualmente un hidrógeno) hacia atrás (entra en el plano), de modo que quede alejado de ti.
- Determina el sentido de rotación de los grupos 1, 2 y 3. Sentido de las agujas del reloj es **R (rectus)**. Sentido antihorario es **S (sinister)**.

Este método te permite determinar de manera precisa si un carbono asimétrico es R o S.

Alanina natural



Alanina no natural



Alanina (S) natural

Alanina (R) no natural

D. Nomenclatura cis y trans

Con esta actividad elaborarás las estructuras cis y trans de diversos compuestos.

Procedimiento:

1. Lee el texto teórico *Configuraciones cis y trans*.
2. Elabora las representaciones cis y trans de los compuestos que se te presentan

2-buteno	1,2-difluoroeteno
1,2-dicloroeteno	1,2-dimetilciclopropano
1,2-dibromoeteno	1,2-difeniletileno
2-penteno	2-cloropropeno

Notación...

En el estudio de aminoácidos y azúcares se utiliza la notación L y D, que al relacionar con la notación R y S queda así:

L = S

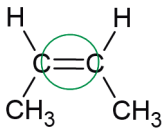
D = R

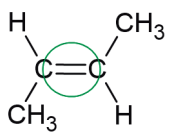
Configuraciones cis y trans

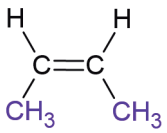
Para la identificación de la configuraciones cis y trans, sigue estos pasos:

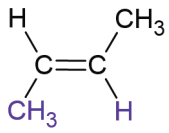
- Ubica el doble enlace o ciclo.
- Identifica los grupos unidos a esos carbonos.
- Si los grupos idénticos (o de mayor prioridad) están del mismo lado, la configuración es cis; si están en lados opuestos, la configuración es trans.

Esta nomenclatura se usa para describir la disposición espacial de los grupos alrededor de dobles enlaces o estructuras cíclicas.









Cis **Trans**

Los **isómeros** son compuestos con la misma fórmula molecular pero distinta estructura, lo que les da propiedades únicas. Existen tres tipos principales.

Estructurales. Tienen los átomos conectados de forma diferente (por ejemplo, butano vs. isobutano).

Ópticos (enantiómeros). Poseen la misma secuencia atómica, pero son imágenes especulares no superponibles, generalmente debido a un carbono quiral (por ejemplo, R-alanina y S-alanina).

Geométricos (cis-trans). Sus grupos están en el mismo lado (cis) o en lados opuestos (trans) de un doble enlace o ciclo (por ejemplo, cis-2-buteno).

Resumen

Los compuestos que generalmente contienen anillos de átomos de carbono con una estructura de benceno y resonancia se denominan hidrocarburos aromáticos.

Los compuestos orgánicos que contienen uno o más grupos hidroxilos $(OH-)$ se denominan alcoholes y fenoles. Los alcoholes se pueden clasificar en primarios, secundarios y terciarios. Cuando el grupo funcional hidroxilo $(-OH)$ se encuentra unido a una estructura aromática bencénica, el compuesto recibe el nombre particular de fenol.

Un tipo de compuestos orgánicos caracterizados por la presencia del grupo funcional carbonilo son los aldehídos $(-CHO)$ y las cetonas $(-CO-)$, las cuales se diferencian dependiendo de la ubicación de este grupo carbonilo.

Los compuestos que están formados por un átomo de oxígeno, que tiene enlazado dos grupos alquilo o arilos o mixtos, se conocen como éteres $(-COOR)$.

Los ácidos carboxílicos $(-COOH)$ se pueden obtener fácilmente mediante la oxidación de aldehídos con buenos rendimientos a temperatura ambiente.

Las aminas se clasifican en primarias, secundarias y terciarias, que pueden ser alifáticas y aromáticas. Además, son bases débiles. Las aminas se caracterizan por su grupo funcional $-NH_2$, y se conoce con el nombre de grupo amino.

Muchos de los grupos orgánicos funcionales que estudiaste en esta unidad están presentes en productos de consumo diario.

Jerarquía de prioridad para grupos funcionales

Para identificar grupos funcionales en una cadena o anillo aromático hay una jerarquía de prioridad en la nomenclatura y reactividad de los compuestos orgánicos. A continuación, se indica la prioridad en orden descendente desde los grupos funcionales de mayor prioridad hasta los de menor prioridad:

Ácidos carboxílicos $(-COOH)$ > Anhídridos $(R-(CO)-O-(CO)-R)$ > Ésteres $(-COOR)$ > Amidas $(-CONH_2, -CONHR, -CONR_2)$ > Nitrilos $(-CN)$ > Aldehídos $(-CHO)$ > Cetonas $(-CO-)$ > Alcoholes $(-OH)$ > Aminas $(-NH_2, -NHR, -NR_2)$ > Éteres $(-O-)$ > Halogenuros de alquilo $(-X$, donde X es F, Cl, Br, I) > Nitrocompuestos $(-NO_2)$

En la nomenclatura de los compuestos orgánicos, si un compuesto tiene varios grupos funcionales, el de mayor prioridad dicta el sufijo del nombre y los demás se nombran con prefijos.

Sufijos de grupos funcionales

Clase	Sufijo	Grupo funcional
Ácidos carboxílicos	-oico	$(-COOH)$
Anhídridos	-anhídrido	$(R-(CO)-O-(CO)-R)$
Ésteres	-oato de alquilo	$(-COOR)$
Amidas	-amida	$(-CONH_2, -CONHR, -CONR_2)$
Nitrilos	-nitrilo	$(-CN)$
Aldehídos	-al	$(-CHO)$
Cetonas	-ona	$(-CO-)$
Alcoholes	-ol	$(-OH)$
Aminas	-amina	$(-NH_2, -NHR, -NR_2)$
Éteres	-éter	$(-O-)$
Halogenuros de alquilo	-uro de alquilo	$-X$, donde X es F, Cl, Br, I
Nitrocompuestos	-nitro	$(-NO_2)$

Prefijos que indican la cantidad de carbonos en la nomenclatura orgánica

Estos prefijos se utilizan para nombrar cadenas de carbonos en compuestos orgánicos.

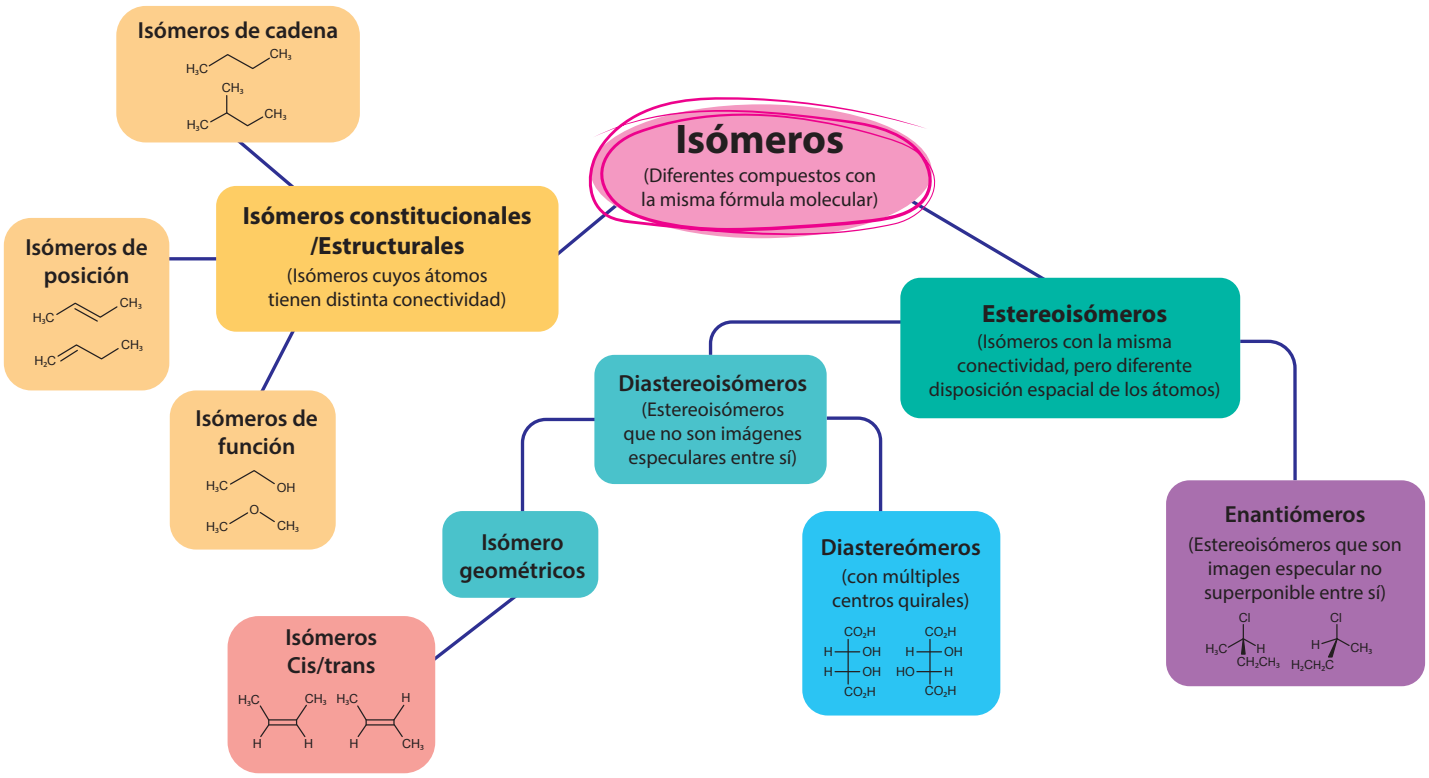
Número de carbonos	Prefijo
1	Met
2	Et
3	Prop
4	But
5	Pent
6	Hex
7	Hept
8	Oct
9	Non
10	Dec
20	Eicos
30	Triacont
50	Pentacont
100	Hect

Prefijos multiplicadores de sustituyentes iguales

Los prefijos multiplicadores se usan cuando más de un sustituyente de idéntico tipo se halla en una estructura.

N.º	Prefijo multiplicador
2	Di
3	Tri
4	Tetra
5	Penta
6	Hexa
7	Hepta
8	Octa
9	Nona
10	Deca
11	Undeca
12	Dodeca
20	Icosa

Clasificación de isómeros



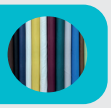
Tecnología

Como te habrás dado cuenta, la química orgánica tiene una gran importancia en la actualidad. Esto se debe al crecimiento de la investigación científica en relación con la síntesis de una variedad de productos derivados del carbono y que son de gran utilidad para la vida humana en diferentes actividades tales como medicina, alimentación, vivienda, deporte, entre otras. Algunos ejemplos son los siguientes:

Importancia de los compuestos orgánicos

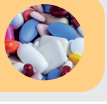
Agroquímica
En la actualidad la química de productos orgánicos sintéticos ha tenido un gran desarrollo en la agricultura. Se han creado numerosos fungicidas, herbicidas e insecticidas para proteger cultivos y aumentar la productividad.

Alimentos
En esta industria, se emplean compuestos orgánicos derivados de animales y plantas, como edulcorantes, antioxidantes, proteínas vegetales y vitaminas, que mejoran la calidad y conservación de los alimentos.



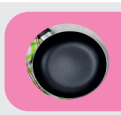
Textil
La industria textil utiliza pigmentos y polímeros, tanto naturales (como la celulosa de plantas) como sintéticos (como el rayón), en la producción de telas y fibras resistentes y duraderas.

Plástico
Los plásticos son polímeros sintéticos con propiedades como resistencia, aislamiento térmico y eléctrico, facilidad de limpieza y coloración. Se dividen en termoplásticos y termoestables, según su comportamiento frente al calor.

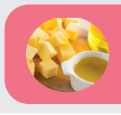


Medicina
La química orgánica ha permitido la síntesis de medicamentos para aliviar dolores y enfermedades en humanos y animales.

Teflón
El teflón se produce a partir del tetrafluoruro de etileno y se utiliza como aislante, en recubrimientos de ollas, sartenes y utensilios gracias a su resistencia y antiadherencia.

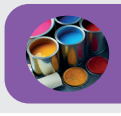


Grasas y aceites
Las grasas animales y aceites vegetales son ésteres utilizados en la elaboración de productos como la margarina y la mantequilla, esenciales en la industria alimentaria.

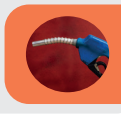


Limpieza
La producción de jabón se basa en la saponificación, una reacción química entre grasas o aceites con una base, que da lugar a productos limpiadores esenciales en el hogar.

Pintura
En la industria de la pintura, se emplean polímeros, disolventes y pigmentos que permiten formular recubrimientos con funciones protectoras y decorativas para diversas superficies.



Combustibles
Derivados del petróleo y del gas natural, son empleados para el transporte y la industria.



Quiero ser...

Carrera: licenciatura en Química y Farmacia

Duración: 5 años/10 ciclos

Descripción. La licenciatura en Química y Farmacia es una carrera científica y técnica que forma profesionales con conocimiento de procesos industriales, desde la obtención de materias primas, formulación, producción y control de calidad de productos farmacéuticos humanos y veterinarios.

La licenciatura en Química y Farmacia ofrece las bases para desempeñarse en investigación y desarrollo en el área de química de alimentos, fertilizantes y plaguicidas, contaminación ambiental y análisis toxicológico, aplicando conocimiento científico en distintas áreas, tales como:

- Química legal y análisis toxicológico
- Procesos industriales: farmacéutica, alimentos, fertilizantes y plaguicidas
- Responsable sanitario de establecimientos de salud, farmacias comunitarias y públicas

Bachilleratos sugeridos:
General y Técnico Vocacional en Atención Primaria en Salud

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

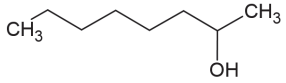
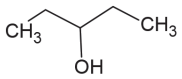
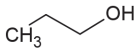
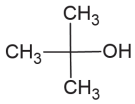
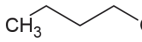
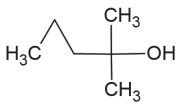
Biología ————
Física ——
Matemática ———
Química ————
Tecnología ——————
Inglés ———

Habilidades:

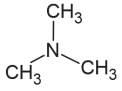
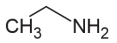
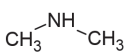
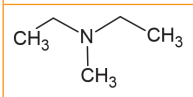
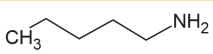
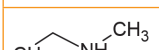
Pensamiento crítico ————
Investigación ——————
Creatividad ——————
Comunicación ————
Resolución de problemas ——————
Capacidad de cálculo ————
Abstracción y lógica ————

Evaluación

1. Identifica qué tipo de alcohol es: primario, secundario o terciario.

Estructura	Tipo de alcohol
	
	
	
	
	
	

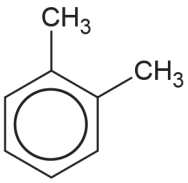
2. Identifica qué tipo de amina es: primaria, secundaria y terciaria.

Estructura	Tipo de alcohol
	
	
	
	
	
	

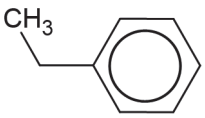
3. Nombra los compuestos que se presentan en los numerales 1 y 2.

Numeral 1	Numeral 2

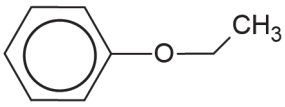
4. Selecciona la respuesta correcta.



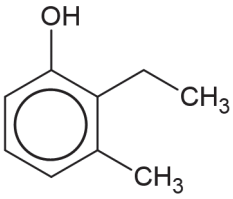
a. m-dimetilbenceno
b. 1,2-dimetilbenceno
c. p-xileno



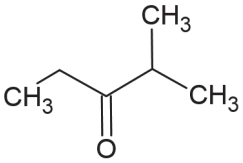
a. Etilbenceno
b. Metilbenceno
c. Etilciclohexano



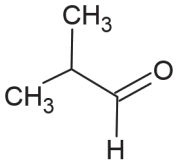
a. Etoxibenceno
b. Feniletiléter
c. Fenoxietano



a. 2-etil-1-metilfenol
b. 2-etil-3-metilfenol
c. 3-metil-2-etilfenol



a. 2-metil-3-pentanona
b. 4-metil-3-pentanona
c. Etilvinilcetona



a. 2-propilmetanal
b. 1-metilpropanal
c. 2-metilpropanal

5. Selecciona la aseveración correcta.

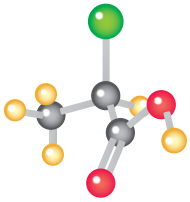
a. Una muestra que contiene un grupo carbonilo da positivo a la reacción de Fehling evidenciando un precipitado rojo ladrillo, lo que quiere decir que la muestra se trata de una cetona.
b. Una muestra que contiene un grupo carbonilo da positivo a la reacción de Fehling evidenciando un precipitado rojo ladrillo, esto quiere decir que la muestra se trata de un ácido carboxílico.
c. Una muestra que contiene un grupo carbonilo da positivo a la reacción de Fehling evidenciando un precipitado rojo ladrillo, lo que quiere decir que la muestra se trata de un aldehído.

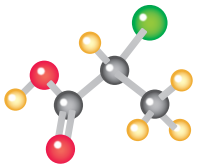
6. Selecciona la aseveración correcta.
   a. En una muestra que contiene nitrógeno en presencia de acetato de plomo se evidencia un precipitado negro, lo que indica que la muestra sí contine nitrógeno.
   b. Una muestra que contiene nitrógeno se trata en medio ácido y al agregar una sal de hierro se produce una coloración azul, lo que evidencia que la muestra sí contine nitrógeno.
   c. Una muestra que contiene nitrógeno en presencia de nitrato de plata forma un precipitado amarillo, lo que evidencia que sí contine nitrógeno.

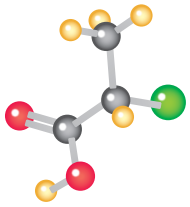
7. Dibuja la estructura para los siguientes compuestos.

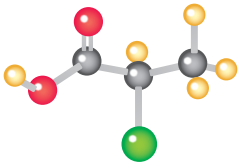
Nombre	Estructura
Butanal	
4-metil-2-hexanona	
3-metilbutanal	
2-etilciclohexanona	
Diisopropilamina	
2-metil-1,4-butanodiamina	
Ácido 3,5-dimetilhexanoico	
Ácido ciclopentanocarboxilico	
Cloruro de 3-bromopentanoilo	
Etilisopropiléter	
Bencilfeniléter	
3-metil-butanotiol	

8. ¿Cuáles de las siguientes estructuras son idénticas?

a. 

b. 

c. 

d. 

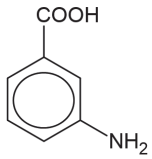
9. ¿Cuál de las siguientes especies puede reducirse hasta un alcohol secundario?

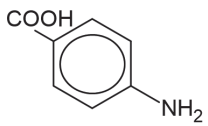
   a. $CH_3 - CH_2 - COCl$
   b. $CH_3 - CH_2 - COO - CH_3$
   c. $CH_3 - CH_2 - CO - CH_3$

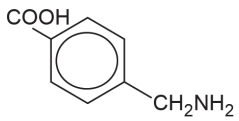
10. ¿Cuál de los siguientes compuestos no es aromático?

    a. Tolueno
    b. Fenol
    c. Acetileno

11. Algunas lociones utilizadas para protegernos de las quemaduras del sol contienen cierta cantidad de ácido 1,4-aminobencenocarboxílico, cuyo nombre común es parabeno, de fórmula:

a. 

b. 

c. 

12. En los siguientes compuestos orgánicos, ¿cuál o cuáles presentan isomería cis-trans?

    a. 1, 2, 3-propanotriol y 1,2-dibromoeteno
    b. 1, 2-dibromoeteno
    c. Propanoamida y 1,2,3-propanotriol

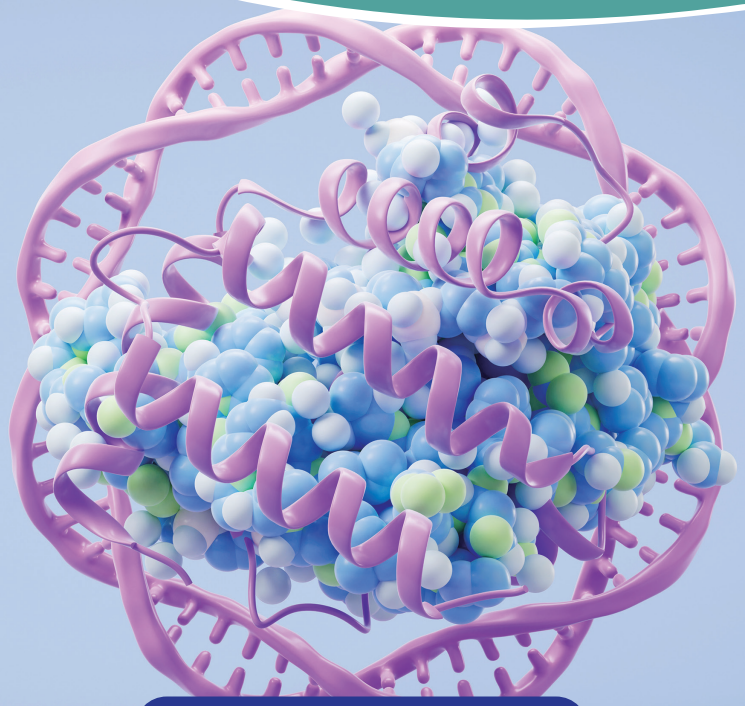
Unidad 6

Biomoléculas

Eje integrador: organización

En esta unidad aprenderemos a:

- Identificar la función carbohidrato y sus estructuras.
- Reconocer las clasificaciones y propiedades de los carbohidratos.
- Explicar la importancia de los polisacáridos y su metabolismo.
- Reconocer la función lípidos y su clasificación general.
- Realizar una extracción de lípidos.
- Describir el proceso general del metabolismo de los lípidos.
- Reconocer la estructura general de los aminoácidos.
- Desarrollar un proceso de extracción de proteínas.
- Clasificar a las proteínas empleado diferentes criterios.
- Identificar las funciones de los nucleótidos libres.
- Elaborar modelos tridimensionales de las estructuras químicas de los ácidos nucleicos.



Estructuras tridimensionales de proteínas y ácidos nucleicos.

Duración: 5 semanas

Indagación

Carbohidratos

¿Cuáles son tus alimentos preferidos? Quizá pensaste en la pizza, una dona, papas fritas o unas uvas. Todos ellos tienen algo en común: están llenos de carbohidratos, un tipo de molécula esencial que actúa como la principal fuente de energía para tu cuerpo. Los deportistas, como los maratonistas, consumen grandes cantidades de pasta antes de una competencia para almacenar energía en forma de glucosa. Así, durante las largas carreras, sus cuerpos pueden acceder a esa reserva de energía y ayudarles a estar en movimiento.

A. Descubriendo los carbohidratos en nuestros alimentos

Desarrolla esta actividad para aplicar tus presaberes y clasificar una serie de alimentos en función de su contenido de carbohidratos.

Materiales:

- Imágenes o muestras de alimentos, como pan, pasta, frutas, carne, queso, etc.

Procedimiento:

1. Analiza las muestras de alimentos y crea dos categorías: «Alimentos ricos en carbohidratos» y «Alimentos bajos en carbohidratos».
2. Presenta tu clasificación y justifícala. Luego responde:
   a. ¿Qué características tienen en común los alimentos ricos en carbohidratos?
   b. ¿Por qué ciertos alimentos elevan más nuestro nivel de energía?
   c. ¿Eso está relacionado con los carbohidratos?

Los carbohidratos son compuestos químicos que se encuentran en muchos alimentos; la forma en que están organizados influye en cómo nos proporcionan energía. Por ejemplo, al comer frutas ingerimos carbohidratos simples, como fructosa o glucosa, que proporcionan energía rápidamente. Por otra parte, al comer pan, estamos consumiendo almidón, un carbohidrato complejo que las plantas usan para almacenar energía solar. Usamos la energía contenida en los carbohidratos para producir y almacenar energía en nuestras células.

Los carbohidratos también pueden tener funciones estructurales, como la **celulosa**, que forma las paredes celulares de las plantas y su marco estructural. Materiales como la madera, el algodón, el lino y el papel están compuestos de celulosa. En la industria se usan los carbohidratos para preparar alimentos, materiales de construcción y otros productos de consumo.

Los carbohidratos tienen una fórmula general expresada como $C_n(H_2O)_n$, lo que significa que por cada átomo de carbono hay dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno en la molécula. Este patrón básico les da a los carbohidratos su estructura y propiedades químicas únicas.

Para visualizar cómo se estructuran los carbohidratos, usamos representaciones llamadas «proyecciones de Fischer». Estos son dibujos que muestran cómo los átomos están dispuestos en el espacio tridimensional; se utilizan principalmente para representar de manera simplificada estructuras tridimensionales de los carbohidratos y aminoácidos en dos dimensiones.

Este banano está maduro, así que su sabor es muy dulce. Esto es porque contiene principalmente azúcares simples como glucosa, fructosa y sacarosa. A medida que el banano madura, el almidón se descompone, por eso un banano verde (o menos maduro) tendrá mayor cantidad de almidón.

B. Conviértete en un experto en proyectar carbohidratos

En esta actividad comprenderemos cómo la estructura de los carbohidratos está relacionada con sus grupos funcionales y sus propiedades químicas a partir de la construcción de sus representaciones visuales.

Materiales:

- Plastilina de tres colores o bolitas de poliestireno
- Palillos de madera o alambre
- Hoja de papel o cartulina
- Marcadores

Procedimiento:

1. Observa las moléculas de la derecha e identifica el grupo funcional.
2. Marca el carbono donde se encuentra el grupo funcional.
3. Observa y analiza las diferencias entre las estructuras A y B.

Los carbohidratos poseen dos grupos funcionales: el grupo carbonilo $(C = O)$ y el grupo hidroxilo $(-OH)$. Cuando el $C = O$ se encuentra en el primer carbono es un aldehído $(-CHO)$, y al carbohidrato se le llama aldosa. Pero cuando está en el interior de la cadena es una cetona $(-C = O-)$, y al carbohidrato se le llama **cetosa**. Los carbohidratos simples se forman por cadenas que poseen de 3 a 8 átomos de carbono. Un azúcar con 3 carbonos se denomina «triosa»; con 4, «tetrosa»; con 5, «pentosa» y con 6, «hexosa». Ambas clasificaciones se combinan para indicar el grupo funcional y el número de átomos de carbono. Por ejemplo, la glucosa es una aldohexosa.

4. Observa y analiza el carbono 5 en las estructuras A, B y C.
5. Lee las reglas para representar una estructura Fischer.

Orientación de la molécula. La cadena carbonada principal se dibuja verticalmente y el carbono más oxidado se ubica en la parte superior.

Disposición de los sustituyentes. Los enlaces horizontales representan los que se proyectan hacia el lector, es decir, adelante del plano. Los enlaces verticales representan los que se alejan del lector, es decir, se proyectan hacia atrás del plano.

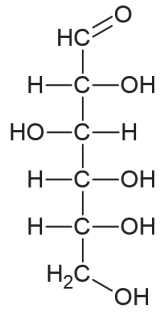
Configuración de los carbonos quirales. En cada carbono quiral los grupos sustituyentes se disponen a los lados.

Convención de la configuración D y L. Los azúcares de la serie D en el carbono quiral más alejado del grupo funcional tienen el $-OH$ orientado a la derecha, mientras que los de la serie L lo tienen orientado a la izquierda. Los azúcares D son de origen natural y los L de origen no natural.

6. Construye los modelos de las estructuras A y B.

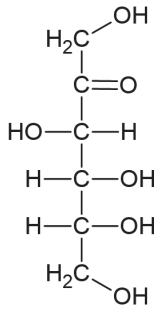
Los carbohidratos se definen como polihidroxialdehídos y polihidroxicetonas, ya que poseen múltiples grupos hidroxilo $(-OH)$, por tanto, son muy solubles en agua gracias a su capacidad para formar puentes de hidrógeno, lo que permite su transporte en el torrente sanguíneo y almacenamiento en las células. La proyección de Fischer permite representar de manera bidimensional la estructura tridimensional de los monosacáridos, mostrando la disposición espacial de los carbonos quirales y ayudando a diferenciar entre las formas D y L.

A



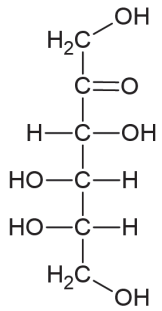
D-glucosa

B

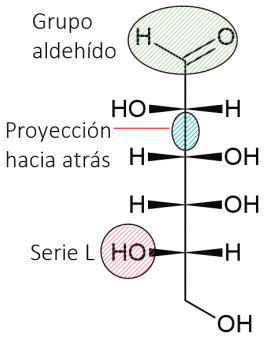


D-fructosa

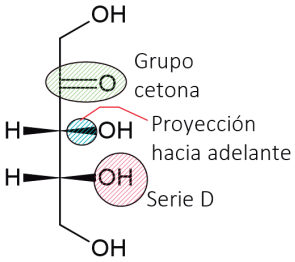
C



L-fructosa



L-galactosa

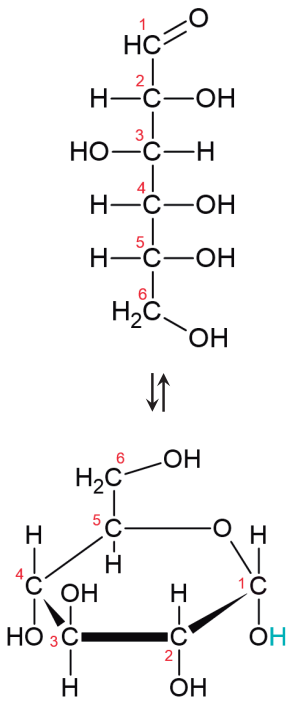


D-ribulosa

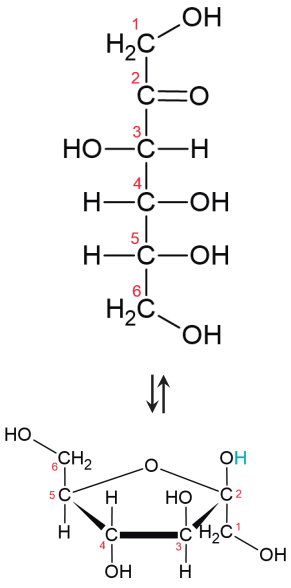
Creatividad

Los azúcares adoptan formas cíclicas porque son más estables. Para representarlas se utiliza la **estructura de Haworth.** Esta proyección simplificada muestra los átomos en un anillo como si fuera plano, aunque no lo es, pero facilita la visualización de los carbonos y grupos $-\mathrm{OH}$ que conforman al anillo.

Formación de anillo de $\alpha-$ glucosa



Formación de anillo de $\beta-$ fructosa



C. Explorando la ciclación y configuración de los carbohidratos

Construiremos modelos cíclicos de azúcares y aprenderemos a nombrarlos según su configuración.

Materiales:

- Modelos moleculares tridimensionales A y B
- Imágenes de las estructuras lineales y cíclicas de los carbohidratos modelados
- Papel y marcadores de colores

Procedimiento:

1. Realiza la ciclación para la D-glucosa y la D-fructosa uniendo el grupo aldehído o cetona al grupo $-\mathrm{OH}$ en el $\mathrm{C5}$.
2. Elimina el doble enlace del grupo $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ y agrega un H al oxígeno para compensar el enlace perdido.
3. Elimina el H del grupo $-\mathrm{OH}$ del $\mathrm{C5}$. Tanto el $\mathrm{C1}$ o $\mathrm{C2}$ como el oxígeno del $\mathrm{C5}$ están deficientes, únelos para formar el anillo.
4. Coloca los grupos $-\mathrm{OH}$ de la derecha hacia abajo, o los de la izquierda hacia arriba.

Las aldohexosas como la glucosa pueden formar estructuras cíclicas de 5 o 6 miembros, pero los anillos de 6 miembros son más estables; a un azúcar cíclico de 6 miembros se le llama **piranosa** (derivado del pirano). Por otra parte, muchas aldopentosas y cetohexosas forman anillos de 5 miembros; a un azúcar cíclico de 5 miembros se le llama **furanosa** (derivado del furano). En cambio, la dihidroxiacetona no cicla y permanece en forma lineal; esto se debe a que tiene solo tres átomos de carbono, con un grupo cetona en el carbono 2, lo que impide que la estructura se cierre.

5. Identifica los anillos como piranosa o furanosa.

Cuando se forman las estructuras cíclicas también se forma un nuevo carbono asimétrico; a estos nuevos centros quirales se les llama carbono **anomérico**. Si la posición del grupo $-\mathrm{OH}$ en el carbono anomérico está hacia abajo, es la forma alfa (α); y si está hacia arriba, es la forma beta (β). Estas dos orientaciones de un azúcar son diasterómeros, llamados anómeros.

6. Identifica y marca el carbono anomérico en cada modelo cíclico.
7. Determina la configuración α o β en cada estructura cíclica construida.
8. Dibuja el anómero correspondiente para cada estructura construida.

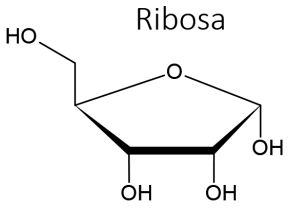
Si un anómero α puro se disuelve en agua, la estructura se abre a su forma lineal y se convierte en el anómero β; lo mismo ocurre al disolver un anómero β puro. A este fenómeno se le conoce como **mutarrotación** y ocurre porque los dos anómeros se interconvierten en disolución y coexisten en equilibrio.

D. Clasificación de carbohidratos. ¡Desenmascarando azúcares!

En esta actividad, usando la observación y el análisis de sus estructuras, clasificarás carbohidratos de acuerdo con la cantidad de azúcares sencillos que intervienen en su composición.

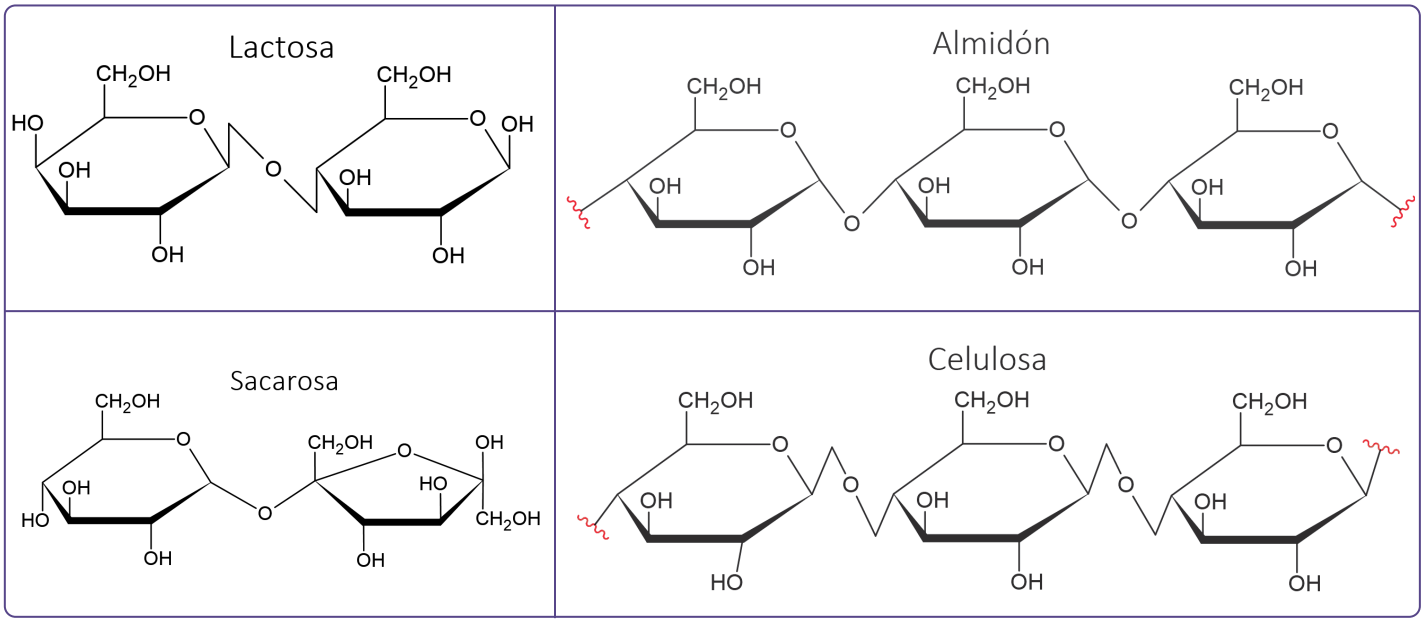
Materiales:

- 4 hojas de papel
- Etiquetas o rótulos
- Lápices de colores o marcadores



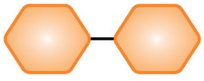
Procedimiento:

1. Imprime o dibuja las estructuras de glucosa, fructosa, ribosa, sacarosa, lactosa, almidón y celulosa en media página cada una.
2. Observa si la estructura representa un carbohidrato simple, un carbohidrato formado por dos azúcares simples o uno formado por varias unidades de azúcar.
3. Elabora carteles con las palabras **monosacáridos**, **disacáridos** y **polisacáridos**.



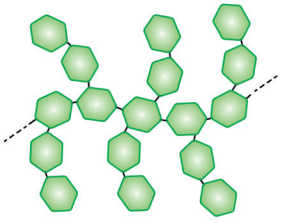
4. Clasifica los carbohidratos, según su cantidad de unidades de azúcar, en monosacáridos, disacáridos o polisacáridos.
5. Clasifica los monosacáridos en aldosas o cetosas; utiliza un marcador para identificarlos.
6. Explica a tus compañeros cómo identificaste las clases de azúcares.

Monosacárido


Disacárido

Los carbohidratos se diferencian en tres grupos principales según el número de unidades de azúcar (sacáridos) que contienen en su estructura: monosacáridos, disacáridos y polisacáridos. Un monosacárido es una sola unidad de azúcar, es decir, una cadena corta o un solo anillo; un disacárido está formado por dos unidades de monosacáridos, y un polisacárido está formado por una cadena larga de monosacáridos.

La cantidad de carbonos y la presencia de un grupo funcional definido (aldehído o cetona) determinan la clasificación y el nombre específico de cada carbohidrato. Esta clasificación es importante porque permite identificar las reacciones y aplicaciones de cada tipo de carbohidrato.


Polisacárido

E. Formemos disacáridos

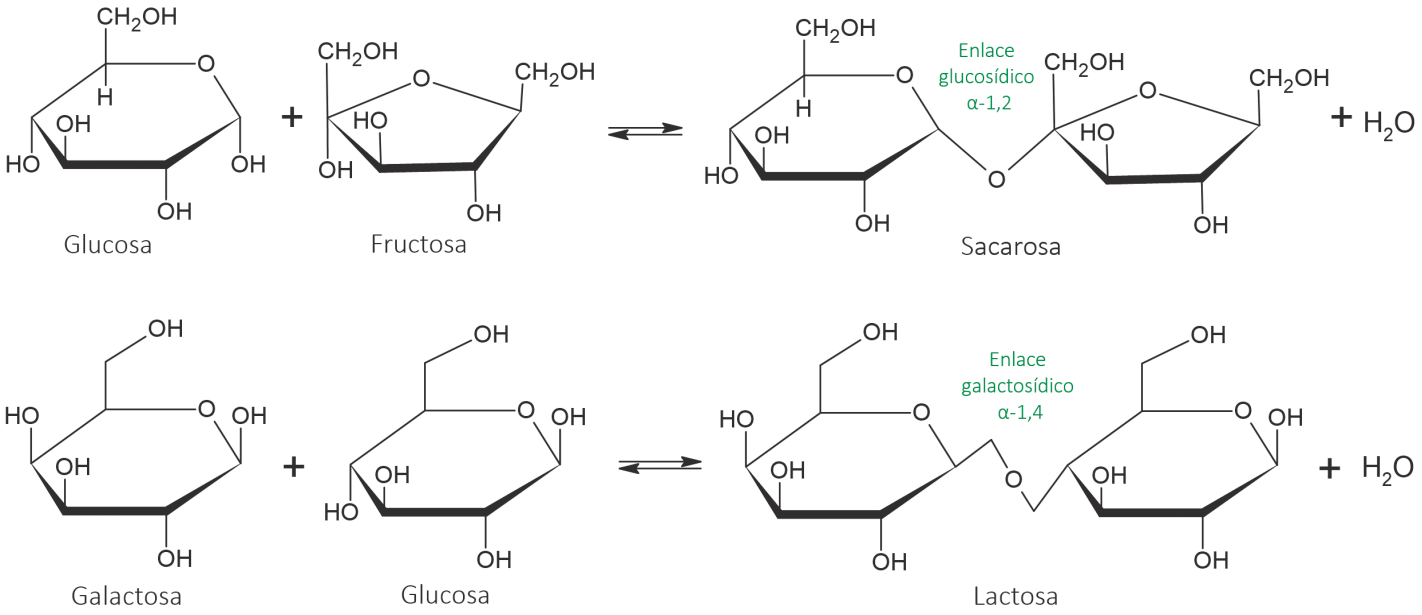
Dos moléculas de monosacáridos se unen para formar un disacárido; por ejemplo, la sacarosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) está conformada por glucosa y fructosa. Vamos a analizar cómo se forman los enlaces entre dos azúcares.

Materiales:

- 6 tarjetas en blanco
- Lápices de colores o marcadores

Procedimiento:

1. Dibuja en las tarjetas las estructuras cíclicas de monosacáridos: 3 tarjetas de $\propto -$ glucosa, 1 de $\beta -$ glucosa, 1 de $\propto -$ fructosa y 1 de $\beta -$ galactosa.
2. Une dos tarjetas de $\propto -$ glucosa haciendo coincidir $C1$ y $C4$.
3. Une las tarjetas de $\propto -$ glucosa y $\propto -$ fructosa haciendo coincidir el $C1$ de la glucosa con el $C2$ de la fructosa.
4. Une las tarjetas de $\beta -$ galactosa y $\beta -$ glucosa haciendo coincidir el $C1$ de la galactosa con el $C4$ de la glucosa.
5. Analiza la estructura de la sacarosa.
   a. Identifica la configuración α o β de los carbonos anoméricos de la glucosa y la fructosa.
   b. ¿Cuál es el número del carbono de la glucosa que forma el enlace?
   c. ¿Cuál es el número del carbono de la fructosa que forma el enlace?
   d. ¿Queda algún carbono anomérico libre?



La glucosa y la fructosa se unen mediante un enlace **glucosídico** entre el carbono 1 de la glucosa (grupo aldehído) y el carbono 2 de la fructosa (grupo cetona), liberando una molécula de agua en una reacción de condensación. La lactosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) está formada por glucosa y galactosa unidas mediante un enlace **galactosídico** que deja libre al grupo aldehído el carbono anomérico de la glucosa. Los términos «enlace glucosídico» y «enlace galactosídico» son específicos de la glucosa y la galactosa; ambos son tipos de enlace **glicosídico**, término amplio para los enlaces que unen carbohidratos. La maltosa está formada por dos moléculas de glucosa unidas por un enlace glicosídico $\propto -$ 1,4.

Los disacáridos, según su estructura y grupos funcionales, pueden ser reductores o no reductores. Si poseen un grupo carbonilo libre en su estructura, pueden actuar como agente reductor; la sacarosa, por ejemplo, por no tener un grupo funcional libre, es un azúcar no reductor.

Las diferencias estructurales en los carbohidratos, como la posición de los grupos funcionales, el número de carbonos y la configuración espacial, tienen un impacto directo en sus propiedades químicas. Estas diferencias afectan principalmente su reactividad, su solubilidad y su capacidad para formar enlaces, lo cual es clave para su funcionamiento en organismos vivos.

Laboratorio Propiedades químicas de los carbohidratos

Exploraremos las diferencias entre monosacáridos y polisacáridos observando cómo sus estructuras afectan propiedades como la solubilidad y la reactividad y su papel en reacciones metabólicas. Este análisis permitirá comprender la importancia de los polisacáridos en el almacenamiento de energía y la estructura de los organismos.

Materiales:

- Hidróxido de sodio diluido (NaOH 0.1M)
- Celulosa (papel de filtro o sin blanquear)
- Ácido clorhídrico diluido (HCl 0.1 M)
- 10 ml de reactivo de Benedict
- 50 ml de agua destilada
- Almidón en polvo
- Glucosa en polvo
- 2 pipetas graduadas de 10 ml
- 7 tubos de ensayo de 15 ml
- Pinza para tubo de ensayo
- Mechero o baño maría
- 2 *beakers* de 50 ml
- Termómetro
- Gradilla

Procedimiento:

1. Coloca 10 ml de agua en cada uno de los tubos de ensayo.
2. Agrega en cada uno de los tubos de ensayo 1 g de glucosa, 1 g de almidón y 1 g de celulosa.
3. Agita cada tubo y observa la solubilidad de las sustancias.
4. Prepara un baño maría que se encuentre entre 60 °C y 70 °C
5. Coloca los tubos en el baño maría y registra los cambios. Responde:
   a. ¿Cuál de las sustancias es más soluble?
   b. ¿Cómo afecta la estructura molecular (monosacárido y polisacárido) a la solubilidad?
6. Prepara tres tubos de ensayo. Tubo 1: 2 ml de solución de glucosa al 10 %; tubo 2: 2 ml de solución de almidón al 10 %, y tubo 3: fragmentos de celulosa.
7. Añade 2 ml de reactivo de Benedict a cada tubo.
8. Calienta los tubos en el baño maría a 80 °C durante 5 minutos y observa los cambios de color (verde, amarillo, naranja o rojo indica azúcares reductores). Responde:
   c. ¿Qué observaste en los tubos de ensayo después de añadir el reactivo de Benedict y calentar la mezcla?
   d. ¿Qué significa que un carbohidrato sea reductor?
9. Mezcla 5 ml de solución de almidón al 10 % con 2 ml de ácido clorhídrico en un tubo de ensayo.
10. Coloca el tubo en baño maría durante 10 minutos.
11. Retira el tubo de ensayo del calor y deja enfriar la mezcla.
12. Neutraliza con NaOH 0.1 M, gota a gota (puedes usar papel pH para verificar).
13. Realiza nuevamente la prueba de Benedict (paso 2) y observa el cambio de color que ocurre en la solución. Un color rojo ladrillo indica presencia de azúcares reductores, como glucosa y maltosa, productos de la hidrólisis del almidón. Responde:
    e. ¿Por qué el almidón necesita ser hidrolizado para reaccionar con el reactivo de Benedict?
    f. ¿Cómo afecta esto a la solubilidad y a la reactividad de los productos resultantes?
    g. ¿Cómo se relaciona la hidrólisis del almidón con el proceso de digestión en los organismos vivos?

Los resultados demuestran que las propiedades químicas de los carbohidratos están directamente relacionadas con su estructura molecular. Los monosacáridos son solubles y altamente reactivos debido a que sus grupos funcionales están libres, lo que facilita su papel en el metabolismo. Los polisacáridos, como el almidón y la celulosa, presentan funciones más específicas: el almidón actúa como reserva energética, mientras que la celulosa forma estructuras resistentes. Comprender estas propiedades químicas es fundamental para entender cómo los carbohidratos participan en procesos biológicos y metabólicos esenciales.

Comunicación

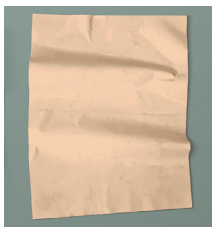
Como hemos estudiado, los carbohidratos incluyen a los polisacáridos, que varían en propiedades según su estructura y sus enlaces glicosídicos. Los polisacáridos también son conocidos como biopolímeros o polímeros de origen natural; los más pequeños contienen entre 3 y 10 unidades de monosacárido y se les llama **oligosacáridos**.

F. Polisacáridos relevantes

Entre los polisacáridos de mayor relevancia tenemos la celulosa, que forma estructuras de soporte, el almidón, que es reserva y fuente de energía, y el glucógeno, que es la reserva de energía en los animales.

Procedimiento:

1. Observa las siguientes imágenes y analiza qué tienen en común.



2. Lee el párrafo.

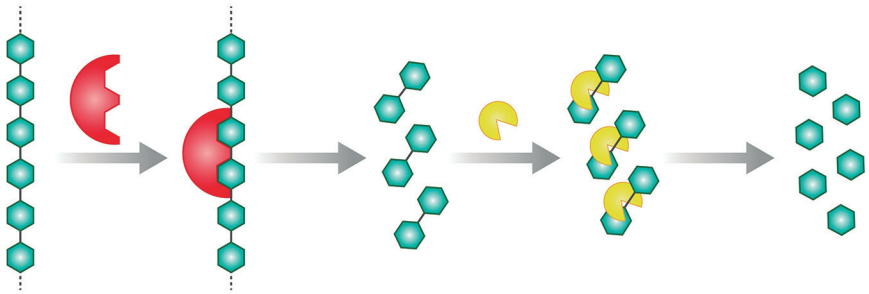
La celulosa es sintetizada por las plantas y usada como material estructural que soporta su peso; está formada por moléculas de glucosa unidas por enlace glicosídico $\beta-1,4$. Alrededor del $50\ \%$ de la madera seca y el $90\ \%$ de la fibra de algodón es celulosa. El rayón es una fibra elaborada a partir de celulosa, pero el hilo de rayón es mucho más resistente, ya que son fibras más largas y extruidas entre sí, mientras que las fibras de algodón son cortas e hiladas entre sí. Los mamíferos carecen de la enzima que hidroliza a la celulosa, por eso no puede ser usada como alimento directo.

3. Investiga de qué está hecho el celofán.
4. Lee el texto y analiza el esquema a continuación.

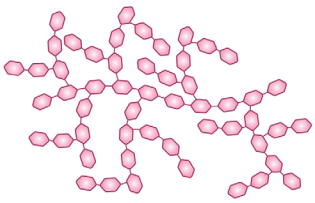
DIGESTIÓN DEL ALMIDÓN

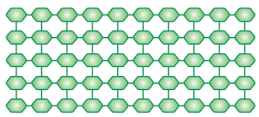
La amilosa llega al sitio activo de la amilasa y es degradada a moléculas de maltosa y maltotriosa.

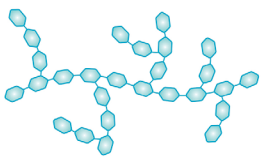
En la saliva se encuentra una enzima llamada **amilasa salival**, que convierte a la molécula de almidón en maltosa y maltotriosa; el páncreas segrega la **amilasa pancreática**, que ayuda al mismo proceso, y en el intestino se encuentra la enzima **maltasa**, que degrada las moléculas de maltosa a glucosa. Este es el proceso de digestión de los carbohidratos.

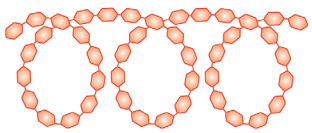


5. Señala en el esquema las moléculas de almidón, maltosa y glucosa y las enzimas amilasa y maltasa.


Glucógeno


Celulosa


Amilopectina


Amilosa

Al moler los granos de almidón se obtienen dos tipos: alrededor del $20\ \%$ es amilosa, un polímero lineal y soluble en agua, con enlaces $\alpha-1,4$; el otro $80\ \%$ es amilopectina, que posee el mismo enlace, pero cada 20 a 30 unidades se forma un enlace $\alpha-1,6$, lo que provoca que tenga ramificaciones y sea insoluble en agua.

Parte de las moléculas de glucosa obtenidas en la degradación del almidón forman **glucógeno**, una fuente de energía fácilmente utilizable que se almacena en el hígado y en los músculos esqueléticos. Su estructura es similar a la amilopectina, pero con una ramificación más extensa que deja muchos grupos libres para su hidrolisis rápida.

Lípidos

¿Qué tienen en común una botella de aceite, un trozo de cera y una crema hidratante? Todos están relacionados con los lípidos. Este grupo es muy diverso y desempeña roles clave en los organismos vivos, desde almacenar energía hasta proteger y regular. Esta semana los identificaremos y exploraremos su clasificación.

A. Cazadores de lípidos

En esta actividad identificarás distintos tipos de lípidos que usamos y los clasificarás en dos categorías principales: saponificables y no saponificables, para luego profundizar en la clasificación de lípidos solubles e insolubles. ¡Será interesante!

Fíjate que...

El jabón tiene una estructura especial: una cabeza, que es atraída por el agua, y una cola, que se siente atraída por las grasas y aceites. Gracias a esto, el jabón es capaz de eliminar la suciedad.

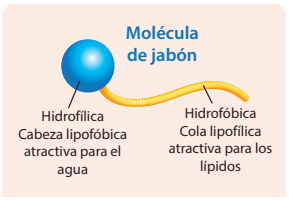
Materiales:

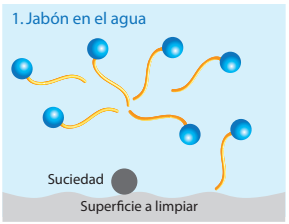
- Aceite vegetal
- Yema de huevo
- Cera de vela o de abeja
- Margarina, mantequilla o manteca
- Hidróxido de sodio $(NaOH)$ al $10\ \%$
- Agua destilada o desmineralizada
- Solución de fenolftaleína
- 16 tubos de ensayo
- Papel filtro
- Espátula
- Gradilla
- Gotero
- Acetona
- Etanol

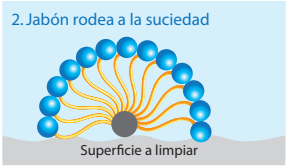
Procedimiento:

Parte I. Prueba de saponificación

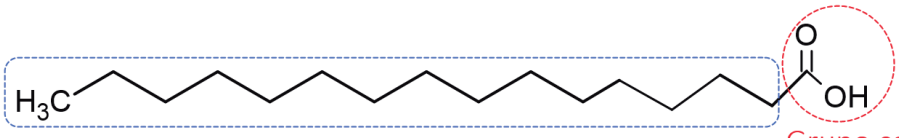
1. Observa el estado de agregación, color, olor y textura de las muestras de lípidos: aceite, yema, cera y margarina. Clasifícalas en sólidas y líquidas.
2. Etiqueta 4 tubos de ensayo con los nombres de las muestras.
3. Llena cada tubo de ensayo con $3\ ml$ de solución de $NaOH$ al $10\ \%$.
4. Agrega una pequeña cantidad de cada muestra. Utiliza gotero para las muestras líquidas (unas gotas) y espátula para las muestras sólidas (aproximadamente $0.1\ g$). Observa si ocurre algún cambio de color, textura o temperatura.
5. Añade una gota de fenolftaleína y agita suavemente cada tubo de ensayo. Observa si ocurre algún cambio de color.
6. Elabora una tabla de registro donde indiques, por cada muestra, si reaccionó con $NaOH$, y describe la reacción observada. Además, indica si la muestra es saponificable, es decir, si reacciona con bases fuertes para formar jabones.







Los lípidos se clasifican en saponificables y no saponificables según contengan o no **ácidos grasos** en su estructura. Estos últimos son moléculas formadas por cadenas hidrocarbonadas no ramificadas que tienen un grupo carboxilo $(-COOH)$ como grupo funcional. El grupo carboxilo es hidrofílico (atraído al agua) y adquiere carga negativa al entrar en contacto con el agua, lo que le confiere carácter ácido; el resto de la molécula es no polar y, por lo tanto, es hidrofóbica (repelida por el agua).



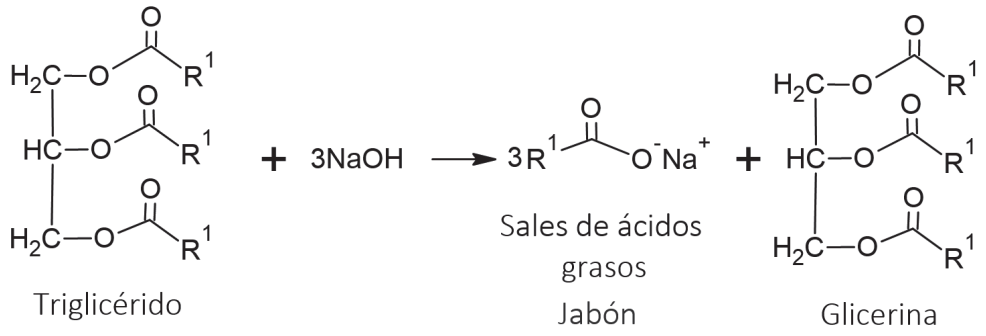
Cadena carbonada
Cola no polar hidrofóbica

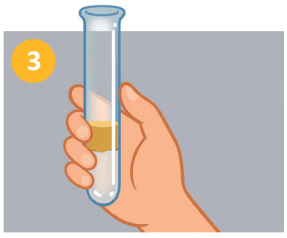
Grupo carboxilo
Cabeza polar hidrófilica

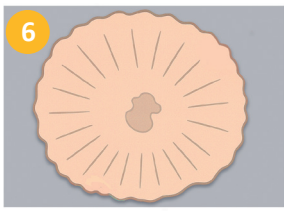
FORMACIÓN DE UNA MICELA

En una micela, las colas hidrofóbicas se orientan hacia el interior y las cabezas hidrofílicas hacia el exterior.

El número de átomos de carbono en los ácidos grasos suele ser par. Los más comunes en los **triglicéridos** tienen cadenas que van de 12 a 20 átomos de carbono y pueden ser de cadena saturada o con uno o más enlaces dobles. El proceso conocido como **saponificación** ocurre cuando los ácidos grasos —unidos mediante enlaces éster presentes en ciertos lípidos— reaccionan con una base fuerte, liberando glicerol y sales de ácidos grasos, que constituyen el jabón.





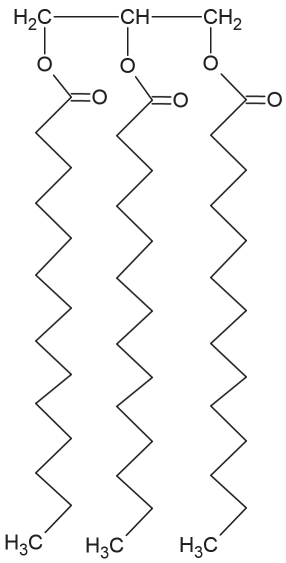


Parte II. Prueba de solubilidad y de mancha

1. Toma tres tubos de ensayo y vierte hasta la mitad: agua en uno, etanol en otro y acetona en el tercero.
2. Añade una pequeña cantidad de una de las muestras en cada tubo.
3. Agita suavemente los tubos y registra los resultados de la prueba de solubilidad.
   a. ¿La mezcla es homogénea o heterogénea?
   b. ¿La muestra es soluble o insoluble?
4. Repite los *pasos* 1, 2 y 3 con las muestras restantes.
5. Coloca una gota o porción de cada muestra sobre papel filtro.
6. Espera de 5 a 10 minutos y revisa si deja una mancha traslúcida.

La mayoría de los lípidos no se disuelvan en agua, pero sí en solventes menos polares o no polares; otros presentan comportamientos mixtos debido a que contienen grupos polares y no polares. La mancha en el papel indica la presencia de una grasa o cera, si no aparece, se trata de un lípido no graso.

7. Identifica cada muestra como lípido soluble o no soluble, por cada solvente utilizado, y como graso y no graso.
8. Elabora una tabla resumen con los resultados y propiedades observadas.



Los lípidos como los aceites vegetales, las grasas animales y las ceras están compuestos por carbono, hidrógeno y oxígeno. Son hidrofóbicos por la falta de grupos polares. El tipo más común de lípido simple consiste en tres ácidos grasos unidos por enlace éster a una molécula de glicerol, por lo que son llamados **triacilgliceroles**, **triacilglicéridos** o simplemente **triglicéridos**.

Por otra parte, los lípidos como los **fosfolípidos** y los **glucolípidos** contienen elementos adicionales como fósforo, nitrógeno, azufre o azúcar, que les permiten realizar funciones más complejas y diversificadas, como funciones estructurales y de señalización. Estos compuestos poseen regiones polares y no polares y presentan propiedades **anfipáticas** (que tiene tanto propiedades hidrofílicas como hidrofóbicas). Esto explica por qué los lípidos compuestos pueden disolverse parcialmente en agua y alcohol o dejar manchas menos evidentes en el papel filtro.

Creatividad

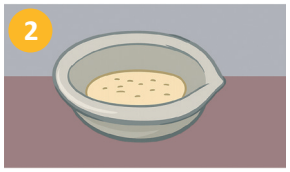
¿Qué hace a los lípidos tan especiales? Sus propiedades únicas les permiten cumplir funciones esenciales en la vida y están presentes, por ejemplo, cuando desayunas unas tostadas con mantequilla, aplicas un bálsamo labial y usas una crema para cuidar tu piel. Aunque parezcan situaciones rutinarias, estos ejemplos son lípidos; por ello, en esta sección extraeremos distintos tipos de lípidos de fuentes naturales y analizaremos sus propiedades mediante observaciones y reacciones químicas sencillas. ¡Comencemos la siguiente actividad!

B. Extracción de lípidos

Los lípidos se clasifican en diferentes tipos según su estructura y función como triglicéridos, **ceras**, fosfolípidos, **esteroides**, **prostaglandinas** y **terpenos**. Vamos a realizar experimentos de extracción y caracterización de algunos lípidos utilizando materiales accesibles.

Materiales:

- Hojas de una planta aromática como menta, limón, romero o eucalipto
- Semillas de ajonjolí o maní
- Hojas de plantas o árboles (preferiblemente que tengan brillo)
- 2 recipientes o vasos de vidrio
- Embudo
- Fuente de calor
- Dos recipientes metálicos (que uno quepa dentro del otro)
- Papel filtro o paño
- Alcohol etílico
- Agua destilada
- 1 yema de huevo



Procedimiento:

Parte I. Extracción de lípidos de semillas y frutos secos

1. Tritura las semillas de ajonjolí en un mortero o licuadora hasta que obtengas una pasta homogénea.
2. Agrega alcohol en una proporción 2:1 respecto a la pasta obtenida y mezcla.
3. Separa la mezcla utilizando un papel filtro colocado en un embudo para separar los componentes sólidos del líquido.
4. Deja evaporar el solvente de la fase líquida en un lugar ventilado y seguro. Debe quedar un líquido oleoso cuando el solvente se evapore.
5. Descarta el sólido.
6. Observa el papel a contraluz: verás una mancha traslúcida sobre la superficie del recipiente, lo que indica presencia de lípidos.

Los triglicéridos son la principal forma de almacenamiento de energía en organismos vivos. Se encuentran en aceites vegetales y grasas animales. Su extracción es un proceso importante en la industria alimentaria y cosmética y también nos permite visualizar cómo estos lípidos pueden separarse de otros componentes celulares. Las semillas, al ser trituradas, segregan lípidos que se disuelven y pueden ser extraídos al añadirles alcohol: cuando el solvente se evapora, los lípidos quedan retenidos en el papel por el proceso de filtración.

El aceite de ajonjolí es un aceite vegetal ampliamente utilizado en la cocina asiática; tiene un olor característico, es abundante en ácidos grasos poliinsaturados y, además, contiene fosfolípidos, así como omega 6.

Parte II. Separación de fosfolípidos de yema de huevo

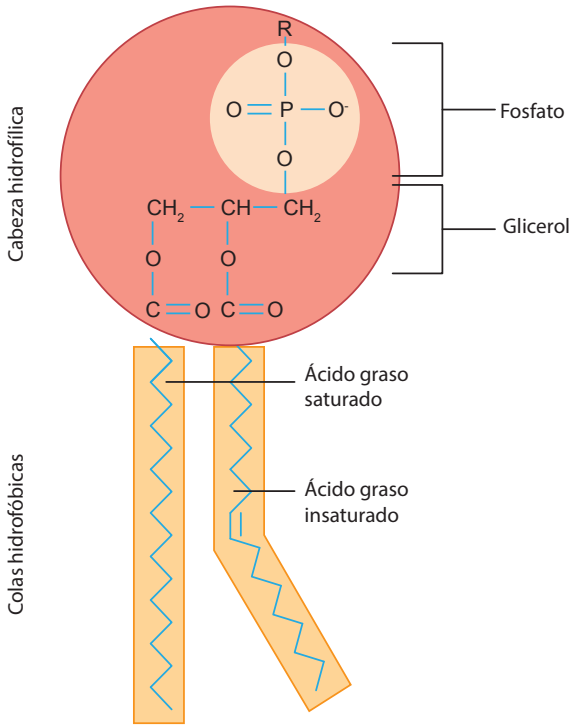
1. Coloca la yema de huevo en un vaso de vidrio.
2. Agrega lentamente alcohol mientras revuelves suavemente con la cuchara. Observarás la formación de un precipitado que se separa del resto de la solución.

Los fosfolípidos son lípidos que contienen derivados del ácido fosfórico. Al ser moléculas anfipáticas, tienen una solubilidad parcial en alcohol y agua; debido a esto, lo fosfolípidos se segregan y, posteriormente, se precipitan.

Los fosfolípidos tienen un papel fundamental en la estructura celular, formando parte de las membranas celulares. Químicamente, están compuestos por una molécula de glicerol unida a dos ácidos grasos y un grupo fosfato unido por un enlace **fosfodiéster**. Esta composición les confiere su carácter anfipático, con una cabeza polar (hidrofílica) y colas apolares (hidrofóbicas). Los fosfolípidos tienen funciones como mantener la estructura celular, actuar como una membrana semipermeable y producir y almacenar energía; además, tienen un papel importante en la coagulación de la sangre.

En la naturaleza, los fosfolípidos se encuentran en altas concentraciones en las membranas de células animales y vegetales, así como en fuentes alimenticias como la yema de huevo, la leche, la soja y los aceites de pescado.

La mayoría de los fosfolípidos son **fosfoglicéridos** en los que por lo general se ha sustituido un ácido graso por un grupo fosfato de un triglicérido. Muchos fosfolípidos tienen un alcohol esterificado al ácido fosfórico, como las cefalinas y las lecitinas. Por ejemplo, la fosfatidilcolina realiza funciones que ayudan en los procesos neuronales, incluida la memoria, el razonamiento y el aprendizaje.



Parte III. Extracción de ceras de hojas de plantas

1. Tritura las hojas hasta obtener una pasta homogénea.
2. Agrega alcohol a la pasta y mezcla.
3. Filtra para separar la mezcla.
4. Deja evaporar el solvente de la fase líquida.

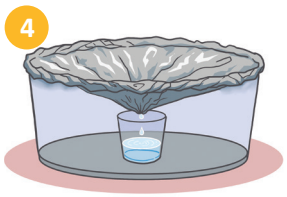
La trituración ayuda a que se liberen los compuestos lipídicos atrapados en las células vegetales. El alcohol actúa como solvente que permite extraer y luego se evapora rápidamente debido a su bajo punto de ebullición, dejando un residuo ceroso en el recipiente.

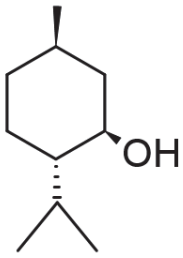
Las ceras son un tipo de lípidos complejos, compuestos principalmente de ésteres de ácidos grasos de cadena larga y alcoholes de cadena larga. Estas sustancias protegen a las plantas de la deshidratación al formar una capa impermeable sobre sus superficies y actúan como barreras frente a agentes externos. Se encuentran en hojas, frutos y en la cera de abejas.

Las ceras son lípidos sólidos a temperatura ambiente debido a su alta masa molecular y a la presencia de largas cadenas hidrocarbonadas. Tienen baja solubilidad en agua, lo que las hace eficaces como barreras protectoras. Su solubilidad parcial en alcohol permite su extracción y observación tras la evaporación del solvente, ya que se forma un residuo ceroso que se adhiere al recipiente.

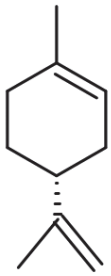
Parte IV. Extracción de terpenos

1. Coloca el recipiente de metal más pequeño dentro del otro; puedes agregar un peso pequeño, como una canica, para que este se quede fijo.
2. Deposita en el recipiente grande, rodeando al pequeño, las hojas de menta.
3. Agrega agua destilada en el recipiente grande para cubrir las hojas. Procura que las hojas se mojen bien.
4. Elabora con papel aluminio una tapa para el recipiente grande. Esta debe tener forma cónica.
5. Calienta la mezcla con llama baja hasta que el agua hierva.
6. Deja que el sistema enfríe por alrededor de 30 minutos.
7. Quita la tapa de aluminio con cuidado; si aún tiene gotas de líquido, trata de recolectarlas en el depósito pequeño.
8. Extrae el depósito pequeño.
9. Observa el líquido aceitoso que se separa del agua y realiza una prueba olfativa para identificar el aroma de la planta de origen (menta, limón, etc.).





Mentol

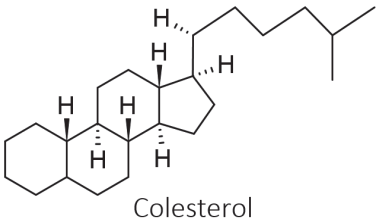

Limoneno

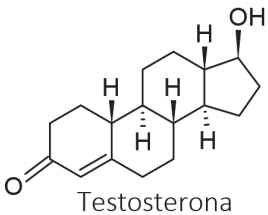
Las hojas de menta contienen aceites esenciales ricos en terpenos, como el **mentol**, y las hojas y cáscaras de limón contienen **limoneno**. Los terpenos son compuestos volátiles e hidrofóbicos, lo que permite su separación mediante destilación con arrastre de vapor, un método usado en la industria de aceites esenciales. Este proceso de destilación se basa en la diferencia de volatilidad de los terpenos respecto al agua, que permite su aislamiento en estado puro o en una mezcla con agua, conocida como «hidrolato» o agua floral. A medida que el agua se calienta, el vapor de agua arrastra los aceites esenciales, que luego son condensados y purificados.

Los terpenos son un tipo de lípidos no saponificables debido a que no contienen ácidos grasos en su estructura. En la naturaleza, los terpenos tienen diversas funciones, como la protección contra herbívoros y patógenos y la atracción de polinizadores.

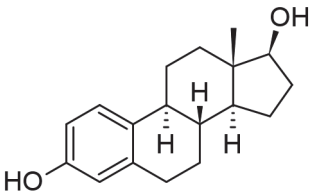
Entre los lípidos también se encuentran los esteroides como el **colesterol**, precursor de hormonas y componente esencial de membranas celulares. Los esteroides se destacan en funciones más específicas de regulación y señalización celular. Son ejemplos notables de esteroides las hormonas sexuales, como la **testosterona** y el **estradiol**, o los corticosteroides, como el **cortisol**, empleado para el tratamiento de enfermedades inflamatorias. La estructura de los esteroides se basa en el **androstano**, un sistema de cuatro anillos.

Por su parte, las prostaglandinas son derivados de ácidos grasos que participan de manera activa en respuestas fisiológicas, como la inflamación, el dolor y la contracción muscular; estos son reguladores bioquímicos más poderosos que los esteroides y en su estructura tienen un anillo de ciclopentano con dos cadenas laterales, una de ellas terminada en ácido carboxílico.

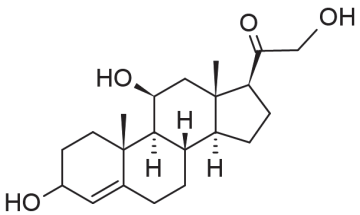

Colesterol



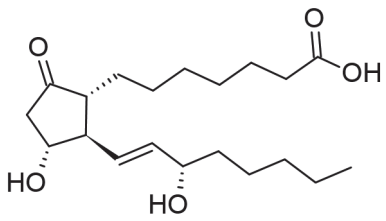
Testosterona



Estradiol



Cortisol



Prostaglandina

Comunicación

Después de explorar la clasificación de los lípidos es fundamental comprender cómo estos compuestos no solo se agrupan en categorías sino que también desempeñan un papel esencial en el metabolismo energético. Ahora profundizaremos en los mecanismos bioquímicos que facilitan la conversión y utilización de los lípidos en nuestro cuerpo.

C. El viaje de los lípidos

Para reforzar el aprendizaje, crearás un mapa ilustrado del metabolismo de los lípidos con una metáfora divertida.

Procedimiento:

1. Lee la infografía.

METABOLISMO DE LOS LÍPIDOS

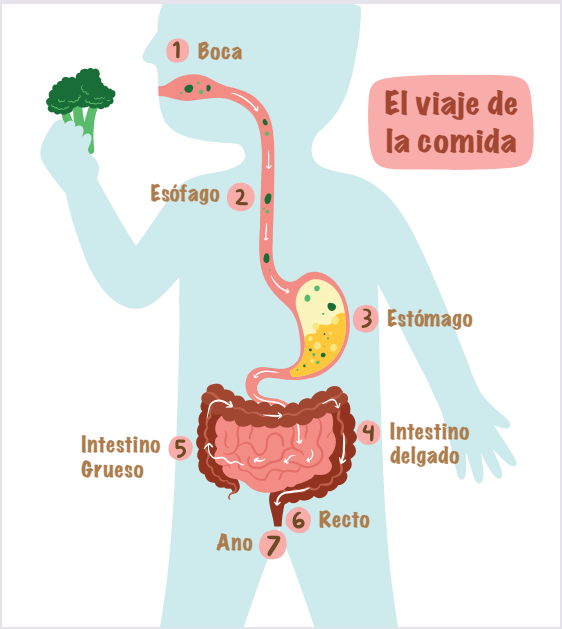
1. INGESTIÓN Y DIGESTIÓN. Los lípidos entran al cuerpo a través de los alimentos. La bilis emulsifica las grasas en el intestino delgado. La lipasa pancreática descompone los triglicéridos en ácidos grasos y glicerol.

2. ABSORCIÓN Y TRANSPORTE. Los ácidos grasos y el glicerol se absorben en el intestino. Se reensamblan en triglicéridos y se empaquetan en quilomicrones para su transporte en la sangre. En el hígado, se procesan y pueden almacenarse o usarse como energía.

3. ALMACENAMIENTO. Si hay exceso de lípidos, se almacenan en el tejido adiposo en forma de triglicéridos. La insulina estimula este almacenamiento después de una comida rica en grasas.

4. MOVILIZACIÓN Y USO DE LÍPIDOS. Cuando el cuerpo necesita energía, la lipasa sensible a hormonas descompone los triglicéridos en el tejido adiposo. Los ácidos grasos se transportan por la sangre unidos a la albúmina.

5. BETA OXIDACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA. En la mitocondria, los ácidos grasos sufren beta oxidación y producen **acetil-CoA**. Este entra al ciclo de Krebs y la cadena de transporte de electrones genera **ATP**.



6. FORMACIÓN DE CUERPOS CETÓNICOS. (en ayuno o ejercicio intenso). Si el cuerpo no tiene suficiente glucosa, el hígado convierte los ácidos grasos en cuerpos cetónicos como fuente alternativa de energía.

En el siguiente video puedes observar como se emulsifican las grasas durante la digestión https://qrs.ly/lzh1iel

2. Formen grupos de trabajo. Su docente les entregará una cartulina o les dará acceso a herramientas digitales.
3. Representen el metabolismo de los lípidos como un viaje en un mapa: el intestino será el punto de partida, los quilomicrones pueden ser camiones que transportan lípidos por la sangre, el tejido adiposo puede representarse como un almacén de reserva, la beta oxidación, como una central de energía, y los cuerpos cetónicos pueden ser una fuente de energía de emergencia.
4. Expongan su trabajo explicando cómo ocurre el metabolismo de los lípidos.

Esta actividad permite consolidar los conocimientos de manera creativa, visual e interactiva para facilitar la comprensión del metabolismo lipídico, un proceso clave para el equilibrio energético y la supervivencia en distintas condiciones metabólicas.

Indagación

Proteínas

¿Qué tienen en común los atletas, los culturistas, los niños en crecimiento y los convalecientes? ¿Por qué crees que un deportista necesita una dieta especial? ¿Y por qué los niños requieren más proteínas en su alimentación? Lo que tienen en común es que su cuerpo necesita construir, reparar o fortalecer tejidos, para lo cual requieren proteínas, que están formadas por unidades más pequeñas llamadas **aminoácidos**. Ahora vamos a descubrir qué son, cómo están estructurados y por qué son fundamentales para la vida.

Los aminoácidos son como los «ladrillos» que forman las proteínas en nuestro cuerpo. En la siguiente actividad vas a aprender cómo están formados estos «ladrillos» y qué hacen en nuestro organismo.

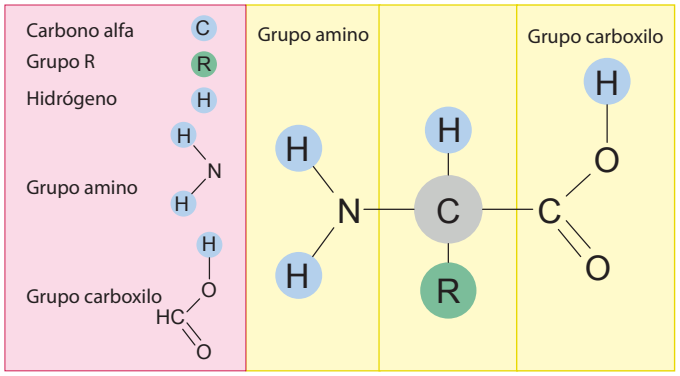
A. Estructura general de los aminoácidos

Descubrirás la estructura básica de los aminoácidos identificando las relaciones entre los átomos que los componen y desarrollarás una comprensión profunda sobre cómo estos se organizan en estructuras más completas.

Materiales:

- Palillos de dientes
- Plastilina, 4 colores diferentes
- Tarjetas con indicaciones sobre cómo unir los diferentes átomos

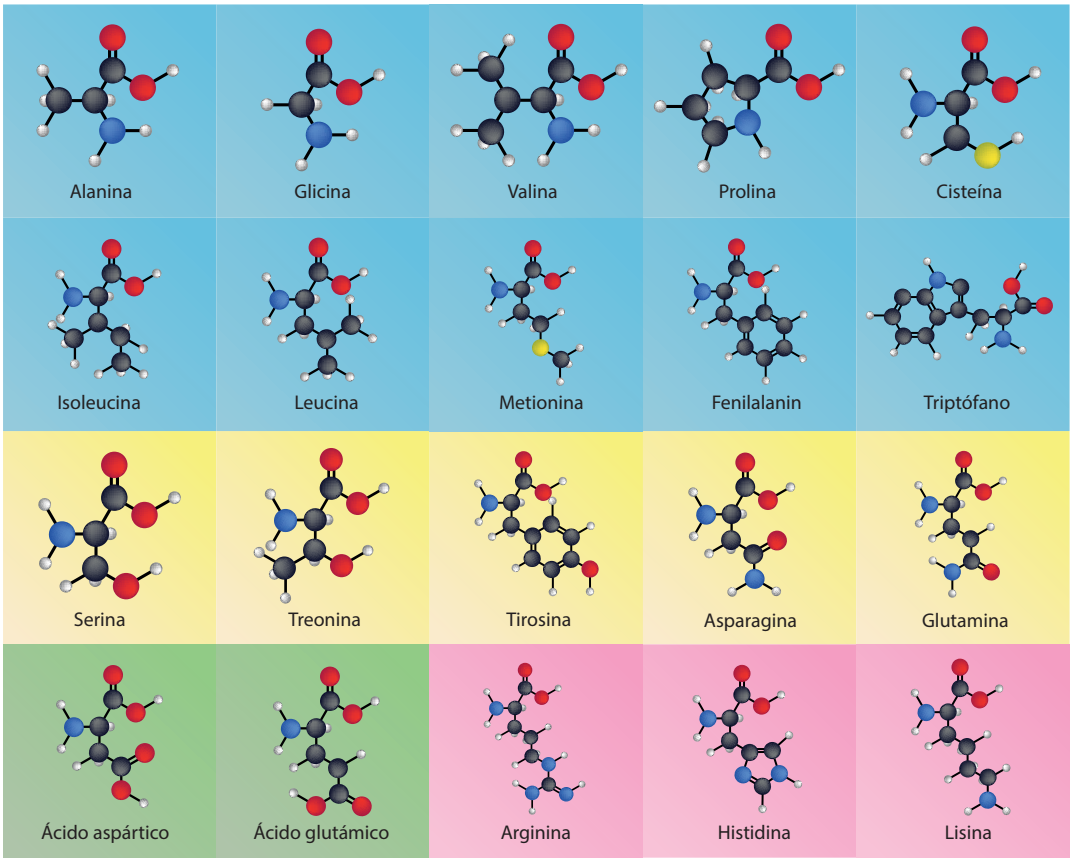
Procedimiento:



1. Observa la estructura del aminoácido que se muestra a la derecha e identifica los grupos funcionales: grupo amino $(-NH_2)$, grupo carboxilo $(-COOH)$, carbono alfa (C_α), hidrógeno $(-H)$, grupo R o cadena lateral (cuyo tipo varía según el aminoácido).
2. Organízate en equipo para que tu docente les asigne un aminoácido (revisa las estructuras de los aminoácidos en la siguiente página).
3. Construyan el modelo tridimensional del aminoácido representando los distintos átomos: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, con plastilina de colores; y los enlaces covalentes, con palillos de dientes. Deberán identificar y representar los grupos amino $(-NH_2)$, carboxilo $(-COOH)$, carbono alfa (C_α) e hidrógeno $(-H)$ y la cadena lateral (grupo R), destacando la variabilidad de los aminoácidos.
4. Comparen la estructura de su aminoácido con la de otros equipos para ver similitudes y diferencias. Respondan:
   a. ¿En qué se parecen los modelos entre sí? ¿En qué se diferencian?
   b. Si todos los aminoácidos tienen partes comunes, ¿por qué hay muchos tipos diferentes?
   c. ¿Por qué algunos grupos R tienen oxígeno o nitrógeno y otros solo carbono e hidrógeno?
5. Intenten unir su modelo de aminoácido con el de otro grupo eliminando un grupo $-OH$ del carboxilo de un aminoácido y un $-H$ del grupo amino del otro; así se libera una molécula de agua.
   d. ¿Qué partes de los aminoácidos se conectaron?
   e. Si seguimos uniendo más aminoácidos, ¿qué podríamos formar?

Los aminoácidos estándar son los 20 α– aminoácidos que se encuentran en casi todas las proteínas. Estos difieren entre sí por las estructuras de los grupos R unidos al átomo de carbono α. Todos los aminoácidos estándar son L-aminoácidos; 10 de estos aminoácidos son esenciales, es decir, que deben suministrarse en la dieta: **arginina**, **valina**, **metionina**, **leucina**, **treonina**, **fenilalanina**, **histidina**, **isoleucina**, **lisina** y **triptófano**.

La glicina (Gly) es el aminoácido más pequeño y no posee grupo R; la alanina (Ala) tiene un grupo R que es un metilo (-CH3). Cuando se unen, se forman un dipéptido llamado glicil-alanina y se libera una molécula de agua.



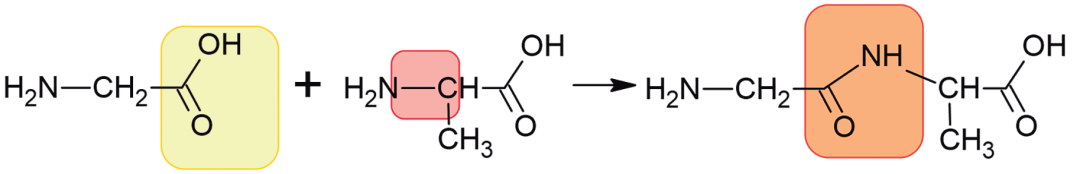
Aminoácidos con carga positiva
Aminoácidos polares
Aminoácidos con carga negativa
Aminoácidos no polares

Si a este dipéptido se le agrega otro aminoácido, como la serina (Ser), que tiene un grupo R con un grupo $(-OH)$, se forma un tripéptido llamado glicil-alanil-serina.

6. Intenten nombrar el dipéptido obtenido. Por ejemplo, si unieron glicina y serina, se llama glicil-serina, o si unieron serina y alanina, se llama seril-alanina.
   f. ¿Cómo cambia la estructura de los aminoácidos al unirse?

Cuando dos aminoácidos se unen, lo hacen a través de un enlace especial llamado enlace peptídico. Este enlace ocurre entre el grupo carboxilo $(-COOH)$ de un aminoácido y el grupo amino $(-NH_2)$ de otro. Durante la reacción se libera una molécula de agua, ya que se desprende un grupo OH^- del grupo carboxilo y un H^+ del grupo amino. Este es en un proceso llamado **síntesis por deshidratación** o **condensación**. Así es como se forma un nuevo enlace covalente entre el carbono del grupo carboxilo de un aminoácido y el nitrógeno del grupo amino del otro.

El orden de los aminoácidos importa porque determina la identidad del péptido. Por ejemplo, glicil-serina y seril-glicina son diferentes aunque tengan los mismos aminoácidos. Esto es fundamental en la estructura y función de las proteínas.



Creatividad

Los enlaces peptídicos son los responsables de unir los aminoácidos, formando cadenas cuya longitud y estructura determinan si se trata de un **péptido** (de 2 a 50 aminoácidos) o de una proteína (más de 50 aminoácidos). Esta distinción es importante porque las proteínas, al ser moléculas más grandes y complejas, requieren métodos específicos para su aislamiento y purificación, como precipitación, centrifugación, diálisis o cromatografía. ¡Veamos!

B. Extracción de proteínas

En esta experiencia aprenderemos a extraer proteínas a partir de una fuente bilógica, aplicando técnicas básicas de bioquímica que permiten su aislamiento y posterior análisis.

Materiales:

- Clara de huevo
- Vasos de vidrio o frascos transparentes
- Cucharilla de plástico o de madera
- Cucharas medidoras o goteros
- Jugo de limón o vinagre blanco
- Etanol frío al 70 % (refrigerado)
- Sal de mesa (NaCl)
- Leche
- Agua
- Olla
- Tenedor
- Embudo

Procedimiento:

1. Filtra $200\ \text{ml}$ de agua, hiérvela y déjala enfriar.
2. Mezcla $100\ \text{ml}$ de clara de huevo con los $200\ \text{ml}$ de agua filtrada y hervida.
3. Separa la solución en tres muestras.
4. Prepara tres muestras de leche de $100\ \text{ml}$ cada una.
5. Toma una muestra de leche y una de clara y agrega sal de mesa poco a poco; agita hasta que la proteína precipite. Esta es la precipitación con sal.
6. Añade vinagre o jugo de limón en otro par de muestras y observa cómo se forman coágulos. Esta es la precipitación con ácido.
7. Agrega lentamente alcohol etílico frío en el último par de muestras y nota la formación de un precipitado más visible. Esta es la precipitación con alcohol.
8. Responde:
   a. ¿Cuáles son las proteínas involucradas en este experimento?
   b. ¿Por qué se separan las proteínas al agregar sal o ácido?
   c. ¿Cómo se relaciona este proceso con la digestión de proteínas en el estómago?
   d. ¿Dónde consideras que se usa más este proceso en la industria alimentaria?

Hemos empleado reactivos y métodos específicos que facilitan la separación de las proteínas del resto de los componentes celulares.

Salting out. Se basa en el aumento de la concentración de sal, lo que disminuye la solubilidad de las proteínas, que se agrupan formando un precipitado. Se emplea para la purificación de proteínas en laboratorios y en la industria alimentaria.

Precipitación con ácido. Funciona al cambiar el pH de la solución, alterando las cargas eléctricas de las proteínas y provocando su agregación. Es el principio de la coagulación de la leche en la producción de quesos.

Precipitación con alcohol. Reduce la solubilidad de las proteínas en el agua, lo que favorece su separación. Se usa en la extracción de ADN y en procesos de biotecnología.

Este conocimiento nos prepara para estudiar cómo se clasifican las proteínas según su estructura y función y refuerza la importancia de su diversidad en los seres vivos.

C. Clasificación de las proteínas

Comprenderemos la clasificación de las proteínas según su forma, composición y función a través de la observación y análisis de distintos alimentos ricos en proteínas.

Materiales:

- Recortes de etiquetas nutricionales de alimentos que contenga proteínas (legumbres, huevo, carne, leche, gelatina)
- Plastilina o arcilla para modelar
- Vasos transparentes con agua a temperatura ambiente
- Muestras de gelatina en polvo
- Clara de huevo
- Hojas de papel o cartulina de colores
- Cuchara para mezclar
- Olla y fuente de calor

Procedimiento:

Parte I. Clasificación por composición química

1. Identifica la cantidad de proteínas en cada alimento al examinar la etiqueta nutricional. Por ejemplo, una leche entera pasteurizada podría contener $8\ \text{g}$ de proteína por porción, lo que indica que es una fuente rica de proteínas.
2. Busca la presencia de minerales o carbohidratos asociados. Siguiendo el ejemplo del *paso* 1, podrías observar que contiene $300\ \text{mg}$ de calcio y $200\ \text{mg}$ de fósforo.
   a. ¿Sólo aparece «proteína» en la etiqueta o también se mencionan otros componentes como hierro, calcio o azúcares?
   b. ¿Qué alimentos crees que contienen proteínas con un componente extra (tal como carbohidratos o metales)?

La **caseína**, la proteína principal de la leche, se une a iones calcio y fósforo para formar micelas. Esto la convierte en una fosfoproteína, es decir, en una **proteína conjugada**, ya que no está formada solo por aminoácidos, sino que está unida a otros grupos químicos. En cambio, el huevo contiene **albúmina**, una **proteína sencilla**, porque está formada solamente por aminoácidos.

Aunque las etiquetas nutricionales no indican directamente si una proteína es sencilla o conjugada, pueden dar pistas al mencionar minerales (indicador de metaloproteínas) o carbohidratos (posible glucoproteína).

Parte II. Clasificación por forma

1. Añade una cucharadita de gelatina en agua a temperatura ambiente y mezcla.
2. Observa si la gelatina forma grumos o se disuelve.
3. Agrega la clara de huevo en otro vaso con agua y mezcla suavemente.
4. Compara la solubilidad y la dispersión de ambas proteínas en el agua.
   a. ¿Cuál proteína resulta que es más soluble?
5. Calienta ambas soluciones en una olla a fuego bajo.

6. Observa cómo la solución de clara de huevo cambia de estado al coagularse y forma una estructura sólida.
7. Deja enfriar la gelatina y observa cómo empieza a solidificarse.
   b. ¿Qué cambios experimentan las proteínas cuando se someten a calor?
   c. ¿Cómo podrías aplicar estos conocimientos para comprender mejor la función de las proteínas en la alimentación y la salud?
8. Usa plastilina para modelar proteínas fibrosas y globulares. Para las fibrosas, modela hebras largas y delgadas, entrelazándolas para representar su estructura resistente. Para las globulares, crea esferas compactas con protuberancias.
9. Compara visualmente las estructuras y discute sus diferencias.

La solubilidad permite identificar los tipos de proteína según su comportamiento en agua. Las **proteínas fibrosas** son largas, insolubles y resistentes; brindan soporte y resistencia a tejidos como la piel, tendones y cartílagos (p. ej., colágeno en la gelatina). **Las proteínas globulares** son compactas y solubles; participan en funciones metabólicas y enzimáticas (p. ej., albúmina en la clara de huevo).

La coagulación térmica en proteínas globulares es un cambio irreversible; en cambio, las proteínas fibrosas necesitan procesos diferentes para modificar su estructura. La estructura tridimensional de una proteína determina su solubilidad, estabilidad y función en el organismo.

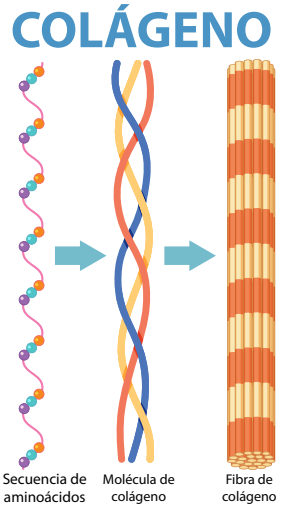
Los modelos construidos permiten visualizar las diferencias estructurales entre ambos tipos de proteínas. Ahora comprenderemos cómo la estructura de las proteínas determina su función en el organismo y se relaciona con alimentos cotidianos.

Parte III. Clasificación por función

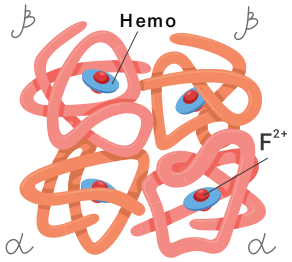
1. Forma equipos para trabajar en un mapa funcional de proteínas.
2. Lean la siguiente información.

De acuerdo con su función, las proteínas se clasifican en **proteínas estructurales**, que forman tejidos resistentes (colágeno en la gelatina); proteínas **enzimáticas**, que digieren proteínas (bromelina en la piña); proteínas de **transporte**, que llevan moléculas en la sangre (albúmina en la clara de huevo); proteínas de **defensa**, que protegen contra enfermedades (anticuerpos en la leche materna), y proteínas de **reserva**, que almacenan aminoácidos para el crecimiento (caseína en la leche).

3. Dibujen un círculo central, en una hoja grande o cartulina, con el título «Funciones de las proteínas».
4. Dibujen ramas que representen las diferentes funciones de las proteínas: estructural, enzimática, transporte, defensa y reserva.
5. Dibujen un alimento rico en proteínas que consideren que está relacionado con cada rama (leche, piña, huevo, carne, etc.) y escriban el nombre de la proteína presente en ese alimento y su función específica.
   a. ¿Qué función de las proteínas les pareció más importante y por qué?
   b. ¿Por qué es importante incluir proteínas variadas en la dieta?



Proteína fibrosa



Proteína globular

La hemoglobina está formada por cuatro globinas, unidas cada una a un grupo hemo, en los cuales el hierro se une de forma reversible al oxígeno.

Comunicación

Cuando una proteína se desnaturaliza pierde su estructura y, por tanto, su función. Factores como la temperatura, el pH o la exposición a sustancias químicas pueden alterar esta organización. Para entender cómo funcionan es necesario conocer los niveles de su estructura.

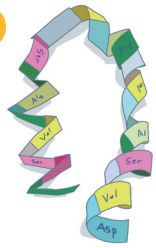
3

4

5

6

7



D. Construyendo proteínas

Vamos a comprender los cuatro niveles de estructura de las proteínas mediante una actividad manipulativa relacionando su organización con su función en el organismo.

Materiales:

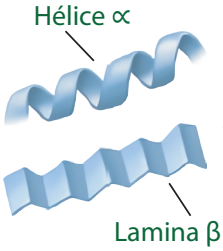
- Pegamento
- Papel de colores
- Aguja
- Hilo

Procedimiento:

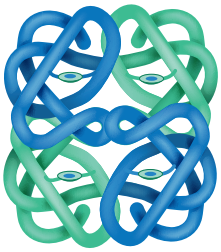
1. Corta al menos 20 tiras de papel de colores de 3×1 cm aproximadamente.
2. Escribe en cada tira de papel la abreviación de cada aminoácido.
3. Pega las tiras unas con otras para formar una cadena lineal.
   a. ¿Qué sucede si cambiamos el orden de los aminoácidos en la secuencia?
4. Toma la cadena lineal de aminoácidos y enróllala alrededor de un lápiz para darle forma de espiral.
5. Elabora otra cadena lineal y dóblala como un acordeón.
   b. Anota las diferencias entre las estructuras de espiral y acordeón.
6. Pliega las estructuras de espiral y acordeón hasta que adopten una forma tridimensional más compacta; utiliza hilo para mantener esta estructura.
   c. ¿Cómo se ha modificado la estructura de la proteína?
7. Une las estructuras de espiral y acordeón para crear una proteína más grande.
   d. ¿Cuántos niveles de estructura has identificado?
8. Une tu estructura con la de otro compañero para formar una más compleja.

Las proteínas tienen diferentes niveles de estructura. La **estructura primaria** es la secuencia lineal de aminoácidos, que se enrolla para formar espirales llamadas **hélices alfa** o se pliega para formar **láminas beta**. Estas estructuras se mantienen debido a la formación de puentes de hidrógeno entre los aminoácidos. A estos arreglos se les conoce como **estructura secundaria**. Una proteína puede tener una mezcla de hélices alfa, láminas beta y otras partes con un enrollado aleatorio. A esta se le conoce como **estructura terciaria**. Este plegamiento tridimensional se forma por las interacciones entre los grupos R de los aminoácidos, puentes di-sulfuro y enlaces iónicos. Cuando se asocian dos o más cadenas de una proteína con estructura terciaria se forma la **estructura cuaternaria**, aunque no todas las proteínas poseen estructura cuaternaria.

Estructura primaria



Estructura terciaria



Estructura cuaternaria

Indagación

Ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos son biopolímeros capaces de almacenar y transportar información genética de una generación a otra. Esta información determina las características físicas de un ser vivo. Existen dos tipos principales de ácidos nucleicos, ¿recuerdas cuáles son? El ADN y el ARN, que están formados por unidades básicas llamadas nucleótidos, contienen una base nitrogenada, un azúcar y un grupo fosfato.

A. Identifiquemos las unidades básicas

Un polímero está formado por unidades básicas llamadas monómeros. En el caso de los ácidos nucleicos, estos monómeros están formados por moléculas más pequeñas aún. En esta actividad desarrollaremos las estructuras de los azúcares, las bases nitrogenadas y el grupo fosfato, que componen a los nucleótidos.

En el siguiente enlace puedes descargar un programa para elaborar estructuras químicas https://qrs.ly/x7h1ifi

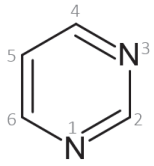
Materiales:

- *Software* para diseño de estructuras químicas

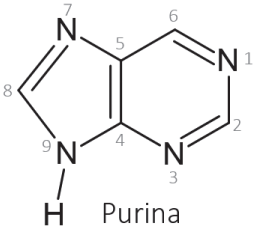
Procedimiento:

1. Instala el *software* de diseño de estructuras.
2. Revisa las diferentes opciones y familiarízate con ellas.
3. Busca la estructura de la D-ribosa en la página 161 y dibújala.
4. Dibuja otra D-ribosa, pero esta vez cambia el grupo $-\mathrm{OH}$ del $\mathrm{C2}$ por un hidrógeno; esta es la estructura de la D-2-desoxirribosa.
5. Observa las estructuras de la derecha: son compuestos aromáticos heterocíclicos del nitrógeno.
6. Dibuja un anillo de pirimidina, enlaza un $\mathrm{H^+}$ al $\mathrm{N1}$, elimina el enlace doble entre el $\mathrm{N1}$ y el $\mathrm{C2}$, forma un enlace doble entre el $\mathrm{C2}$ y un oxígeno y enlaza un grupo $-\mathrm{NH_2}$ al $\mathrm{C4}$. Habrás obtenido la estructura de la citosina.
7. Dibuja un anillo de pirimidina, enlaza un $\mathrm{H^+}$ al $\mathrm{N1}$, elimina el enlace doble entre el $\mathrm{N1}$ y el $\mathrm{C2}$, forma un doble enlace entre el $\mathrm{C2}$ y un oxígeno, elimina el doble enlace entre el $\mathrm{N3}$ y el $\mathrm{C4}$, enlaza un $\mathrm{H^+}$ al $\mathrm{N3}$ y en el $\mathrm{C4}$ forma un enlace doble con un oxígeno. Esta es la estructura del uracilo.
8. Dibuja otro uracilo y agrégale un grupo $-\mathrm{CH_3}$ en el $\mathrm{C5}$. Ahora tienes la estructura de la timina.
9. Dibuja la estructura de la purina y enlaza un grupo $-\mathrm{NH_2}$ al $\mathrm{C6}$. Esta es la adenina.
10. Dibuja otra purina, enlaza un $\mathrm{H^+}$ al $\mathrm{N1}$, agrega un grupo $-\mathrm{NH_2}$ al $\mathrm{C2}$, elimina el doble enlace entre el $\mathrm{C6}$ y el $\mathrm{N1}$ y forma un enlace doble entre el $\mathrm{C6}$ y un oxígeno; esta es la guanina.
    a. ¿Qué tipo de enlace intermolecular pueden formar estos compuestos heterocíclicos?
11. Dirígete a la página 168 del libro, observa la estructura del fosfolípido y dibuja solamente el grupo fosfato.
    b. ¿Qué átomo queda libre para formar un enlace?

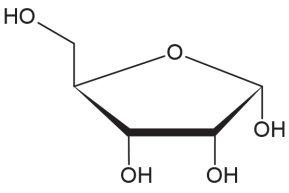
Las moléculas que conforman los nucleótidos son funciones químicas que hemos estudiado en ocasiones anteriores. Por ejemplo, la ribosa es un monosacárido de cinco carbonos, la D-2-desoxirribosa es un derivado de esta. El prefijo desoxi significa que ha perdido un oxígeno, el 2 significa que ha sido en el carbono 2.



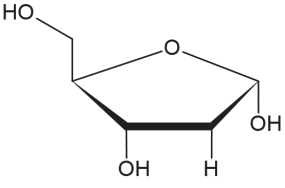
Pirimidina



Purina



D-Ribosa



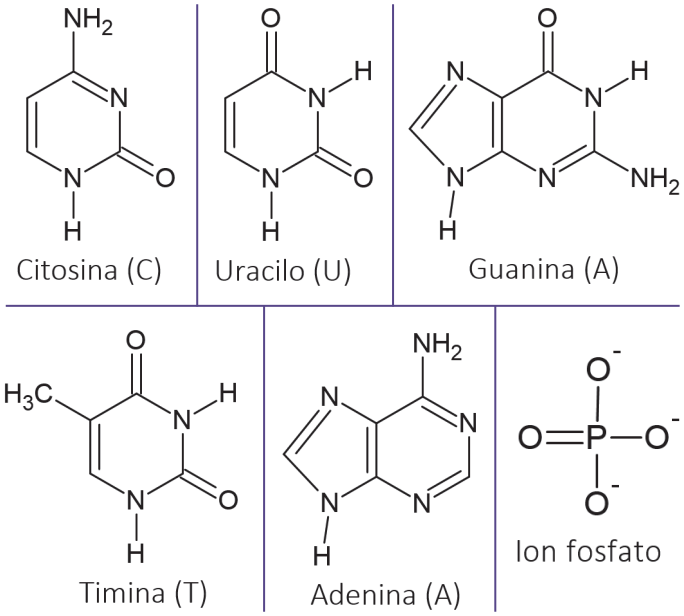
D-2-Desoxirribosa

Unidad 6

Creatividad

Las bases nitrogenadas que componen los nucleótidos son citosina, uracilo, adenina, guanina y timina. La citosina, la timina y el uracilo se conocen también como bases de pirimidina, ya que parecen pirimidinas sustituidas; la adenina y la guanina son llamadas bases de purina porque son parecidas a la purina. Estos compuestos heterocíclicos poseen enlaces $N-H$, lo que les permite formar enlaces por puente de hidrógeno.

El fosfato es un anión derivado del ácido fosfórico y tiene forma tetraédrica, con cuatro átomos de oxígeno alrededor del fósforo. Estos iones componen el esqueleto de los ácidos nucleicos junto con el azúcar.



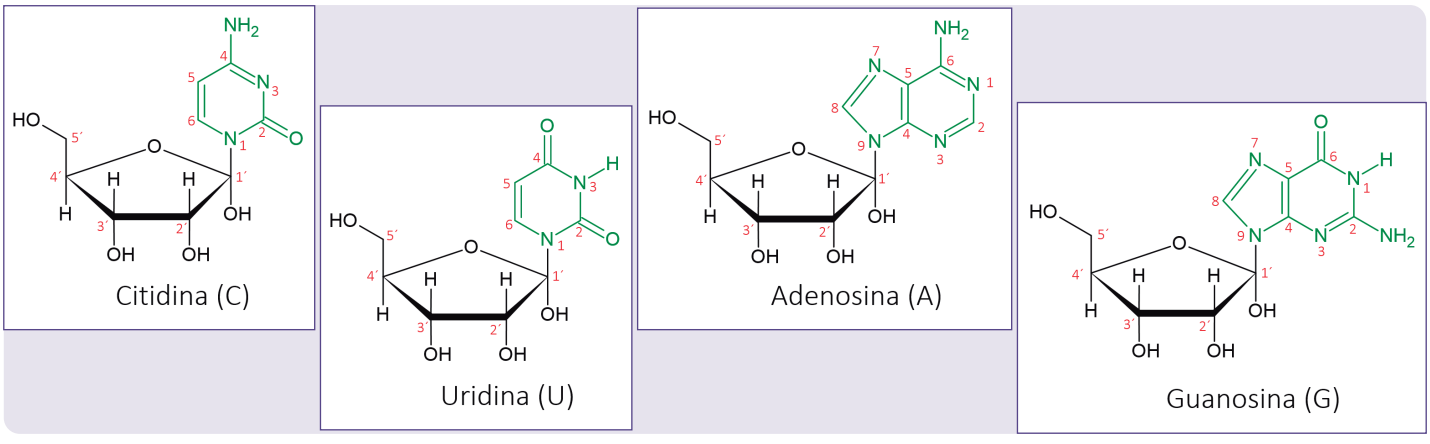
B. Construyendo las unidades básicas

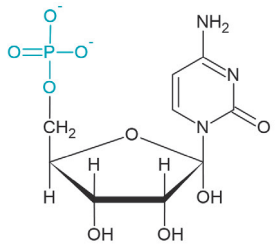
Los nucleótidos son los monómeros con los que se construyen los ácidos nucleicos, pero ¿cómo se unen el azúcar, la base y el fosfato? Vamos a descubrirlo.

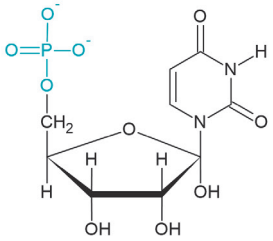
Procedimiento:

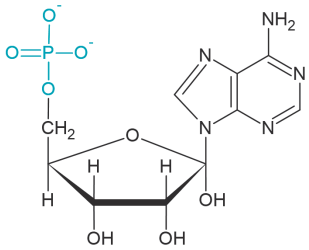
1. Dibuja un anillo de D-ribosa.
2. Forma un enlace simple en el $C1$ de la D-ribosa con el $N1$ de la citosina. Usa la misma numeración de la pirimidina para las bases de un anillo.
3. Repite los pasos 1 y 2, pero cambia la base nitrogenada por uracilo.
4. Dibuja un anillo de D-ribosa.
5. Forma un enlace simple en el $C1$ de la D-ribosa con el $N9$ de la adenina. Emplea la misma numeración de la purina para las bases de dos anillos.
6. Repite los *pasos* 4 y 5, pero cambia la base nitrogenada por guanina.
7. Forma un enlace entre el oxígeno inferior de un grupo fosfato y el $C5$ de la D-ribosa en cada par azúcar-base que has dibujado.

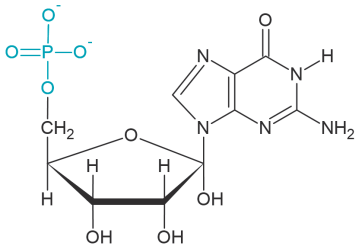
Entre el azúcar y la base nitrogenada se forma un enlace glicosídico; la combinación de estas dos moléculas se llama nucleósido. Los nucleósidos que hemos formado son **citidina (C)**, **uridina (U)**, **adenosina (A)**, **timidina (T)**, **adenosina (A)** y **guanosina (G)**. La numeración de los dos sistemas de anillo se hace por separado y para la numeración de los carbonos del azúcar se recurre a números primados. Las unidades de nucleósido se enlazan al grupo fosfato por enlace fosfodiéster para formar los nucleótidos. Hemos elaborado los cuatro nucleótidos comunes que componen al ARN; a estos también se les llama ribonucleótidos **monofosfato de citidina (CMP)**, **monofosfato de uridina (UMP)**, **monofosfato de adenosina (AMP)** y **monofosfato de guanosina (GMP)**. Las abreviaciones de los nucleótidos corresponden a su denominación en inglés, por ejemplo: *guanosine mono phosphate* = GMP.




Monofosfato de citidina CMP


Monofosfato de uridina UMP


Monofosfato de adenosina AMP


Monofosfato de guanosina GMP

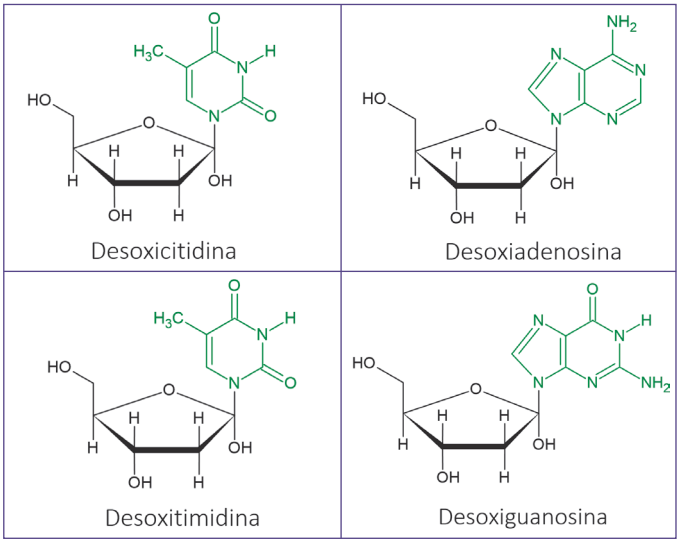
Parte II. Nucleótidos del ADN

Los nucleótidos que forman al ADN son muy similares a los del ARN, pero tienen algunas diferencias en su composición. Elaboremos estos nucleótidos.

1. Dibuja un anillo de D-2-desoxirribosa.
2. Forma un enlace simple en el C1 de la D-2-desoxirribosa con el N1 de la citosina.
3. Repite los *pasos* 1 y 2, pero cambia la base nitrogenada por timina.
4. Dibuja un anillo de D-2-desoxirribosa.
5. Forma un enlace simple en el C1 de la D-2-desoxirribosa con el N9 de la adenina.
6. Repite los *pasos 4* y *5*, pero cambia la base nitrogenada por guanina.
7. Forma un enlace entre el oxígeno inferior de un grupo fosfato y el C5 de la D-2-desoxirribosa en cada par azúcar-base que has dibujado.

El azúcar presente en el ARN es la D-ribosa, mientras que en el ADN se encuentra la D-2-desoxirribosa.

En el ARN, las bases comúnmente encontradas son citosina, uracilo, adenina y guanina. En el ADN se encuentran las bases citosina, adenina y guanina, pero no uracilo, en cuyo lugar se encuentra la timina. Estas son las diferencias en composición entre el ARN y el ADN. Los nucleósidos que conforman al ADN son:


Desoxicitidina | Desoxiadenosina

Desoxitimidina | Desoxiguanosina

C. Modelos de ARN y ADN

Ya que conocemos como están compuestas las unidades básicas de los ácidos nucleicos, podemos elaborar su estructura uniendo estos monómeros. Iniciemos con la estructura del ARN usando los ribonucleótidos, ¿cómo formarías una cadena de polímero?

Materiales:

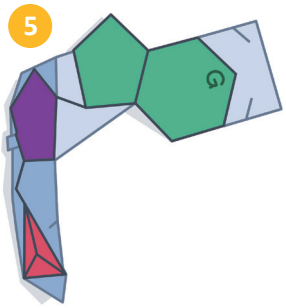
- Tijera
- Pegamento
- Cartoncillo
- Colores o plumones
- Plantillas impresas

Procedimiento:

Parte I. Estructura primaria

1. Imprime dos plantillas para ARN que se encuentran en el QR a la derecha.
2. Colorea las plantillas así: grupo fosfato = rojo, D-ribosa = morado, citosina = azul, uracilo = anaranjado, adenina = amarillo, guanina = verde.
3. Recorta los nucleótidos siguiendo toda la línea continua exterior. Para guiarte mejor, puedes acceder a un video escaneando el primer QR de la página 182.
4. Pega los nucleótidos en cartoncillo y recórtalos otra vez.
5. Dobla los nucleótidos a lo largo de la línea punteada gris.

En el QR encontraras las tarjetas pista. https://bit.ly/4hn6YM0



Mira el video para realizar los recortes
https://qrs.ly/b7h1ifx

6. Recorta todas las líneas punteadas negras (ver el min 1:19 del video anterior).
7. Elabora la hélice de ARN. Para observar cómo se unen los nucleótidos, puedes acceder a un video escaneando el segundo QR de esta página.
   a. ¿Cómo se enlazan los nucleótidos en el polímero de ARN?

Cada nucleótido tiene un grupo fosfato en el $C5'$ y un grupo OH en el $C3'$, los nucleótidos forman enlaces éster de fosfato entre el grupo $5'$ de uno y el grupo $3'$ de otro. Este es el esqueleto de los ácidos nucleicos o estructura primaria.

Parte II. Doble hélice

Como sabes, existen algunas diferencias en la composición del ARN y el ADN, pero además tienen una diferencia estructural muy importante. En esta actividad vamos a descubrir esa diferencia.

Procedimiento:

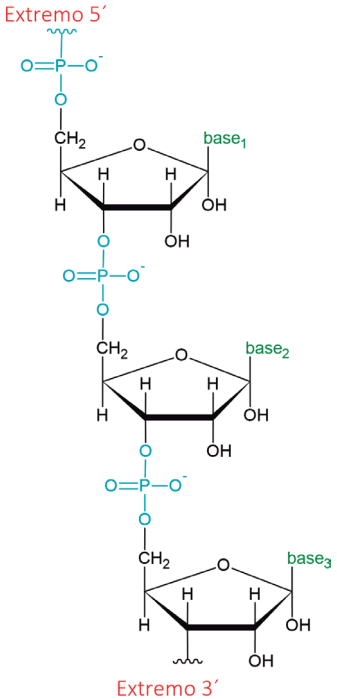
1. Imprime 2 plantillas para ADN que se encuentran en el QR de la página 181.
2. Colorea las plantillas igual que en la actividad anterior considerando que en este caso la timina será la anaranjada.
3. Sigue los *pasos del 3* al *7* de la *parte I* para elaborar una hebra de ADN.
4. Une las bases complementarias y forma la doble hélice de ADN siguiendo el procedimiento del video que está en el tercer QR de esta página.
   a. ¿Cuál es la diferencia estructural entre ADN y ARN?
5. Une tu porción de ADN con las de tus compañeros.

Guíate con el video para armar el modelo de ARN.
https://qrs.ly/ksh1igd

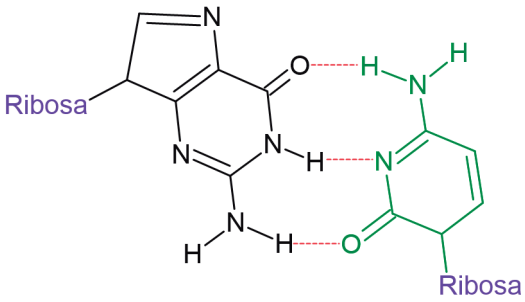
Guíate con el video para armar el modelo de ADN
https://qrs.ly/eth1igl

En el ADN, cada base de pirimidina forma un par estable unido por enlaces por puente de hidrógeno con una base de purina; la citosina se aparea con la guanina y forma tres puentes de hidrógeno, mientras que la timina se aparea con la adenina a través de dos puentes de hidrógeno. Se dice que la guanina es complementaria a la citosina y que la adenina es complementaria a la timina.

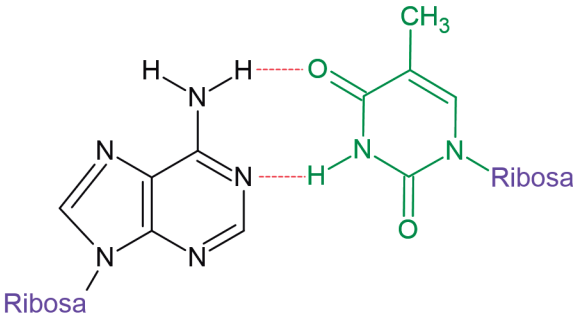
Estructura primaria



Apareamiento de bases



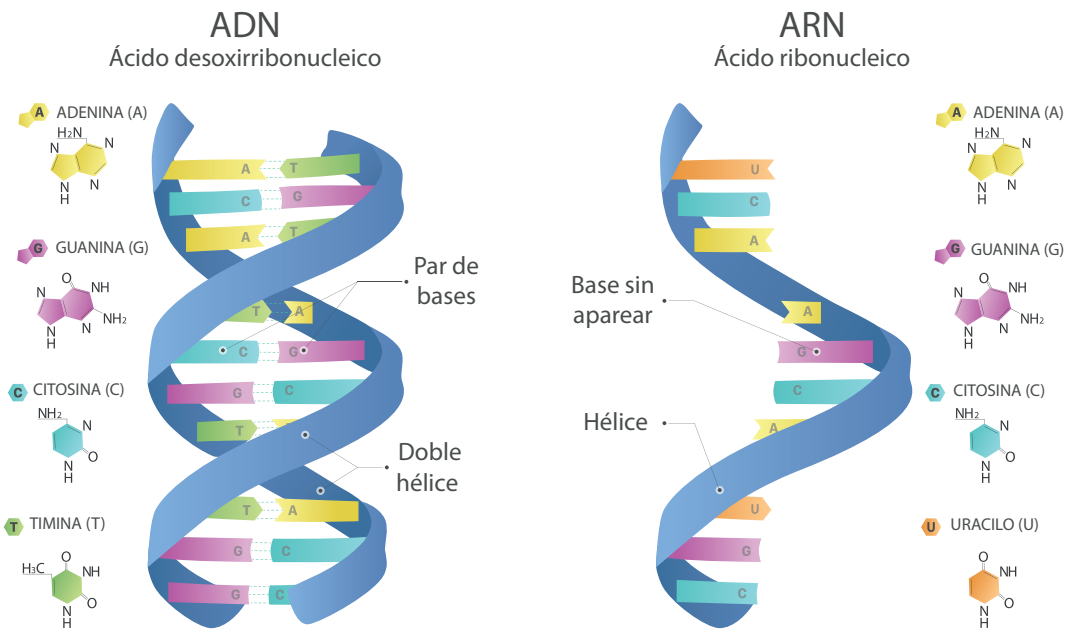
Guanina G⋮⋮C Citosina



Adenina A⋮⋮T Timina

Comunicación

La estructura primaria del ADN es similar a la del ARN, pero su estructura secundaria puede variar: el ADN típicamente forma dos cadenas de polinucleótidos complementarias unidas por puentes de hidrógeno entre las bases apareadas, pero el ARN tiende a mantener su estructura primaria. Los ladrillos con los que se construyen estos ácidos son los nucleótidos, pero estos además poseen otras funciones importantes. Acá vamos a estudiar cuáles son esas funciones.



Fíjate que...

En 1953, James D. Watson y Francis C. Crick determinaron la estructura molecular y la conformación del ADN a través de patrones de difracción de rayos X. Encontraron que contiene cadenas complementarias que son antiparalelas: una cadena está en dirección 5´→3´ y la otra en dirección 3´→5´.

D. Precursores de energía

Mas allá de construir el ARN o el ADN, los nucleótidos libres cumplen otras funciones cruciales en las células. Veamos cuáles son.

Procedimiento:

1. Formen equipos.
2. Diríjanse al enlace del QR, elijan una tarjeta pista e imprímanla.
3. Analicen el siguiente caso:

Imagina a una atleta de élite, Sofía, que se encuentra en la línea de salida para la carrera de $100\ \mathrm{m}$ planos. Su cuerpo está a punto de realizar un esfuerzo máximo. Para que sus músculos se contraigan, sus nervios transmitan señales y obtenga la energía de forma explosiva, necesita la ayuda de unas moléculas diminutas, pero superpoderosas. Estos son los nucleótidos libres, los verdaderos héroes anónimos en esta situación.

4. Lean la tarjeta y analicen su pista.
5. Discutan y respondan las siguientes preguntas:
   a. ¿Cuál es la función principal de nuestra molécula?
   b. ¿Cómo ayuda concretamente a Sofía en su carrera?
   c. ¿Nuestra molécula sirve para almacenar información, transferir energía o comunicar un mensaje?
   d. ¿Qué pasaría si Sofía no tuviera suficiente cantidad de esta molécula?
6. Expliquen a la clase cómo su molécula ayuda a Sofía e identifiquen que molécula actúa en primero, en segundo y en tercer lugar.

MODELO ADN

El ADN está conformado por dos cadenas que se enrollan en una conformación helicoidal y se mantienen unidas por enlaces por puente de hidrógeno.

Guíate con el video para armar el modelo de ADN
https://bit.ly/4hhqadW

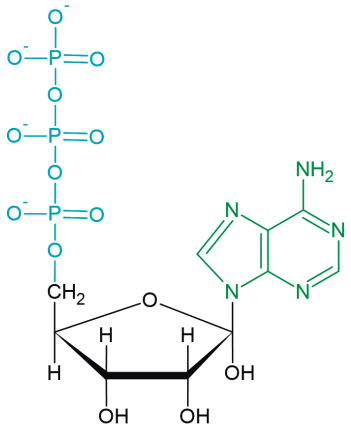
Ojo al dato..

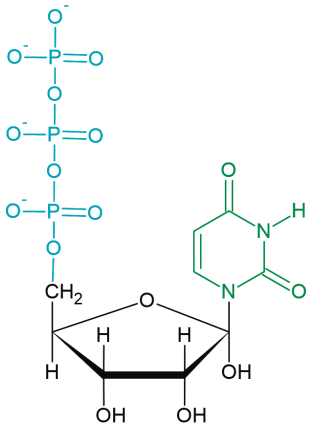
Una coenzima es una molécula orgánica no proteica que favorece la función catalítica de algunas enzimas, es decir, que es un ayudante de las enzimas, ya que las ayudan a llevar a cabo reacciones químicas necesarias para el metabolismo del cuerpo.

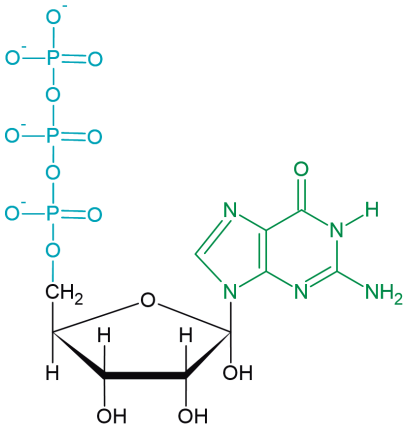
Con esta actividad hemos descubierto que los nucleótidos no son solo los ladrillos para formar ácidos nucleicos, sino que cumplen otras funciones esenciales.

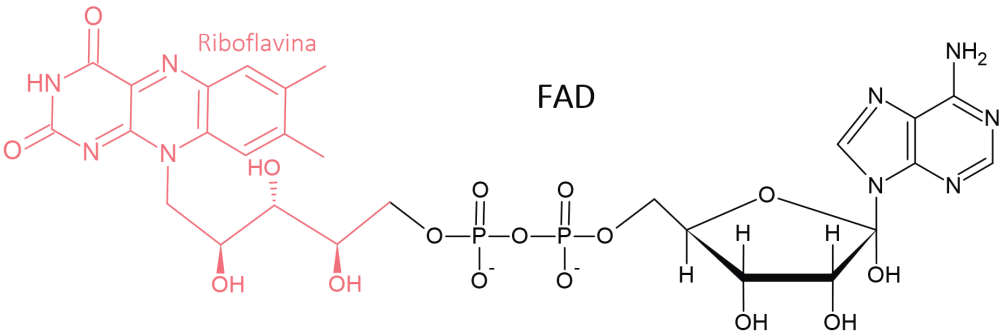
El **ATP (adenosín trifosfato)** es la molécula principal de transferencia de energía y que actúa como la «moneda» energética universal que paga por casi todos los trabajos celulares. Como la contracción muscular, el ATP tienen una función energética. Moléculas como el NAD^+ **(nicotinamida adenina nucleótido)** y el FAD **(flavín adenín dinucleótido)** actúan como **coenzimas**. No son la energía en sí, sino los «ayudantes» o transportadores esenciales en las reacciones metabólicas que extraen energía de los alimentos para producir ATP. Estos nucleótidos tienen una función de coenzima.

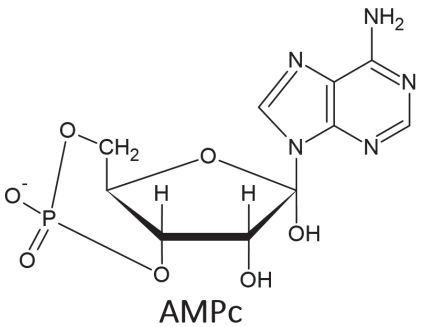
Nucleótidos modificados como el **AMP cíclico (AMPc, adenosin monofosfato cíclico)** funcionan como «segundos mensajeros». Transmiten señales de hormonas desde el exterior de la célula hacia el interior, provocando una respuesta rápida y coordinada. Estos tienen una función de señalización. El **UTP (uridín trifosfato)** es un donante de energía en reacciones metabólicas, mientras que el **GTP (guanosín trifosfato)** actúa como moneda energética en procesos como la síntesis de proteínas, la señalización celular y el transporte vesicular.

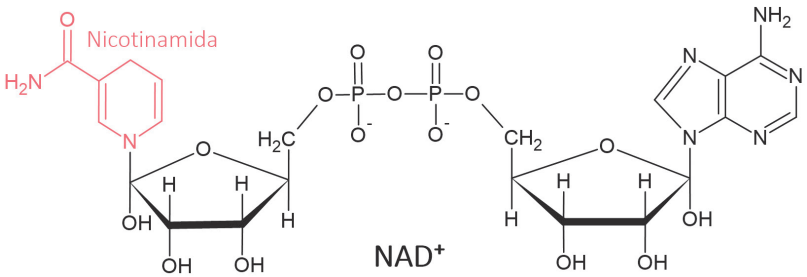

ATP


UTP


GTP




AMPc



NAD^+

Resumen

Biomoléculas

Carbohidratos

Simples y complejos

Los carbohidratos o azúcares son la principal fuente de energía. Los encontramos en las frutas en su forma más simple o como monosacáridos y en granos como el maíz, la avena, el trigo y la cebada en su forma compleja o polisacáridos. Los carbohidratos son polihidroxicetonas o polihidroxialdeídos porque poseen muchos OH^-. Los carbohidratos simples se unen por medio de enlaces glicosídicos para formar disacáridos y polisacáridos.

Lípidos

Triglicéridos, ceras, fosfolípidos, esteroides, prostaglandinas y terpenos

La mayoría de los lípidos son hidrofóbicos (por la falta de grupos polares) o anfipáticos. Están formados principalmente por carbono, hidrógeno y oxígeno; otros contienen elementos adicionales como fósforo, nitrógeno, azufre o un azúcar. Son la reserva energética del cuerpo, forman parte de las membranas celulares proporcionando soporte y flexibilidad y regulan procesos metabólicos y funciones corporales.

Proteínas

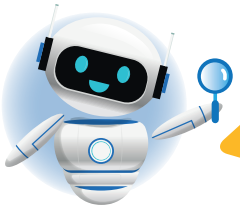
Estructuras primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria

Son biopolímeros formados por unidades de aminoácidos. Se clasifican como estructuras sencillas si solo contienen aminoácidos; si poseen otros grupos o átomos, son conjugadas. Las proteínas fibrosas son insolubles y resistentes y brindan soporte a los tejidos. Por otra parte, las proteínas globulares son solubles y participan en funciones metabólicas y enzimáticas. Por su función, se clasifican en estructurales, enzimáticas, transporte, defensa y reserva.

Ácidos nucleicos

ARN y ADN

Almacenan y transportan la información genética de una generación a otra. Están formados por unidades básicas llamadas nucleótidos que, a su vez, están compuestos por una base nitrogenada, un azúcar y un grupo fosfato. Los nucleótidos se unen entre sí por medio de enlaces fosfodiéster para formar el esqueleto o estructura primaria, como la del ARN, mientras que el ADN está formado por una doble hélice que se mantiene unida por los puentes de hidrógeno que se forman entre las bases nitrogenadas.



Busca las siguientes palabras dentro del texto y aprende su significado:

Monosacárido **Polisacárido** **Lípidos**
Proteínas **Ácidos nucleicos** **Carbohidrato**

Secuenciación por medio de nanoporos

Para determinar el orden de los nucleótidos en una secuencia de ADN o ARN se realiza un proceso llamado secuenciación de ácidos nucleicos. Existen varias técnicas para este propósito, algunas de las cuales requieren máquinas de gran tamaño y elevados costos, pero durante la última década se desarrolló una tecnología muy particular: la secuenciación por medio de nanoporos, que puede realizarse incluso con dispositivos portátiles.

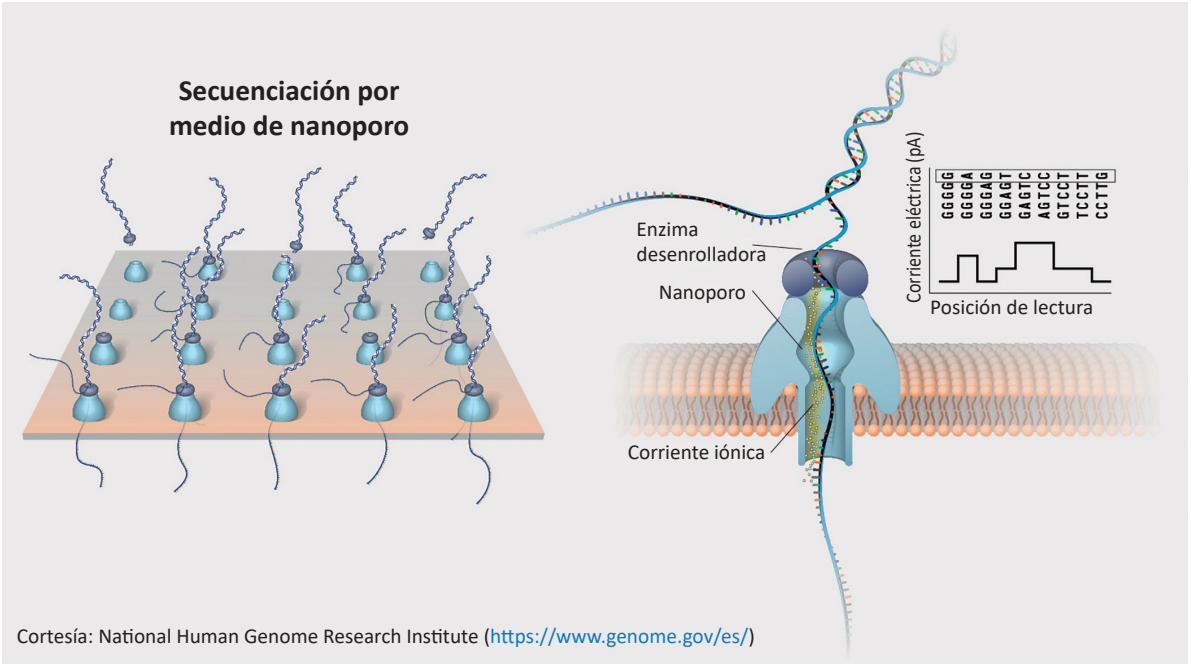
Estos dispositivos utilizan celdas de flujo que contienen una membrana nanoporosa electrorresistente. Cada nanoporo tiene su propio electrodo conectado a un canal y a un sensor que mide la corriente eléctrica que fluye a través del nanoporo.

Las hebras de ADN o de ARN se adhieren a los nanoporos por atracción eléctrica y se introducen en ellos. Cuando una molécula atraviesa un nanoporo, la señal eléctrica se interrumpe de forma particular por cada una de las cuatro bases nitrogenadas que forman el polímero de ADN o de ARN. El dispositivo detecta el tipo de interrupción y genera un trazo distintivo que luego es decodificado mediante una base de algoritmos para determinar la secuencia.

Leer la secuencia es como leer una notación musical que, cuando es interpretada en el orden correcto, produce una canción reconocible; las bases serían las notas musicales que al leerse producen una secuencia identificable al compararla con una base de datos de referencias de secuencias.

Esta es la única tecnología de secuenciación que permite realizar un análisis directo y en tiempo real de fragmentos cortos o ultralargos de ADN o ARN en formatos escalables. Los análisis presentan las ventajas de acceso rápido a la información, análisis temprano de la muestra y mayor control sobre el proceso de secuenciación.

Oxford Nanopore Technologies ha creado diferentes dispositivos con esta tecnología que se adaptan a diferentes necesidades, como el **MinION**, que es portátil, o los de sobremesa, que son de alto rendimiento. Los campos en los que pueden emplearse estos dispositivos son diversos, entre ellos: genomas humanos y microbianos, investigaciones sobre cáncer, enfermedades infecciosas, investigaciones clínicas, animales, plantas, microbiomas, investigación ambiental y conservación.



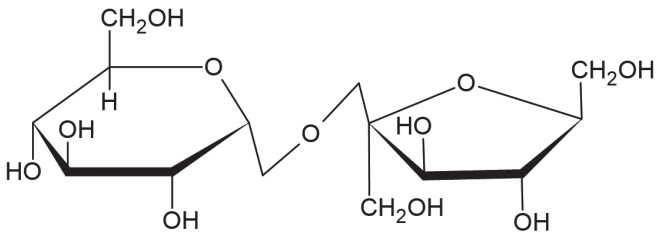
Cortesía: National Human Genome Research Institute (https://www.genome.gov/es/)

Evaluación

1. Traslada el literal al paréntesis correspondiente.

a) Funciones de los carbohidratos	( )	Polihidroxialdehídos y polihidroxicetonas que poseen múltiples grupos hidroxilo $(-OH)$
b) Aldosa	( )	Carbono quiral de un azúcar cíclico
c) Carbohidratos	( )	Principal fuente de energía y formación de estructuras
d) Mutarrotación	( )	Tiene un grupo cetona $(-C=O-)$
e) Cetosa	( )	Tiene un grupo aldehído $(-CHO)$
f) Anomérico	( )	Conversión de la estructura de un carbohidrato entre un anómero y el otro.

2. Nombra el anómero de cada monosacárido, el tipo de enlace, los monosacáridos y el disacárido.



3. Menciona al menos tres polisacáridos importantes y su función.

4. Elabora un esquema que represente la digestión de los carbohidratos.

5. Completa la tabla con las funciones de los lípidos.

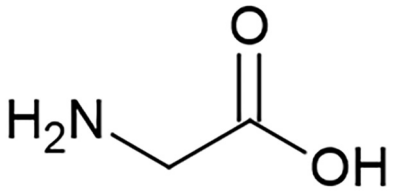
Tipo de lípido	Función biológica
Triglicéridos	
Ceras	
Fosfolípidos	
Esteroides	
Prostaglandinas	
Terpenos	

6. Completa la tabla con la información sobre las extracciones de lípidos realizadas durante la *semana 21*.

Lípido obtenido	Método de extracción

7. Menciona las etapas importantes en la digestión de lípidos.

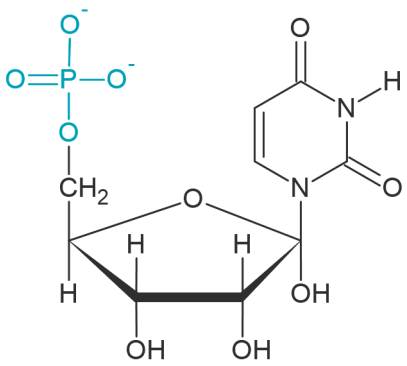
8. Identifica las funciones químicas del aminoácido.



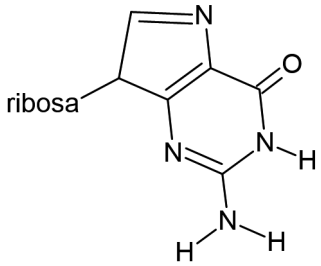
9. Elabora un mapa que muestre la clasificación de las proteínas:

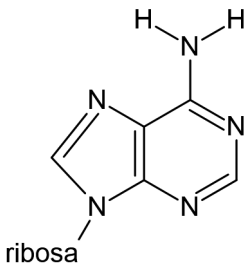
10. Elabora esquemas de los niveles de estructura de las proteínas

11. Explica qué tipo de enlace se forma entre el azúcar y la base y entre el azúcar y el fosfato.



12. Dibuja la base complementaria y los puentes de hidrógeno que forman entre ellas.





13. Escribe la función biológica principal que cumplen los nucleótidos.

Nucleótido	Función
ATP	
UTP	
GTP	
AMPc	
NAD^+	
FAD	

Unidad 7

Biología celular

Eje integrador: sistemas

En esta unidad aprenderemos a:

- Ejemplificar el uso de energía en los seres vivos a partir de fenómenos cotidianos.
- Explicar los conceptos de entropía y organización en los seres vivos.
- Reconocer el código genético y la nomenclatura de aminoácidos como formas de representar información molecular.
- Explicar qué es la energía biológicamente útil.
- Interpretar los resultados de un experimento demostrativo de la actividad enzimática.
- Obtener información de enzimas a partir del uso de bases de datos.
- Ejemplificar los procesos oxidativos que suceden en la respiración celular.
- Explicar el funcionamiento general de una cadena de transporte de electrones.
- Interpretar resultados experimentales de los procesos fotosintéticos.
- Explicar los procesos de fotofosforilación de la fotosíntesis.

Celula animal

Duración: 5 semanas

Alimentación e información de las células

Indagación

Desde los más pequeños dispositivos tecnológicos —como un reloj o una memoria extraíble— hasta los más grandes, como un transporte colectivo, son capaces de usar energía. Esta energía proviene generalmente de una sustancia combustible. ¿Te has preguntado si existen combustibles que hagan funcionar a los seres vivos? De ser así, ¿para qué se utiliza la energía generada por dichas sustancias? ¿Acaso los seres vivos pueden transformar energía como lo hacen los automotores? Durante esta clase exploraremos esas preguntas a partir de situaciones cotidianas.

A. ¿De dónde proviene nuestra energía?

Una característica notable de las células y, por tanto, de todos los seres vivos, es su capacidad de usar energía para sus actividades. Pero ¿de dónde proviene esta energía de las células y para qué tipo de cosas puede utilizarse? Pensemos un momento.

Procedimiento:

1. Organízate en un equipo de tres integrantes.
2. Observen las fotografías mostradas a continuación y resuelvan:
   a. ¿Qué actividad creen que está efectuando el objeto o ser vivo de cada foto?
   b. ¿Qué necesitan en común para que puedan desempeñar estas actividades?
   c. ¿Qué tipo de energía utiliza cada uno como fuente principal?
   d. ¿Cuáles utilizan una fuente de energía combustible y cuál es esa fuente?
   e. En el caso de los animales, ¿son los alimentos un combustible o en realidad estos contienen sustancias combustibles? Razonen su respuesta.
   f. Considerando que los musgos no comen, ¿significa que no utilizan energía combustible o que su fuente inicial es distinta? Razonen su respuesta.
   g. Escriban al menos dos actividades que los perros, la larva de mariposa y los musgos puedan efectuar. ¿Es necesario usar energía para ellas?
3. Lean el siguiente texto y revisen sus respuestas anteriores. Dejen constancia de sus posibles cambios en las respuestas.

Vehículos

Computadora

Teléfono celular

Perros

Larva de mariposa

Musgo

«Algunos dispositivos, como las computadoras o los automóviles, utilizan energía para funcionar, al igual que pasa con los seres vivos. Si bien algunos dispositivos eléctricos aparentemente no usan combustible al funcionar, esta electricidad pudo generarse a partir de combustible fósil. Para el caso de algunos seres vivos, como los animales, es evidente que requieren **sustancias combustibles** obtenidas de los alimentos; sin embargo, ¿una larva de mariposa y un perro comerán lo mismo?, ¿qué contiene lo que ingieren dichos animales?

Para responder estas interrogantes, prestemos atención a nuestra dieta. Un salvadoreño suele incluir en el desayuno huevos, frijoles, tortilla y queso, acompañados de leche o café. Al comprar estos alimentos empacados, podemos revisar su contenido energético y verificar que es diferente, es decir, los alimentos tienen distintas cantidades de energía, según su composición. Esta energía es transformada por las células de un ser vivo».

Podemos concluir que los seres vivos tienen la propiedad de usar energía, lo cual se evidencia al realizar actividades. Aunque algunas son evidentes, como movernos, en realidad todas las actividades de un ser vivo requieren energía; por ejemplo, al crecer o sanar. Por esta razón, la energía se procesa y está presente en todas las células.

Creatividad

Anteriormente mencionamos que los productos que consumimos pueden contener sustancias que funcionan como combustible. Dado que estos productos provienen de seres vivos, se infiere que los organismos también los contienen. Ahora vamos a detallar más sobre el tema, analizando la estructura, absorción y uso de dichas moléculas para conocer dos conceptos importantes en la bioenergética: entropía y organización.

B. Combustible y energía de los seres vivos

Al igual que todos los dispositivos eléctricos funcionan con energía eléctrica, todos los seres vivos funcionan con **energía biológicamente útil**. A su vez, del mismo modo que la energía eléctrica se puede obtener por transducción desde otra fuente (por ejemplo, a partir del movimiento de una turbina), la energía biológicamente útil se obtiene por transducción, a partir de biomoléculas energéticas.

Procedimiento:

1. Organízate en equipos de tres a cuatro miembros.
2. Observen la viñeta de información nutricional.

Información nutricional

Tamaño de porción 250 g
Porciones por envase 15

Cantidad por porción	
Energía 96.23 kJ (23 kcal)	
	% Valor diario*
Grasa total 9.0 g	14 %
Grasa saturada 1.2 g	6 %
Grasas trans 0.0 g	
Colesterol 33 mg	11 %
Sodio 263 mg	11 %
Potasio 195 mg	6 %
Carbohidratos totales 26.4 mg	9 %
Fibra dietética 2.6 g	10 %
Azúcares 10.5 g	
Proteínas 4.5 g	

Vitamina A 39 % — Vitamina C 1 %
Calcio 6 % — Hierro 7%

18	Energía	Azúcar	Grasas	Saturados	Sal
Porciones	1058 kJ 230 kcal	3 g	6 g	0.7 g	0.5 g
	11 %	8 %	3 %	6 %	2 %

Información nutricional. *Los valores porcentuales diarios se basan en una dieta de 2000 Calorías. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores según sus necesidades calóricas.

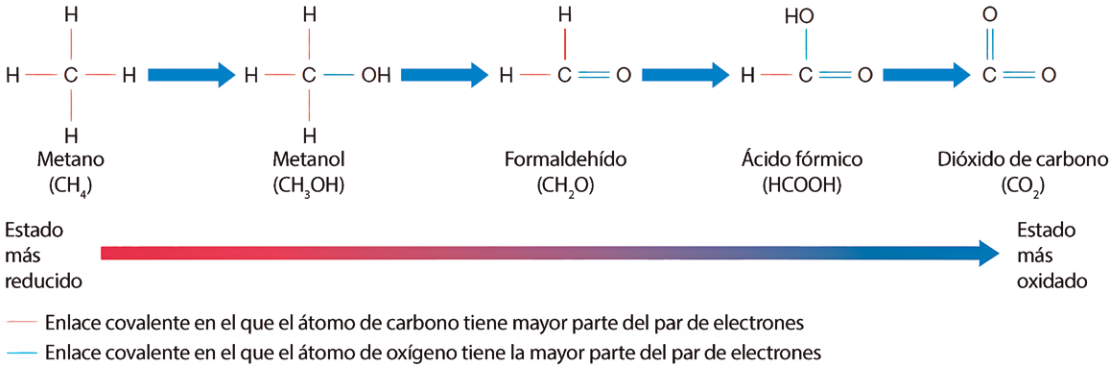
3. Reflexionen.
   a. ¿Qué grupos de biomoléculas están presentes en el alimento?
   b. ¿A cuáles de ellas se debe la medida energética?
4. Lean los apartados *La energía de los alimentos* y *El valor energético de la organización* (p. 191 y 192).
   a. Diseñen su propia biomolécula de 6 carbonos con alta energía. La expondrán a la clase.
   b. ¿Por qué es importante la organización para las células y qué implica en términos de energía?
   c. ¿Cómo se relacionan la organización y la entropía?

La energía de los alimentos

Si bien hay alimentos que contienen mayor cantidad de algunas sustancias particulares, notamos que las tablas nutricionales muestran componentes comunes como los carbohidratos, los lípidos (como el colesterol o la grasa saturada) y las proteínas. Por tanto, si los alimentos que consumimos tienen un origen biológico, podemos inferir que estos componentes se encuentran también en los seres vivos.

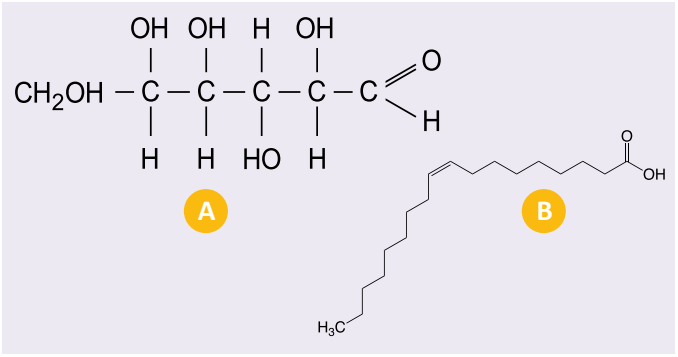
Asimismo, aunque no se muestre en las tablas de contenido nutricional, casi todos los alimentos incluyen moléculas de ADN y ARN, pues ambos están presentes en todos los seres vivos. Entonces, ¿cuál o cuáles de estas moléculas funcionan como un combustible para aportar energía a las células? ¿Son todas las moléculas energéticamente iguales o su estructura hace alguna diferencia? Y finalmente, ¿cuál es el tipo de energía que utilizan los seres vivos?

Antes notamos que las tablas de información nutricional asignan un valor energético a los alimentos, expresado en kilojoules (kJ) y kilocalorías (kcal) o «Calorías» (Cal). Esta medida se obtiene de la cantidad de biomoléculas energéticas contenidas en la porción de alimento. Las biomoléculas energéticas comparten una característica en común: todas incluyen en su estructura **carbonos de alta energía**, conocidos como «carbonos altamente reducidos».



Estos carbonos se caracterizan porque están enlazados a otros átomos o grupos de átomos que generan menor fuerza de atracción por los electrones que el mismo carbono en cuestión.

En la figura anterior se muestran enlaces covalentes coloreados en rojo y azul. Los enlaces rojos representan que el carbono tiene los electrones más cerca de sí, por tanto, está más reducido. Un carbono estará más reducido cuantos más electrones tenga cerca; es decir, cuantos más enlaces rojos forme. Por el contrario, un carbono estará más oxidado cuanto más lejos tenga los electrones; es decir, cuantos más enlaces azules forme. Entonces, entre mayor cantidad de carbonos en estado más reducido contenga una biomolécula, esta será un combustible más energético.



En la *figura A*, se muestra la glucosa, mientras que en la *B*, un ácido graso, un lípido común de la dieta. Puede apreciarse que la mayoría de los carbonos de *B*, tal como ocurre en todos los lípidos, están más reducidos que en *A*. Por tanto, los lípidos tienen mayor contenido energético que los azúcares.

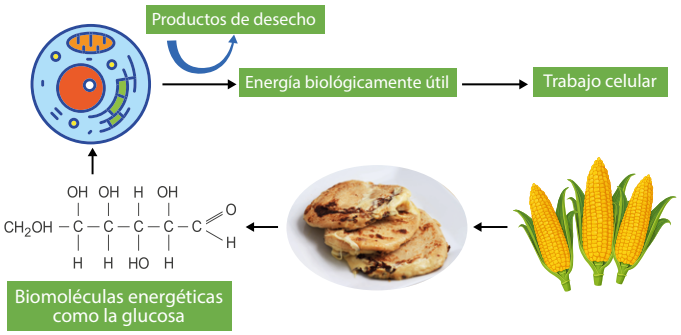
El valor energético de la organización

Ahora sabemos qué tipo de biomoléculas pueden funcionar como combustibles y cuáles son más energéticas, pero ¿existe diferencia entre un conjunto de biomoléculas y un organismo vivo? Es decir, ¿un caldo de pollo que contiene todos sus componentes triturados es igual a un pollo vivo? Es verdad que los nutrientes de un caldo estarán más disponibles para quien se alimente de ellos, pero existe una enorme diferencia en **organización**. El pollo, como todos los seres vivos, está formado por células. Estas contienen distintas biomoléculas, de las cuales nos enfocaremos en dos grupos:

- **Biopolímeros.** Moléculas de gran tamaño, altamente organizadas y conformadas por monómeros. Las proteínas son un ejemplo de biopolímero.
- **Monómeros.** Conforman la estructura de los biopolímeros; sin embargo, algunos de ellos tienen función propia. Por ejemplo, los aminoácidos.

Los biopolímeros están ensamblados de forma tal que pueden cumplir funciones muy específicas, por ejemplo, transportar sustancias o almacenar información. Al perder su estructura, pierden este valor añadido, por esta razón, las células invierten mucha energía en su ensamblaje y mantenimiento, evitando el desorden. Decimos entonces que los seres vivos son bajos en **entropía** (o desorden) y altos en organización.

Mantener el orden de las células requiere trabajo. Así como mantener el orden de tu casa requiere trabajo, la célula realiza el **trabajo celular** para mantener su estructura y funcionamiento. Dicho trabajo, requiere energía biológicamente útil, de manera que las células funcionan como un **sistema abierto:** reciben energía en forma de biomoléculas energéticas y liberan productos de desecho con una alta entropía.



Como conclusión, podemos decir que la célula recibe biomoléculas energéticas para producir energía biológicamente útil que permita el trabajo celular y, así, mantener su organización. Como consecuencia, libera moléculas bajas en energía y altas en entropía

Sabemos que existen grupos de biomoléculas energéticas contenidas en nuestros alimentos, pero ¿cuánta energía tienen? De acuerdo con lo estudiado, los azúcares como la glucosa son fuente primaria de energía a pesar de contener menor energía interna que los lípidos. Estos últimos funcionan en el almacenamiento de la energía a largo plazo, como suele ocurrir en algunos frutos secos y semillas ricas en aceites.

La glucosa es la molécula combustible por excelencia de las células; su estructura cuenta con varios enlaces de alta energía.

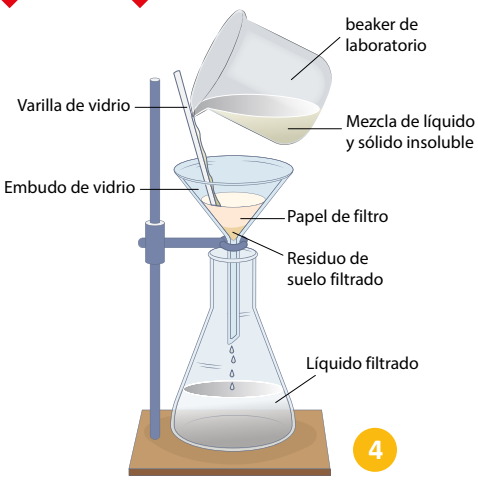
Materiales:

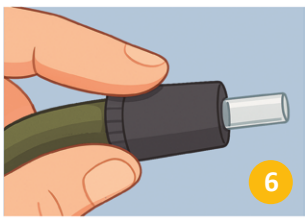
- 2 *beaker* de $250\ mL$
- $2\ g$ de $Ca(OH)^2$ (cal)
- $500\ mL$ de agua destilada
- Probeta de $250\ mL$
- Agitador (opcional)
- 2 matraces de Erlenmeyer de $125\ mL$
- Papel filtro
- 2 embudos
- Fragmento de varilla de vidrio
- Tapón oradado para tubo de ignición
- Manguera de caucho o transparente
- $1\ g$ de glucosa en polvo
- Pinza versátil o de extensión
- Pinza para termómetro
- Soporte universal
- Tubo de ignición
- Mechero
- Lima para metal (opcional)
- Pajilla
- Balanza digital
- Trípode o aro metálico
- Malla metálica
- Vidrio de reloj (opcional)
- Clips de metal
- Muestra de maní entero sin sal ni aditivos
- Fósforos y encendedor de cocina

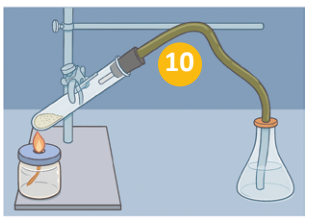
Procedimiento:

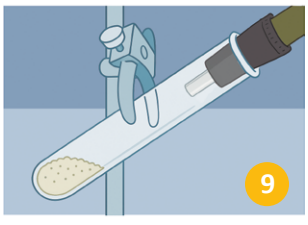
Parte I. Combustión de glucosa y respiración celular

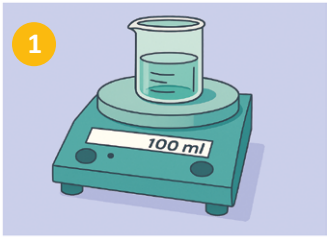
1. Coloca $2\ g$ de $Ca(OH)_2$ en un *beaker*.
2. Adiciona $200\ mL$ de agua.
3. Agita durante $2\ min$ hasta mezclar homogéneamente.
4. Filtra la disolución de $Ca(OH)_2$ hasta que se vuelva transparente. Repite el filtrado las veces que sea necesario.
5. Vierte el filtrado sobre dos Erlenmeyer. Agrega a cada uno entre $70\ mL$ y $90\ mL$.
6. Humedece con agua la parte externa del fragmento de varilla de vidrio e introdúcelo dentro del agujero del tapón.
7. Si no cuentas con un fragmento de varilla de vidrio, es necesario cortarlo. Para ello, lima alrededor de la zona de corte y luego haz fuerza para romperlo.
8. Coloca la manguera envolviendo el fragmento de varilla de vidrio por el lado externo del tapón.
9. Agrega $1\ g$ de glucosa en polvo dentro del tubo de ignición y sujétalo con una pinza versátil o de extensión en el soporte metálico de manera inclinada.
10. Introduce el tapón con la manguera en el tubo de ignición y el otro extremo en el Erlenmeyer que tiene la solución filtrada de $Ca(OH)_2$.
11. Enciende el mechero y colócalo en la base del tubo de ignición.
12. Permite que la glucosa reaccione hasta que haya cambiado de color totalmente.
13. Introduce la pajilla en el otro Erlenmeyer con solución de $Ca(OH)_2$ y sopla.
14. Deja reposar ambas soluciones $Ca(OH)_2$ por $2\ min$ y observa lo ocurrido.

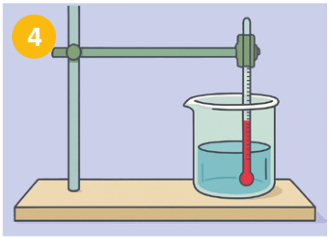


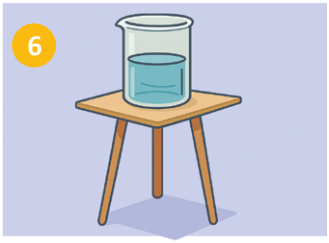


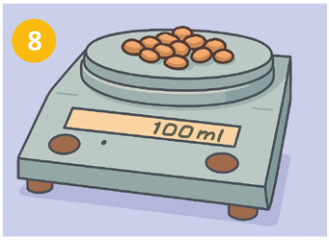


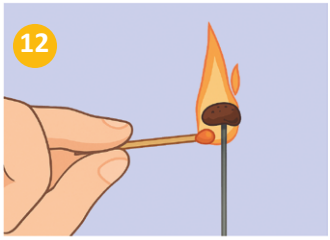












Parte II. Energía a partir de la combustión de un alimento

1. Coloca un *beaker* sobre la balanza y presiona «tarar».
2. Retira el *beaker* de la balanza y agrégale $100\ \text{mL}$ de agua destilada.
3. Mide la masa del agua en la balanza y registra el resultado.
4. Ensambla el termómetro en un soporte universal con una pinza para termómetro.
5. Registra la temperatura del agua al cabo de $1\ \text{min}$.
6. Coloca el *beaker* con agua sobre un trípode con malla metálica.
7. Coloca un vidrio de reloj en la balanza y presiona «tarar».
8. Agrega un maní entero sin cáscara ni sal (dos mitades) y registra su masa.
9. Utiliza un clip de metal extendido para enrollar al maní con el filamento o hacerle una especie de canasta.
10. Sujeta un extremo del clip con una pinza de metal.
11. Coloca bajo el trípode de metal el vidrio de reloj que usaste previamente.
12. Aplica fuego en el maní hasta que este inicie la combustión.
13. Mueve el maní bajo el *beaker* con agua que está sobre el trípode, a modo de que la llama incida directamente sobre él.
14. Registra el tiempo hasta que la combustión termine.
15. Traslada los restos del maní carbonizado al vidrio de reloj.
16. Introduce el termómetro en el agua del *beaker* y espera unos $30\ \text{s}$ hasta que la medida de temperatura se vea estable.
17. Registra la temperatura del agua y mide la masa de los restos de maní carbonizado. No olvides que antes se taró la balanza con la masa del vidrio de reloj.
18. Vacía y limpia los instrumentales utilizados.
19. Vuelve a medir la masa y temperatura de $100\ \text{mL}$ de agua en un *beaker*.
20. Corta y descarta la cabeza de un fósforo, dejando únicamente el trozo de madera.
21. Coloca el vidrio de reloj sobre la balanza y presiona «tarar».
22. Mide la masa del trozo de madera. Debes ajustarla hasta que sea igual a la masa del maní fresco, ya sea recortando más la madera o agregando un trozo extra.
23. Repite los *pasos 9* a *18* reemplazando el maní por el trozo de madera.
24. Resuelve:
    a. ¿Qué gas se liberó en la combustión de la glucosa (*Parte I*) y cuál debería ser el compuesto que se formó en la solución? Escribe la posible reacción.
    b. ¿Por qué la reacción es similar cuando se sopla la solución con Ca(OH)_2? ¿Qué paralelismos hay entre la combustión y la respiración celular?
    c. Estima y compara la cantidad de energía (en calorías) contenida en las muestras de la *Parte II*. Utiliza las siguientes fórmulas.

$$\Delta T = Tf - Ti \qquad 7.1$$

Donde: $Tf =$ temperatura final del agua y Ti, temperatura inicial del agua.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \qquad 7.2$$

Donde: $Q =$ energía transferida en calorías,
$m =$ masa del agua en gramos, $c =$ calor específico del agua $(1\ \text{cal/g°C})$ y $\Delta T =$ cambio en la temperatura del agua.

d. ¿Cuál muestra generó una llama de mayor duración y qué biomolécula es más abundante en ellas?

En ambos experimentos se realizó una reacción de combustión donde las sustancias ricas en carbonos energéticos son convertidas en CO_2. En el proceso se libera energía en forma de calor.

La glucosa es rica en carbonos energéticos. Las semillas también lo son, pues alojan lípidos y carbohidratos que funcionan como una reserva energética. La madera, en cambio, tiene un contenido energético parecido al de un postre de harina, debido a que está compuesta principalmente por carbohidratos.

Comunicación

Anteriormente revisamos algunos conceptos interesantes sobre la energética de los seres vivos y realizamos pruebas de detección de biomoléculas presentes en los alimentos. Algunas de estas moléculas son biopolímeros altamente organizados. Ahora nos centraremos en sus tres tipos: ADN, ARN y proteínas.

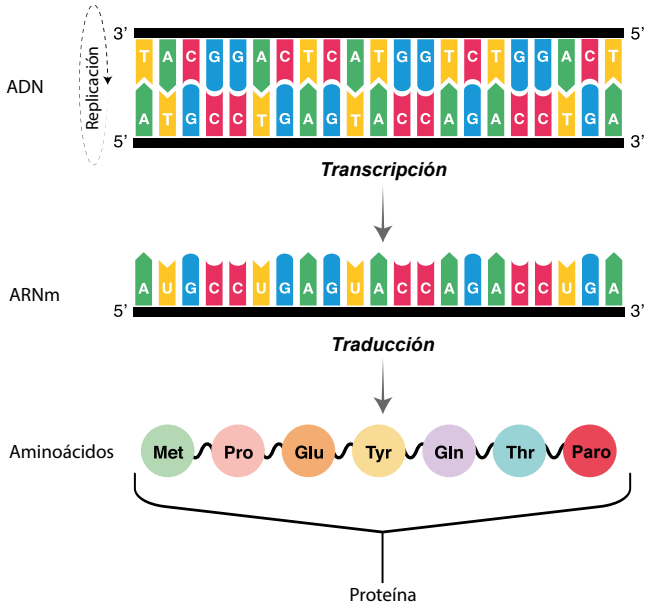
C. Escrito en los biopolímeros

Además de utilizar energía y organizarse en células, los seres vivos son ricos en contenido de información. A nivel molecular entenderemos información como la disposición ordenada de monómeros en un polímero. De esta forma, se estima que $1\ g$ de ADN puede almacenar hasta $215\ PB$ (petabytes) de datos, equivalentes a más de $200\ 000\ 000\ GB$. ¿Cómo podríamos manejar tanta información? A continuación, aprenderemos una forma simple de hacerlo.

Procedimiento:

1. Analiza el siguiente segmento teórico:

La información molecular es la disposición ordenada de subunidades en un biopolímero. En términos simples, información implica ordenamiento. Por ejemplo, al desordenar las palabras de un libro, se pierde información, ya que las conexiones entre palabras tienen un orden en el cual se leen. En el caso de los seres vivos, todos ellos tienen ADN como el biopolímero que almacena la información genética. El ADN está seccionado en secuencias llamadas *genes*, los cuales son leídos e interpretados por la célula para generar un ARN mensajero (ARNm). Este ARNm también es leído para producir una proteína específica, como se observa en el siguiente esquema.



Ley central de la biología molecular. El ADN es transcrito como ARNm que, a su vez, es traducido a proteína. Para representar a los nucleótidos se usa la nomenclatura de una letra (la inicial de su base nitrogenada), para ADN: Adenina = A, Citocina = C, Guanina = G y Timina = T. El ARN contiene Uracilo = U, en lugar de Timina (T). Recuerda que una secuencia de nucleótidos siempre es leída en sentido 5' – 3' y tanto su réplica como la transcripción se hace de forma complementaria, emparejando siempre A-T/U y C-G.

Para obtener la secuencia de la proteína a partir del ARNm, la célula utiliza el **código genético**; en él, cada tripleta de nucleótidos de ARNm, llamada **codón**, se traduce en un aminoácido de la proteína o en la terminación de la secuencia. Los 20 aminoácidos que forman las proteínas pueden representarse con una nomenclatura de una o tres letras, como muestra el esquema.

Código genético

Segunda base de ARNm

Primera base de ARNm (extremo 5')	U	C	A	G	Tercera base de ARNm (extremo 3')
U	UUU Fenilalanina (Phe/F)	UCU Serina (Ser/S)	UAU Tirosina (Tyr/Y)	UGU Cisteína (Cys/C)	U
	UUC	UCC	UAC	UGC	C
	UUA Leucina (Leu/L)	UCA	UAA PARO	UGA PARO Triptófano (Trp/W)	A
	UUG	UCG	UAG	UGG	G
C	CUU Leucina (Leu)	CCU Prolina (Pro/P)	CAU Histidina (His/H)	CGU Arginina (ARg/R)	U
	CUC	CCC	CAC	CGC	C
	CUA	CCA	CAA Tirosina (Tyr/Y)	CGA	A
	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	AUU Isoleucina (Ile/I)	ACU Treonina (Thr/T)	AAU Glutamina (Gln/Q)	AGU Serina (Ser/S)	U
	AUC	ACC	AAC	AGC	C
	AUA	ACA	AAA Lisina (Lys/K)	AGA Arginina (Arg/R)	A
	AUG INICIO *Metionina (Met/M)	ACG	AAG	AGG	G
G	GUU Valina (Val/V)	GCU Alanina (Ala/A)	GAU Ácido aspartico (Asp/D)	GGU Glicina (Gly/G)	U
	GUC	GCC	GAC	GGC	C
	GUA	GCA	GAA Ácido glutámico (Glu/E)	GGA	A
	GUG	GCG	GAG	GGG	G

*AUG es el codón de inicio, pero también codifica para el aminoácido metionina. Las nomenclaturas de una y tres letras se muestran entre paréntesis. Ej: *Met* y *M* significan metionina.

2. Obtén la secuencia de aminoácidos resultante de la siguiente secuencia de ADN: 5'-ATGAAAGGG-3'.
3. Utiliza el código de una letra de aminoácidos para formar una palabra con cuatro o más letras de tu elección. Puedes repetir las letras.
4. Realiza el proceso inverso de lectura para obtener la hebra de ADN que aloje tu palabra.

Como hemos visto, el uso del código genético es una herramienta útil y estandarizada para representar y trabajar con la gran cantidad de información que se aloja en las biomoléculas informacionales.

Indagación

Energía biológicamente útil

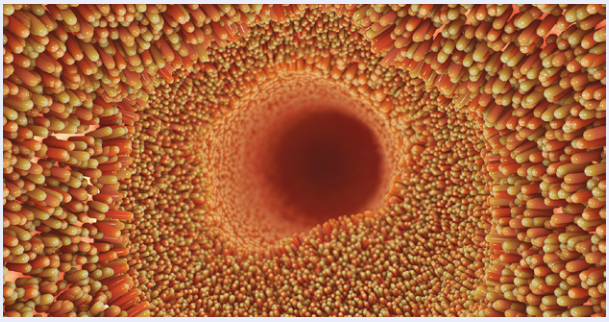
Anteriormente reconocimos que los seres vivos requieren alimentarse para obtener biomoléculas energéticas que funcionan como combustible para obtener energía biológicamente útil. Por tanto, transformar ese combustible en energía es una actividad común a todas las formas de vida. Durante la semana aprenderemos más sobre la energía biológicaamente útil.

A. Trabajo y energía celular

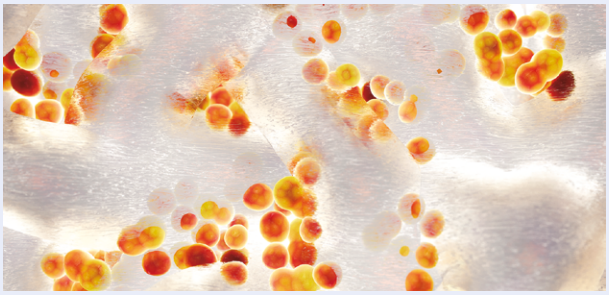
La siguiente actividad nos ayudará a profundizar sobre el trabajo que realiza la célula. Todas las actividades descritas a continuación implican el uso de energía biológicamente útil.

Procedimiento:

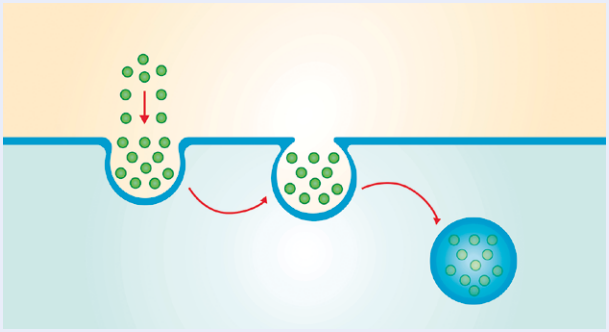
1. Forma equipos de máximo cuatro personas y lean las siguientes fichas informativas; escojan una de ellas.



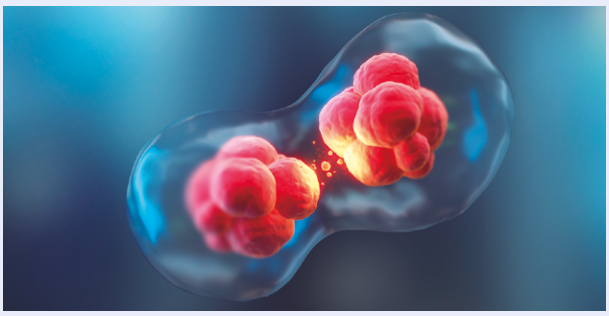
I. Movimiento de flagelos y cilios. Los cilios y los flagelos son estructuras celulares que se mueven activamente. El movimiento de los cilios facilita el tránsito y eliminación de sustancias de desecho. Este trabajo requiere un uso constante de energía en las células. En la imagen, se muestran epitelios ciliados en el intestino.



II. Secreción de materiales. Las células son capaces de secretar sustancias con diferentes funciones. Estas pueden actuar como material de construcción y pegamento flexible que las mantiene juntas para formar tejidos resistentes, como el cartílago mostrado en la imagen. Este trabajo requiere uso de energía en las células y le da estructura y correcto funcionamiento al organismo.



III. Transporte de sustancias. Las células transportan materiales hacia dentro o hacia fuera de sí mismas, o bien, entre organelos. Esto implica un uso constante de energía para mantener su funcionamiento.



IV. Crecimiento y desarrollo. Toda actividad de crecimiento, desarrollo o regeneración de un organismo requiere uso de energía de células individuales. Su propósito principal es duplicar organelos y estructuras subcelulares que den origen a nuevas células.

2. Discutan las siguientes preguntas y luego compartan sus respuestas con la clase.
   a. ¿Para qué sirve la energía biológicamente útil en la ficha escogida?
   b. ¿Cuál es su relación con el trabajo celular y el uso de biomoléculas energéticas?
   c. Expliquen en qué consiste la energía biológicamente útil para ustedes.

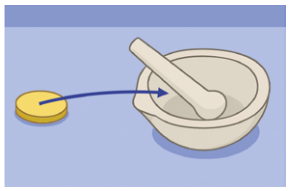
Hemos visto que las células realizan diferentes actividades que demandan energía. Todas ellas tienen en común que requieren de trabajo celular. Podemos decir, entonces, que la energía biológicamente útil es aquella que permite el trabajo celular y, por ende, impulsa todas las actividades de los seres vivos.

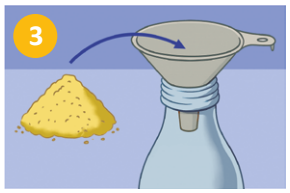
Creatividad

Anteriormente visualizamos una serie de procesos celulares comunes que permiten mantener las actividades que sustentan la vida en todos los organismos. Nos dimos cuenta de que cada actividad y proceso a nivel de organismo tiene una explicación a nivel celular. De hecho, todas las actividades relacionadas con la vida que impliquen uso de energía se pueden considerar como trabajo celular y ocurren gracias a la energía biológicamente útil. Ahora profundizaremos sobre su naturaleza.

B. Difusión de sustancias

En esta actividad simularemos el transporte de sustancias a través de una membrana biológica, utilizando bolsas plásticas como membranas, y acuarela, como sustancia a transportar.





Materiales:

- 3 pastillas de acuarela de color amarillo
- 3 pastillas de acuarela de color azul
- 5 bolsas plásticas de $454\ \text{g}\ (1\ \text{lb})$
- 5 vasos transparentes
- 5 cucharas desechables
- 5 alfileres
- 2 botellas de plástico de $2\ \text{L}$
- 2 morteros
- Pistilo
- 2 embudos

Procedimiento:

Parte I. Práctica

1. Forma equipos de al menos tres integrantes.
2. Pulvericen con el mortero y el pistilo las pastillas de acuarela de color amarillo y azul, por separado.
3. Depositen el polvo de la pastilla de acuarela azul en una botella de plástico de $2\ \text{L}$, luego agreguen agua hasta la mitad de la botella. Auxíliense del embudo.
4. Agiten la botella hasta disolver y luego llénenla por completo.
5. Repitan los *pasos 2* y *3* con la pastilla de acuarela amarilla y la otra botella.
6. Viertan parte del contenido de la botella con acuarela amarilla en una bolsa plástica y ciérrenla con un nudo.
7. Viertan parte del contenido de la botella con acuarela azul en una bolsa plástica y ciérrenla con un nudo.
8. Agreguen agua a dos vasos, hasta la mitad.
9. Sumerjan una bolsa en cada vaso y perforen con un alfiler un par de agujeros en cada bolsa. Observen lo ocurrido por al menos $5\ \text{min}$.
10. Llenen un tercer vaso con un $25\ \%$ de solución de acuarela amarilla y $25\ \%$ de solución de acuarela azul, al mismo tiempo.
11. Llenen una bolsa con agua y anúdenla.
12. Sumerjan la bolsa en el vaso con las soluciones de acuarela y perfórenle un par de agujeros con un alfiler. Observen lo ocurrido por al menos $5\ \text{min}$.
13. En un cuarto vaso, agreguen acuarela de uno de los dos colores hasta llenarlo a la mitad.
14. En una nueva bolsa, agreguen acuarela del color que no utilizaron en el *paso 13* y anúdenla.
15. Introduzcan la bolsa en el cuarto vaso con agua de distinto color y perfórenle un par de agujeros con un alfiler. Observen lo ocurrido por $5\ \text{min}$.
16. Respondan las siguientes interrogantes:
    a. ¿Qué ocurre cuando la solución coloreada entra en contacto con el agua a través de unos pequeños agujeros?
    b. ¿Cuál es la lógica que sigue el movimiento del colorante a través de los poros?
    c. ¿En qué momento se equilibra el tránsito de sustancias a través de los poros?

Parte II. Documentación

1. Lean el apartado teórico *Tipos de energía biológicamente útil*, de las páginas 198 a la 200.
2. Respondan las siguientes interrogantes:
   a. ¿Cuál es la relación entre el transporte del colorante y el transporte en la membrana?
   b. ¿A qué dirección va el flujo energético del transporte del colorante?
   c. ¿Cuál es la similitud del flujo de colorante con la energía biológicamente útil?
   d. ¿Cuál es la importancia de la energía biológicamente útil?
   e. ¿Se podría utilizar la energía de un transporte en igualdad de concentración a ambos lados de la membrana?

En el sitio web encontrarás la emulación de procesos de difusión a través de la membrana https://qrs.ly/ish1igs

Parte III. Simulación

1. Ingresen al sitio web utilizando el QR de la izquierda.
2. Coloquen los siguientes parámetros en la página web:
   - Oxígeno alto fuera de la célula. Observen hacia dónde viaja el gas.
   - Oxígeno alto dentro de la célula. Observen ¿hacia dónde viaja el gas.
   - Oxígeno alto fuera de la célula y CO_2 alto dentro de la célula.
3. Respondan las siguientes preguntas:
   a. ¿Cuál es el nombre del fenómeno observado en todos los casos?
   b. ¿Se está utilizando energía biológicamente útil en algún caso?, ¿por qué?
   c. ¿En qué punto del transporte se iguala la concentración de gases en todos los casos?
   d. ¿En qué etapa del proceso de transporte se podría aprovechar la energía del gradiente?

Miren la simulación, amigos. Se parece muchísimo a lo que acabamos de ver en la actividad del laboratorio.

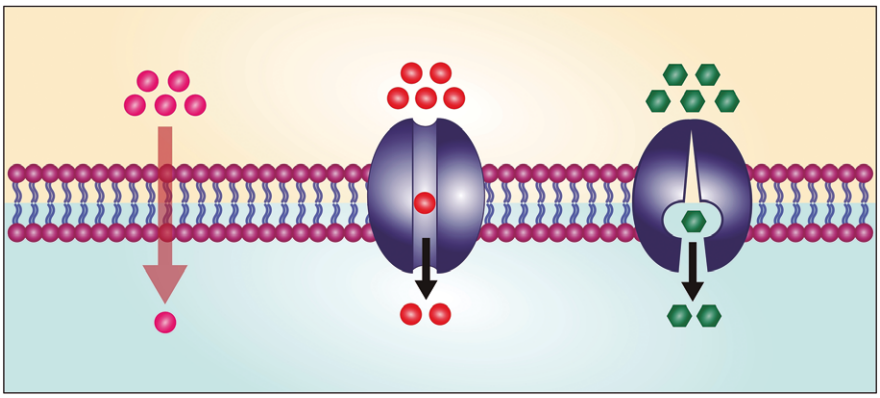
Tienes razón, aparentemente los colores tienen una tendencia a equilibrar su concentración dentro y fuera a través de los agujeros.

¿Existen algunas proteínas que faciliten el transporte a través de las membranas celulares?

Según dice acá, sí las hay, pero los gases como el CO_2 y el oxígeno no requieren ningún tipo de proteína que los transporte.

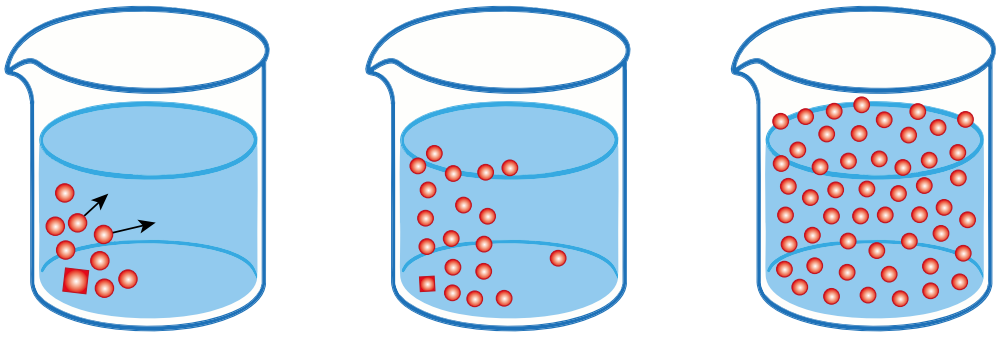
Tipos de energía biológicamente útil

Las biomoléculas energéticas pueden ser utilizadas por todos los seres vivos para obtener energía biológicamente útil. Esta última es la energía que utilizan los organismos para realizar el trabajo celular y permitir todas las actividades que sustentan la vida. Existen dos clases fundamentales de energía biológicamente útil. La primera de ellas es el **gradiente electroquímico**, y la segunda, son los **fosfatos de alta energía de los ribonucleósidos trifosfatados**. Entre ellos, el más común es el ATP (adenoín trifosfato o trifosfato de adenosina).



Los gradientes electroquímicos. Para entender estos fenómenos, antes debemos establecer que algunas sustancias ingresan o salen de las células y se mueven dentro de ellas por difusión, un proceso físico de movimiento aleatorio. Si bien las partículas de un sólido están muy juntas y las fuerzas de atracción entre ellas les permiten vibrar pero no moverse, en un líquido las partículas están más separadas, las atracciones intermoleculares son más débiles y las partículas se mueven con gran libertad.

Aunque el movimiento de cada una de las partículas individuales no tiene dirección y es impredecible, se pueden hacer predicciones acerca del comportamiento de grupos de partículas. Si las partículas no están distribuidas uniformemente, entonces, al menos existen dos regiones: una con una mayor concentración de partículas y otra con una concentración más baja. Esta diferencia en la concentración de una sustancia de un lugar a otro establece un **gradiente de concentración**. Durante el fenómeno de difusión, existe un movimiento neto a favor de su propio gradiente de concentración (de donde hay mayor concentración a donde hay menor).



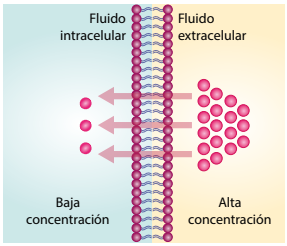
1. Cuando se deja caer un terrón de azúcar en el vaso de agua pura, las moléculas de azúcar empiezan a disolverse y se difunden a través del agua.
2. Las moléculas de azúcar continúan disolviéndose y se difunden en toda el agua.
3. Finalmente, las moléculas de azúcar quedan distribuidas aleatoriamente a lo largo de agua.

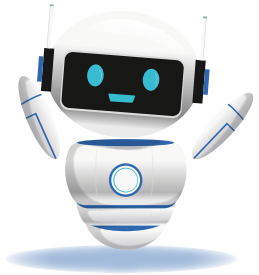
Así, si una membrana es permeable a una sustancia, existe un movimiento neto desde el lado de la membrana donde está más concentrado al lado donde está menos concentrado. Este gradiente que atraviesa la membrana es una forma de energía almacenada. La energía almacenada es la energía potencial, que es la capacidad para realizar trabajo como resultado de la posición o del estado.

Las partículas de diferentes sustancias en una mezcla se difunden independientemente una de otra. La difusión mueve solutos hacia un estado de equilibrio. Si las partículas no se agregan o se eliminan del sistema, se alcanza un estado de **equilibrio dinámico**; sin embargo, los seres vivos se caracterizan por impedir que se alcance este estado, y, por tanto, la energía puede utilizarse para realizar trabajo celular.

Los gradientes electroquímicos consisten, entonces, en diferencias de concentración y/o de cargas eléctricas a ambos lados de una membrana biológica. Estas diferencias provocan un flujo neto de una sustancia particular a través de la membrana. Dicha energía potencial se considera energía biológicamente útil porque permite impulsar el trabajo celular. Entre los trabajos celulares más comunes impulsados por estos gradientes está la formación del ATP y el transporte de sustancias en contra de un gradiente. De hecho, el ATP es uno de los ribonucleótidos ricos en fosfatos de alta energía, la otra forma de energía biológicamente útil.

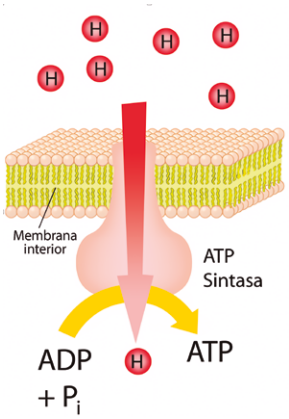
Como se mencionó antes, no todas las sustancias son capaces de atravesar las membranas. Estas requieren de proteínas de membrana que funcionen como un canal de transporte. De hecho, el fenómeno de movimiento por difusión no solamente explica cómo se transportan las sustancias a través de las membranas, sino cómo se mueven dentro de las células o en cualquier solución acuosa.





Fíjate que...

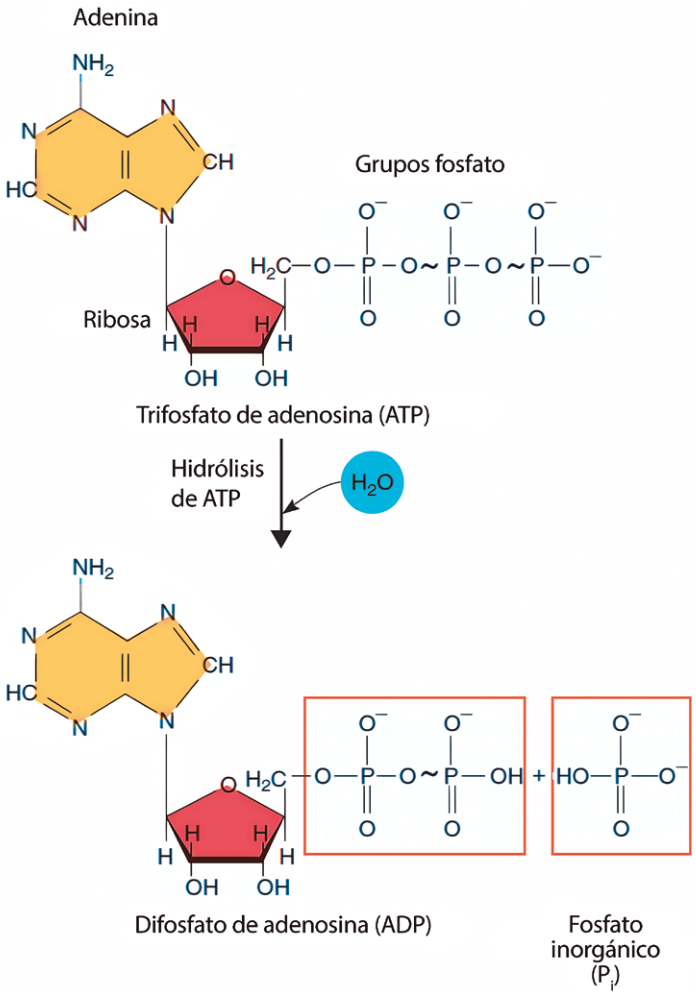
El equilibrio dinámico es una característica de los sistemas inanimados, mientras que el mantenimiento de un desequilibrio dinámico es la principal característica de los sistemas vivos.



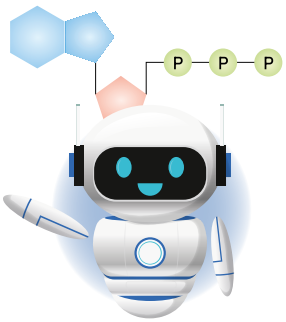
Los gradientes de concentración sirven también para fosfatar nucleósidos. Por ejemplo para formar el ATP.

Fosfatos de alta energía de los ribonucleósidos trifosfatados. Antes de abordar esta fuente de energía, primero recordemos que un nucleósido es una molécula formada por un azúcar de cinco carbonos y una base nitrogenada. Según el azúcar que contienen, estos pueden ser ribonucleósidos o desoxirribonucleósidos. Además, un mismo nucleósido puede enlazarse con hasta tres fosfatos inorgánicos, adquiriendo los nombres de monofosfato (o nucleótido), difosfato o trifosfato. Estos últimos son de nuestro interés como fuente de energía.

Existen cuatro ribonucleósidos trifosfatados particularmente comunes en todos los seres vivos: el ATP, el GTP (trifosfato de guanosina), el UTP (trifosfato de uridina) y el CTP (trifosfato de citidina). Todos ellos tienen el mismo contenido energético, debido a que pueden sufrir la misma reacción de hidrólisis espontánea exergónica.



Es interesante que, a pesar de que todos los nucleósidos trifosfatados son capaces de liberar cuantitativamente la misma cantidad de energía para impulsar el trabajo celular, el más común es el ATP de tipo ribonucleósido. La principal hipótesis que explica este hecho sostiene que los primeros seres vivos utilizaban este tipo de ATP, lo cual se ha conservado hasta hoy.



La energía biológicamente útil se obtiene mediante el rompimiento de los fosfatos de alta energía de los ribonucleósidos. Lo cual ocurre debido a que los tres grupos fosfato se encuentran juntos. Estos acumulan cargas negativas subsecuentes que los vuelven inestables, aumentando su energía potencial. Por tal razón, los fosfatos se separan y, literalmente, provocan una microexplosión, la cual puede utilizarse para realizar trabajo celular.

Hemos visto los dos tipos principales de energía biológicamente útil. Ambos tienen que ver con la energía potencial y tienden a funcionan de manera coordinada en la célula. Es importante reconocer que esta energía puede cuantificarse; así, se estima que la conversión de ATP en ADP, bajo condiciones estándar, libera unos $30.5\ \mathrm{kJ/mol}$. Además, como el ATP es el nucleósido preferido por las células, es común que la energía de cada reacción celular se cuantifique en número de ATP. Por ambas razones, el ATP recibe el apodo de «moneda energética».

Comunicación

Todo trabajo que realiza un ser vivo lleva implícito un trabajo celular. En esta oportunidad, revisaremos un trabajo común: el movimiento en organismos eucariotas, describiendo cómo se implementa la energía biológicamente útil.

C. Procesos celulares que involucran energía biológicamente útil

Las proteínas motoras son las principales responsables del movimiento en los organismos eucariotas. Estas se encuentran en el citoesqueleto y son capaces de sostener, arrastrar y mover organelos o estructuras celulares; sin embargo, su funcionamiento demanda energía biológicamente útil. En esta actividad, observaremos fenómenos cotidianos que implican el funcionamiento de estas proteínas.

FIBRA MUSCULAR

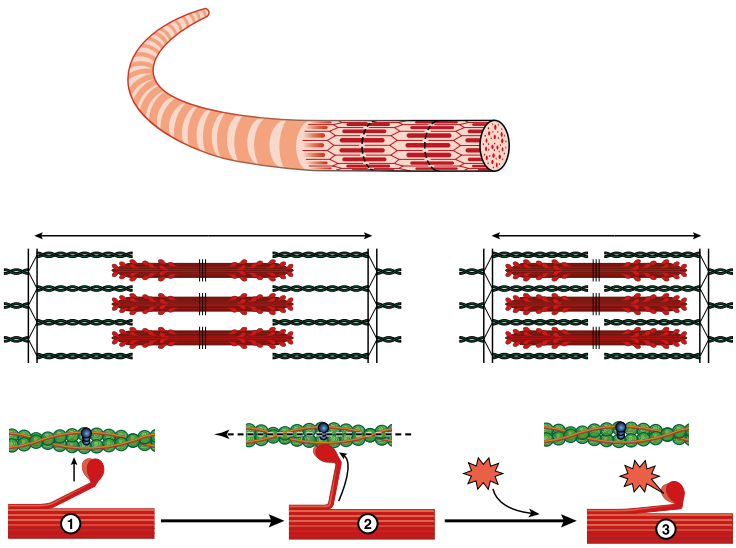
Puedes observar la posición de las miosinas y los filamentos de actina dentro de la fibra muscular. Las mitocondrias proveen de energía.

Procedimiento:

1. Organízate en equipos de un máximo de cuatro integrantes.
2. Revisen el elemento de RA o accede al código QR que se muestra a continuación.
3. Lean con atención el segmento teórico *El funcionamiento de los músculos*.

El funcionamiento de los músculos

Las fibras musculares tienen una unidad móvil llamada sarcómero. En ella hay proteínas inmóviles del citoesqueleto llamadas actinas, mostradas en verde en la figura. Las miosinas (naranja) se unen fuertemente con el músculo contraído y, luego, la hidrólisis del ATP las separa para permitir el movimiento (pasos 1, 2 y 3). La miosina (mostrada en rojo) es una proteína motora que utiliza el ATP para mover las fibras musculares y, por tanto, todos los tipos de músculo.



Observa el siguiente video sobre la actina y la contracción muscular. https://qrs.ly/ibh1igw

4. Respondan y luego expongan a la clase:
   a. ¿Qué grupos de organismos se desplazan utilizando miosinas?
   b. Considerando que las proteínas motoras se encuentran en el citoesqueleto, ejemplifiquen otros procesos en los que podrían verse involucradas.
   c. Si los músculos estriados se mueven por señales de las neuronas motoras, ¿las neuronas consumen energía biológicamente útil? Expliquen.

En conclusión, el movimiento de los organismos que utilizan músculos requiere del uso de energía biológicamente útil, pues implica trabajo celular. Sin embargo, este es solo un ejemplo del uso de energía; otros fenómenos mencionados antes, como el transporte de sustancias en las membranas celulares, el crecimiento, la cicatrización e, incluso, la formación misma de ATP, también lo requieren.

Indagación

Enzimas y metabolismo

Como hemos visto desde unidades previas, las proteínas están implicadas en todos los procesos relacionados con la vida. Ahora nos centraremos en un importante grupo de ellas que tiene implicaciones en el funcionamiento de todas las formas de vida. Hacemos referencia a las **enzimas** y su papel en la mayoría de los procesos biológicos.

A. ¿Qué es una enzima?

Uno de los grupos más importantes de proteínas en los seres vivos son las enzimas. Ahora analizaremos algunos sucesos cotidianos en los cuales intervienen.

Sabes, he notado que los alimentos que tienen poca agua tienden a durar más tiempo sin descomponerse. De hecho, no he visto ningún alimento deshidratado descomponerse, así que supongo que tardan mucho más aún.

Procedimiento:

1. Forma grupos para discutir las siguientes preguntas:
   a. ¿Por qué se descompone la leche al cabo de un día sin refrigeración?
   b. ¿Qué contiene la leche y otros alimentos que provoca su descomposición?
   c. ¿Qué le ocurre a la leche durante la digestión?
   d. ¿Por qué algunas personas no pueden digerir los lácteos?
   e. ¿Otros seres vivos descomponen la leche como nosotros?
2. Lean el apartado teórico *Microorganismos* y *enzimas*, y revisen sus respuestas.

Microorganismos y enzimas

Los microorganismos son cosmopolitas; es decir, se encuentran en todas partes. Ellos, como el resto de seres vivos, requieren de energía biológicamente útil para subsistir a partir del trabajo celular. Para obtener esta energía, al igual que nosotros, necesitan usar biomoléculas energéticas. Así, debido a la presencia de microorganismos en el ambiente, todo lo que contiene biomoléculas energéticas, como los alimentos o los tejidos de organismos muertos, se descomponen rápidamente.

Mira, Lisa, acá mencionan que para descomponer los alimentos se requiere agua, ya que sus biomoléculas se rompen por hidrólisis.

La descomposición de los alimentos provocada por microorganismos es muy parecida a la que realizamos al digerirlos. Por tanto, hay algo presente en todos los seres vivos que les permite descomponer sustancias orgánicas rápidamente. Ese algo son las enzimas. ¿Cuál es su naturaleza química y cómo funcionan? Las enzimas son un grupo de proteínas presentes en todos los seres vivos. Su función consiste en controlar la velocidad de las reacciones químicas. Para entender su rol, debemos apuntar que todas las reacciones que ocurren en los seres vivos pueden ocurrir sin enzimas; por ejemplo, la leche podría descomponerse sin los microorganismos, sin embargo, el proceso sería demasiado lento sin sus enzimas. Del mismo modo, al tomar leche, si no tuviéramos enzimas, la digestión podría durar cientos de años sin enzimas.

La digestión es apenas uno de los procesos que requiere de enzimas, casi todas las reacciones ocurridas en las células necesitan de ellas, pues la alta organización celular no es espontánea. Por ejemplo: ¿se podría ensamblar el ADN por su propia cuenta? Sí, pero un evento como este es tan improbable que podría tardar más que la edad del universo en ocurrir. Así, las enzimas permiten que reacciones muy improbables sucedan con naturalidad en el mundo vivo.

Creatividad

Anteriormente reflexionamos que todos los seres vivos requerimos de energía biológicamente útil, la cual obtenemos por descomposición de biomoléculas energéticas. Además, establecimos que para realizar todas las reacciones químicas que nos mantienen con vida es necesario contar con enzimas; de lo contrario, estas reacciones tomarían demasiado tiempo en suceder. Por ejemplo, en ausencia de enzimas, los alimentos que consumimos podrían pasar años en nuestros sistemas digestivos antes de descomponerse por sí mismos. Ahora profundizaremos más sobre este importante grupo de proteínas presente en todas las formas de vida.

B. Actividad enzimática

Las enzimas, como el resto de proteínas, están hechas de aminoácidos enlazados y presentan una estructura tridimensional que representa su conformación nativa y permite su función de controlar la velocidad de reacciones químicas específicas. Por tanto, su conformación y eficiencia es condicionada por factores ambientales como la temperatura y el pH. Con esta práctica analizaremos la actividad de una enzima presente en todos los eucariotas: la catalasa, que se encarga de catalizar la descomposición del agua oxigenada para formar agua y oxígeno. Principalmente evidenciaremos cómo varía su actividad luego de aplicar cambios de temperatura sobre ella.

Materiales:

- $115\ g\ (1/4\ lb)$ de hígado de res crudo licuado en $250\ mL$ de agua
- $115\ g\ (1/4\ lb)$ de papa cruda licuada en $250\ mL$ de agua
- $115\ g\ (1/4\ lb)$ de hígado de res cocido licuado en $250\ mL$ de agua
- $115\ g\ (1/4\ lb)$ de papa cocida licuada en agua $250\ mL$ de agua
- $100\ g$ de levadura
- Alimento en descomposición (Ej. Pan o tortilla)
- 2 bandejas para colocar los vasos (opcionales)
- 2 termómetros
- Probeta de $250\ mL$
- Agua tibia y agua embotellada al tiempo
- Fósforos o mechero para cocina
- Plumón indeleble
- $360\ mL$ de peróxido de hidrógeno (H_2O_2)
- 13 vasos transparentes de $250\ mL$
- Papel toalla
- Balanza

Procedimiento:

1. Forma equipos de trabajo con un máximo de cinco integrantes.
2. Diluyan $100\ g$ del polvo de levadura en $250\ mL$ de agua tibia.
3. Viertan $125\ mL$ de las soluciones de hígado crudo licuado, papa cruda licuada, levadura diluida, hígado cocido licuado y papa cocida licuada en 5 vasos distintos. Repitan este procedimiento con otros 5 vasos para tener 2 unidades experimentales de cada muestra.
4. Viertan $125\ mL$ de agua embotellada en dos vasos adicionales.
5. Etiqueten las unidades experimentales (los vasos con las soluciones previamente descritas), de la siguiente manera: HC1 = hígado crudo 1, HC2 = hígado crudo 2, PC1 = papa cruda 1, PC2 = papa cruda 2, LD1 = levadura diluida 1, LD2 = levadura diluida 2, HCO1 = hígado cocido 1, HCO2 = hígado cocido 2, PCO1 = papa cocida 1, PCO2 = papa cocida 2. Los dos vasos adicionales con agua se etiquetarán como: A1 y A2.
6. Midan la temperatura de las sustancias de cada unidad experimental y escriban los resultados en la tabla de la siguiente página.
7. Procedan de la siguiente forma con cada vaso con muestra (uno a la vez): coloquen un termómetro en su interior, agreguen $20\ mL$ de H_2O_2, observen lo ocurrido y registren la temperatura al cabo de $20\ s$.
8. Repitan el *paso 7* con cada muestra, incluyendo los vasos con agua.
9. Presten atención a todas las muestras que producen burbujas.
10. Enciendan un fósforo y acerquen la llama a las burbujas cuidadosamente.

Mira qué interesante. A mí me ocurrió que todas las muestras que han sido cocidas previamente no presentaron ningún tipo de respuesta.

11. Agreguen unas gotas de H_2O_2 al alimento en descomposición.
12. Respondan las siguientes preguntas:
    a. ¿Qué grupos de organismos respondieron ante el H_2O_2?
    b. ¿Cuál es el gas formado como respuesta y de dónde proviene?
    c. ¿Se necesita que el organismo esté vivo e intacto para que presente la respuesta ante el H_2O_2? ¿Por qué?
    d. ¿Qué componente de los organismos sufrió un cambio en la cocción que provocó una pérdida de sensibilidad ante el H_2O_2?
13. Elaboren una tabla como la siguiente para registrar datos:

Tipo de material	Etiqueta	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)
Crudo	HC1		
	HC2		
	PC1		
	PC2		
	LD1		
	LD2		
	A1		
	A2		
Promedio:			
Cocido	HCO1		
	HCO2		
	PCO1		
	PCO2		
Promedio:			
Cocido hipotético	LDCO1		
	LDCO2		
	ACA1		
	ACA2		
Alimento en descomposición		¿Producción de burbujas?	

Además de ello, no presentó respuesta el agua. Según este libro, las proteínas pueden ser desnaturalizadas por cambios de temperatura. En el caso de las enzimas, puesto que son proteínas, se ven afectadas por este mismo fenómeno.

14. Analicen las infografías *La naturaleza proteica de las enzimas, ¿Cómo funcionan las enzimas? y La importancia de la ubicación de una proteína* de las páginas 205 a 207.
15. Seleccionen un tipo de muestra biológica y expongan lo ocurrido en cada tratamiento: cocido y crudo, o bien, levadura. Propongan, además, qué ocurriría si se cociera la levadura.
16. Revisen sus respuestas del *paso 12*, para verificar un antes y un después.

Como conclusión, dado que los tejidos destruidos pueden responder al agua oxigenada, estamos ante un mecanismo que apenas requiere de trabajo celular, lo que se consigue con las enzimas. Sabiendo que los eucariotas descomponen el agua oxigenada por medio de la enzima catalasa, inferimos que su estructura como proteína se ve alterada con la temperatura, lo que reduce gradualmente su actividad y, en última instancia, la elimina.

La naturaleza proteica de las enzimas

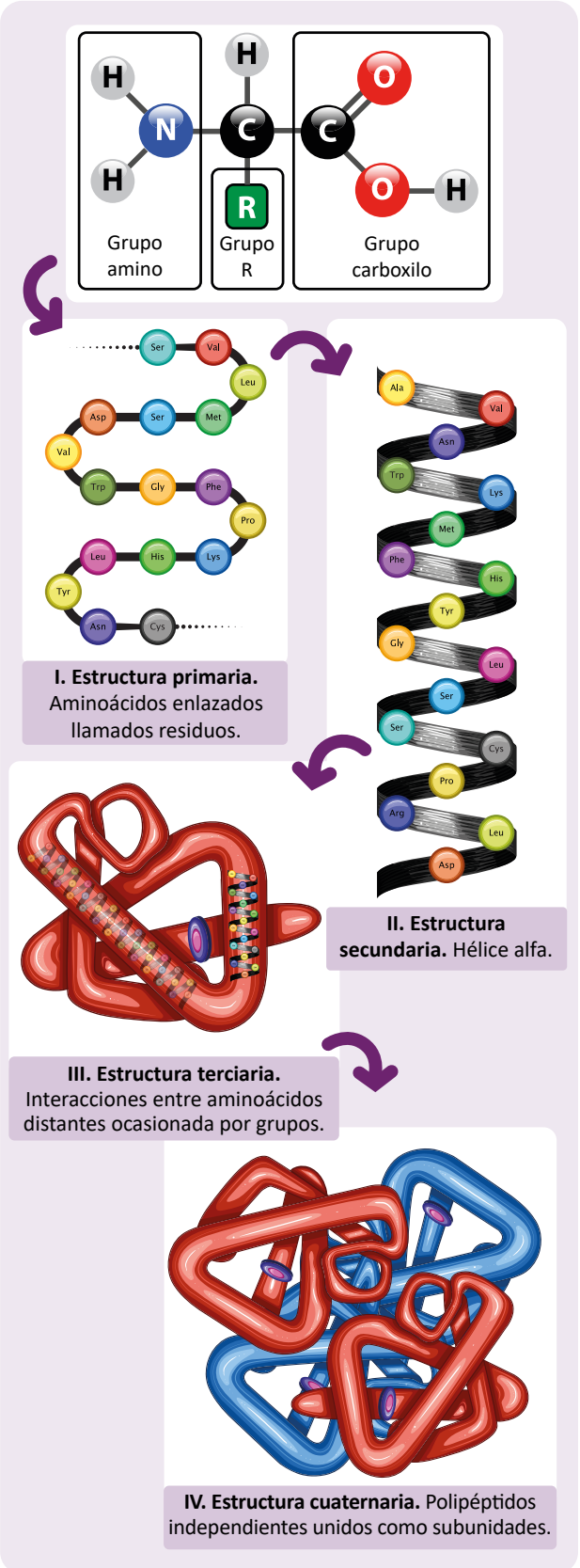
Las proteínas son biopolímeros de aminoácidos que presentan una estructura tridimensional compleja. Todas las proteínas presentan una serie de niveles de organización que van desde el primario hasta el cuaternario, presente solo en algunas proteínas.

Los aminoácidos contienen tres componentes básicos unidos a un carbono central. Estos son: un grupo amino, un grupo carboxilo y un grupo variable, denominado R. Existen 20 aminoácidos estándar, los cuales varían únicamente en su grupo R.

Los aminoácidos se mantienen enlazados covalentemente entre sí mediante enlaces peptídicos, los cuales ocurren entre un grupo carboxilo y un grupo amino de cada aminoácido.

La estructura primaria de una proteína está hecha de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. Los enlaces que circundan al carbono alfa son capaces de girar, provocando rotación y torsión. Además, los átomos de hidrógeno unidos a los nitrógenos del enlace peptídico son capaces de interactuar con los oxígenos de la cadena principal, formando puentes de hidrógeno. Esto da origen a la estructura secundaria, la cual puede ser helicoidal, llamada hélice alfa, o bien, de acordeón, denominada hoja o lámina beta plegada.

Para culminar, en una proteína, los grupos R de los aminoácidos pueden interactuar con algunos residuos distantes, provocando plegamientos denominados, en conjunto, estructura terciaria. Además, un polipéptido puede interactuar con otro, formando la estructura cuaternaria.



I. Estructura primaria. Aminoácidos enlazados llamados residuos.

II. Estructura secundaria. Hélice alfa.

III. Estructura terciaria. Interacciones entre aminoácidos distantes ocasionada por grupos.

IV. Estructura cuaternaria. Polipéptidos independientes unidos como subunidades.

ESTRUCTURA PROTEICA

Estructura de la enzima lactato deshidrogenasa, una proteína con función catalítica que cuenta con alfas hélices y hojas beta plegadas.

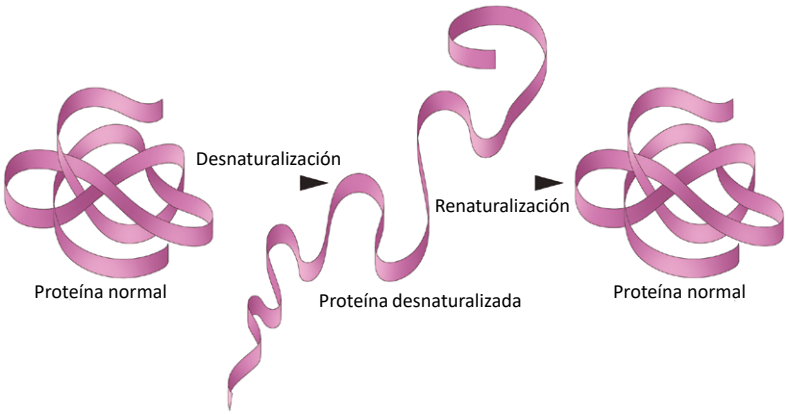
La alfa hélice se forma debido a que los aminoácidos son capaces de formar puentes de hidrógeno entre sus grupos amino con grupos carboxilos distantes. Además de ello, los aminoácidos unidos son como ladrillos que conforman la estructura primaria de proteína o edificio.

Mira, Lisa, ayer estuve cocinando alimentos ricos en proteína. Hice unos huevos picados y los iba a acompañar con un poco de ensalada fresca con limón. Pero en lugar de agregarle limón a la ensalada, se lo agregué a la leche. Esta se cortó, entonces reflexioné: ¿lo que ocurre con el huevo será lo mismo que pasa con la leche cortada?

Pues según este libro, ambos son casos de desnaturalización de proteínas. Los huevos tienen albúminas que con las altas temperaturas se desnaturalizan, y la leche contiene caseína, que con un bajo pH también se desnaturaliza.

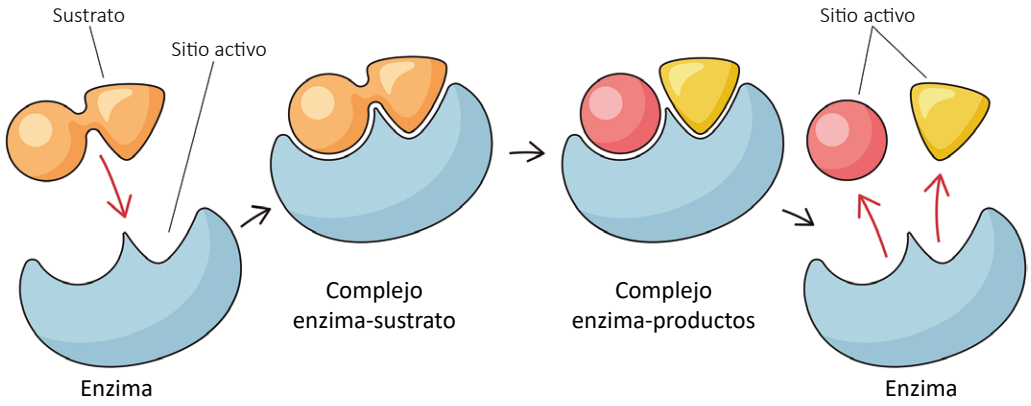
¿Cómo funcionan las enzimas?

Las proteínas funcionan cuando están correctamente plegadas en un estado llamado **conformación nativa**. Puesto que las interacciones no covalentes, como los puentes de hidrógeno de la proteína, son susceptibles a cambios en el medio (como cambios de temperatura, pH o salinidad), podemos decir que la conformación nativa puede desnaturalizarse dependiendo de las condiciones ambientales.



En una conformación desnaturalizada, la proteína no es funcional. Como dato curioso, la mayoría de los alimentos que consumimos tienen sus proteínas desnaturalizadas por la cocción. Por otro lado, todas las proteínas tienen condiciones óptimas de funcionamiento, las cuales dependen de su estructura.

Las enzimas, en esencia, son proteínas que controlan la velocidad de las reacciones metabólicas. Las enzimas pueden, además, presentar otros componentes que contribuyen a su correcto funcionamiento, denominados **cofactores**. Este puede ser un ion metálico, o bien, una molécula orgánica. Si este último es el caso, se denomina coenzima. Por tanto, en enzimas con cofactor, la parte proteica, se denomina **apoenzima**. Cuando esta se encuentra unida a su cofactor, el conjunto se denomina **holoenzima**.

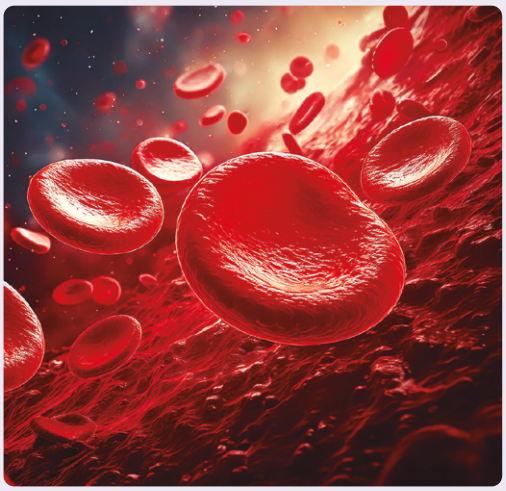


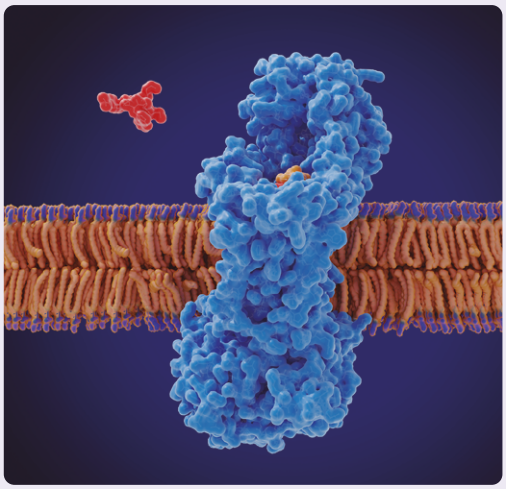
Cada enzima es capaz de controlar la velocidad de una reacción particular, generalmente acelerándola incluso millones de veces. Las sustancias sobre las cuales una enzima opera se denominan **sustratos**. El sitio de la enzima que entra en contacto con los sustratos para convertirlos en productos se denomina **sitio activo**. Como toda proteína, las enzimas también tienen una temperatura y un pH óptimo de funcionamiento. Además, son capaces de desnaturalizarse por factores ambientales, perdiendo su funcionamiento. La mayoría de las reacciones metabólicas de los seres vivos requiere al menos una enzima, eso incluye reacciones como las presentes en la **respiración celular**. Los seres vivos pueden producir H_2O_2 como consecuencia de la acumulación natural de radicales libres. Esta sustancia se descompone normalmente por medios enzimáticos a través de las enzimas como la catalasa.

La importancia de la ubicación de una proteína

Las proteínas tienen ubicaciones específicas en los organismos. En dichos sitios pueden cumplir su función, ya sea de señalización, estructural o enzimática, entre otras. Por ejemplo, en organismos multicelulares, pueden estar fuera de las células, en un espacio denominado **matriz extracelular**.

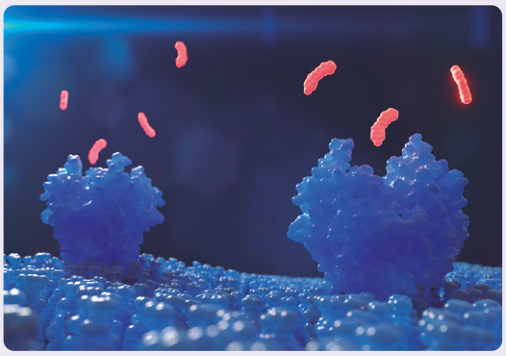
La sangre es un tejido conformado por diferentes células junto a su matriz. Todas ellas cumplen sus funciones gracias a sus propias proteínas. Por ejemplo, los glóbulos rojos transportan oxígeno por las hemoglobinas. La matriz extracelular, llamada suero sanguíneo, incluye muchas proteínas, entre ellas, algunas que permiten la coagulación y comunicación entre células sanguíneas con otras células circundantes. Además, en esta matriz viajan muchas proteínas de función hormonal.





Arriba apreciamos una proteína integral en color celeste, la cual claramente está atravesando la bicapa de lípidos mostrada en púrpura y amarillo. En la parte superior de esa misma imagen, y en la imagen de la derecha, pueden apreciarse proteínas que están fuera de la membrana, pero interactúan con ella como proteínas periféricas.

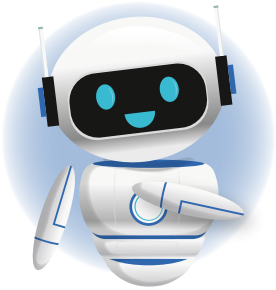
Recordando la estructura de las membranas biológicas. Estas se encuentran conformadas por lípidos de membrana que conforman una bicapa de lípidos relacionados con proteínas que pueden tener diferente ubicación respecto a ella. Las **proteínas periféricas** están en contacto por interacciones no covalentes con lípidos de membrana. Las **proteínas ancladas al lípido** tienen al menos un enlace químico con un lípido de membrana. Por otro lado, las **proteínas integrales de membrana** tienen al menos una parte de ellas inmersas en la membrana.



Recordando que las proteínas también pueden formar parte de los organelos celulares, cabe destacar que muchos organelos presentan al menos una membrana que los recubre. Esto da lugar a tres posibles ubicaciones espaciales de las proteínas relacionadas con ellos. Lado luminal o luz, que hace referencia al interior del organelo, inmersa en la membrana del organelo, y lado citosólico, que hace referencia a la parte externa del organelo, pero en el interior del citoplasma.

Había escuchado que el estómago y la boca liberan enzimas para permitir la digestión. Me pregunto: ¿cómo esas proteínas logran salir de las células para formar parte del jugo gástrico o la saliva?

Buena observación, Carlos. Ocurre que las células son capaces de segregar proteínas gracias a que presentan un aparato de Golgi. Este aparato dentro de las células es capaz de provocar secreciones en todos los órganos.



Comunicación

Previamente pudimos apreciar que las enzimas se encuentran en todos los seres vivos. Además, al igual que toda proteína, tanto puede desnaturalizarse como presentar condiciones óptimas de funcionamiento. Ahora nos centraremos en la información disponible para cada proteína o enzima: ¿cuál y cuánta es?, ¿dónde podemos consultarla? y ¿para qué sirve dicha información?

C. Búsqueda de proteínas

Del mismo modo que existen plataformas para almacenar información de cualquier índole, por ejemplo, deportiva, demográfica u hospitalaria, existen una serie de plataformas en línea que almacenan información de macromoléculas como las proteínas. A dichas plataformas se les conoce como bases de datos bioinformáticas. En esta ocasión, vamos a revisar una base de datos de proteínas muy popular, conocida como Uniprot. En dicha base, consultaremos información sobre la proteína que evidenciamos en la actividad previa.

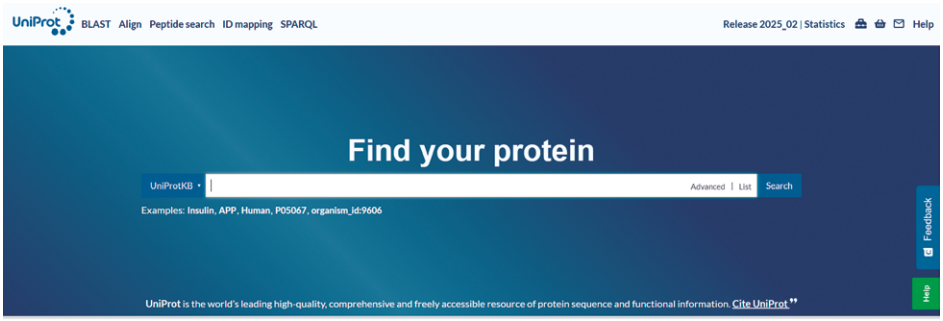
Base de datos para consulta de información sobre proteínas específicas
https://qrs.ly/d2h1ih4

Materiales:

- Computadora con acceso a internet

Procedimiento:

1. Lee la siguiente información sobre Uniprot:
   «Uniprot es una plataforma que aloja información sobre proteínas específicas de diferentes organismos. Esta base de datos recibe información de diversas instituciones alrededor del mundo. Por ejemplo, si escribes la palabra *collagen* (colágeno, en español, la proteína más abundante del reino animal), podrás encontrar información de moléculas de colágeno procedentes de diferentes organismos. Uniprot cuenta con información descriptiva de función de la proteína, estructura química, propiedades, aminoácidos presentes, entre otros».
2. Ingresa al sitio web de Uniprot. Puedes hacerlo con el QR de la izquierda.



3. Coloca el siguiente código en el cuadro de búsqueda: P04179.
4. Navega en la plataforma y encuentra la siguiente información:
   - Nombre de la proteína
   - Función de la proteína
5. Para entender mejor la información de la página, puedes auxiliarte de una extensión de traducción, del traductor de Google o del apoyo de tu docente.
6. Accede a *Subcellular Location* y responde: ¿en qué parte de la célula se aloja esta proteína?
7. Ve al apartado *Sequence & Isoforms* y encuentra la masa relativa *Mass* (Da).
8. Ve a *Feature Viewer* y observa la estructura 3D de la proteína. Si das clic o pulsas sobre sus distintas regiones, verás cómo se resalta su secuencia.

En estas bases de datos puedes encontrar datos de proteínas de cualquier organismo vivo, incluyendo animales, bacterias, plantas y hongos.

Como hemos visto, las proteínas son moléculas que contienen información en su secuencia, pero también en su estructura tridimensional, pues es su geometría lo que les permite realizar funciones específicas. Esta información se ha sistematizado en distintas bases de datos biológicas y es fácilmente accesible por internet.

Indagación

Respiración celular

Previamente hablamos sobre energía biológicamente útil y la importancia de las enzimas para todas las reacciones que ocurren en los seres vivos; es decir, el metabolismo. Ahora iniciaremos recordando cuál es el papel de las biomoléculas energéticas para obtener energía biológicamente útil, para luego abordar el proceso de conversión: ¿cómo ocurre?, ¿dónde ocurre? y ¿qué tan eficiente es?

A. ¿Para qué respiras?

La respiración es una acción casi involuntaria e indispensable para nuestra vida, pero ¿todos los organismos necesitan respirar? Y, más importante aún, ¿para qué sirve respirar? Con la siguiente actividad reflexionaremos al respecto y descubriremos la importancia del oxígeno.

Los animales acuáticos captan el oxígeno disuelto en el agua, mientras que los microorganismos anaerobios utilizan la respiración celular anaerobia, que es menos eficiente, pero les permite subsistir en ese medio sin oxígeno.

Procedimiento:

1. Organízate en equipos y discutan lo siguiente:
   a. Ordenen cuánto tiempo puede sobrevivir una persona bajo cada una de las condiciones siguientes: sin agua, sin comida, aguantando la respiración.
   b. ¿Para qué sirve la respiración?
   c. ¿Existe alguna relación entre respirar, consumir líquidos y alimentarse? Si es así, ¿cuál es?
   d. ¿Cuál es el papel del oxígeno en la respiración humana? ¿Podemos respirar sin oxígeno?
2. Lee el segmento *Respiración celular y energía* que se muestra a continuación.

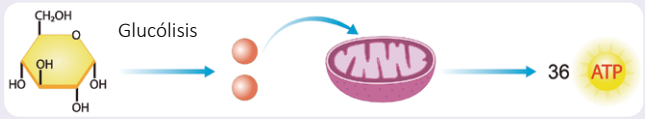
Respiración celular y energía

La energía de las biomoléculas energéticas reside en los enlaces de carbono reducidos. Los seres vivos son capaces de oxidar estas biomoléculas para obtener esos electrones utilizando un proceso repleto de reacciones óxido-reducción, denominado **respiración celular**. Por tanto, podemos definir la respiración celular como un proceso metabólico que consiste en una serie de reacciones de óxido-reducción sobre los átomos de carbono de las biomoléculas energéticas, para obtener energía biológicamente útil.

Existen dos clases fundamentales de respiración celular: la **respiración celular aerobia** y la **respiración celular anaerobia**. La principal diferencia entre estos procesos es que la respiración aerobia requiere y utiliza el oxígeno para culminar el proceso de oxidación para obtener energía biológicamente útil, mientras que la respiración anaerobia no lo requiere.

La respiración aerobia es la más eficiente porque produce mayor cantidad de energía biológicamente útil por biomolécula oxidada, unos 36 ATP.

Respiración aeróbica



La respiración celular se divide en etapas que, en realidad son grupos de reacciones. La primera etapa es la **glucólisis**, que consiste en la ruptura de la glucosa para formar piruvato. A ella le siguen las etapas de **descarboxilación del piruvato**, el **ciclo del ácido cítrico** y la **cadena transportadora de electrones**. Todas ellas son procesos oxidativos. En los procariotas, toda la respiración sucede en el citoplasma, pero en los eucariotas se organiza en el citoplasma y la mitocondria.

3. Revisen nuevamente las preguntas previas y escriban una respuesta unificada a cada pregunta.
4. Su docente seleccionará un integrante de cada equipo para hablar de las respuestas planteadas por su grupo.

Resumamos: mientras la respiración pulmonar es la acción de tomar O_2 del aire y librar CO_2, la respiración celular es una serie concatenada de reacciones que implican la oxidación de biomoléculas para obtener energía biológicamente útil. En la respiración aerobia se usa al oxígeno como agente oxidante final, pero cada una de sus etapas son también procesos oxidativos. En la respiración anaerobia suceden procesos similares, pero sin emplear oxígeno.

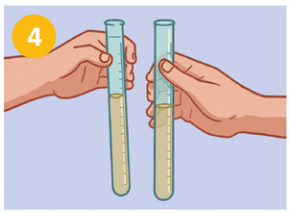
Creatividad

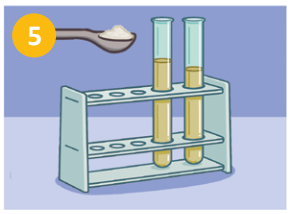
Previamente recordamos la relación entre la respiración celular, las biomoléculas energéticas y la energía biológicamente útil. Ahora evidenciaremos algunos productos de la respiración celular y profundizaremos en los procesos de respiración aerobia y anaerobia.

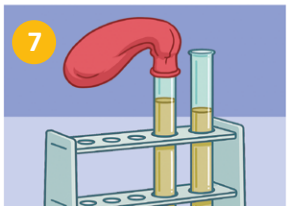
B. Alimenta tus levaduras

Las levaduras son hongos unicelulares, tienen la capacidad de realizar tanto respiración aerobia, como un proceso anaerobio llamado fermentación. En esta ocasión, utilizaremos las levaduras en un experimento de dos etapas íntimamente relacionadas para evidenciar algunos subproductos de su respiración aerobia y de la fermentación.

Parte I







Materiales:

- 1 hornilla
- 1 *beaker* o recipiente resistente al calor, de al menos 250 mL
- Balanza
- Gradilla para tubos de ensayo
- 5 tubos de ensayo
- 2 goteros
- Cuchara metálica
- Azul de metileno
- Azúcar de mesa
- 15 g de levadura
- 60 mL (¼ de taza) de leche
- 2 globos
- Marcador y tirro

Procedimiento:

Parte I. Fermentación

1. Organízate con tus compañeros y formen cuatro equipos.
2. Agreguen 250 mL de agua en un *beaker* y caliéntenla en la hornilla hasta que alcance al menos 50 °C.
3. Agreguen 15 g de levadura al agua tibia y mézclenlos utilizando la cuchara.
4. Trasladen cuidadosamente parte de la solución con levadura a dos tubos de ensayo hasta alcanzar ¾ de su capacidad.
5. Agreguen 5 g de azúcar en uno de los tubos de ensayo con solución de levadura.
6. Agiten ambos tubos con levadura y etiqueten como # 1 al que contiene azúcar, y como # 2, al que no contiene.
7. Ubiquen ambos tubos en la gradilla y coloquen un globo sin aire a cada tubo. Utilicen tirro para fijar los globos.
8. Dejen reposar por 30 min. Pueden realizar el la parte II durante la espera.
9. Al observar el fenómeno, respondan:
   a. Considerando que las levaduras pueden hacer fermentación en ausencia de oxígeno y presencia de glucosa, ¿qué gas está contenido en los globos?
   b. ¿Qué causa la diferencia de resultado de ambos tubos?

Parte II. Velocidad de la deshidrogenasa

1. Rotulen otros 3 tubos de ensayo del 1 al 3.
2. Usen un gotero para añadir las cantidades de sustancias mostradas en la siguiente tabla (20 gotas = 1 mL):

Tubo	Leche	Agua
1	2 mL (40 gotas)	0 mL (0 gotas)
2	1 mL (20 gotas)	1 mL (20 gotas)
3	0.2 mL (4 gotas)	1.8 mL (36 gotas)

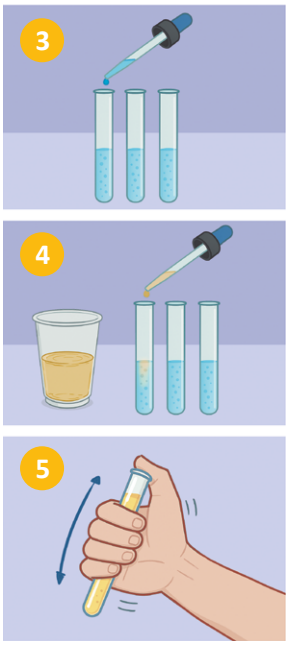
Nota: todos los tubos de ensayo tienen un total de 2 mL de líquido (combinando la leche y el agua).

3. Añadan 3 gotas de azul de metileno a cada tubo de ensayo y mezclen agitando o invirtiendo su posición 4 veces mientras tapan la abertura con el pulgar.
4. Añadan a cada tubo de ensayo $2\ mL$ (40 gotas) de la solución de levadura preparada durante el *procedimiento I*.
5. Mezclen cada tubo invirtiéndolos 4 veces mientras tapan su abertura con el pulgar.
6. Esperen de $30\ min$ a $40\ min$ y registren los resultados en una tabla como esta:

Tubo	Tiempo al mezclar (A)	Tiempo al cambio de color (B)	Diferencia (B - A)
1			
2			
3			

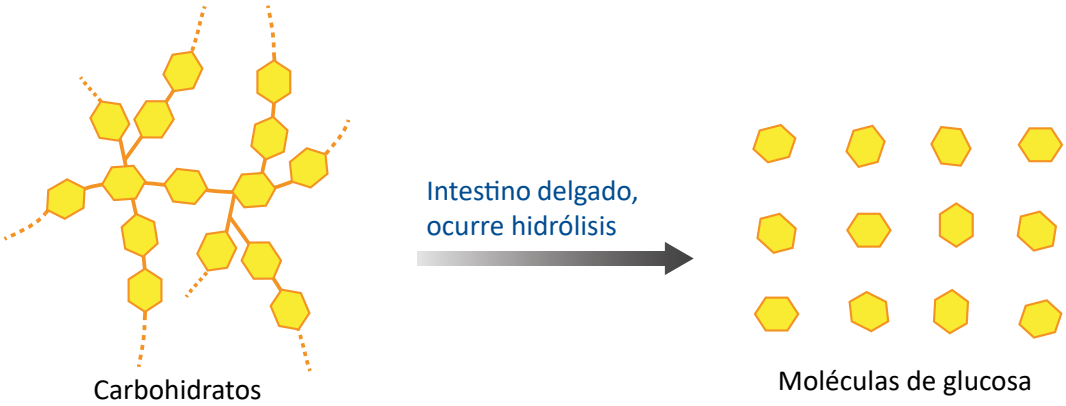
7. Lean los apartados teóricos *De los alimentos a la respiración celular, Coenzimas y mitocondrias y Etapas de la respiración celular* (páginas 211 – 213).
8. Respondan las siguientes preguntas:
   a. ¿Cuál es la función de la hidrólisis en la descomposición y digestión de los alimentos?
   b. Sabiendo que el azul de metileno se decolora al captar iones de hidrógeno y electrones como los generados durante la respiración aeróbica, ¿qué tipo de reacción evidenciamos en los tubos y qué enzimas la catalizan?

Parte II



De los alimentos a la respiración celular

Los seres vivos obtienen energía biológicamente útil mediante la oxidación de las biomoléculas energéticas por medio del proceso de respiración celular. Antes de que este proceso inicie, hay que recordar en qué forma ingresan las biomoléculas energéticas al organismo. Los organismos heterótrofos, al alimentarse, suelen consumir tanto biopolímeros como sus componentes individuales. De tal modo, los carbohidratos pueden ingresar en forma de monosacáridos, o bien, de polisacáridos. Independientemente del grupo de biomoléculas ingeridas, los biopolímeros sufren de **hidrólisis** para romperse en sus respectivos monómeros.



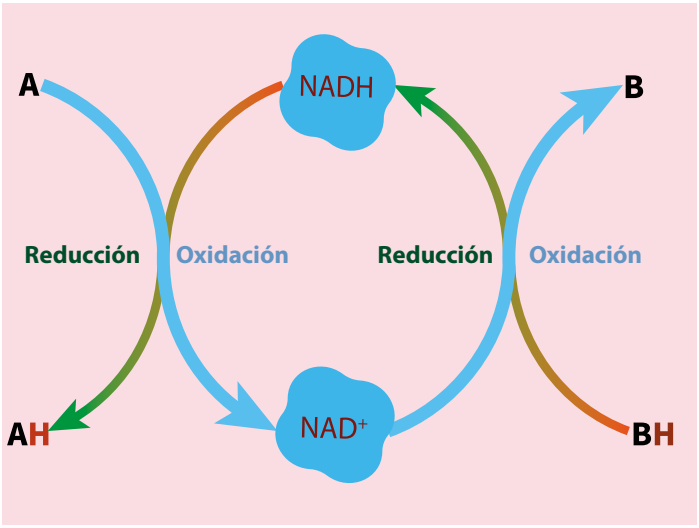
Los monómeros son absorbidos por las células. En el caso de los carbohidratos, sus monómeros —como la glucosa— son absorbidos e ingresan individualmente a las células donde inicia el proceso de respiración celular. Por tanto, podemos decir que los procesos de oxidación inician principalmente a partir de monómeros. Las enzimas que participan en estos procesos de óxido-reducción se llaman deshidrogenasas. Estas son enzimas óxido-reductasas (catalizan reacciones de óxido-reducción) que retiran electrones de carbonos orgánicos en forma de ion hidruro (H-). De acá en adelante, se le dará seguimiento a la oxidación de la glucosa con la respiración aerobia y anaerobia.

Estuve investigando y descubrí que la fermentación es un proceso metabólico alterno para obtener energía de biomoléculas en ausencia de oxígeno. Lo más increíble es que nuestras células también pueden hacerla. Por ejemplo, ocurre fermentación láctica cuando hacemos un ejercicio extenuante que agota el suministro de oxígeno en los músculos.

He notado que las enzimas tienen nombres muy peculiares, ¿de dónde vendrán dichos nombres? Parecen difíciles.

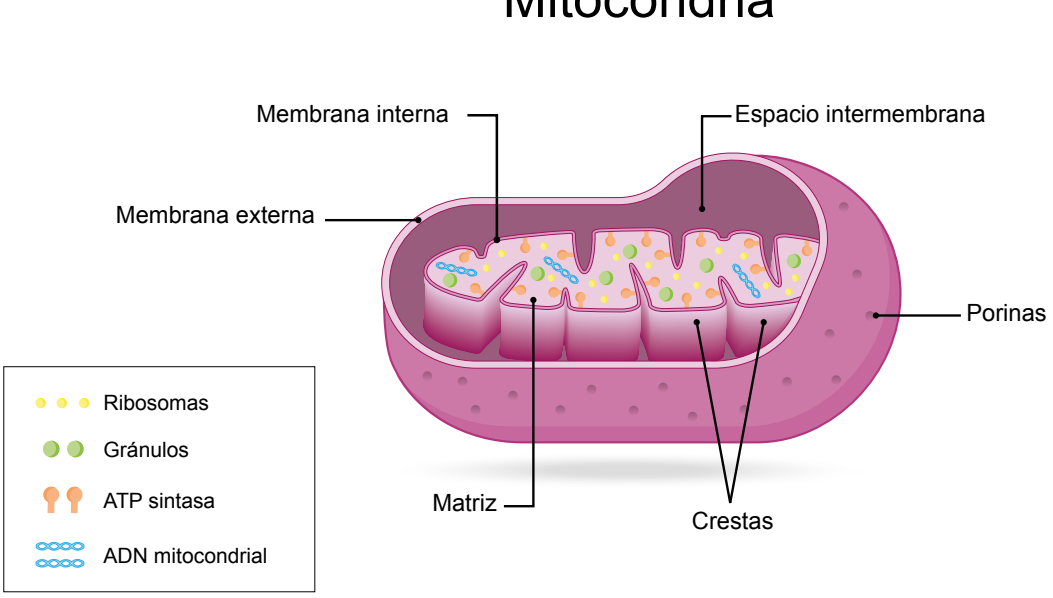
Coenzimas y mitocondrias

Además de la energía biológicamente útil, los seres vivos utilizan ciertas moléculas encargadas de almacenar y utilizar electrones de alta energía obtenidos previamente de la oxidación de carbonos. Se trata de nucleótidos modificados que constituyen el poder reductor de la célula y que pueden funcionar como coenzimas de las enzimas deshidrogenasas. Estos nucleótidos son el **NADH** (dinucleótido de nicotinamida y adenina), **NADPH** (dinucleótido de nicotinamida y adenina fosfato) y **$FADH_2$** (dinucleótido de flavina y adenina). Dichas moléculas son cruciales en los mecanismos de obtención de energía biológicamente útil, ya que actúan como receptores y donadores de electrones.



Buena observación, Carlos. Uno de los sistemas más usados para nombrar enzimas se basa en el tipo de reacción que la enzima es capaz de catalizar. Por ejemplo, las enzimas óxido-reductasas catalizan reacciones de óxido-reducción. Por otro lado, si buscas una enzima en alguna base de datos, como Uniprot, notarás que cada una tiene un código de identificación.

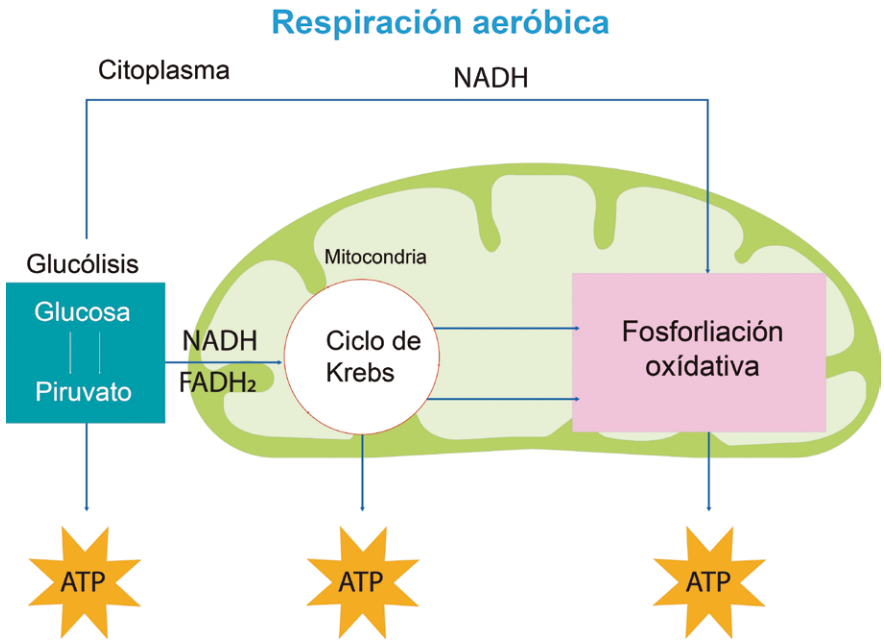
Las mitocondrias son organelos de doble membrana capaces de dividirse y fusionarse de forma independiente al resto de la célula. La membrana externa de la mitocondria presenta unos poros recubiertos de proteínas mediante los cuales pueden transportarse algunas moléculas orgánicas de bajo peso molecular. La membrana interna de la mitocondria tiene una serie de pliegues, denominados crestas. Esta membrana está repleta de proteínas que generan una red de transporte de electrones, denominada **cadena de transporte de electrones**, la cual utiliza la energía de los electrones de la respiración aerobia para generar un gradiente electroquímico que estudiaremos más adelante.



Etapas de la respiración celular

El proceso de respiración celular aerobia ocurre en cuatro etapas:

1. **Glucólisis.** La glucosa debe romperse para luego oxidarse. El proceso se denomina glucólisis, y ocurre en el citoplasma. Como resultado del proceso, se obtienen dos copias de una molécula de tres carbonos, llamada piruvato.
2. **Descarboxilación del piruvato.** Los piruvatos ingresan a la mitocondria, donde sufren el primer proceso de oxidación ocasionado por la enzima piruvato deshidrogenasa. Esta oxidación libera una molécula de CO_2 por cada piruvato. Los electrones extraídos permiten reducir el NAD^+ en NADH. Al perder este carbono, el piruvato se convierte en una molécula de dos carbonos, llamada acetilo.
3. **Ciclo del ácido cítrico.** También conocido como ciclo de Krebs, consiste en una oxidación progresiva del acetilo. Este proceso permite obtener energía biológicamente útil en forma de GTP, libera CO_2 y permite obtener coenzimas reducidas NADH y $FADH_2$.
4. **Cadena de transporte de electrones (CTE).** También conocida como fosforilación oxidativa. Las coenzimas reducidas transfieren sus electrones de alta energía a la cadena de transporte de electrones de la mitocondria. El proceso permite generar un gradiente de H^+ a través de la membrana mitocondrial interna, el cual sirve para accionar una enzima que sintetiza ATP, fosforilando el ADP con un fosfato inorgánico (P_i).

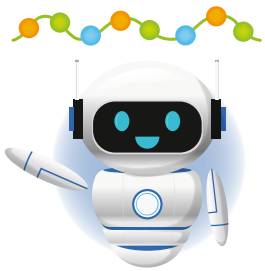


La glucólisis trae consigo una ganancia neta de 2 moléculas de ATP y una molécula de NADH por cada glucosa. Cada molécula de piruvato, en condiciones aerobias, sufre descarboxilación, con lo que se obtiene una molécula de NADH y CO_2. En el ciclo de Krebs, se obtiene NADH, FADH2, GTP y se libera CO_2. La energía de un GTP es equivalente a la de un ATP. Además, cada coenzima reducida en la respiración aerobia es utilizada en la cadena transportadora de electrones para formar ATP. Durante su funcionamiento, cada NADH equivale a la formación de 3 ATP, y $FADH_2$ a 2 ATP. Por tanto, la respiración aerobia permite obtener un estimado de 36 ATP por cada glucosa.

A manera de conclusión y como sucede con otros fenómenos naturales, si bien no podemos ver directamente los procesos de la respiración celular, podemos utilizar indicadores para mostrar experimentalmente los productos de su actividad y sus causas, es así como se han descubierto cada una de las complejas reacciones involucradas en la respiración celular.

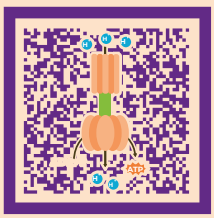
Según entiendo, algunas biomoléculas, como las grasas y proteínas, no pueden sufrir glucólisis. Entonces, ¿cómo funciona la respiración celular en ellas?

En efecto, Lisa. Recuerda que los alimentos suelen contener polímeros que se degradan a monómeros. Por tanto, en el caso de las proteínas, las células reciben aminoácidos. Estos se degradan siguiendo otras rutas para incorporarse al ciclo de Krebs. Un caso similar es el de las grasas, que sufre beta oxidación y forman luego acetilo.



Comunicación

Anteriormente se mencionó que la respiración produce una mayor cantidad de ATP que la anaerobia y que la fermentación. La clave de este proceso es la obtención de una mayor cantidad de coenzimas reducidas del tipo NADH y $FADH_2$, las cuales son utilizadas para formar ATP a través de la cadena de transporte de electrones mitocondrial.



CTE MITOCONDRIAL

Secuencia de la cadena de transporte de electrones en la mitocondria. Este proceso genera un gradiente electroquímico que permite formar ATP.

C. Cadena de transporte de electrones (CTE) mitocondrial

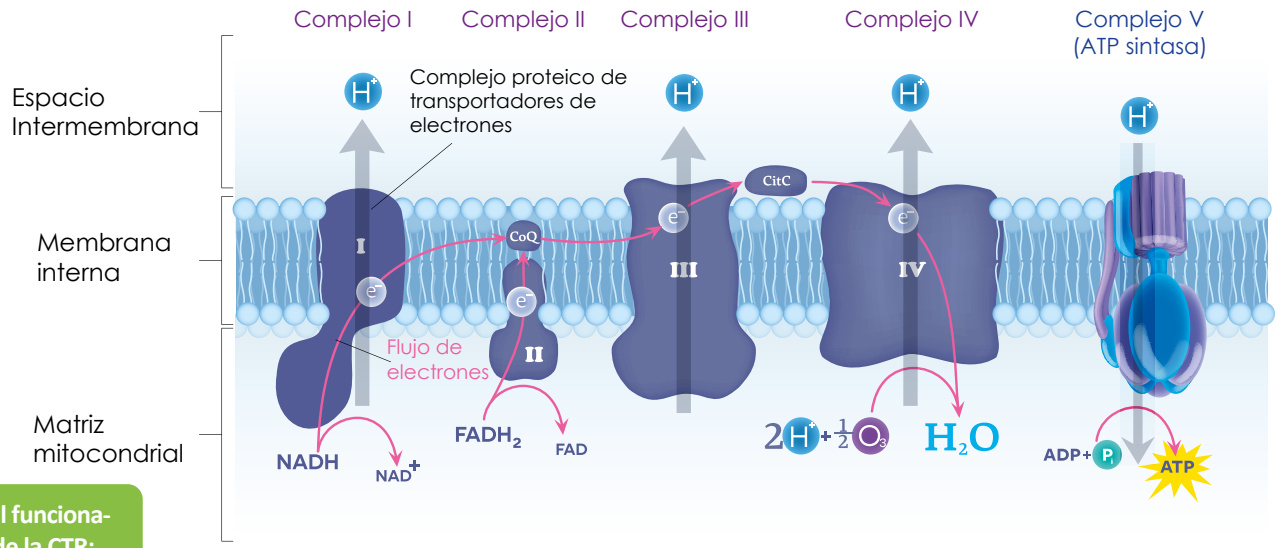
Ya hemos visto que la glucólisis genera ATP y NADH, y que las células pueden utilizar el ciclo de Krebs para oxidar aún más los carbonos y obtener más NADH y $FADH_2$; pero ¿cómo estas moléculas pueden utilizarse para generar ATP? Ahora lo averiguaremos.

Materiales:

- Dispositivo con acceso a internet
- Manipulativos varios como tijeras, cartulina, marcadores y tirro o pegamento

Procedimiento:

1. Visualiza el video del funcionamiento de la CTE mitocondrial disponible en la tarjeta QR de la izquierda y la infografía inferior.
2. Tu docente organizará equipos para que elaboren un modelo de CTE.
3. Expongan su modelo de CTE explicando el funcionamiento general del proceso e incluyan la respuesta a las siguientes preguntas:
   a. ¿Cuántas moléculas de ATP pueden generarse de un NADH?, ¿y de un $FADH_2$?
   b. ¿Cuál es la fuerza que impulsa la ATP sintasa?
   c. ¿Cuál es el aceptor final de electrones de la cadena?



Observa el funcionamiento de la CTR: https://qrs.ly/m5h1ih9

Resumen de la CTE: 1) El NADH entrega electrones al Complejo I, estos pasan a la coenzima Q (CoQ) y su energía permite bombear protones (H^+) a través de la membrana. 2) El $FADH_2$ entrega electrones al Complejo II que los pasa a la CoQ. 3) La CoQ transporta los electrones desde los Complejos I y II al Complejo III. 4) Los electrones pasan por el Complejo III al citocromo C y más H^+ son bombeados a través de la membrana. 5) El citocromo C transporta los electrones al Complejo IV. 6) Los electrones pasan al oxígeno (O_2), que se reduce a agua (H_2O) y más H^+ son bombeados a través de la membrana. 7) El gradiente de H^+ creado por los Complejos I, III y IV impulsa la ATP sintasa que utiliza este gradiente para formar ATP a partir de ADP y fosfato (P_i).

Como observamos, la CTE es el paso final y más productivo de la respiración celular aeróbica. Podemos imaginarla como una serie de relevos moleculares que ocurren en la membrana interna de las mitocondrias. Este mecanismo permite utilizar la energía de los electrones para generar un gradiente de protones, el cual impulsa la síntesis de ATP.

Fotosíntesis

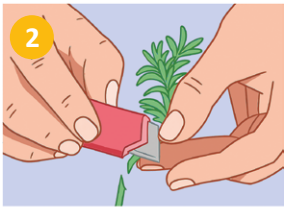
Previamente revisamos los procesos que permiten obtener energía biológicamente útil a partir de la descomposición de biomoléculas energéticas, haciendo énfasis en la descomposición de la glucosa. Ahora veremos un proceso que, en esencia, es opuesto: a partir de la forma más oxidada del carbono, el CO_2, se formará glucosa y otros azúcares con el aporte de energía externa en forma de luz.

A. Observando la fotosíntesis

¿Es posible visualizar la existencia de la fotosíntesis? Ahora procederemos a evidenciar la liberación de productos resultantes de ella. Recuerda que la fotosíntesis utiliza los productos de la respiración aerobia como sus reactivos para formar azúcares.

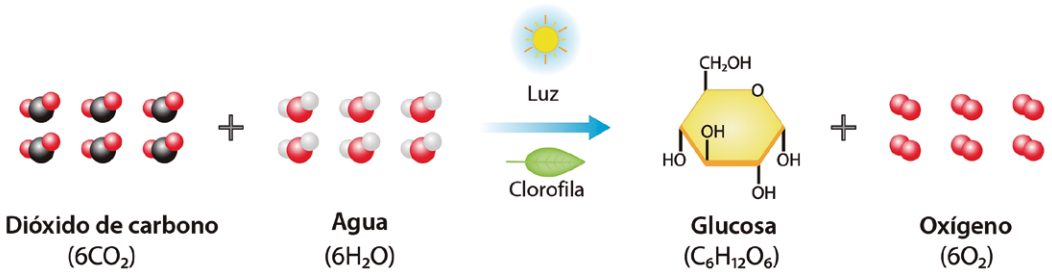
Materiales:

- Planta acuática *Elodea*
- 2 vasos transparentes
- $500\ mL$ de agua
- Cuchara
- *Cutter* u hoja de afeitar
- 1 g de bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$)
- Balanza
- Caja de cartón más grande que el vaso



Procedimiento:

1. Forma un equipo de trabajo de tres a cuatro integrantes.
2. Hagan un corte en diagonal del tallo de la planta acuática *Elodea*.
3. Tomen $1\ g$ de bicarbonato de sodio y repartan la mitad en cada vaso.
4. Llenen cada vaso con agua (unos $250\ mL$) y agiten con la cuchara para disolver el bicarbonato.
5. Coloquen un trozo de *Elodea* con el tallo cortado en diagonal en cada vaso.
6. Etiqueten un vaso con la palabra «oscuridad», y el segundo, con la palabra «luz».
7. Coloquen el vaso «oscuridad» en el interior de la caja, y el vaso «luz», en presencia de luz directa (solar, de preferencia).
8. Esperen $20\ min$ y, mientras tanto, revisen la siguiente figura que ilustra la ecuación general de la fotosíntesis.

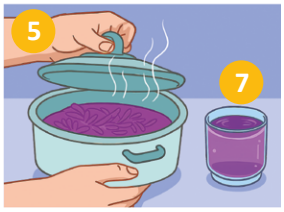


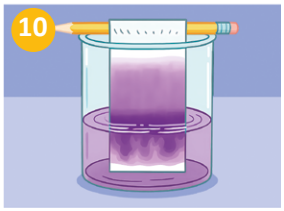
9. Respondan:
   a. ¿Qué cambio se aprecia en los vasos y en cuál fue más notorio?
   b. ¿Cuál gas se debería liberar mayormente en cada condición (luz y oscuridad)?
   c. ¿Qué pasaría si no utilizamos bicarbonato de sodio? ¿Sucedería el fenómeno?
   d. ¿Cómo podríamos medir con mayor precisión el resultado del experimento?

Como se puede notar, al plantear un experimento para evidenciar un fenómeno, es necesario contrastar las condiciones en las que ocurre, en este caso, luz y oscuridad. Por el contrario, las demás variables se deben mantener constantes, por ejemplo, la cantidad de agua, $NaHCO_3$ y tiempo, de manera que pueda relacionarse el fenómeno a una condición particular. Finalmente, es importante utilizar un marcador que vuelva claramente observable al fenómeno y, de ser posible, cuantificable, de esta forma se podrán comparar resultados.

Creatividad

En la experiencia anterior evidenciamos la fotosíntesis y su dependencia de la luz. Para que el proceso ocurra, es vital la presencia de pigmentos llamados clorofilas. Pero ¿acaso las clorofilas son el único pigmento que permite absorber la luz para la fotosíntesis? ¿Cómo esta luz llega a utilizarse para formar azúcares como la glucosa? Ahora efectuaremos una actividad que nos permitirá abordar esas preguntas.





B. Extrayendo pigmentos

Las hojas y los tallos de las plantas no siempre son verdes; de hecho, pueden tener colores amarillos, rojos y azules. Más aún, los frutos suelen tener diferentes tonalidades. Todos estos colores se deben a los pigmentos vegetales. Hoy averiguaremos cómo aislarlos y analizaremos el proceso en el cual actúan para obtener azúcares.

Materiales:

- Trozo de repollo morado (*Brassica oleracea*)
- Chichipince (*Hamelia patens*)
- Pétalos de clavel (*Hibiscus rosa*)
- 1.5 L de alcohol etílico al 70 %
- 1 colador
- Hornilla o *hotplate*
- 3 recipientes de $600\ \text{mL}$ resistentes al calor
- Probeta o frasco medidor de $500\ \text{mL}$
- Balanza
- 1 *cutter* o tijera
- Lápiz y tirro
- 3 vasos translúcidos de unos $500\ \text{mL}$
- Servilleta o papel filtro

Procedimiento:

1. Conforma equipos de trabajo.
2. Tomen $10\ \text{g}$ de hojas de chichipince, $10\ \text{g}$ de pétalos de clavel rojo y $10\ \text{g}$ de repollo morado. Coloquen cada muestra en un recipiente distinto.
3. Rotulen los recipientes con 1, 2 y 3, respectivamente.
4. Repartan el alcohol etílico al $70\ \%$ en los recipientes.
5. Calienten los recipientes en la hornilla con cuidado de no derramar el alcohol.
6. Permitan que el alcohol ebulla por unos $5\ \text{min}$ y luego déjenlo enfriar por otros $5\ \text{min}$ más. Obtendrán un extracto de pigmentos.
7. Cuelen cada extracto por separado y viértanlos en un vaso distinto. Rotulen los vasos como 1, 2 y 3 para marcar de qué muestra provienen los extractos.
8. Observen la coloración resultante de los trozos de hoja y de los extractos.
9. Corten una tira de servilleta y péguenla perpendicularmente a la mitad del lápiz.
10. Coloquen horizontalmente el lápiz sobre la boca de uno de los recipientes con extracto, de manera que la servilleta toque la superficie del líquido.
11. Esperen unos $10\ \text{min}$ y respondan las siguientes preguntas:
    a. ¿Qué factor o factores permitieron la extracción de los pigmentos?
    b. ¿Por qué los pigmentos son afines al alcohol?
    c. ¿Qué componentes comunes de las células son afines al alcohol?
    d. ¿Qué pigmentos puedes diferenciar en el papel y por qué se separan?
12. Lean la información de los segmentos teóricos *La fotosíntesis en la naturaleza*, de la página 217, y *¿Cómo funciona la fotosíntesis?*, de las páginas 218 y 219. Revisen sus respuestas previas y respondan las siguientes preguntas:
    e. ¿De dónde proviene el oxígeno de la fotosíntesis?
    f. ¿Qué grupo de biomoléculas se forma en la fotosíntesis?

Como hemos visto, los pigmentos son moléculas que atrapan la luz en ciertas longitudes de onda, lo que se debe a sus regiones ricas en electrones. Esta capacidad es aprovechada por las plantas para obtener electrones de alta energía y reducir el carbono inorgánico. Conociendo la química de los pigmentos, podemos extraerlos y aislarlos.

ESTRUCTURA DE LA CLOROFILA

Acercamiento de la molécula de clorofila. Puede observarse un anillo central donde los electrones captan la luz visible.

La fotosíntesis en la naturaleza

La fotosíntesis no es un proceso exclusivo de las plantas. De hecho, no es exclusivo de los eucariotas. Todos los organismos capaces de realizar este proceso se denominan fotosintéticos. Las cianobacterias, por ejemplo, son procariotas fotosintéticas que utilizan sustancias con características similares a los pigmentos fotosintéticos que observamos durante la actividad B. Estos organismos son llamados comúnmente como «algas» y tienen sus pigmentos y maquinaria fotosintética inmersa en su membrana celular.

Nostoc sp.

En algunos cuerpos de agua dulce de ambientes tropicales, es común ver cierto enverdecimiento. En la mayoría de los casos, este fenómeno es causado por algas, las cuales suelen ser procariotas como el *Nostoc*, una cianobacteria común muy abundante.

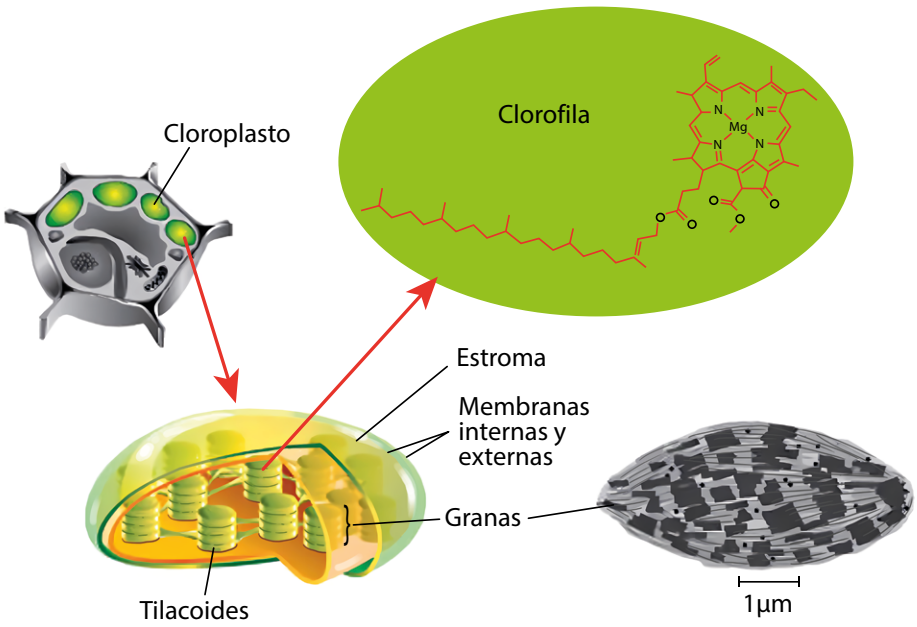
Codium sp.

Codium es un género de organismos fotosintéticos eucariotas acuáticos muy abundante. Estos, al igual que las plantas y algunas algas eucariotas, realizan la fotosíntesis mediante unos organelos especializados, denominados cloroplastos.

Alga *Chlorophyta*

También existen grupos de algas eucariotas fotosintéticas, como las *Chlorophyta* y *Rhodophyta*. Por otro lado, en plantas, todo tejido vegetal coloreado tiene la capacidad de realizar fotosíntesis.

Como hemos visto, los organismos fotosintéticos tienen la capacidad de absorción de la luz solar debido a que presentan **pigmentos fotosintéticos**, pero ¿qué son estas sustancias y dónde se encuentran?



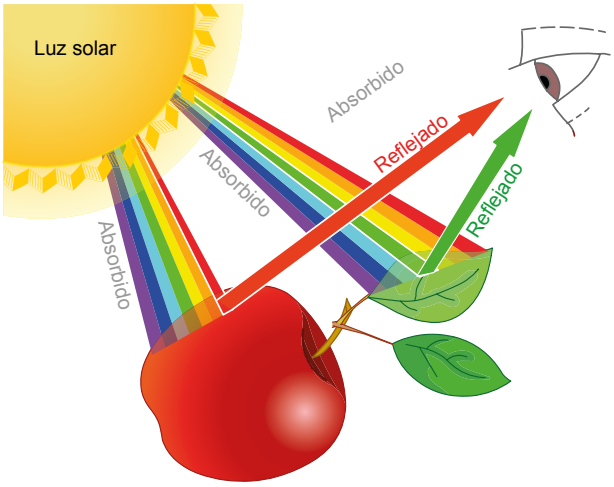
Las partes de las plantas que se observan coloreadas presentan plastidios que contienen diferentes pigmentos fotosintéticos que constituyen «antenas» de captación de energía lumínica.

Los pigmentos fotosintéticos son biomoléculas orgánicas que tienen un sistema de enlaces dobles continuados que generan una resonancia. Estos son capaces de captar los fotones de la luz, almacenados en los discos tilacoides, quienes permiten llevar electrones de estos enlaces a un estado de excitación.

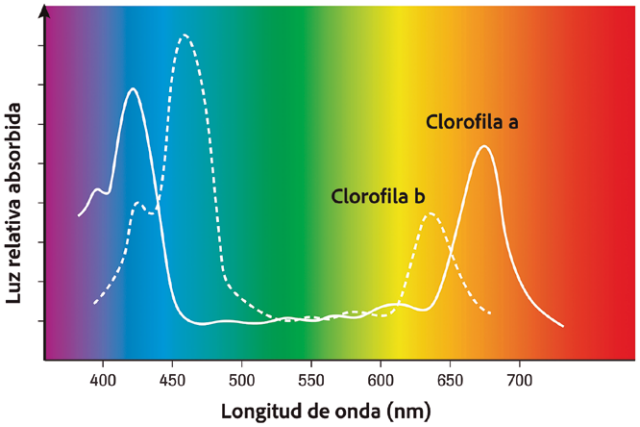
¿Cómo funciona la fotosíntesis?

El proceso fotosintético es muy complejo, para entenderlo conviene ir por partes. Iniciaremos, entonces, por nuestras moléculas ya conocidas: los pigmentos. Los principales grupos de pigmentos fotosintéticos y sus tonalidades observables son las siguientes:

- **Clorofilas:** tienen diferentes tonalidades de verde. Atrapan energía de la luz para la fotosíntesis.
- **Carotenoides:** tienen tonalidades entre amarillo y rojo. Atrapan energía de la luz para pasarla a la clorofila y para proteger a la planta, además, son antioxidantes.
- **Antocianinas:** muestran tonalidades entre violeta y azul. Funcionan como atractivo de polinizadores y dan protección contra la luz ultravioleta (UV).

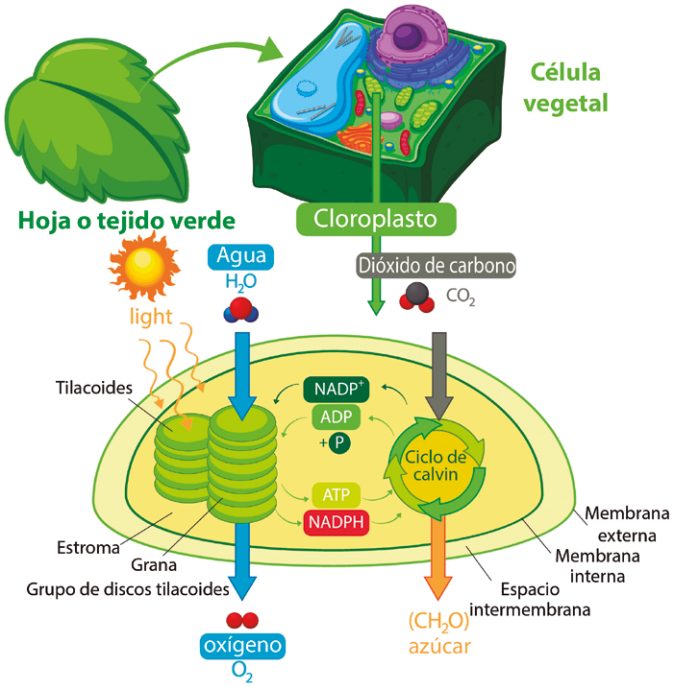


Cada pigmento absorbe la luz a diferentes longitudes de onda. El colectivo de luz absorbida por los pigmentos constituye un espectro de absorción. Este puede representarse como una gráfica de la intensidad de la luz absorbida en relación con su longitud de onda. De todo el espectro de la luz, la planta únicamente es capaz de utilizar una parte llamada espectro de acción.



Espectro de absorción de las clorofilas a y b. Nota que el verde no se absorbe, por eso las clorofilas son verdes.

El espectro de absorción de las clorofilas también se puede ver como una gráfica de la eficiencia de la fotosíntesis a diferentes longitudes de onda. Es decir, la fotosíntesis es menos eficiente en las longitudes del verde. Ahora bien, ¿para qué sirve la energía lumínica absorbida por los pigmentos? Recordemos antes que el propósito de la fotosíntesis es reducir los átomos de carbono altamente oxidados del CO_2, hasta los carbonos orgánicos de los carbohidratos.

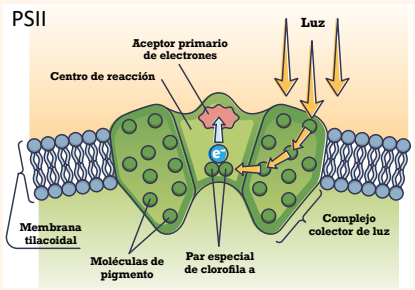


Para que los carbonos del CO_2 se reduzcan a R-C-OH se requiere invertir poder reductor celular en forma de NADPH, a partir de NADP + 2 electrones, y energía biológicamente útil en forma de ATP. Ahora bien, la fuente de electrones de la fotosíntesis de las plantas es el H_2O. Por ello, podemos decir que el proceso de fotosíntesis consiste en oxidar el agua para reducir el CO_2; la energía de la luz se utiliza, precisamente, para oxidar y romper el H_2O. Podemos dividir el proceso completo de fotosíntesis en tres etapas principales:

1. **Absorción de luz y fotólisis del agua:** consiste en la captación de luz a través de los pigmentos fotosintéticos para generar el potencial de oxidación que extraiga los electrones del agua.
2. **Fotofosforilación cíclica y acíclica:** son una serie de transportes de electrones que generan las condiciones de producción de ATP y NADPH.
3. **Ciclos de fijación de carbono:** procesos de fijación del CO_2 atmosférico en moléculas orgánicas hasta generar carbohidratos, utilizando ATP y NADPH.

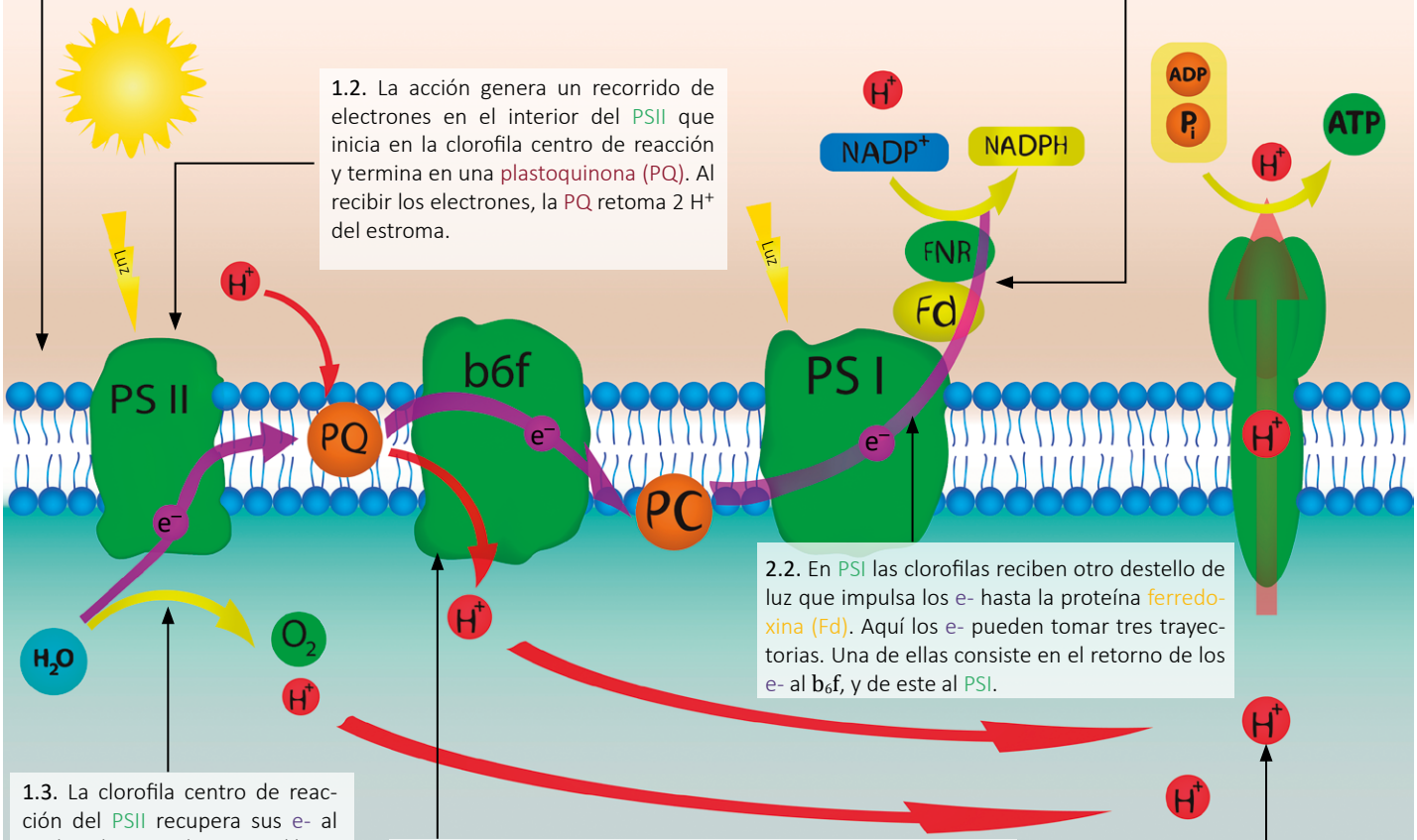
1. Absorción de luz y fotólisis del agua

1.1. El proceso de fotosíntesis comienza en la membrana tilacoidal, donde se encuentran unos complejos formados por proteínas y pigmentos fotosintéticos llamados fotosistemas. El fotosistema II (PSII) tiene los pigmentos antena y la maquinaria para oxidar el agua. Así, cuando la luz visible alcanza el PSII, sus pigmentos actúan como una antena que recolecta la luz hasta un centro de reacción, el cual transfiere un electrón (e-) en estado de excitación por la luz.



2.4. La segunda y tercera ruta que pueden seguir los e- a partir de la Fd son el $NADP^+$ —para que este sea reducido a NADPH— o bien una enzima llamada tiorredoxina, que recibe los electrones para mantener activas a las enzimas que participan en la fijación del CO_2 atmosférico.

1.2. La acción genera un recorrido de electrones en el interior del PSII que inicia en la clorofila centro de reacción y termina en una plastoquinona (PQ). Al recibir los electrones, la PQ retoma 2 H^+ del estroma.



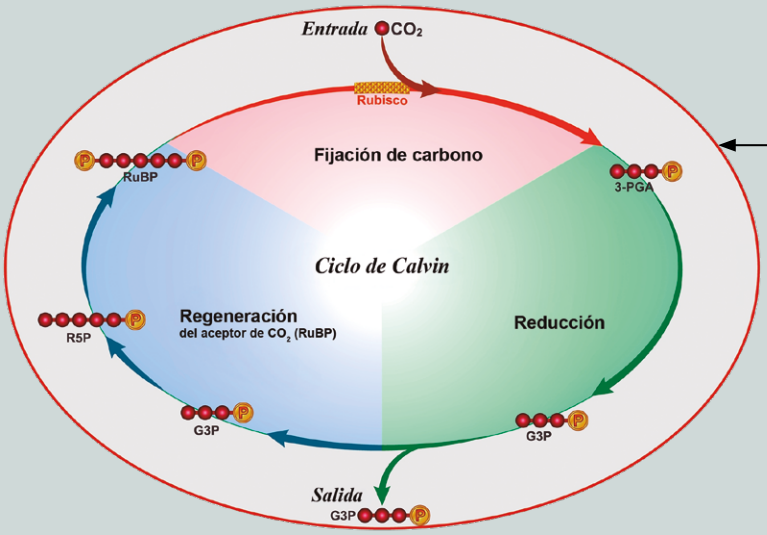
2.2. En PSI las clorofilas reciben otro destello de luz que impulsa los e- hasta la proteína ferredoxina (Fd). Aquí los e- pueden tomar tres trayectorias. Una de ellas consiste en el retorno de los e- al b_6f, y de este al PSI.

1.3. La clorofila centro de reacción del PSII recupera sus e- al oxidar el agua. El proceso libera H^+ en la luz del tilacoide y oxígeno (O_2) gaseoso. Así, el O_2 que respiramos procede del agua.

2. Fotofosforilación cíclica y acíclica

2.1. Los e- que porta la PQ fluyen hasta el citocromo b_6f. Este permite el paso de H^+ desde el estroma hasta la luz del disco tilacoide y transfiere los e- al fotosistema I (PSI).

2.3. El retorno de e- sirve para aprovechar que el b_6f permite el paso de H^+ desde el estroma a la luz del tilacoide. Estos H^+son usados por la enzima ATP sintasa para formar ATP. Por ello, esta ruta cíclica se llama fotofosforilación cíclica



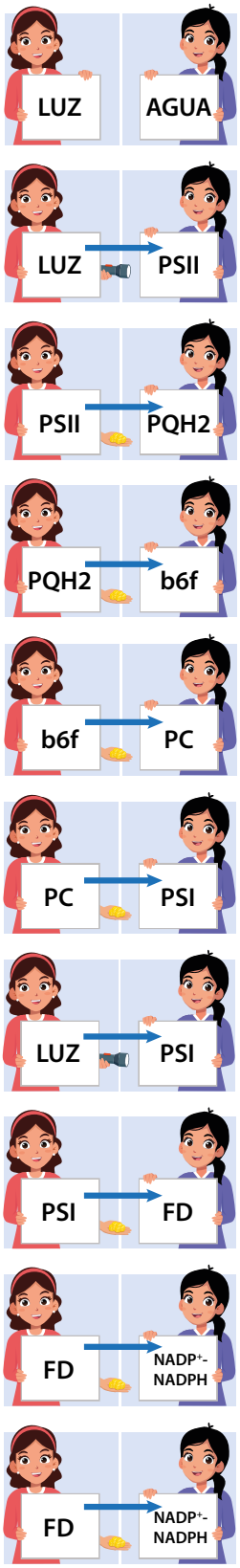
3. Ciclos de fijación de carbono

Consisten en una serie de pasos para reducir el CO_2 atmosférico utilizando el ATP y el NADP+ obtenidos previamente. El ciclo más común de fijación es el ciclo de Calvin, donde la enzima rubisco cataliza la unión del CO_2 a una molécula de 5 carbonos conocida como **ribulosa-1,5-bifosfato**, convirtiéndose en una molécula de 6 carbonos que se rompe en dos moléculas de 3 carbonos (**3-PGA**). Estas son reducidas para formar un monosacárido, mediante la generación de **gliceraldehido-3-fosfato (GAP)**.

Los monosacáridos son los productos finales de la fotosíntesis que pueden almacenarse o ser empleados en la respiración celular.

Comunicación

Anteriormente revisamos el proceso de fotosíntesis y detallamos la ubicación e importancia de los pigmentos fotosintéticos. En esta ocasión, retomaremos el proceso de transporte de electrones en la fotosíntesis, relacionando su funcionamiento con la CTE mitocondrial, ya que en ambos se obtiene energía biológicamente útil.



C. Flujo de electrones en fotosíntesis

Con esta actividad daremos una revisión del proceso de transporte de electrones para fosforilación en la fotosíntesis a través de una simulación por roles en equipo.

Materiales:

- 15 páginas de papel
- Plumón y colores (opcional)
- Recortes de «e-», «H^+» y «ATP» o monedas de 1 ¢, 5 ¢ y 25 ¢
- Cinta adhesiva
- 1 fruto de la estación
- Lámpara de mano
- Tijeras (opcional)

Procedimiento:

1. Tu docente organizará la clase en equipos de trabajo.
2. Escriban en distintas páginas de papel cada uno de los siguientes nombres de los integrantes de la maquinaria fotosintética del cloroplasto: «luz», «agua», «PSII» (fotosistema II), «PQH_2» (plastoquinol), «b_6f» (citocromo b_6f), «PC» (plastocianina), «PSI» (fotosistema I), «Fd» (ferredoxina), «$NADP^+$-NADPH», «ATP sintasa», «Calvin» (Ciclo de Calvin).
3. Cada miembro del equipo pegará en su ropa la página con su rol asignado.
4. Escriban los símbolos «e-», «H^+» y «ATP» repetidas veces en distintas páginas y recórtenlas para que sirvan como fichas. Opcionalmente pueden reemplazar las fichas por un conjunto de monedas de 1 ¢, 5 ¢ y 25 ¢ que se distribuirán así:
   - Las fichas ATP (o monedas de 25 ¢) serán custodiadas por ATP sintasa.
   - Las fichas H^+ (o monedas de 5 ¢) se repartirán equitativamente en los bolsillos de PSII, PQH_2, b_6f, y PSI. Dejar una mesa vacía para colocar las fichas H^+.
   - Las fichas e- (o monedas de 1 ¢) estarán todas en el bolsillo de PSII.
5. Inicien la simulación general con la siguiente serie de eventos:
   a. Luz enciende la lámpara apuntando a PSII.
   b. Agua se acerca a PSII, quien le dará 2 fichas e- a PQH_2 y colocará 2 fichas H^+ en la mesa.
   c. PQH_2 le dará 2 fichas e- a b_6f y colocará 2 fichas H^+ en la mesa.
   d. b_6f le dará 2 fichas e- a PC y colocará 2 fichas H^+ en la mesa.
   e. PC le dará 2 fichas e- a PSI.
   f. Luz iluminará a PSI, quien le dará las fichas e- a Fd.
6. A partir de aquí los electrones pueden seguir tres rutas, pero solo simularemos una:
   a. Fd envía sus fichas e- a $NADP^+$-NADPH.
   b. ATP sintasa contará todas las fichas H^+ de la mesa y entregará una ficha ATP por cada 3 fichas H^+ a $NADP^+$-NADPH.
   c. $NADP^+$-NADPH tomará su rótulo, lo soplará representando que se requiere CO_2 y entregará su rótulo junto con las fichas e- y las fichas ATP a Calvin.
   d. Calvin entregará al docente un fruto que representa la producción de glucosa.
7. Repitan el proceso explicando el paso a paso a la clase y respondan en plenaria:
   a. ¿Cuáles son los requerimientos para generar glucosa?
   b. ¿Qué similitudes se observan con respecto a la CTE mitocondrial?
   c. ¿Cómo se relacionan los procesos de fotosíntesis y respiración celular?

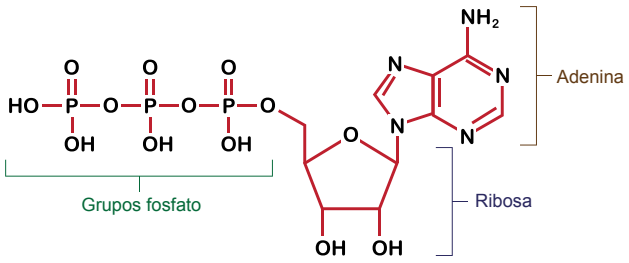
Resumen

Todos los seres vivos están formados por **células**. Por tanto, la célula es la parte más pequeña de un ser vivo que presenta todas sus propiedades básicas. Esto también se puede interpretar como **la parte más pequeña con vida**, tomando en cuenta que entre las características fundamentales de los seres vivos está la organización, la reproducción, y el uso de energía.

Como vimos en unidades anteriores, la energía se define como la capacidad de realizar un trabajo. Dado que las células usan energía, esto implica que ellas tienen la capacidad de realizar un trabajo llamado **trabajo celular**. Curiosamente, todas las formas de vida utilizan el mismo tipo de energía para efectuar su trabajo celular. A esta energía se le llama **energía biológicamente útil**.

Podemos demostrar que todas las actividades que realizan los seres vivos suceden gracias al trabajo celular que es impulsado por la energía biológicamente útil. Entre los ejemplos más comunes del trabajo celular está la construcción de biomoléculas como proteínas, ácidos nucleicos y vitaminas, así como las estructuras propias de las células, como sus membranas. Otros ejemplos incluyen el transporte de sustancias, la reproducción y la movilidad del organismo.

Trifosfato de adenosina (ATP)



- **Energía biológicamente útil**
- **Consiste en una base nitrogenada (adenina), azúcar (ribosa), y grupo fosfato**

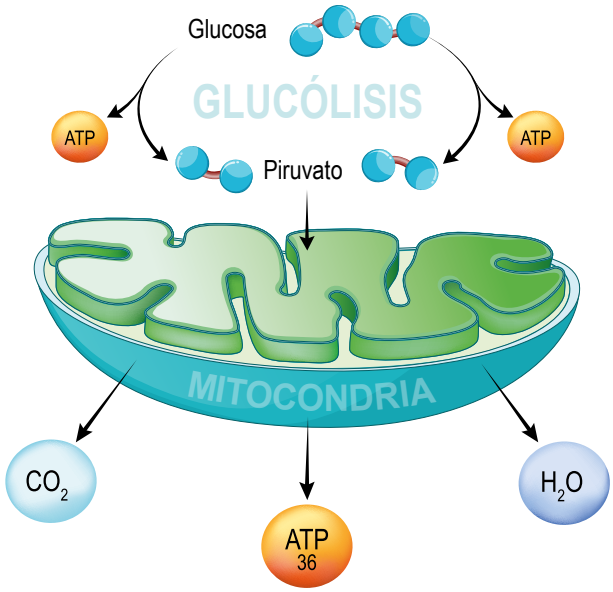
Sin embargo, sabemos que requerimos alimentarnos para obtener energía y, en el caso de las plantas, realizan fotosíntesis para obtener azúcares. La composición de los alimentos es la misma que de los seres vivos porque los alimentos son elaborados a partir de ellos. Por tal razón los seres vivos y los alimentos contienen biomoléculas y sustancias inorgánicas. Las biomoléculas orgánicas funcionan como combustibles y se consideran **biomoléculas energéticas**.

Pero las biomoléculas energéticas no son en sí mismas la energía biológicamente útil, sino que esta se presenta en dos formas fundamentales:

1. Los **gradientes electroquímicos** a ambos lados de una membrana biológica. Estos impulsos pueden utilizarse directamente para generar un trabajo celular.
2. Los **enlaces de fosfato de alta energía** presentes en los nucleótidos trifosfatados. Estos pueden sufrir reacciones de hidrólisis que provocan una microexplosión capaz de utilizarse para realizar un trabajo celular.

Entonces, ¿cómo las biomoléculas energéticas se convierten en energía biológicamente útil? En realidad, el factor intrínseco que las hace ser combustibles es que contienen carbonos reducidos. Para obtener su energía, la maquinaria celular extrae sus electrones oxidando los carbonos hasta su forma inorgánica de CO_2. Estos electrones luego son utilizados en la **respiración celular**.

Respiración aerobia

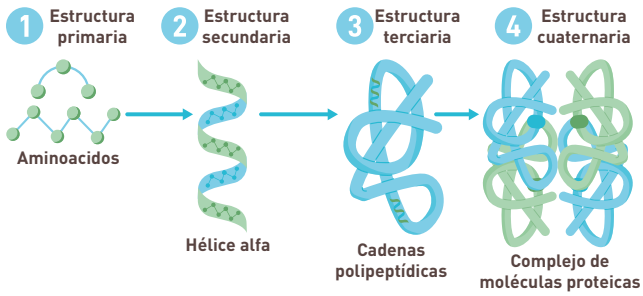


Las reacciones de óxido-reducción, al igual que la mayoría de las reacciones metabólicas, deberían ser muy lentas si ocurrieren en medio abiótico. Esto indica que los seres vivos presentan componentes que les permiten acelerar sus reacciones metabólicas al ritmo requerido para que se desarrolle la vida. Estos componentes que alteran la velocidad de las reacciones metabólicas son las **enzimas**. Químicamente las enzimas son proteínas, el grupo de biomoléculas que se encarga de realizar todas las actividades relacionadas con la vida.

Las proteínas son biopolímeros constituidos por aminoácidos enlazados. Al igual que los ácidos nucleicos, las proteínas son moléculas informacionales, pues las células pueden interpretar la secuencia de sus monómeros como instrucciones. Asimismo, existe una correspondencia clara entre las secuencias de los ácidos nucleicos y las proteínas, que se resume en el **código genético**.

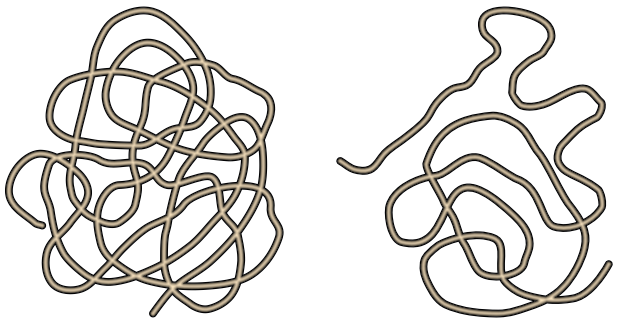
Adicionalmente, las proteínas tienen niveles de organización. Esto se debe a tres razones principales: 1) los aminoácidos enlazados son capaces de interactuar entre ellos por interacciones no covalentes, 2) los enlaces de los aminoácidos tienen la capacidad de rotar, y 3) sus átomos pueden interactuar con otras moléculas como el agua. La combinación de estos factores permite que se generen cuatro niveles de organización representados por las estructuras primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria (conformada por más de un polipéptido).

Estructura de las proteínas



Al ser tan grandes y complejas estructuralmente, las funciones de las proteínas requieren una organización tridimensional correcta de sus átomos, conocida como **conformación nativa** o funcional. Esta es sensible a cambios en las condiciones del medio en que se encuentra la proteína, pudiéndose **desnaturalizar** por cambios en la temperatura y el pH. Las enzimas siguen, por tanto, los niveles de estructuración de las proteínas.

Conformación de las proteínas



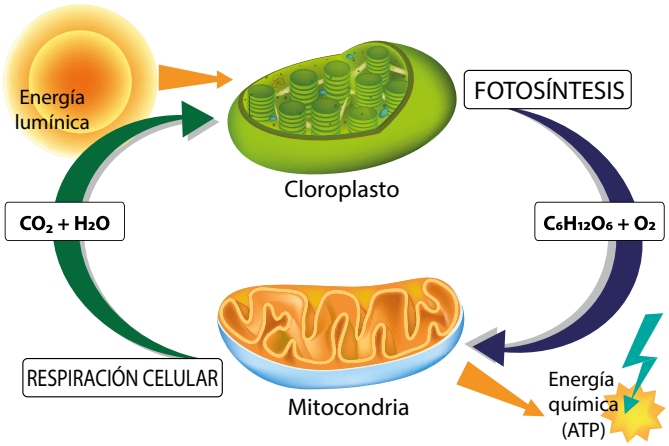
Nativa Desnaturalizada

Las enzimas, además de su parte proteica, denominada **apoenzima**, pueden presentar una parte no proteica que contribuye a su funcionamiento, denominado **cofactor**. Cabe destacar que cualquier proteína, independientemente de su función, tiene una ubicación específica en relación con las células, pudiendo encontrarse en una membrana, en el interior de la célula, en el interior de un organelo, o bien, fuera de la célula.

Prácticamente ningún proceso metabólico ocurre sin intervención de enzimas. Esto incluye, por supuesto, a la respiración celular y la fotosíntesis, dos procesos ecológica y energéticamente complementarios que consisten en un conjunto de reacciones de oxidación-reducción.

La respiración celular actúa sobre biomoléculas energéticas de tamaño pequeño como los **monómeros de las macromoléculas**, entre ellos, monómeros de proteínas —como los aminoácidos— y monómeros de polisacáridos, los monosacáridos, como la **glucosa**. Durante la respiración celular aeróbica, estas moléculas son oxidadas hasta CO_2. El último aceptor de electrones en el proceso es el oxígeno, que se reduce a H_2O. Durante las oxidaciones se obtiene energía biológicamente útil. En eucariotas, el organelo clave donde se realiza la mayoría de pasos de la respiración aerobia es la mitocondria.

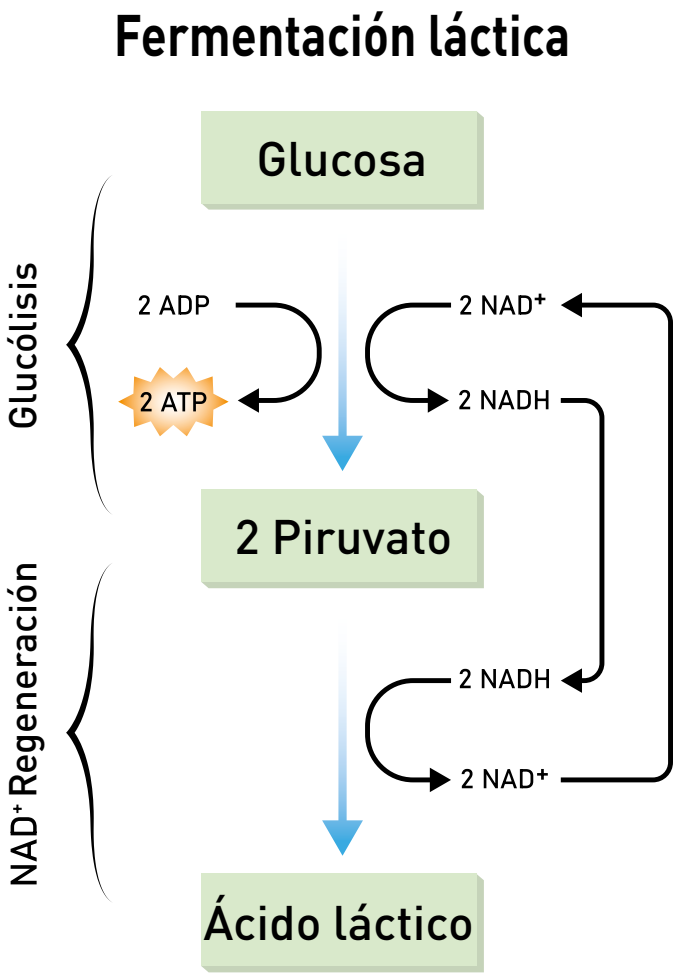
La **fotosíntesis** es un proceso realizado por los organismos fotosintéticos como las plantas. Estas son capaces de retomar los subproductos de la respiración celular, el H_2O y el CO_2, para reducirlos a monosacáridos como la glucosa, utilizando la energía lumínica. En eucariotas, el organelo clave donde se realiza la fotosíntesis es el cloroplasto.



La fermentación

Uno de los procedimientos de biotecnología alimentaria más antiguos es la fermentación. Esta consiste en dejar que un grupo de microorganismos se alimente de un producto agrícola particular en ausencia de oxígeno, para producir metabolitos de respiración anaerobia, como el ácido láctico o el alcohol etílico, en la fermentación láctica y alcohólica, respectivamente.

La fermentación láctica es un proceso común en eucariotas y algunos procariotas cuando no hay oxígeno disponible, que se da posterior a la glucólisis. El piruvato producido es reducido por un NADH a ácido láctico, cuya forma ionizada se nombra lactato. Esta es una sustancia alimenticia presente en alimentos producidos por fermentación láctica.



Este proceso se puede realizar de forma artesanal al dejar leche junto a bacterias del tipo lactobacilos, en ausencia de oxígeno y a una temperatura que favorezca su proliferación. Como resultado, se obtiene yogur. Para ello, generalmente se usan frascos cerrados. Podemos decir, entonces, que el yogur es un cultivo de lactobacilos en leche, desarrollado en ausencia de oxígeno. Para obtener los lactobacilos, se pueden inocular gotas de yogur en leche fresca, y luego, convertir esta leche en yogur después de la incubación.

Para industrializar el proceso se utiliza un grupo de bacterias denominadas lactobacilos (género *Lactobacillus*) en un dispositivo llamado tanque de fermentación o biorreactor, en el cual se almacena leche pasteurizada junto a una cepa particular de *Lactobacillus acidophilus*. El biorreactor mantiene las condiciones de ausencia de oxígeno y una temperatura constante para el desarrollo de los lactobacilos.

Quiero ser...

¿Te resultan interesantes los fenómenos abordados en la unidad? Descubre cómo puedes volverte un profesional en la materia.

Carrera: : Ingeniería en alimentos **Duración:** 5 años/10 ciclos

Bachilleratos sugeridos:

General y Técnico Vocacional

Agropecuario

Descripción. La carrera se enfoca en aplicación de principios científicos al diseño, desarrollo, implementación y operación de procesos de producción para el procesamiento y preservación de alimentos, desde la etapa posterior a la cosecha o producción de la materia prima hasta el consumo.

Un ingeniero en alimentos es capaz de diseñar, desarrollar y gestionar sistemas de calidad e inocuidad, y procesos de manufactura de alimentos, utilizando tecnologías especializadas, como fermentadores, cocinas industriales, molinos industriales, máquinas de secado, productos para procesamiento de carnes, mariscos, lácteos, aves y almacenamiento en cuartos fríos. La carrera ofrece las bases para desempeñarse en industrias agrícolas y alimentarias en distintas áreas, tales como:

- Manejo de postcosecha
- Procesamiento de alimentos
- Utilización de equipo especializado
- Dirección técnica o gerencial
- Innovación y desarrollo de productos alimentarios
- Mejoramiento de procesos para producción alimentaria

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

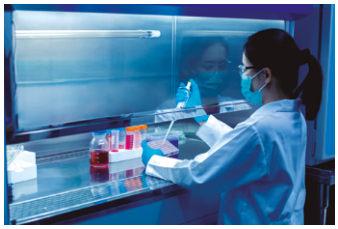
Conocimientos generales:

- Matemática
- Biología
- Química
- Física
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Capacidad de cálculo
- Comunicación
- Investigación
- Creatividad
- Resolución de problemas
- Pensamiento crítico
- Abstracción y lógica

Carrera: : Ingeniería en agrobiotecnología **Duración:** 5 años/10 ciclos



Bachilleratos sugeridos:

General y Técnico Vocacional

Agropecuario

Descripción. La carrera se enfoca en la investigación, diseño, aplicación y desarrollo de herramientas tecnológicas para el mejoramiento genético y la obtención de bioinsumos utilizados para mejorar la productividad agrícola, la sanidad vegetal y la calidad del suelo.

La ingeniería posee un enfoque multidisciplinario y de alto rigor científico por su componente innovador en la resolución de problemas de carácter productivo, industrial y conservacionista. Promueve el uso eficiente y sustentable de los recursos biológicos bajo un sistema regulatorio que impulsa la bioseguridad y la biotecnología en la producción agrícola. La carrera brinda las bases para desempeñarse en investigación y desarrollo en distintas áreas, tales como:

- Productividad agrícola
- Mejoramiento genético
- Aplicación de herramientas biotecnológicas
- Uso y desarrollo de bioinsumos
- Desarrollo de herramientas biotecnológicas

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

- Matemática
- Biología
- Química
- Física
- Tecnología
- Inglés

Habilidades:

- Capacidad de cálculo
- Comunicación
- Investigación
- Creatividad
- Resolución de problemas
- Pensamiento crítico
- Abstracción y lógica

Evaluación

Parte 1. Seleccione el literal que contenga la respuesta correcta:

1. ¿Qué tipo de energía utilizan todos los seres vivos?
   a) Biomoléculas energéticas b) Energía biológicamente útil c) Glucosa d) ATP sintasa

2. ¿Cuál es el concepto que abarca todas las actividades celulares que implican inversión de energía?
   a) Trabajo celular b) Actividad enzimática c) Mitocondria d) Gradiente de protones

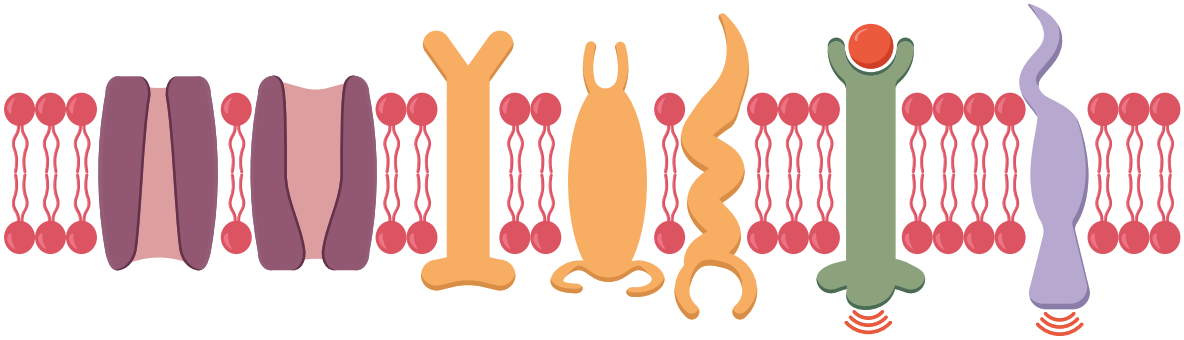
3. ¿Cuál es el nombre de las biomoléculas que realizan todas las actividades relacionadas con la vida?
   a) Enzimas b) Proteínas c) Carbohidratos d) Nucleótidos

4. Observa la imagen del código genético a la derecha.
   Este código es importante porque indica la equivalencia entre:
   a) Secuencias de proteínas y de lípidos en una membrana
   b) Proteínas y polisacáridos
   c) Secuencias de nucleótidos y de aminoácidos en una proteína
   d) Secuencias de ARNm y ARNt

	U	C	A	G	
U	UUU Phe UUC UUA Leu UUG	UCU UCC UCA Ser UCG	UAU Tyr UAC Stop UAA - Stop UAG -	UGU Cys UGC Stop UGA - UGG Trp	U C A G
C	CUU CUC CUA Leu CUG	CCU CCC CCA Pro CCG	CAU His CAC CAA Gln CAG	CGU CGC CGA Arg CGG	U C A G
A	AUU AUC Ile AUA Start AUG Met	ACU ACC ACA Thr ACG	AAU Asn AAC AAA Lys AAG	AGU Ser AGC AGA Arg AGG	U C A G
G	GUU GUC GUA Val GUG	GCU GCC GCA Ala GCG	GAU Asp GAC GAA Glu GAG	GGU GGC GGA Glu GGG	U C A G

5. ¿Cuál de las siguientes es la forma más común de energía biológicamente útil?
   a) Enlaces fosfato de alta energía del ATP c) Carbohidratos como la glucosa
   b) Enlaces de proteínas (peptídicos) d) Enlaces de carbono reducidos

6. Las membranas biológicas suelen contener diversas proteínas.
   ¿Cuál es el nombre genérico de las proteínas que se alojan en las membranas?



   a) Proteínas de la matriz b) Enzimas c) Proteínas integrales d) Complejos

7. ¿Cuál es la función general de la respiración celular?
   a) Obtener energía biológicamente útil a partir de biomoléculas energéticas
   b) Obtener biomoléculas energéticas invirtiendo energía biológicamente útil
   c) Sintetizar coenzimas como el NADH al oxidar biomoléculas
   d) Sintetizar carbohidratos utilizando la energía de la luz visible

8. ¿Cuál es la función de la fotosíntesis?
   a) Obtener energía biológicamente útil a partir de biomoléculas energéticas
   b) Obtener biomoléculas energéticas invirtiendo energía biológicamente útil
   c) Sintetizar coenzimas como el NADH al oxidar biomoléculas
   d) Sintetizar carbohidratos utilizando la energía de la luz visible

Parte 2. Identifica los enunciados falsos y verdaderos:

a. La fotosíntesis permite descomponer los azúcares en energía biológicamente útil _____

b. La respiración celular permite obtener azúcares a partir de la energía biológicamente útil _____

c. La energía biológicamente útil se puede utilizar para realizar el trabajo celular _____

d. Los productos de la respiración celular son ATP y el subproducto O_2 _____

e. Los productos de la fotosíntesis son los carbohidratos y el subproducto O_2 _____

f. Las proteínas están hechas de monómeros de monosacáridos _____

g. Los aminoácidos constituyen los biopolímeros polisacáridos _____

h. Las proteínas ancladas al lípido son ejemplo de proteínas de membrana _____

i. Algunas enzimas contienen grupos de átomos de naturaleza no aminoacídica _____

j. El código genético indica la relación entre secuencias de nucleótidos y aminoácidos de una proteína _____

Parte 3. Resuelve

Se tiene la siguiente secuencia de ADN: 3'-AAATTTGGGCCC-5'. Recordando la relación entre pares de bases (A-T, G-C, A-U) y auxiliándote del código genético, obtén:
I. La secuencia de ARN producto de la transcripción
II. La secuencia de proteína producto de la traducción

Código genético

Segunda base de ARNm

Primera base de ARNm (extremo 5')	U	C	A	G	Tercera base de ARNm (extremo 3')
U	UUU Fenilalanina (Phe/F)	UCU Serina (Ser/S)	UAU Tirosina (Tyr/Y)	UGU Cisteína (Cys/C)	U
	UUC	UCC	UAC	UGC	C
	UUA Leucina (Leu/L)	UCA	UAA PARO	UGA PARO Triptófano (Trp/W)	A
	UUG	UCG	UAG	UGG	G
C	CUU Leucina (Leu)	CCU Prolina (Pro/P)	CAU Histidina (His/H)	CGU Arginina (ARg/R)	U
	CUC	CCC	CAC	CGC	C
	CUA	CCA	CAA Tirosina (Tyr/Y)	CGA	A
	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	AUU Isoleucina (Ile/I)	ACU Treonina (Thr/T)	AAU Glutamina (Gln/Q)	AGU Serina (Ser/S)	U
	AUC	ACC	AAC	AGC	C
	AUA	ACA	AAA Lisina (Lys/K)	AGA Arginina (Arg/R)	A
	AUG INICIO *Metionina (Met/M)	ACG	AAG	AGG	G
G	GUU Valina (Val/V)	GCU Alanina (Ala/A)	GAU Ácido aspartico (Asp/D)	GGU Glicina (Gly/G)	U
	GUC	GCC	GAC	GGC	C
	GUA	GCA	GAA Ácido glutámico (Glu/E)	GGA	A
	GUG	GCG	GAG	GGG	G

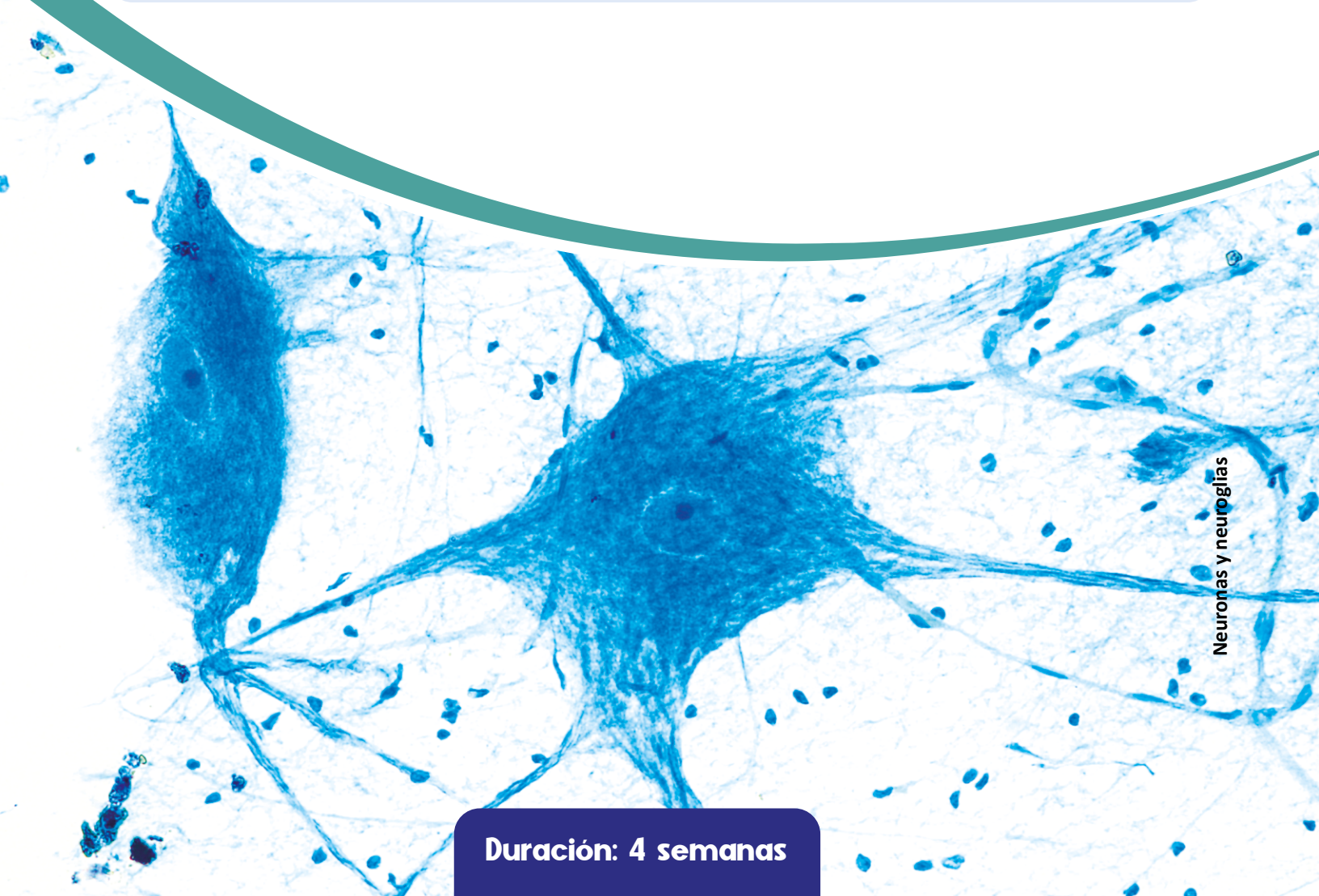
Unidad 8

Anatomía y fisiología humana

Eje integrador: sistemas

En esta unidad aprenderemos a:

- Ejemplificar los tipos de reflejos y las funciones corporales que controlan el sistema nervioso somático y autónomo.
- Explicar la anatomía general y las principales funciones corporales reguladas por el sistema nervioso central y el sistema nervioso periférico.
- Explicar el papel de los órganos receptores para percibir el entorno.
- Hacer una síntesis del proceso de recepción de estímulos a través de distintos órganos receptores.
- Reconocer qué son las hormonas, su importancia y el concepto de órganos diana.
- Ejemplificar las principales respuestas endocrinas y las glándulas involucradas.
- Reconocer la respuesta a corto y largo plazo de las glándulas endocrinas ante estímulos del entorno.
- Explicar los componentes y las líneas de defensa del sistema inmunitario.
- Ejemplificar enfermedades que afectan el sistema inmunitario y sus consecuencias.



Neuronas y neuroglias

Duración: 4 semanas

Sistema nervioso

Indagación

Como parte de las actividades rutinarias en una visita de control médico, el personal de salud encargado toma diferentes indicadores vitales como la presión arterial, la temperatura o la contracción de la pupila. Algunas veces el médico aplica golpes leves a la altura de nuestras rodillas a fin de estimular una respuesta refleja. ¿Te has preguntado por qué ocurren estos movimientos reflejos? ¿Se pueden controlar? ¿Son importantes para determinar nuestro estado físico? En la presente etapa abordaremos estas preguntas relacionadas con las funciones del sistema nervioso.

Prueba 1. Reflejo patelar

Prueba 2. Reflejo pupilar

Prueba 3. Orden de movimiento.

A. ¿Tenemos dos cerebros? Los reflejos y el control corporal

Reflexiona un poco, ¿quién controla tu cuerpo en este momento? ¿Tú? Es decir, ¿decides cuántas veces parpadear, a qué ritmo late tu corazón o cómo mantener el equilibrio en la silla? Hoy vamos a investigar los dos «sistemas operativos» que usa nuestro sistema nervioso para controlar las respuestas y acciones de nuestro cuerpo.

Materiales:

- Cuchara de madera
- Mesa resistente
- Linterna

Procedimiento:

1. Haz equipo con un compañero. Uno será el «sujeto» y otro el «investigador».
2. Efectúen las tres pruebas siguientes:
   - Prueba 1. Reflejo patelar: el sujeto se sienta en la mesa con las piernas colgando. El investigador da un golpe seco y suave justo bajo la rodilla con la cuchara. Observar la respuesta de la pierna luego de aplicar el golpe. En caso de que no haya reacción al primer golpe, aplicar otro con similar intensidad.
   - Prueba 2. Reflejo pupilar: el investigador observa la pupila del sujeto en condiciones normales. Luego acerca la linterna encendida a un lado del ojo (no directamente) y observa el cambio en la pupila.
   - Prueba 3. Orden de movimiento: el investigador le pide al sujeto que extienda la pierna por su propia voluntad. Intercambien roles y repitan las pruebas del paso 2. Se puede repetir cada prueba para obtener más datos.
3. Registren sus resultados en una tabla como la siguiente.

Prueba	Estímulo aplicado	Respuesta observada	¿Hay control en la respuesta?
Golpe en rodilla	Golpe con cuchara		
Luz en el ojo	Luz de linterna		
Orden de mover	Orden verbal / Decisión propia		

4. Lean el segmento teórico *Las divisiones del sistema nervioso humano*.

Las divisiones del sistema nervioso humano

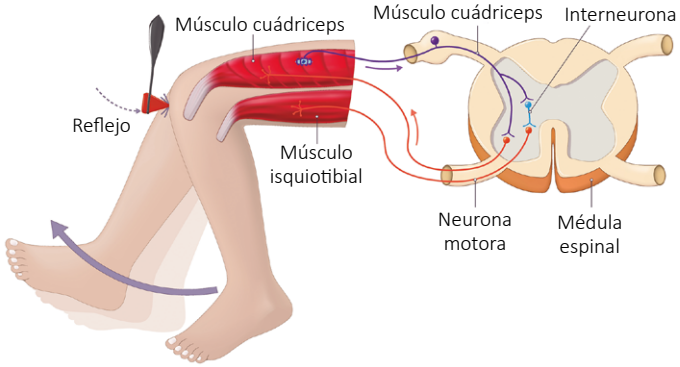
El sistema nervioso humano es un conjunto de estructuras muy complejas. Anatómicamente podemos dividirlo en dos subsistemas: el **sistema nervioso central (SNC)**, que incluye todas las estructuras del cerebro y la médula espinal, y **el sistema nervioso periférico (SNP)**, que incluye todas las partes del sistema nervioso que no sean el cerebro ni la médula espinal.

Ahora bien, lo que acabamos de ver con la actividad A son las dos grandes divisiones funcionales del SNP:

1. Sistema nervioso somático. Su nombre proviene de la palabra griega *sōmatikós*, que significa «relativo al cuerpo», haciendo referencia a que se extiende por casi todo el cuerpo. Sus principales funciones son:

a. **Entrada sensorial.** Todos los sentidos, excepto la vista, viajan a través del sistema nervioso somático para llegar al cerebro.
b. **Control del movimiento.** Este sistema controla los músculos esqueléticos, es decir, los que se unen a los huesos. Tiene una parte **voluntaria**; por ejemplo, cuando decidimos mover una pierna (prueba 3), y una parte involuntaria; por ejemplo, cuando se nos activó el reflejo de la rodilla (prueba 1). ¡El mismo músculo tiene dos tipos de control! Es un atajo para protegernos.

Reflejo rotuliano

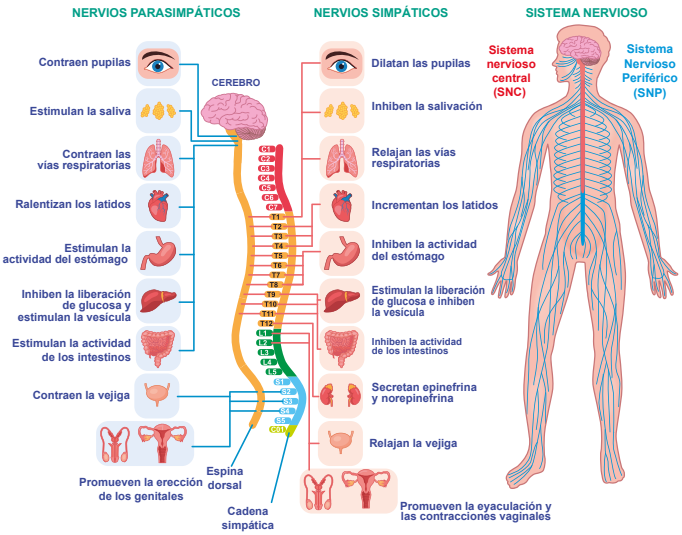


El reflejo rotuliano es controlado por el sistema nervioso somático. Se activa por nervios que parten de la médula espinal.

2. Sistema nervioso autónomo. Su nombre proviene de la palabra griega *autónomos*, que literalmente significa «que se gobierna a sí mismo». La función de este sistema es controlar los órganos internos y los músculos lisos de forma **automática**. No lo podemos controlar a voluntad, como sucedió con el reflejo pupilar (prueba 2), cuyo propósito es proteger la retina del exceso de luz.

El sistema nervioso autónomo controla diversas funciones adicionales como el ritmo cardíaco, la respiración, la digestión, la sudoración, la excitación sexual, entre otras. Podemos dividir este sistema en tres:

a. **Simpático.** Es como un activador o acelerador. Activa procesos corporales que nos ayudan en momentos de necesidad, especialmente ante estrés o peligro. Por ejemplo, este sistema es responsable de la respuesta de lucha o huida del cuerpo.
b. **Parasimpático.** Funciona como un desactivador o freno. Realiza la función opuesta del sistema nervioso simpático. Este sistema es responsable de los procesos corporales de descanso y digestión. Por ejemplo, baja el ritmo cardíaco, contrae las pupilas y activa la digestión.
c. **Entérico.** Podemos verlo como un «cerebro digestivo». Controla directa y específicamente la forma en que el cuerpo digiere los alimentos. Tiene funciones como la regulación de la secreción, las contracciones peristálticas, la absorción y advierte sobre el hambre y la saciedad.



5. Desarrollen con base en sus resultados y la información anterior:
   a. ¿Qué sistema controló la prueba 1 y cuál controló la prueba 2? Justifiquen su respuesta.
   b. ¿Qué ventaja evolutiva le da a un ser humano que el reflejo de la rodilla y el de la pupila sean automáticos y no dependan de una decisión consciente?
   c. Considera una atleta que debe competir en una carrera muy importante. Justo antes del evento, su corazón se acelera por la emoción y los nervios. ¿Qué parte del sistema nervioso autónomo está actuando? ¿Y qué sistema actuará cuando termine la carrera y su cuerpo se calme?
   d. Mencionen dos actividades diarias controladas por su sistema somático voluntario y dos funciones corporales controladas por su sistema autónomo.

Hoy comprobamos que el SNP tiene dos grandes divisiones funcionales. El **sistema somático** controla nuestros músculos esqueléticos, permitiéndonos movernos voluntariamente, pero también generando reflejos para protegernos. El **sistema autónomo** es como un piloto automático que regula nuestros órganos internos sin que lo pensemos. Sus ramas principales son: simpática y parasimpática, que mantienen el equilibrio de todo nuestro cuerpo (homeostasis), pero también tenemos el sistema entérico, que controla específicamente la digestión.

ESTRUCTURA DE UNA NEURONA MOTORA

Observa las diferentes estructuras de una neurona motora.

Construye una neurona y una red neuronal utilizando el simulador https://qrs.ly/ldh1iht

Consulta más información de las células gliales (en inglés) https://qrs.ly/cvh1ii2

Anteriormente mencionamos que el sistema nervioso incluye todas las estructuras del cerebro, la médula espinal y los nervios, los cuales dan nombre al sistema completo. Pero todas estas estructuras están conformadas principalmente por las emblemáticas células nerviosas. A continuación aprenderemos más de su estructura.

B. Congreso de neurobiología celular

La neurona es la célula nerviosa por excelencia, pero ¿sabías que existen distintos tipos de neuronas? Y más interesante aún, las neuronas no son las únicas células nerviosas. A continuación estudiaremos las estructuras de las distintas células nerviosas, para lo cual convertiremos el salón de clases en un área de intercambio científico.

Materiales:

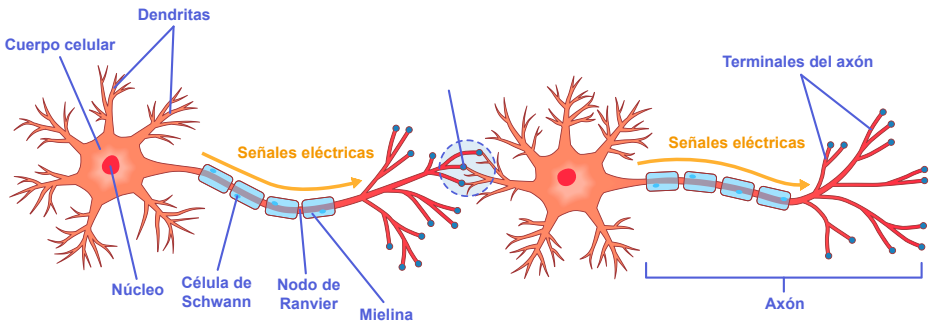
- Hojas de fomi de diferentes colores
- Cartones varios o cartulina de colores
- Cinta adhesiva, pegamento o silicón
- Colores, plumones o crayones
- Mondadientes o alfileres
- Tijeras o *cutters*
- Paletas de madera o pajillas
- Plastilina

Procedimiento:

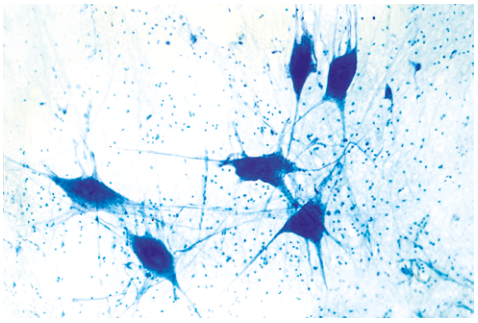
1. Divide la clase en cinco grupos de trabajo y únete a uno de ellos. Cada grupo será un laboratorio que debe construir un modelo de una célula del sistema nervioso.
2. Seleccionen uno de los siguientes tipos de célula: neurona motora o sensorial, interneurona, astrocito, microglia, oligodendrocito o célula de Schwann.
3. Lean el apartado *Las células del sistema nervioso*, accedan al RA y los QR para iniciar una investigación acerca de las funciones concretas de la célula escogida.
4. Fabriquen un modelo preciso de la célula escogida utilizando para ello los materiales presentes en clase. También pueden usar el primer QR de esta página.
5. Elaboren una ficha técnica de exhibición. Esto es un pequeño póster de la mitad de una cartulina conteniendo la siguiente información sobre su célula: nombre, tipo (neurona/neuroglia), anatomía clave, función principal en el sistema nervioso e interacciones con las demás células.
6. Monten un exhibidor que incluya el modelo y la ficha técnica.
7. Celebren el congreso. Los miembros de cada equipo se dividirán entre los que explican su exhibidor y los que visitan las exposiciones de los demás equipos.

Las células del sistema nervioso

Existen dos tipos básicos de células en el sistema nervioso: las **neuronas** y las **neuroglias** o células gliales. A continuación veremos sus partes y funciones.



Estructura general de las neuronas y su conexión

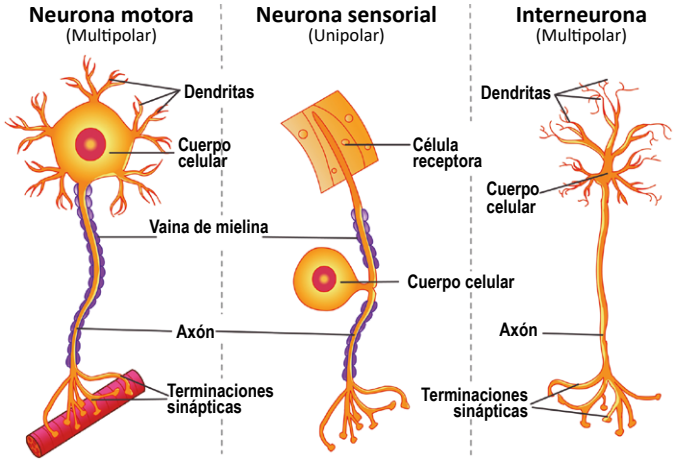


Micrografía de neuronas y neuroglias

Neuronas. Son células especializadas que se encargan de la recepción de información del ambiente interno, externo o de otras neuronas; procesan la información recibida y producen señales eléctricas que luego transmiten como información a otras células, ya sean estas neuronas, células musculares o glándulas.

Hay tres tipos básicos de neuronas:

- Las **neuronas sensoriales** conducen impulsos desde los receptores hasta el cerebro y la médula espinal.
- Las **neuronas motoras** conducen impulsos desde el cerebro hasta los efectores (músculos y glándulas).
- Las **interneuronas** no están en contacto directo con estructuras periféricas. Sus funciones son la modificación, coordinación e integración, entre otras.

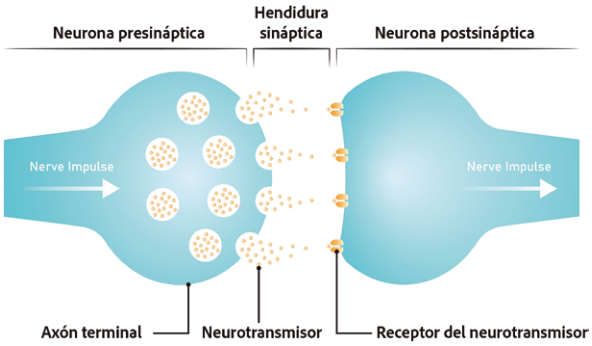


Estructura de los tipos de neuronas

Anatómicamente las neuronas suelen presentar tres partes importantes: el **cuerpo celular** o **soma**, el **axón** y las **dendritas**. El soma es la sección más grande de la neurona; contiene al núcleo, la mayor parte del citoplasma y la mayoría de los organelos. En el soma se acumulan o integran las señales eléctricas que recibe de las dendritas. El axón es una prolongación larga y delgada que se extiende desde el soma de la neurona y es responsable de transmitir señales a otras células.

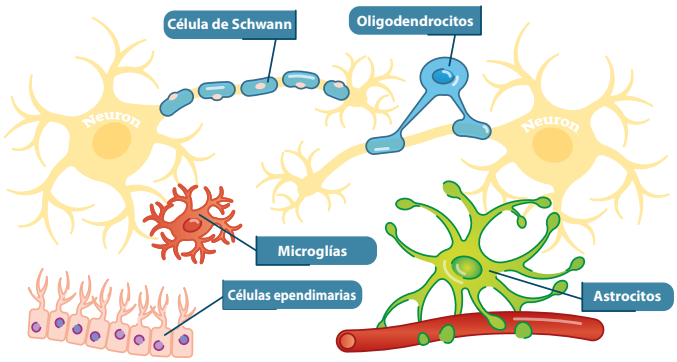
Las dendritas son tallos ramificados que sobresalen del soma y se encargan de recibir la información. Sus ramificaciones les permiten tener un área superficial extensa para recibir señales. En las neuronas sensoriales, las dendritas tienen modificaciones membranosas que le permiten producir señales eléctricas en respuesta a estímulos específicos internos y externos del ambiente; por ejemplo, a los olores, a la luz o al pH sanguíneo. En el cerebro y la médula espinal, las dendritas responden a químicos neurotransmisores.

Finalmente, se llama **sinapsis** a los sitios donde una neurona se comunica con otra célula. Una sinapsis típica consiste en una terminal presináptica, el extremo de la neurona que envía la señal; la hendidura sináptica, el espacio entre las neuronas, y la membrana postsináptica, el inicio de la célula que recibe la señal.



Sinapsis y su transmisión de señales

Neuroglias o células gliales. Ayudan a la función neuronal de varias formas: proveen nutrientes, regulan la composición del líquido extracelular en el cerebro y en la médula espinal, modulan la comunicación entre las neuronas y aceleran el movimiento de las señales eléctricas dentro de las neuronas.



Células gliales

Entre las células gliales tenemos:

- **Astrocitos.** Suministran nutrientes a las neuronas y las sostienen físicamente. Inducen la formación de sinapsis y refuerzan su actividad. Así mismo, contribuyen a la recaptación de los neurotransmisores y pueden ser importantes en la memoria y el aprendizaje.
- **Oligodendrocitos.** Forman vainas de mielina alrededor de las neuronas en el sistema nervioso central.
- **Células ependimarias.** Revisten cavidades del SNC, ayudan a producir y circular el líquido cefalorraquídeo y pueden actuar como células madre neuronales.
- **Microglías.** Realizan fagocitosis de bacterias y desechos; también liberan moléculas de señalización que median en la inflamación.
- **Células de Schwann.** Contribuyen a separar y aislar las células nerviosas.

Comunicación

Durante la *actividad A* experimentamos con los reflejos y aprendimos que existe una especialización o división funcional del sistema nervioso; luego conocimos las distintas células que lo integran, sus partes y funciones. A continuación profundizaremos en la división anatómica general del sistema nervioso, recorriendo también las funciones principales de las estructuras.

Todos los animales, excepto poríferos, placozoos y mesozoos, tienen sistema nervioso, pero algunos grupos como los cnidarios no tienen SNC.

C. Mapeando una respuesta de emergencia

Como sabemos, el sistema nervioso humano se clasifica en central (SNC) y periférico (SNP). El SNC funciona como un «centro de mando» y el SNP como la «red de mensajeros». Hoy uniremos nuestros conocimientos para resolver un caso: mapear cada paso de la comunicación nerviosa durante una respuesta de emergencia.

Procedimiento:

1. Analiza la siguiente situación: Imagina que vas caminando por la acera escuchando música. De repente, ves de reojo que un perro grande sin correa corre ladrando directamente hacia ti. En una fracción de segundo, das un salto hacia un lado y sientes que tu corazón late a mil por hora.
2. Forma equipos de no más de cuatro integrantes y lee la siguiente información.

Divisiones y fisiología general del SN

El SNC está formado solo por dos órganos vitales y muy protegidos: el cerebro y la médula espinal. Aquí es donde se analiza la información más importante, se toman las decisiones conscientes, se guardan los recuerdos y se generan los pensamientos. Como es tan vital, está completamente protegido por huesos: el cráneo y la columna vertebral.

El SNP se compone de todos los nervios y pequeños centros de relevo, llamados ganglios, que se extienden desde la médula espinal y el cerebro hacia cada rincón del cuerpo: la piel, los músculos, los órganos, todo. Ya que su misión es conectar, decimos que funciona como «red de mensajeros». Esta red tiene dos direcciones de tráfico muy claras:

La división sensorial. Son los nervios que recogen la información del ambiente (lo que vemos, oímos, etc.) y del interior del cuerpo (si tenemos hambre o nos duele algo), y la envían hacia el SNC para que sea analizada. Podemos imaginarla notificando algo como: «¡Oye, la mano está tocando algo caliente!».

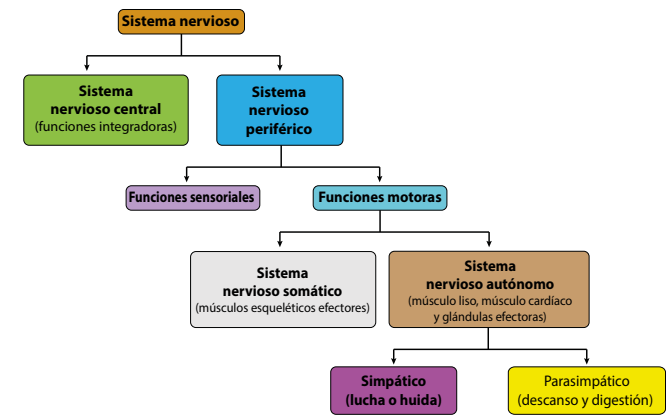
La división motora. Es la parte que transmite impulsos nerviosos desde el SNC hacia los músculos y glándulas del cuerpo, controlando tanto los movimientos voluntarios como las funciones involuntarias. Contiene a los «mensajeros de acción», por lo que podemos imaginarla entregando el mensaje: «Músculos de la mano, ¡contráiganse ya!».

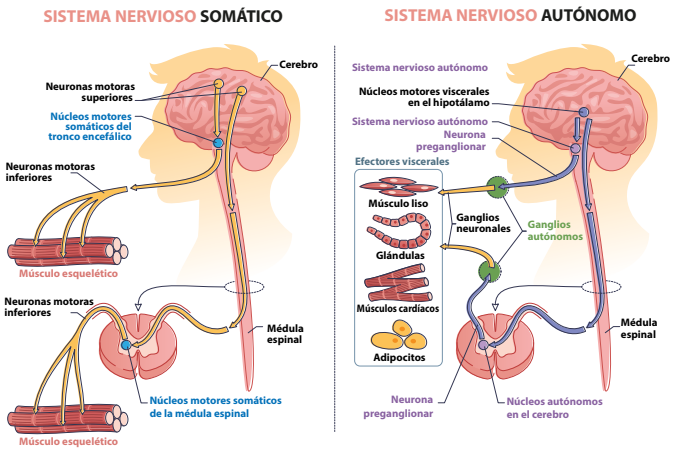
La división motora tiene dos departamentos:

- El sistema nervioso somático (SNS), que se encarga de las acciones voluntarias, incluyendo los músculos esqueléticos que movemos a voluntad, como ocurre al saltar para evitar un daño.
- El sistema nervioso autónomo (SNA), que funciona sin pedirlo, controla los órganos internos como los latidos del corazón o la digestión.

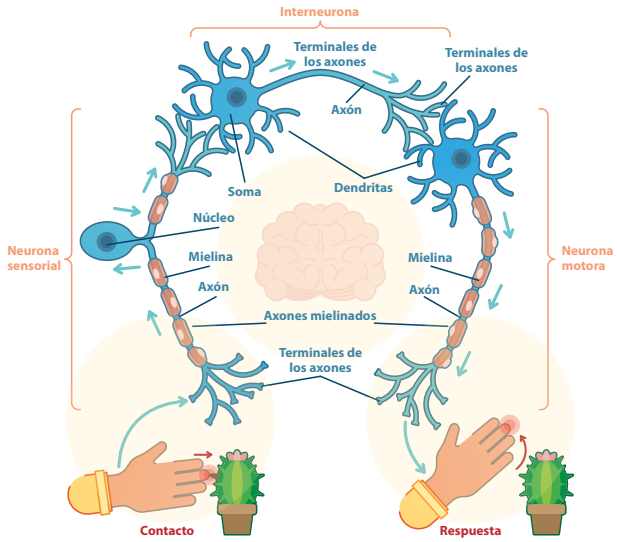
El SNA tiene dos modos básicos de operación: el simpático y el parasimpático. La vía simpática es un acelerador que se activa para prepararnos para la acción, el estrés o una emergencia. Acelera el corazón, agudiza los sentidos y llena de energía, como sucede al ver un animal intimidante. La parasimpática, al contrario, es un freno. Se activa cuando estamos en calma, seguros y para la digestión.

Subdivisiones del sistema nervioso



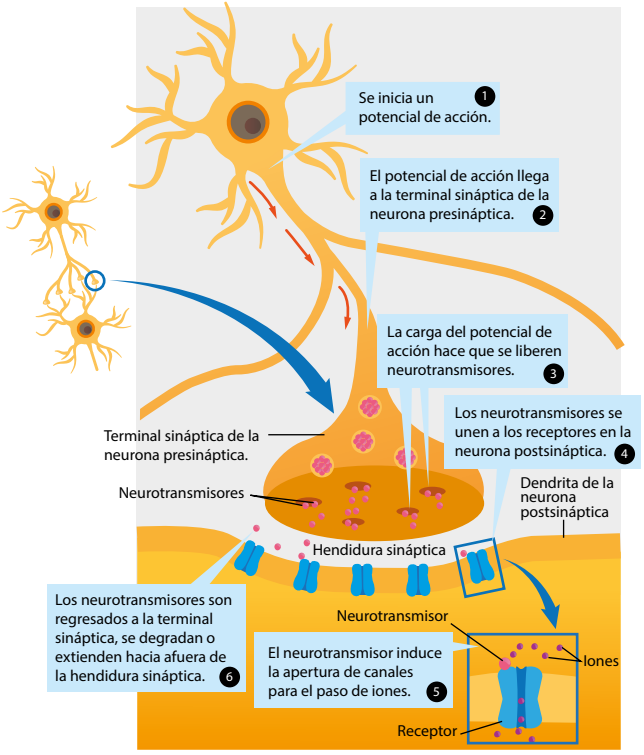


El sistema nervioso desempeña sus funciones gracias al trabajo integrado de sus diferentes células. Los nervios periféricos, por ejemplo, contienen axones de neuronas sensoriales que llevan información al SNC, y de neuronas motoras que los comunican con las glándulas y los músculos.



Tres tipos de neuronas involucradas en la respuesta a un estímulo

Las neuronas en general se comunican con otras células por medio de las sinapsis, estructuras especializadas que permiten el paso de señales eléctricas o químicas. Las sinapsis eléctricas permiten el paso directo de corriente eléctrica entre las células. Las neuronas logran generar estas señales cambiando rápidamente el potencial eléctrico de su membrana, lo que se llama **potencial de acción**. Las sinapsis químicas inician con actividad eléctrica en la neurona presináptica, lo que induce la liberación de neurotransmisores en la terminal. Los neurotransmisores son recibidos por la célula posináptica que inicia una respuesta.



Funcionamiento de una sinapsis química

3. Usando sus modelos y la lectura, elaboren un mapa conceptual del viaje completo de las señales en el escenario del perro. Indiquen qué partes son del SNC y cuáles del SNP. Para ello, auxíliense con las preguntas guía:
   a. El estímulo: ¿qué sentido detectó al perro? ¿Qué tipo de neurona envió esa información y a dónde? Utilicen sus modelos como referencia.
   b. El procesamiento: ¿dónde se interpretó la señal como peligro?
   c. La respuesta voluntaria: ¿qué tipo de neurona lleva la orden de saltar desde el cerebro a los músculos de las piernas? ¿Cómo ayudó el oligodendrocito o célula de Schwann en este rápido mensaje?
   d. La respuesta automática: ¿por qué se aceleró tu corazón sin decidirlo? ¿Qué subdivisión del SNA dio la orden?
   e. El soporte: ¿cómo ayudaron los astrocitos y las microglías durante todo este proceso?
4. Presenten su mapa conceptual a la clase. Su docente podrá generar un mapa consolidado común.

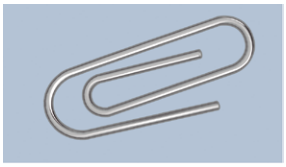
Hoy demostramos que un simple susto puede activar todo nuestro sistema nervioso. Vimos cómo la división sensorial del SNP actúa como nuestros ojos y oídos, enviando alertas al SNC, nuestro centro de mando. El SNC procesa el peligro y utiliza la división motora somática del SNP para ordenar a nuestros músculos que realicen acciones voluntarias y rápidas como saltar. A la vez, la división simpática prepara a nuestro cuerpo para la emergencia, acelerando el corazón, todo sin que tengamos que pensarlo. En resumen, el SNC y el SNP son un equipo integrado y especializado que nos permite interactuar, reaccionar y sobrevivir en el mundo que nos rodea.

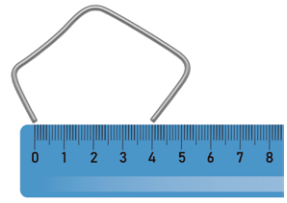
Indagación

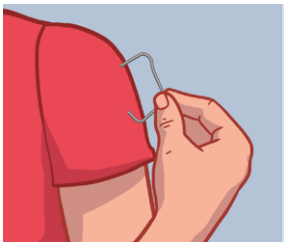
Sistemas sensoriales

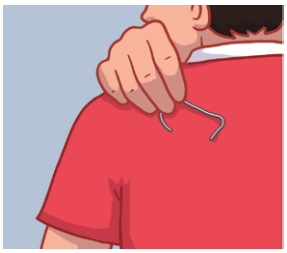
¿Te has preguntado cómo nuestro cuerpo detecta el ambiente que nos rodea? Durante una caminata por las montañas de Chalatenango, Morazán o Santa Ana, por ejemplo, es común percibir el característico «olor a pino» gracias a la abundancia de estos árboles y su resina en los bosques. Por otra parte, a lo mejor has reaccionado rápidamente al contacto con algo caliente, como cuando intentamos tomar una cuchara que dejamos en una sopa hirviendo y nos quemamos al instante. Ambos eventos aislados los percibimos a través de nuestro sistema nervioso.

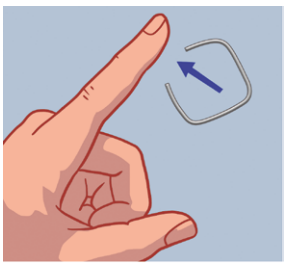
Las arañas podemos «sentir» todo lo que toca nuestras telarañas, ¿podrías hacer algo así?











A. Identificando las señales nerviosas

Las células del sistema nervioso nos ayudan a percibir el entorno y enviar estas señales al cerebro para su interpretación. Así, por ejemplo, sabemos cuándo nuestras manos tocan un objeto. Ahora bien, cada neurona puede enviar tan solo una señal a la vez; si dos puntos hacen contacto con un área particular de la piel que está conectada a una misma neurona, esta enviará tan solo una señal al cerebro. Dado lo anterior, ¿crees que todas las partes de tu cuerpo necesitan el mismo número de nervios? Piensa en tu dedo o tu espalda, ¿en cuál de estos lugares crees que los nervios están más cercanos entre sí? ¿Crees que algunas zonas son más sensibles que otras?

Materiales:

- Regla graduada
- Clip mediano para papeles
- Pañuelo o venda para los ojos (opcional)
- Tabla de colecta de datos

Procedimiento:

1. Forma parejas de trabajo, cada integrante tomará un rol como *sujeto a* o *sujeto b*.
2. Abran su clip para formar una horquilla o un rombo abierto.
3. Separen ambos extremos del clip y midan con una regla la distancia entre ellos. Inicialmente, debes ajustarla exactamente a $4.0\ \text{cm}$.
4. Venden temporalmente los ojos del *sujeto a* (o los puede cerrar). El *sujeto b* dará un toque suave por un par de segundos en la punta del dedo del *sujeto a*, usando ambos extremos del clip simultáneamente.
5. Repitan el *paso 4*, pero esta vez el *sujeto b* dará un toque sobre los hombros y otro toque en la espalda alta del *sujeto a*.
6. Escriban un «2» en la casilla correspondiente de la tabla inferior si el *sujeto a* siente ambos extremos del clip; pero si solo siente uno, escriban «1».
7. Reduzcan la distancia entre los extremos del clip a $3.5\ \text{cm}$ y repitan los toques suaves en la punta del dedo, los hombros y la espalda alta del *sujeto a*.

Distancia entre los extremos del clip	Punta del dedo		Hombro		Espalda	
	Sujeto a	Sujeto b	Sujeto a	Sujeto b	Sujeto a	Sujeto b
4.0 cm						
3.5 cm						
3.0 cm						
2.5 cm						
2.0 cm						
1.5 cm						
1.0 cm						
0.5 cm						
Extremos juntos						

Continuarán reduciendo progresivamente la distancia en $0.5\ \text{cm}$ y repitiendo las pruebas hasta que los extremos del clip estén juntos. No olviden llenar la tabla.

a. ¿En qué parte del cuerpo creen que podrán diferenciar las dos puntas del clip a menor distancia?

8. Restablezcan la distancia entre los extremos del clip a $4.0\ \text{cm}$ y repitan los *pasos 4* a *7*, pero ahora invirtiendo los roles del *sujeto a* y *sujeto b*.
9. Comparen sus resultados con los de otros compañeros y luego discutan las siguientes preguntas:
   b. ¿Qué parte del cuerpo resultó con mayor sensibilidad? ¿Qué significa esto?
   c. ¿Algunas zonas del cuerpo son más importantes para la percepción del dolor o el tacto? Argumenta.
   d. ¿Cómo crees que cambiarían tus actividades diarias si perdieras la sensibilidad en las yemas de los dedos?
10. Analicen el segmento *La piel, un órgano receptor inteligente* para obtener su propia conclusión acerca del papel de los receptores para percibir el entorno.

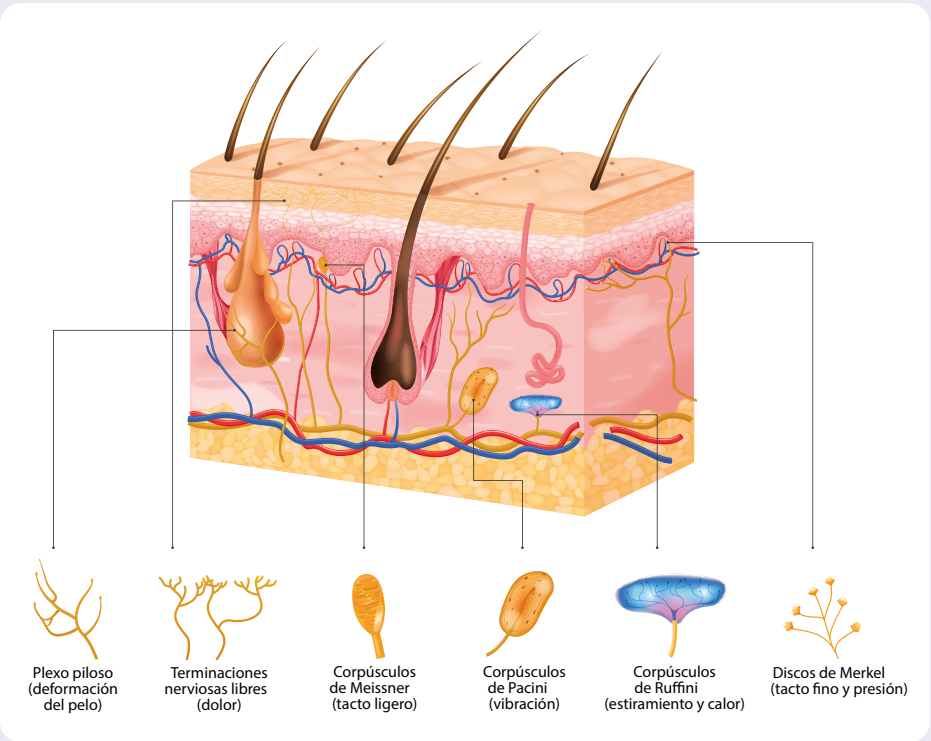
La piel, un órgano receptor inteligente

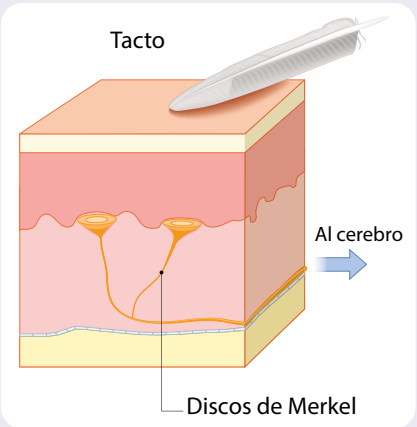
El experimento anterior demuestra cómo funciona el sentido del tacto. La recepción sensorial es el primer paso para percibir el mundo y se realiza a través de órganos receptores especializados. La piel es el órgano receptor más grande del cuerpo. Pero ella no siente por sí misma, quienes captan los estímulos son las células especializadas llamadas **receptores sensoriales**. Para el tacto, los principales receptores son los **mecanorreceptores**, que detectan estímulos mecánicos.

Cada mecanorreceptor tiene un área de la piel asignada, llamada **campo receptivo**. Cuando las dos puntas del clip caen dentro del mismo campo receptivo, el receptor envía una sola señal al cerebro y percibimos un solo punto. Para sentir dos puntos, cada punta del clip debe estimular un campo receptivo diferente.

En la punta de los dedos, los campos receptivos son diminutos y están muy juntos. Hay una alta densidad de receptores, por eso tenemos una alta resolución y podemos sentir dos puntos, aunque estén muy cerca. En la espalda, los campos receptivos son mucho más grandes y están más separados. Hay una baja densidad de receptores. Por eso, aunque las puntas del clip estén separadas por varios centímetros, pueden caer en el mismo campo y sentirse como un solo punto.

En conclusión, nuestro cerebro no le presta la misma atención a todas las partes del cuerpo, pero dedica una gran cantidad de recursos a procesar la información de las zonas más importantes para la interacción y la supervivencia, como las manos y la lengua; además, la piel no solo detecta toques. Veamos qué más detecta.





La piel percibe distintos estímulos además de toques (tacto), entre ellos: temperatura, presión, vibraciones, dolor e incluso cuándo se deforma el cabello. Para cada estímulo hay un receptor especializado. En nuestro experimento, los receptores principales fueron los discos de Merkel, pero también activamos los corpúsculos de Meissner.

Creatividad

Cuando consumes un alimento, las papilas gustativas detectan los químicos disueltos en la saliva, provocando un procesamiento de esta información, que incluye la recepción sensorial, la transformación de energía, la transmisión de la señal y su interpretación en el cerebro. ¿Cómo crees que se procesan los estímulos percibidos por los receptores sensoriales de los ojos, la nariz y los oídos? ¿Será un mecanismo semejante? En esta clase lo averiguaremos.

B. Ingeniería sensorial: diseñando un órgano receptor

En la clase anterior descubrimos que nuestra piel no siente igual en todas partes. Hay zonas con más «sensores» que otras, pero ¿cómo funciona el proceso general? ¿Qué tienen en común la piel que siente una caricia, el ojo que ve un color y la nariz que percibe un olor? Hoy analizaremos el proceso básico de recepción de estímulos y lo aplicaremos para explicar el funcionamiento de diferentes órganos receptores.

Procedimiento:

1. Analiza el segmento *Proceso de percepción de estímulos* de esta página.
2. Organízate en equipos no mayores a cuatro integrantes y escojan uno de los siguientes órganos sensoriales asociados a un sentido: el ojo (visión), el oído (audición), la nariz (olfato), la lengua (gusto) o la piel (tacto).

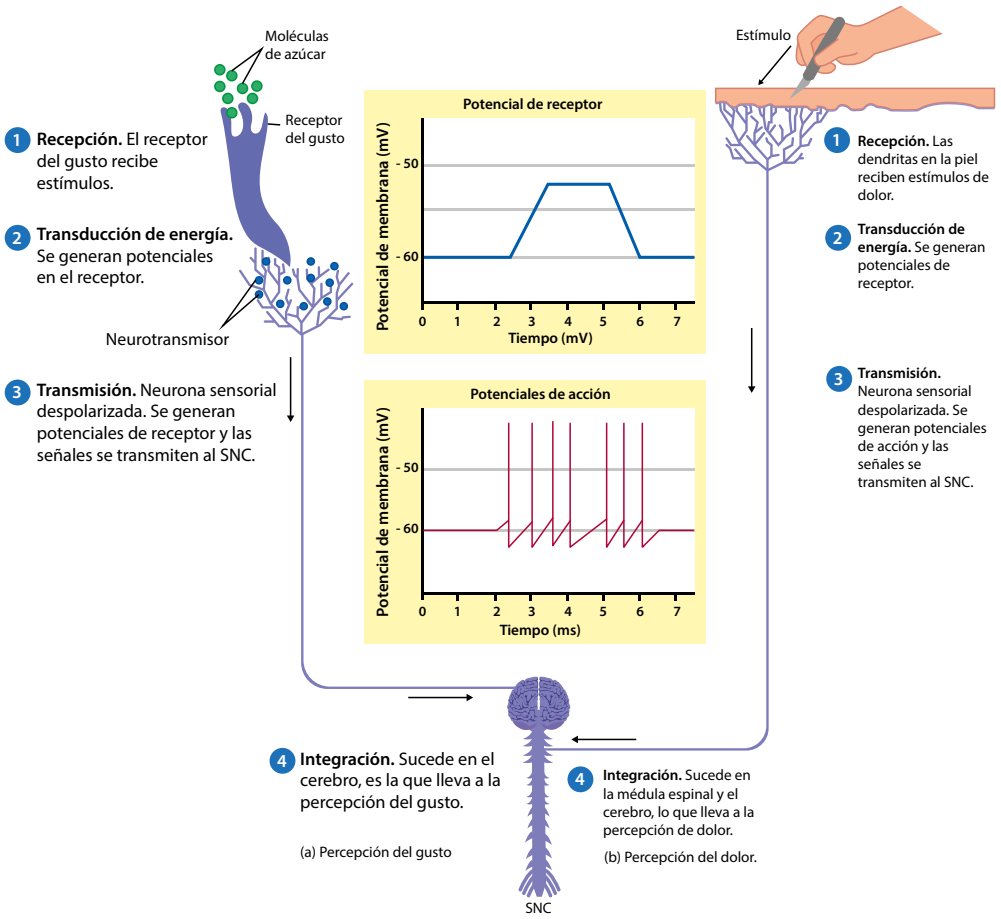
Proceso de percepción de estímulos

Los seres vivos perciben estímulos de manera constante. Su supervivencia depende de que puedan identificarlos y reaccionar apropiadamente a ellos. Esta reacción al estímulo requiere procesos de **a) recepción**, **b) transmisión**, **c) integración** y **d) acción o respuesta**.

Las neuronas aferentes suelen transmitir información a través de interneuronas.

La **integración** es el proceso de clasificar e interpretar la información sensorial que llega y determinar la respuesta adecuada. La integración sensorial comienza en el receptor mismo, pero ocurre principalmente en la médula espinal y en varios sitios del cerebro. Finalmente, el SNC transmite mensajes neurales a través de neuronas eferentes o motoras. La acción de los efectores es la **acción** o respuesta real al estímulo.

La **recepción** consiste en detectar un estímulo; es función de las neuronas y de los órganos sensoriales especializados (vista, tacto, etc.). La **transmisión** es el envío de mensajes entre neuronas o de una neurona a un músculo o glándula. Un receptor envía un mensaje neural hacia el SNC. Las neuronas que envían estos mensajes al SNC se llaman aferentes o sensoriales.



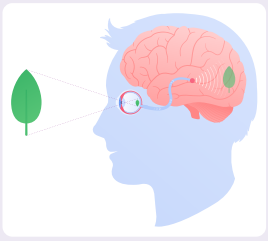
3. Lean la infografía *Los tipos de receptores* o investiguen adicionalmente para obtener más información del órgano que seleccionaron.
4. Elaboren un diagrama de flujo o modelo conceptual que explique cómo su órgano escogido sigue el proceso universal de cuatro pasos para un estímulo específico.
5. Auxíliense de las siguientes preguntas guía para su diagrama o modelo.
   a. Estímulo: ¿qué tipo de energía o molécula detecta su órgano?
   b. Recepción: ¿cuál es la célula receptora especializada y cómo convierte el estímulo en una señal eléctrica (potencial de acción) para el SNC?
   c. Transmisión: ¿a través de qué nervio principal viaja la señal hacia el cerebro?
   d. Integración: ¿en qué parte del cerebro se procesa la señal?
   e. Acción: propongan una respuesta posible de cuerpo a ese estímulo.
6. Escojan un representante de cada equipo para exponer su diagrama o modelo.

ANATOMÍA DEL OÍDO

La audición permite la captación de los sonidos ambientales. Los componentes anatómicos del oído son los que permiten la audición.

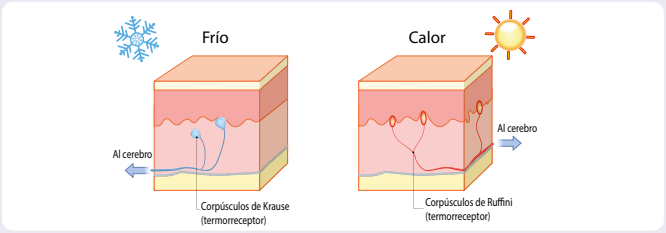
Los tipos de receptores

Los receptores sensoriales se clasifican por la ubicación de los estímulos a los que responden y el tipo de energía que transducen. Según la ubicación de los estímulos, tenemos exteroceptores, si responden a estímulos externos, e interoceptores, si permiten el reconocimiento interno del cuerpo. Según el tipo de energía que transducen o la detección de sustancias, los receptores sensoriales se clasifican en: termorreceptores, electrorreceptores, receptores electromagnéticos, nociceptores, mecanorreceptores, quimiorreceptores y fotorreceptores.

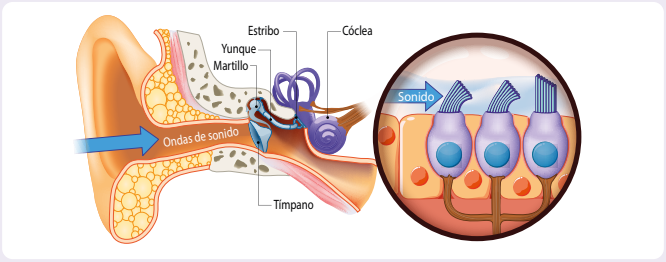


Modelo conceptual de la vista

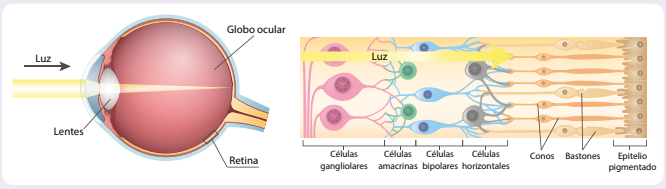
Termorreceptores. Transducen energía térmica. En humanos se encuentran principalmente en la piel y la boca, por eso dejas de sentir si un alimento está frío o caliente al pasar por el esófago.



Mecanorreceptores. Se activan al cambiar de forma a causa del empuje o de la tracción mecánica. Proporcionan información acerca de texturas y pesos de objetos. Algunos influyen en el funcionamiento de órganos internos, por ejemplo, detectan la presencia de alimento en el estómago, de orina en la vejiga o de un feto en el útero. Otro ejemplo son las células ciliadas en la cóclea, que responden al sonido.

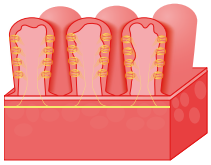


Fotorreceptores. Transducen energía lumínica. Se activan cuando la luz incide sobre ellos. Son claros ejemplos los bastoncillos y conos en la retina del ojo.

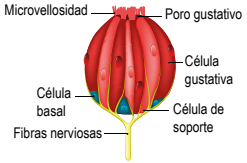


Quimiorreceptores. Detectan sustancias en alimentos, el ambiente o al interior del cuerpo. De ellos dependen el gusto y el olfato. Son ejemplos los botones o yemas gustativas ubicadas en las papilas de la lengua y los receptores olfativos del olfato.

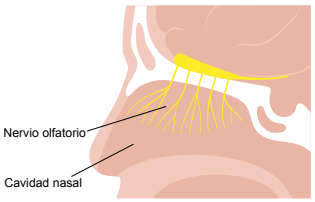
Papilas de la lengua

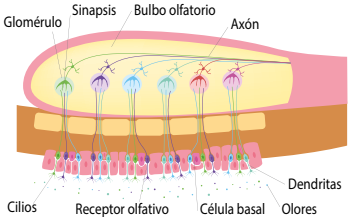


Yema gustativa



Bulbo olfatorio





Hoy vimos que, aunque nuestros sentidos son muy diferentes, obedecen al mismo principio fundamental. Cada órgano receptor es una puerta de entrada especializada que, a través de sus células receptoras, traduce los diversos estímulos al lenguaje que el cerebro entiende: los impulsos eléctricos. Al sintetizar este proceso, vemos que la recepción de estímulos es el primero y el paso más crucial para entender la realidad y responder a ella.

Comunicación

Iniciamos la semana haciendo una prueba que nos permitió entender a la piel como un órgano receptor; además, descubrimos qué tipo de receptores sensoriales se encuentran en ella y su densidad. Más adelante profundizamos en el proceso general de respuesta a estímulos y los distintos tipos de receptores sensoriales del cuerpo humano, apuntando que todos siguen la secuencia de recepción, transmisión, integración y acción. Ahora nos centraremos en la capacidad de las neuronas para convertir los estímulos en impulsos nerviosos, es decir, en la transmisión.

C. Potenciales de acción

Sabemos que la señal viaja por las neuronas, pero ¿qué es esa señal exactamente? ¿Cómo es el mensaje que recorre el axón? Esa chispa o impulso es el potencial de acción. Para profundizar en el funcionamiento de los potenciales de acción utilizaremos un simulador de neuronas que nos permita explorar cómo las células nerviosas reciben, transmiten e integran señales para llevar a cabo diversas funciones en el cuerpo.

Accede al simulador de potencial de acción de una neurona
https://qrs.ly/k8h1ii7

Materiales:

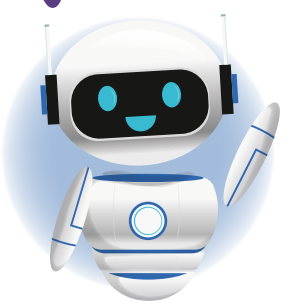
- Computadora o dispositivo móvil con acceso a internet

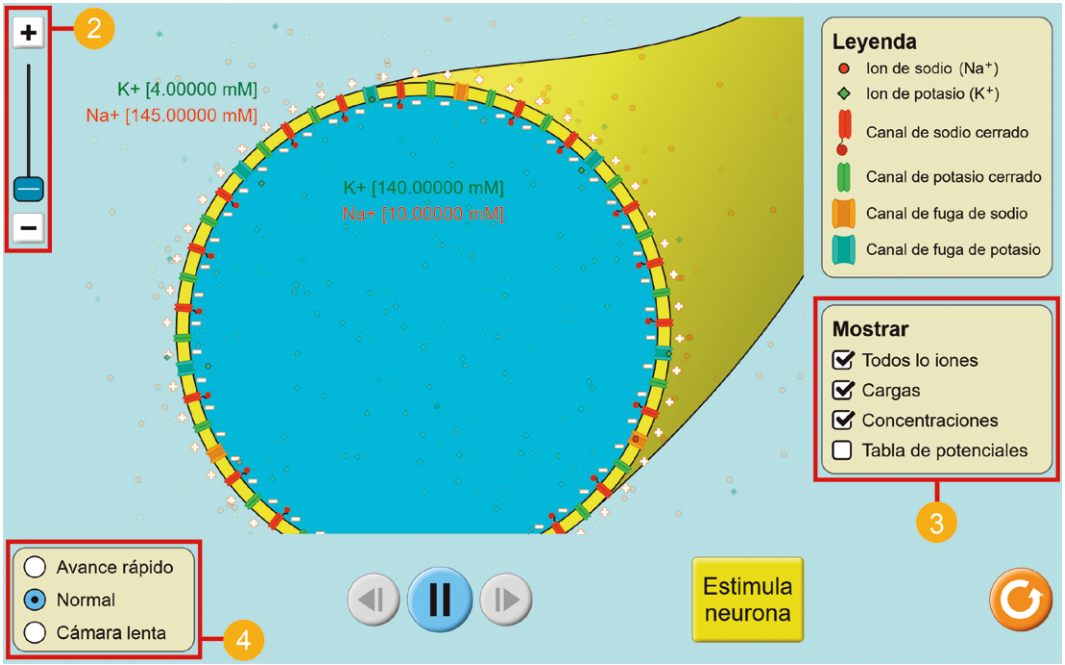
Procedimiento:

Parte I. Simulación

1. Ingresa al simulador de potencial de acción de una neurona usando el código QR.
2. Explora su funcionamiento; por ejemplo, puedes aumentar o disminuir el acercamiento de la membrana, estimular la neurona y regular la velocidad de la animación. Observa los cambios que ocurren al manipular cada una de estas acciones.
3. Activa las casillas *Todos los iones*, *Cargas* y *Concentraciones*. La animación que observas corresponde a un estado de reposo de la neurona.
   a. ¿Qué ion abunda fuera de la neurona y qué ion abunda dentro?
   b. En general, ¿la neurona es más positiva o negativa por dentro cuando está en reposo?

Los canales de las membranas celulares son proteínas que permiten la entrada o la salida de iones hacia el interior o al exterior de la célula, con lo que regulan la concentración interna de iones. Juegan un papel crucial para los potenciales de acción.





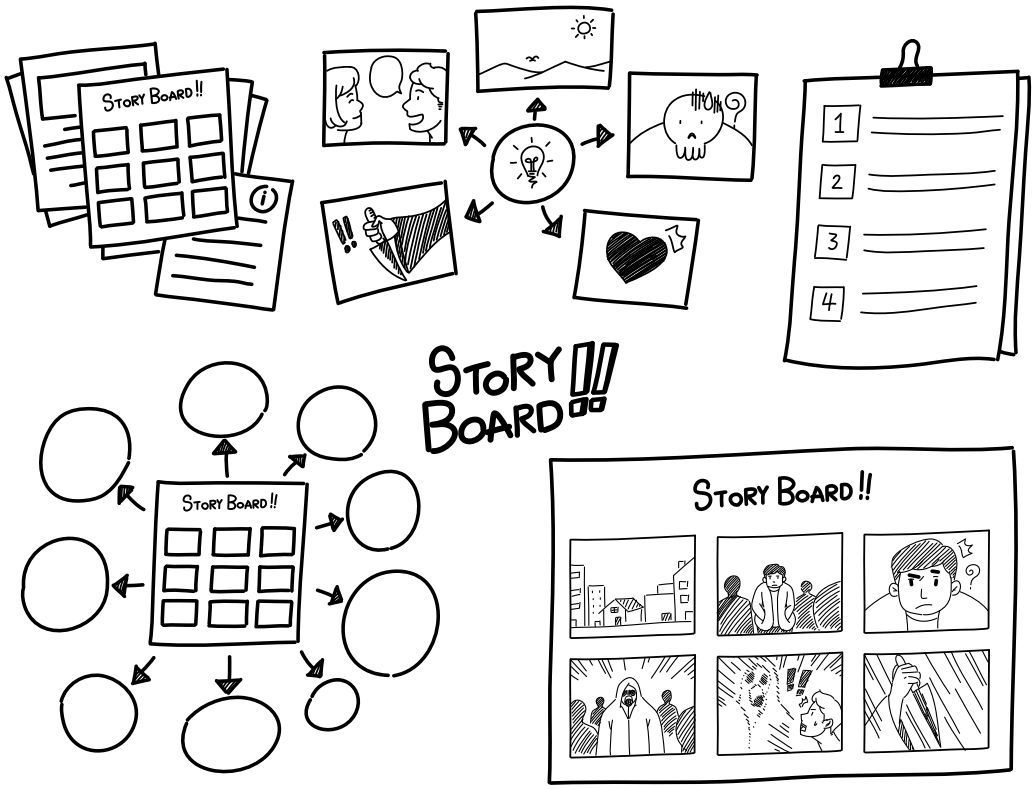
Interfaz general del simulador

4. Asegúrate de que la velocidad sea normal y haz clic en *Estimula neurona*. Observa la «ola» que recorre el axón.
5. Activa la *Tabla de potenciales* y estimula de nuevo.
6. Observa la forma del gráfico y responde:

a. Durante el pico del potencial de acción, ¿qué ion entra masivamente a la neurona para que el interior se vuelva positivo?
b. Inmediatamente después, ¿qué ion sale de la neurona para que el interior vuelva a ser negativo?
c. Describe qué es el potencial de acción basándote en lo que viste.

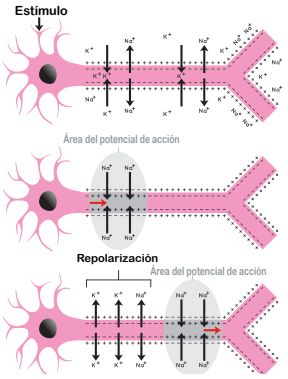
Parte II. *Storyboard* fisiológico

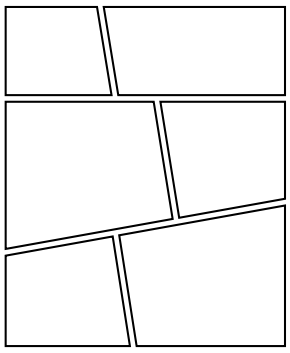
1. Elije uno de dos equipos: «sensorial» o «motor». La clase entera se dividirá en esos dos grupos para representar uno de los siguientes procesos:
   - Equipo sensorial. Representará el proceso que ocurre cuando un mecanorreceptor, el disco de Merkel, es activado por el clip en la yema del dedo (*actividad A*).
   - Equipo motor. Representará el proceso que ocurre cuando el cerebro envía la orden para contraer el músculo de la pierna y saltar (*actividad C, semana 29*).
2. Elaboren un guion gráfico o *storyboard*; esto es una representación visual en secuencia de una historia, similar a un cómic, para representar su proceso. Como guía, pueden auxiliarse de los siguientes pasos clave:
   - Inicio. Dibujo del estímulo inicial, como el toque del clip o la orden del cerebro.
   - Transmisión. Acercamiento al axón de su neurona (sensorial o motora) y dibujo del potencial de acción como el observado en el simulador.
   - El final. Representación de a dónde llega la señal, por ejemplo, a la médula espinal para la neurona sensorial o al músculo para la neurona motora.
3. Presenten su *storyboard* explicando cómo el potencial de acción es el mecanismo que usa su neurona para cumplir su función.



Ojo al dato..

En la transmisión de un potencial de acción, las dendritas o el soma de una neurona son estimuladas lo suficiente para despolarizar la membrana hasta el nivel de disparo; luego se transmite un potencial de acción como una onda de despolarización que viaja por el axón. A medida que el potencial avanza por el axón, la repolarización ocurre con rapidez tras él.





Ejemplo del proceso de elaboración y plantilla de un *storyboard*.

Esta semana aprendimos que cuando la membrana se despolariza hasta un cierto nivel o umbral, se genera un potencial de acción que se desplaza como una ola a lo largo del axón. En la mayoría de las neuronas, la transmisión de señales a otras células se lleva a cabo mediante la liberación de neurotransmisores en las sinapsis químicas. Las neuronas se organizan en circuitos específicos para formar redes complejas que permiten la comunicación dentro del sistema nervioso. Este sistema no solo nos permite interactuar con nuestro entorno, similar a lo observado con las sensaciones percibidas con los clips, sino que también coordina las actividades de todos los sistemas del cuerpo.

Indagación

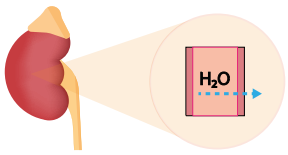
Respuesta endocrina

En nuestro cuerpo, los riñones son los encargados de regular el contenido de agua que se encuentra en la sangre. Sin esta capacidad, una persona podría perder hasta 180 litros de agua en la orina al día. Afortunadamente, nuestro cuerpo tiene sistemas de comunicación interna muy eficientes. Por ejemplo, ¿has notado cambios en el color de tu orina después de un partido de fútbol o de una caminata larga? ¿Qué ocurre al interior de nuestro cuerpo para que suceda esto y por qué, casi al mismo tiempo, empezamos a sentir sed? La respuesta a estas preguntas está relacionada con el funcionamiento del sistema endocrino. Descubramos cómo.

Acá dice que el término hormona se deriva del griego y significa «excitar», debido a que las hormonas estimulan o inducen cambios en tejidos específicos.

Glándula pituitaria (lóbulo posterior)

Hormona antidiurética (ADH)



Reabsorción de H_2O

A. Mensajeros químicos: ¿cómo sabe tu cuerpo a dónde enviar una orden?

El sistema endocrino se comunica a través de señales químicas llamadas **hormonas**. Estas viajan por todo el cuerpo para dar órdenes y mantener el equilibrio. En esta actividad nos enfrentaremos a un reto: descifrar cómo el cerebro puede enviar una orden específica a un órgano distante sin usar una conexión nerviosa directa. Propondremos nuestro propio modelo para explicar este fenómeno y luego lo compararemos con el sistema que la biología ha perfeccionado a lo largo de millones de años.

Materiales:

- Cartulina o pliego de papel
- Plumones o lápices de colores

Procedimiento:

Parte I. El diseño del sistema

1. Integra equipos de trabajo para analizar el siguiente escenario.
   «Después de hacer mucho ejercicio, tu cuerpo ha perdido agua a través del sudor y se está deshidratando. Tu cerebro, como centro de control, detecta esta situación. Tus riñones, los encargados de filtrar la sangre, necesitan recibir la orden urgente de ahorrar agua y producir menos orina».
2. Discutan en equipo y respondan a la pregunta central:
   a. Si el cerebro está en la cabeza y los riñones en la espalda, ¿cómo hace el cerebro para darle la orden a los riñones de que ahorren agua?
3. Diseñen y dibujen un modelo que explique cómo podría funcionar este sistema. No hay respuestas incorrectas. Su modelo debe considerar tres preguntas clave:
   - ¿Qué tipo de mensaje envía el cerebro?
   - ¿Cómo viaja ese mensaje desde el cerebro hasta los riñones y el resto del cuerpo?
   - Si el mensaje viaja por todas partes, ¿qué tienen de especial los riñones para ser los únicos que obedecen la orden de ahorrar agua?
4. Compartan brevemente el sistema que diseñaron.

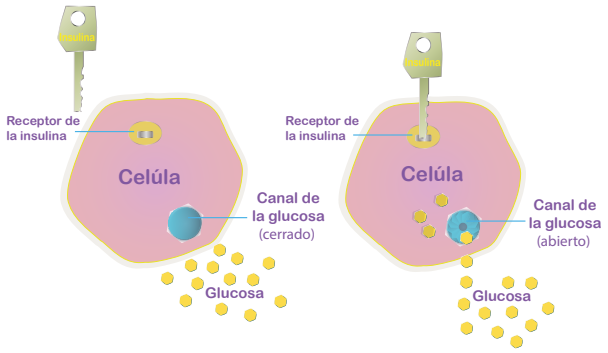
Parte II. Puesta en común

5. Lean el texto *Los órganos diana* y la infografía *Regulación de la cantidad de orina por acción de la hormona antidiurética (ADH)* de las páginas 240 y 241.

Los órganos diana

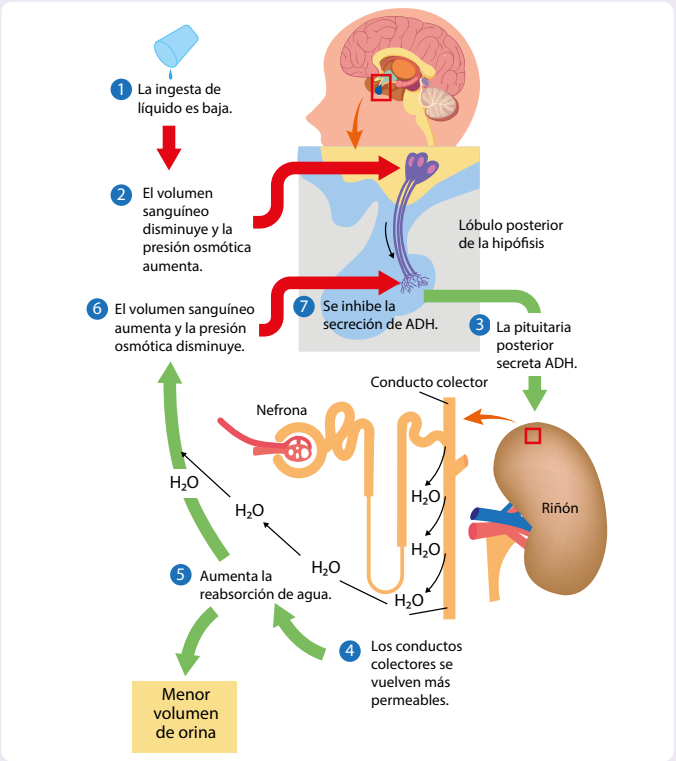
El cuerpo humano utiliza mensajeros químicos llamados hormonas. Estas sustancias son sintetizadas por las células de distintas glándulas y son liberadas luego en el líquido intersticial o directamente en la sangre. Las hormonas viajan a todo el cuerpo a través de la sangre, que les sirve como medio de transporte.

Sin embargo, no todos los órganos responden a la misma hormona, al menos no de la misma manera. De hecho, una hormona puede pasar «inadvertida» por muchos tejidos hasta que llega a su destino, usualmente un tejido u órgano principal al que va dirigido el mensaje; este es llamado **tejido blanco** u **órgano diana**.



Pero ¿cómo reconoce un órgano diana a su hormona? Este puede percibirla porque tiene receptores específicos para ella. Esto funciona como una llave, que es la hormona, y una cerradura, que es el receptor.

La llave puede viajar por todos lados del cuerpo, pero solo abre la cerradura correcta. Es decir que los receptores son los responsables de la especificidad del sistema endocrino.



Regulación de la cantidad de orina por acción de la hormona antidiurética (ADH)

El volumen de orina es regulado por la hormona antidiurética (ADH). La secreción de ADH es estimulada por receptores especiales en el hipotálamo. Cuando la ingestión de líquido es escasa, el organismo comienza a deshidratarse al grado que el volumen sanguíneo disminuye. Entonces, la concentración de sales disueltas en la sangre aumenta y provoca un incremento en la presión osmótica. Este cambio estimula al lóbulo posterior de la hipófisis a liberar ADH. Un centro de la sed en el hipotálamo también reacciona a la deshidratación y estimula la sed.

Hormona	Hormona antidiurética (ADH).
Fuente	Producida por el hipotálamo, liberada por el lóbulo posterior de la hipófisis.
Tejido blanco	Conductos colectores.
Acciones	Incrementa la permeabilidad de los conductos colectores al agua, lo que aumenta la reabsorción y reduce la excreción de este líquido.
Factores que estimulan la liberación	La ingestión reducida de agua disminuye el volumen sanguíneo e incrementa la presión osmótica de la sangre; receptores situados en el hipotálamo estimulan el lóbulo posterior de la hipófisis.

6. Respondan a las siguientes preguntas:
   a. Usando la analogía llave-cerradura, expliquen por qué la ADH afecta a los riñones, pero no a los huesos.
   b. ¿Qué creen que pasa con sus niveles de ADH después de beber dos botellas de agua seguidas? ¿Cómo cambiaría el color de su orina y por qué?

Hoy descubrimos uno de los sistemas de comunicación más importantes del cuerpo: el sistema endocrino. Aprendimos que las hormonas son mensajeros químicos que, como llaves, viajan por la sangre buscando su cerradura específica. Solo los órganos diana pueden recibir y ejecutar el mensaje. Este sistema de especificidad permite que una sola hormona coordine acciones precisas en partes distantes del cuerpo, lo que profundizaremos en adelante.

Creatividad

En la actividad anterior analizamos cómo la hormona antidiurética actúa como un mensajero para indicar a los riñones que deben «ahorrar» agua. Así como esa, existen muchas otras hormonas que regulan actividades tan diversas como el crecimiento, la reproducción, nuestro nivel de energía, el equilibrio de azúcares en la sangre y la adaptación al estrés. Cada una de estas funciones es controlada por glándulas específicas que actúan como centros de comando.

B. Glándulas endocrinas

Nuestro sistema endocrino funciona como un «tablero de control» que monitorea y regula constantemente las funciones vitales del cuerpo. Cuando una condición cambia (como el nivel de azúcar en la sangre después de comer), se enciende una alerta y la glándula correcta libera una hormona para restaurar el equilibrio. En esta actividad analizaremos la información del sistema endocrino para mapear y diseñar una parte de este tablero de control, identificando los componentes clave de varias respuestas endocrinas y representándolos en un organizador gráfico.

ANATOMÍA DE LA TIROIDES

Explora los detalles anatómicos y la ubicación de la glándula tiroides.

Materiales:

- Cartulina o pliego de papel
- Plumones o lápices de colores

Procedimiento:

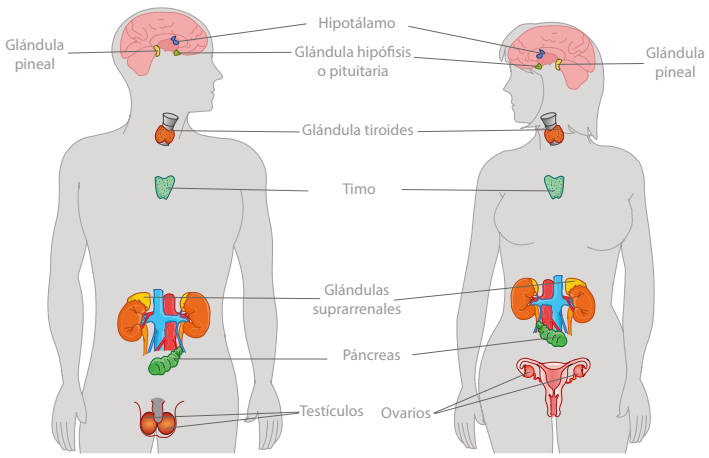
1. Organízate en equipos con un máximo de cuatro estudiantes.
2. Analicen la infografía *El sistema endócrino* (página 242) y la tabla *Ejemplos de hormonas humanas y sus efectos* (página 243).
3. Observen la información que solicita la *Ficha tablero de control*.

Ficha tablero de control

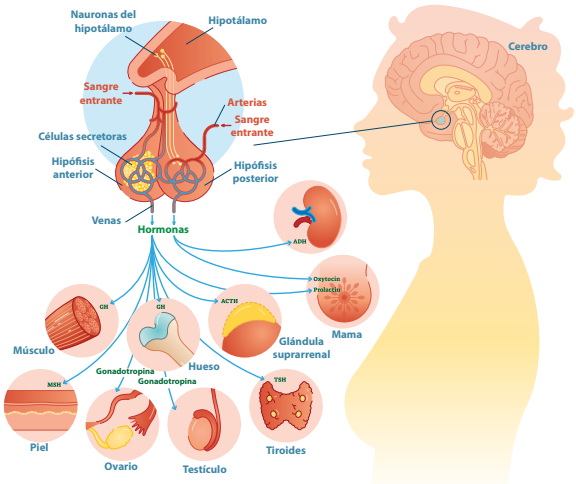
Situación / estímulo	Describan qué condición del cuerpo necesita ser regulada; por ejemplo, nivel de glucosa en sangre muy alto.
Glándula activada	Nombren la glándula que detecta el estímulo y actúa.
Hormona liberada	Escriban el nombre de la hormona que se libera en la sangre.
Órgano(s) diana:	Nombren el o los órganos o tejidos blanco que tienen los receptores para esta hormona.
Respuesta / acción final	Investiguen y describan qué hace el órgano diana para resolver la situación inicial y restaurar el equilibrio.

El sistema endocrino

Glándulas endocrinas



Hormonas de la hipófisis



Ejemplos de hormonas humanas y sus efectos

Glándula endocrina	Hormona	Tejido blanco	Efectos principales (respuestas endocrinas)
Hipotálamo (produce) **Hipófisis** - lóbulo posterior (almacena y libera)	Oxitocina	Útero Glándulas mamarias	Estimula la contracción. Promueve la expulsión de la leche hacia los conductos.
	Hormona antidiurética (ADH)	Riñones (conductos colectores)	Estimula la reabsorción y conservación de agua.
Hipófisis- lóbulo anterior	Hormona del crecimiento (GH)	General	Estimula la producción de factores del crecimiento. Promueve el crecimiento y favorece la síntesis de proteínas.
	Hormonas gonadotrópicas: foliculoestimulante (FSH), luteinizante (LH)	Gónadas	Estimulan el desarrollo y el crecimiento gonadal. Estimulan a ovarios y testículos para producir óvulos y espermatozoides.
Tiroides	Tiroxina (T_4); triyodotironina (T_3)	General	Regulan el metabolismo, esenciales para el crecimiento y el desarrollo normales.
Páncreas- islotes de Langerhans	Insulina	General	Reduce la glucemia al facilitar la captación y el empleo de glucosa por las células. Estimula la producción de glucógeno, el almacenamiento de grasa y la síntesis de proteínas.
	Glucagón	Hígado Tejido adiposo	Aumenta la glucemia, estimula el desdoblamiento del glucógeno y moviliza la grasa.
Glándulas suprarrenales	Cortisol	General	Aumenta la glucosa en sangre, ayuda al metabolismo de grasas y proteínas, regula la presión arterial, influye en el sistema inmunitario.
	Adrenalina (epinefrina) y noradrenalina	General	Activan el sistema de lucha o huida aumentando el ritmo cardíaco, la presión arterial y la alerta.
Ovarios	Estrógenos (estradiol)	General Útero	Regulan el desarrollo y mantenimiento de caracteres sexuales femeninos. Estimulan el crecimiento del revestimiento uterino.
	Progesterona	Útero y mama	Estimula el desarrollo del revestimiento uterino.
Testículos	Testosterona	General; estructuras reproductivas	Desarrollo y mantenimiento de caracteres sexuales masculinos, estirón del crecimiento en la adolescencia. Favorece la espermatogénesis.
	Inhibina	Lóbulo anterior de la hipófisis	Inhibe la liberación de FSH en el sexo masculino.

4. Escojan un mínimo de tres de las siguientes situaciones:
   - Respuesta a un nivel alto de azúcar en la sangre (después de una comida).
   - Respuesta a una situación de estrés o miedo súbito.
   - Regulación del metabolismo y la energía corporal.
   - Promoción del crecimiento durante la adolescencia.
5. Completen una *Ficha tablero de control* por cada situación escogida y péguenlas en la cartulina. Sean creativos y utilicen colores e íconos simples para ilustrar o representar cada elemento de la ficha.
6. Expliquen al menos una de sus fichas a la clase. Cada ficha ejemplifica una respuesta endocrina completa. Al terminar, no descarten su trabajo.

Accede a más información sobre las hormonas
https://qrs.ly/vsh1iib

Hoy conocimos cómo el cuerpo responde a distintas necesidades a través del sistema endocrino. Vimos que glándulas específicas, como el páncreas o la hipófisis, monitorean constantemente nuestro estado interno. Cuando detectan un cambio, liberan hormonas precisas que viajan por la sangre hasta sus órganos diana para ejecutar una acción correctiva, ya sea almacenar azúcar, prepararnos para el estrés o regular nuestro metabolismo. Esta red de comunicación química es esencial para mantener la homeostasis y vivir de forma saludable.

Comunicación

Nuestro cuerpo reacciona a un susto en cuestión de segundos, alistándonos para actuar de inmediato. Por otro lado, procesos como crecer o desarrollar los caracteres en la pubertad toman meses y años. Sorprendentemente, ambos tipos de cambio son dirigidos por hormonas. ¿Cómo es posible que el mismo sistema pueda operar en escalas de tiempo tan diferentes? ¿Qué distingue a una respuesta hormonal de corto plazo de una de largo plazo?

Yo recuerdo que las neuronas se conectan con las glándulas, lo que significaría que los sistemas endocrino y nervioso están vinculados. ¿Esto tendrá que ver con la velocidad de respuesta?

C. Relojes hormonales: respuestas de «velocista» y «maratonista»

Hoy actuaremos como analistas científicos para consolidar todo lo que hemos aprendido sobre el sistema endocrino. Analizaremos y compararemos dos tipos de respuestas hormonales: las rápidas y explosivas, y las lentas y sostenidas, reconociendo cómo el tiempo es un factor crucial en la regulación de nuestro cuerpo.

Materiales:

- Cartulina o pliego de papel
- Plumones o lápices de colores (opcional)

Procedimiento:

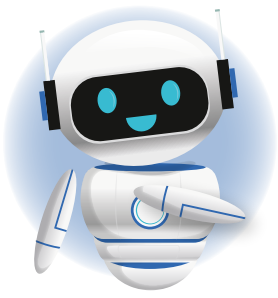
Parte I. Velocidad de la respuesta

1. Mantén tu equipo de la clase previa.
2. Revisen las *Fichas tablero de control* que completaron (página 243) y contesten:
   a. ¿Cuáles respuestas creen que ocurren en segundos o en minutos?
   b. ¿Cuáles respuestas tardan meses o años en mostrar su efecto completo?
3. Construyan un cuadro comparativo en su cartulina para analizar en detalle una respuesta que consideren de «velocista» y una de «maratonista».
4. Utilicen como guías para su cuadro comparativo la tabla *Ejemplos de hormonas humanas y sus efectos* (página 243) y la siguiente plantilla con indicaciones.

Plantilla con indicaciones para construir el cuadro comparativo

Criterio de comparación	Respuesta a corto plazo (de «velocista»)	Respuesta a largo plazo (de «maratonista»)
Estímulo típico	¿Qué situación la desencadena?	¿Qué proceso o condición la desencadena?
Velocidad de respuesta	Indiquen si son segundos, minutos u horas	Indiquen si son días, meses o años
Duración del efecto	¿Cuánto tiempo perduran sus efectos?	¿Sus efectos son temporales o permanentes/sostenidos?
Propósito principal	¿Para qué sirve principalmente?	¿Cuál es su objetivo principal en el cuerpo?
Glándula principal	Nombren la glándula involucrada	Nombren la glándula o glándulas involucradas
Ejemplo de un efecto	Mencionen una acción concreta	Mencionen una acción concreta

Excelente intuición, Lisa. Los sistemas nervioso, endocrino e inmune están muy integrados, lo que es evidente en la respuesta al estrés. Por ello, el estrés prolongado tiene efectos en la salud física y mental.



5. Presenten su cuadro comparativo a la clase, explicando sus criterios de comparación entre respuestas.
6. Respondan las siguientes preguntas para enriquecer su explicación:
   c. ¿Por qué sería un problema que la respuesta de «velocista» durara semanas?
   d. ¿Por qué sería inútil que la de «maratonista» actuara solo por cinco minutos?

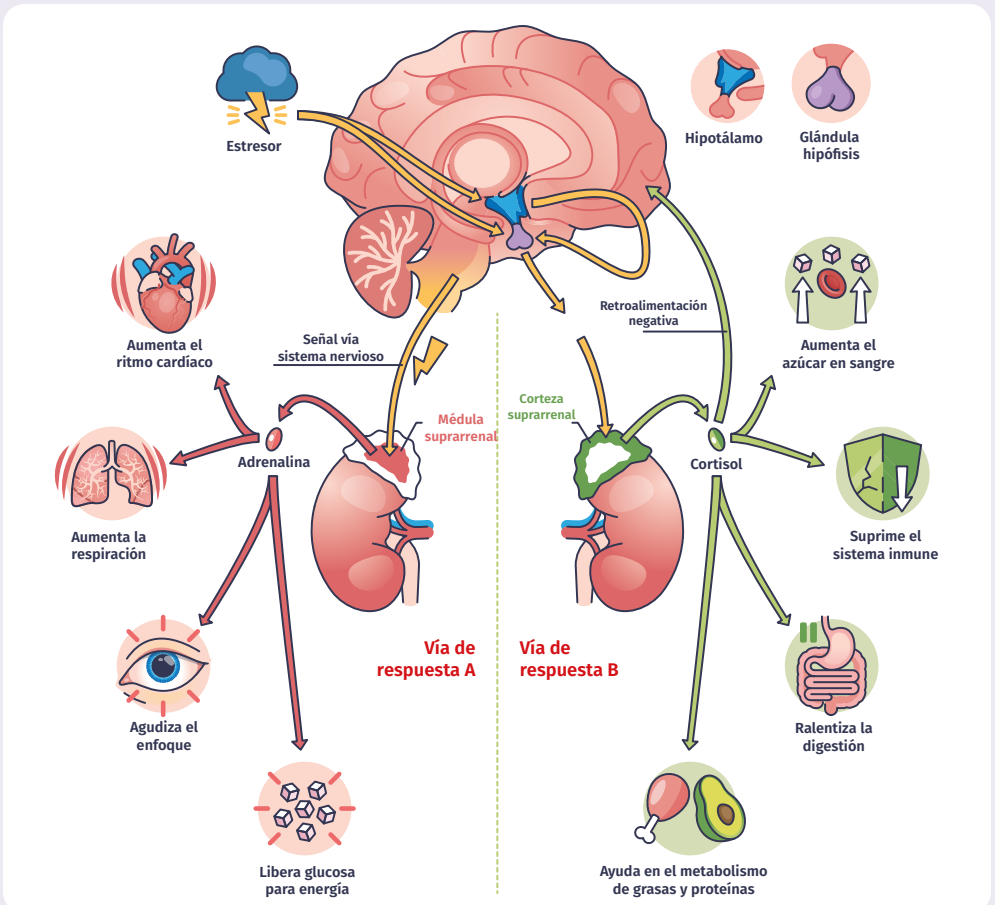
Como podemos intuir, el cuerpo utiliza la respuesta endocrina de corto plazo para provocar cambios inmediatos y breves que son necesarios ante situaciones o estímulos puntuales, normalmente relacionados con la supervivencia.

Por otro lado, la respuesta endocrina de largo plazo implica cambios graduales y duraderos en el cuerpo, que normalmente se relacionan con el desarrollo corporal, el mantenimiento del metabolismo o del sistema inmune. Ahora analicemos un caso especial y muy común: el estrés o situación desafiante. El estrés es tan importante para la supervivencia que el cuerpo activa una respuesta rápida y otra lenta al mismo tiempo.

Parte II. Respuesta combinada: el estrés

1. Analicen el siguiente esquema que muestra la respuesta al estrés.

Respuesta hormonal al estrés



Las principales hormonas de respuestas al estrés o situaciones límite son la adrenalina y el cortisol, producidas en las glándulas suprarrenales.

El proceso se activa cuando el SNC detecta un estímulo estresante. Este mensaje llega al hipotálamo, que envía una señal nerviosa directa a la médula de la glándula suprarrenal, la cual libera adrenalina en la sangre.

Por otro lado, el hipotálamo también secreta la hormona liberadora de corticotropina (CRH) que estimula a la hipófisis para liberar la **hormona trófica** ACTH en la sangre. La ACTH llega a la corteza de la glándula suprarrenal que, a su vez, libera cortisol en la sangre.

2. Respondan las siguientes interrogantes.
   a. ¿Cuál es la vía «velocista» o de corto plazo? ¿Qué pista nos da el esquema?
   b. Identifiquen la vía «maratonista» o de largo plazo.
   c. ¿Por qué creen que el cuerpo necesita ambas respuestas ante el mismo estímulo de estrés?

Hoy descubrimos que el sistema endocrino es versátil, con hormonas velocistas para emergencias y maratonistas para procesos sostenidos. Además, analizamos cómo un estímulo complejo como el estrés es capaz de activar ambos sistemas simultáneamente: una respuesta nerviosa-hormonal ultrarrápida y una respuesta puramente hormonal más lenta. Esta doble estrategia demuestra la capacidad de nuestro cuerpo para adaptarse y responder a los desafíos del entorno en múltiples escalas de tiempo.

Fíjate que...

Así como el estrés activa nervios y hormonas, un exceso constante puede desequilibrar incluso tu salud mental. Es vital reconocer cuando tu cuerpo está dando señales de estrés, como cambios en el sueño, dificultad de concentración, tensión muscular o irritabilidad, para así poder gestionarlo. Proteger tu mente del estrés es proteger el equilibrio de tu cuerpo.

Sistema inmunitario

Indagación

¿Cuántas veces te has contagiado de gripe este año? ¿Por qué algunos compañeros parecen no enfermarse tan fácilmente? Durante la pandemia por la COVID-19, escuchamos que quienes padecieron la enfermedad o se vacunaron parecían tener una mayor defensa. ¿Cómo responde nuestro cuerpo a estos desafíos? ¿Qué estrategias de defensa utiliza para mantenernos a salvo? Hoy abordaremos estas preguntas utilizando lo aprendido anteriormente.

A. El castillo del cuerpo humano: diseñando un sistema de defensa

Nuestro cuerpo es como un reino bajo la amenaza constante de invasores; para sobrevivir, necesita un sistema de defensa con múltiples capas. Ahora diseñaremos las defensas de este reino, lo que nos permitirá descubrir las estrategias del sistema inmunitario, incluyendo sus defensas generales inmediatas y fuerzas de élite.

Materiales:

- Cartulina o pliego de papel
- Plumones o lápices de colores (opcional)

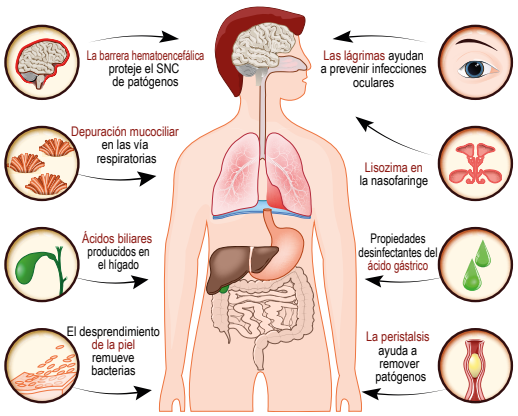
Procedimiento:

Parte I. Hipótesis de diseño y estrategia

1. Formen equipos no mayores a cinco estudiantes para discutir las características de un sistema de defensa para el «castillo del cuerpo». Este debe tener al menos tres niveles o líneas de defensa para ser efectivo contra todo tipo de invasores.
2. Diseñen y esquematicen el sistema ideado, que responda las preguntas guía:
   - Primera línea: las murallas. ¿Cuál sería la barrera más simple y externa para impedir que cualquier invasor pueda entrar fácilmente al castillo? Descríbanla.
   - Segunda línea: la guardia general. Si un invasor cruza las murallas, ¿quién responde primero dentro del castillo? ¿Estos guardias necesitarán conocer la identidad exacta del enemigo o atacarán a cualquier «extraño»?
   - Tercera línea: las fuerzas especiales. ¿Qué sucede si un invasor es demasiado poderoso o astuto para la guardia general? ¿Qué tipo de unidad de élite necesitaría el castillo? Describan dos habilidades cruciales que deberían tener estas fuerzas especiales. Pista: ¿deberían ser específicos contra un tipo de enemigo?, ¿deberían recordar o aprender de los enemigos que ya han combatido?
3. Expongan su diseño a la clase, explicando las preguntas guía.

Parte II. La respuesta organizada

1. Lean el segmento *Las líneas de defensa del sistema inmunitario* y la sección *Así se hace...* (páginas 246 y 247).
2. Usen este nuevo modelo para responder las preguntas:
   a. ¿Por qué te da varicela solo una vez?
   b. ¿Qué tipo de inmunidad y qué línea de defensa es la responsable de la «memoria»?
   c. ¿Cómo funcionan las vacunas en nuestra analogía del castillo?



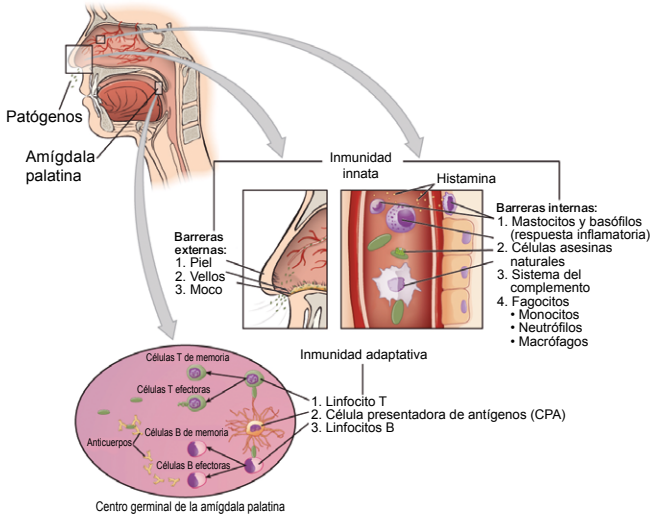
Las líneas de defensa del sistema inmunitario

El sistema inmunitario opera mediante tres niveles o líneas de defensa.

1. **Barreras externas (inmunidad innata).** Son barreras físicas y químicas que impiden el ingreso de cualquier agente extraño. Es inespecífica y forma parte de la inmunidad innata. Incluye:
   a. **Barreras físicas:** la piel intacta y las membranas mucosas que recubren las vías respiratorias y digestivas.
   b. **Barreras químicas:** secreciones como sudor, lágrimas y saliva, que contienen enzimas para destruir bacterias y el pH ácido del estómago, que elimina a muchos microorganismos ingeridos.

2. **Respuesta interna inespecífica (inmunidad innata).** Funciona de forma automática e inespecífica si un patógeno supera las barreras externas. Esta respuesta también es parte de la inmunidad innata e incluye:
   a. **Células fagocíticas:** glóbulos blancos como los neutrófilos y los macrófagos, que patrullan los tejidos, engullen (fagocitan) y destruyen patógenos.
   b. **Respuesta inflamatoria:** ante un daño hay enrojecimiento, calor e hinchazón. Esto atrae a células inmunitarias al sitio de infección y ayudan a contenerla.
   c. **Fiebre:** puede inhibir la replicación de patógenos y potenciar la respuesta de las células inmunitarias.

3. **Respuesta específica: la inmunidad adaptativa.** Cuando la respuesta innata no es suficiente se activa la **inmunidad adaptativa**. Esta es altamente específica, se dirige contra un patógeno particular y genera memoria a largo plazo. Sus actores principales son los linfocitos, un tipo de glóbulos blancos:
   a. **Reconocimiento del antígeno:** los linfocitos reconocen las moléculas específicas del patógeno: los **antígenos**.
   b. **Linfocitos T:** se encargan de la inmunidad celular. Algunos tipos de células T pueden identificar y destruir directamente las células infectadas del propio cuerpo.
   c. **Linfocitos B:** se encargan de la inmunidad humoral. Al activarse, se transforman en células plasmáticas que producen grandes cantidades de **anticuerpos**, proteínas que se unen de forma específica al antígeno del patógeno para neutralizarlo o marcarlo para su destrucción.
   d. **Memoria inmunológica:** tras superar la infección, un grupo de linfocitos T y B se convierten en **células de memoria**. Estas persisten por años y, si el mismo patógeno vuelve a ingresar, desencadenan una respuesta mucho más rápida y potente, evitando que la enfermedad se desarrolle nuevamente.



Así se hace...

Vacunas. Una vacuna es como un entrenamiento estratégico del sistema inmunitario. Introduce en el cuerpo un antígeno de forma segura e inocua. Al detectar el antígeno, se activa la inmunidad adaptativa, en la que los linfocitos B producen anticuerpos específicos y los linfocitos T se activan. El resultado clave es la creación de células de memoria que persisten a largo plazo. Si en el futuro el individuo se expone al patógeno real, estas células de memoria lo reconocerán de inmediato y montarán una respuesta secundaria veloz, masiva y eficaz, neutralizando al invasor antes de que pueda causar la enfermedad.

Tipos de vacuna según su tecnología:

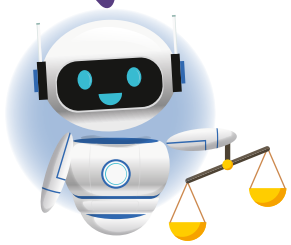
Vacunas vivas atenuadas	Vacunas inactivadas	Vacunas de ARNm	Vacunas de vector viral	Vacunas de subunidad/proteína
Contienen virus o bacterias debilitados	Contienen virus o bacterias muertas	Provee instrucciones genéticas para fabricar proteína viral	Un virus modificado entrega el código genético	Contiene una proteína viral específica
Respuesta inmune fuerte Pocas dosis necesarias	Respuesta inmune más débil, refuerzos requeridos	Usa células hospederas para producir proteína	No hay replicación del vector	Segura para inmunocomprometidos
Ejemplos • Triple vírica (MMR) • Fiebre amarilla	Ejemplos • Polio • Hepatitis A • Rabia	Ejemplos • Pfizer-BioNTech • Moderna	Ejemplos • AstraZeneca • Johnson & Johnson • Sputnik V	Ejemplos • Hepatitis B • VPH • Novax

Hoy descubrimos las dos estrategias principales del sistema inmunitario. Por un lado, contamos con una inmunidad innata, defensas generales y siempre activas que protegen de forma inmediata contra cualquier invasor. Por otro lado, tenemos una inmunidad adaptativa, fuerzas especiales capaces de diseñar ataques específicos contra un patógeno en particular, y que además generan memoria, permitiendo una respuesta mucho más rápida y eficaz en futuros encuentros. De esta inmunidad se valen las vacunas, que permiten generar memoria sin sufrir la enfermedad.

Creatividad

Como vimos, la primera línea de defensa contra patógenos es la piel. Sin embargo, en ocasiones, a causa de las diferentes actividades personales, académicas, laborales o incluso por el tráfico, muchas personas duermen menos horas de las necesarias para poder tener un funcionamiento óptimo de todos sus sistemas. Asimismo, determinadas situaciones generan un estrés prolongado. ¿De qué manera el estrés y el sueño tienen consecuencias negativas sobre nuestro sistema inmune? Hoy no solo lo leeremos, lo vamos a explorar analizando evidencia.

Recuerda que tu mente puede influir en tu biología. Al gestionar tus emociones, ayudas a tus sistemas nervioso e inmunitario a mantenerse en equilibrio y así conservar una buena salud.



B. Explorando la evidencia entre estrés, sueño y defensas

Cuando nuestro sistema inmunológico falla nos volvemos más susceptibles a las infecciones. Hoy exploraremos la evidencia científica que conecta dos situaciones cotidianas —el estrés y la falta de sueño— con la fortaleza de nuestro sistema inmunitario. Analizaremos los resultados hipotéticos de dos estudios científicos, interpretaremos los datos gráficamente y formularemos conclusiones basadas en las pruebas.

Materiales:

- Papel milimetrado o cuadriculado
- Regla

Procedimiento:

1. Organízate en un equipo de cuatro integrantes.
2. Analicen los datos de los dos casos de estudio de esta página, ideados para determinar el impacto de los hábitos en la salud.
3. Procesen la evidencia del estudio 1:
   a. Calculen el porcentaje de personas que se enfermaron en cada grupo.
   b. Construyan una gráfica de barras que compare los porcentajes de infección de ambos grupos. No olviden titular el gráfico y nombrar los ejes.
   c. Basándose en su análisis de los datos, ¿qué relación existe entre la cantidad de horas de sueño y la eficacia de la respuesta inmunitaria?
4. Procesen la evidencia del estudio 2 y respondan:
   d. ¿Qué grupo de estudiantes mostró un sistema inmunitario potencialmente más robusto? ¿Por qué?
   e. Construyan una gráfica de barras que compare el promedio de linfocitos T en ambos grupos.
   f. ¿Qué impacto parece tener el estrés crónico en la cantidad de células de defensa disponibles en el cuerpo?

Estudio 1

Un grupo de 100 voluntarios sanos fue monitoreado por una semana y dividido en dos grupos. Al Grupo A se le indicó dormir un promedio de 8 horas por noche, mientras que al Grupo B se le indicó dormir un promedio de 4 horas. Al final de la semana, todos fueron expuestos a un virus del resfriado común. Se registró cuántas personas de cada grupo desarrollaron la enfermedad.

Grupo	Promedio de sueño	Voluntarios enfermos
A	8 horas	9 personas
B	4 horas	21 personas

Estudio 2

Se realizó un experimento con 80 estudiantes universitarios durante el mes de exámenes finales. Se les pidió que reportaran su nivel de estrés percibido y se les tomó una muestra de sangre para medir un indicador de la función inmune: el número de linfocitos T por mililitro de sangre. Los resultados se agrupan en la siguiente tabla.

Grupo de estudiantes	Nivel de estrés reportado	Promedio de linfocitos T
A	Bajo estrés	1250 células/ml
B	Alto estrés (crónico)	700 células/ml

5. Lean la información de la infografía *Efectos del estrés y la privación del sueño en el sistema inmunológico* para entender el mecanismo biológico detrás de sus hallazgos.
6. Discutan en equipo para responder lo siguiente:
   g. ¿Qué hormona mencionada en la lectura explica los resultados que vieron en el estudio 2 y por qué?
   h. ¿Qué procesos biológicos que ocurren durante el sueño explican por qué el Grupo B del experimento 1 se enfermó más?

Efectos del estrés y la privación del del sueño en el sistema inmunológico

ESTRÉS

¿Qué es? El estrés es la perturbación de la homeostasis del organismo que incluye cambios fisiológicos, bioquímicos y de comportamiento.

¿Qué afecta? Estimula la producción de hormonas como el cortisol, que aumenta el nivel de glucosa en sangre como fuente de energía inmediata y altera las respuestas del sistema inmune.

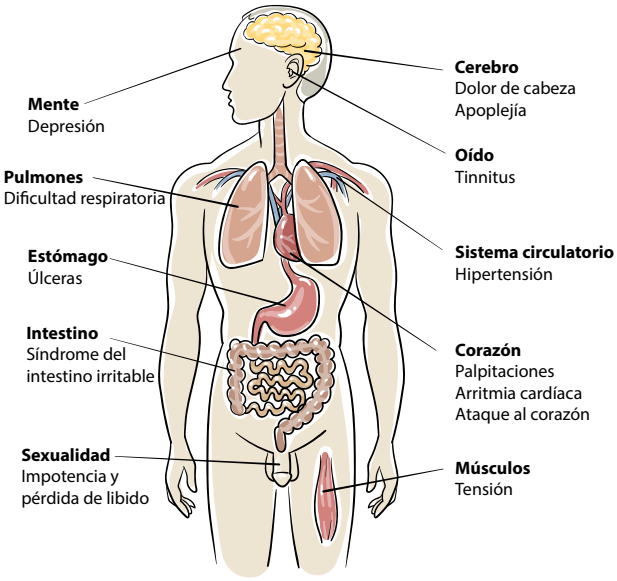
Los elevados niveles de cortisol también inducen procesos corporales que resultan en el aumento de la producción de radicales libres, la disminución de antioxidantes y la aceleración de la edad celular. El estrés crónico hace que el cuerpo esté en constante alerta, provocando que los niveles altos y continuos de cortisol causen efectos inflamatorios y debiliten el sistema inmunitario, volviendo más vulnerable al organismo a sufrir infecciones.

SUEÑO

¿Qué es? El sueño es un proceso fisiológico de descanso esencial y complejo, durante el cual numerosas actividades disminuyen, mientras que otras se consolidan; por ejemplo, el cerebro y el cuerpo se reparan, procesan información y se mantienen saludables.

¿Qué afecta? La privación de sueño provoca daño al estado neurocognitivo, incremento del riesgo de enfermedades del corazón, resistencia a la insulina y obesidad. Además, puede tener efectos importantes sobre la función inmune.

¿Cuál es su beneficio? El sueño sirve para reasignar recursos energéticos a los procesos que facilitan y promueven la respuesta inmune. Durante el sueño hay restablecimiento de energía, eliminación de radicales libres, regulación endocrina y de la actividad eléctrica cortical, consolidación de la memoria y redistribución celular con aumento y activación de linfocitos.



Mediante el análisis de datos, hemos explorado la evidencia científica que demuestra el profundo impacto de nuestros hábitos en la inmunidad. Los resultados que procesamos sugieren que la falta de sueño reduce significativamente la capacidad del cuerpo para defenderse de patógenos, mientras que el estrés crónico, a través de hormonas como el cortisol, puede suprimir la cantidad de células inmunitarias clave. Esta exploración nos enseña que cuidar nuestro sueño y manejar el estrés no es solo una cuestión de sentirse bien, sino una estrategia biológica fundamental, respaldada por evidencia, para mantener un sistema de defensa fuerte y eficaz.

Comunicación

Esta semana hemos abordado el complejo y eficiente sistema de defensa del cuerpo. Aprendimos sobre sus barreras, guardias generales y fuerzas especiales. Pero ¿qué sucede cuando este sistema comete un error? ¿Qué pasa si sus defensas son demasiado débiles, si sobrerreaccionan a algo inofensivo, o peor aún, si confunden a un amigo con un enemigo y atacan a nuestro propio cuerpo? Con la siguiente actividad intentaremos responder a estas preguntas.

CÉLULAS INMUNITARIAS

Las células inmunitarias son diversas. Se originan a partir de células madre de la médula ósea y se encuentran en la sangre y el sistema linfático.

C. Diagnóstico de fallas en el sistema inmunitario

Ahora convertiremos el salón en un consejo médico que diagnosticará las principales categorías de desórdenes del sistema inmunitario, lo que nos permitirá consolidar nuestro conocimiento sobre cómo, por qué y con qué consecuencias nuestro sistema de defensas podría fallar.

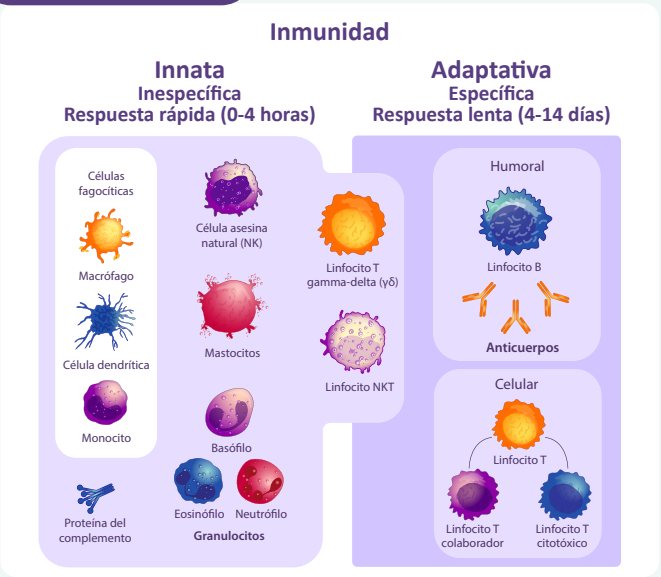
Materiales:

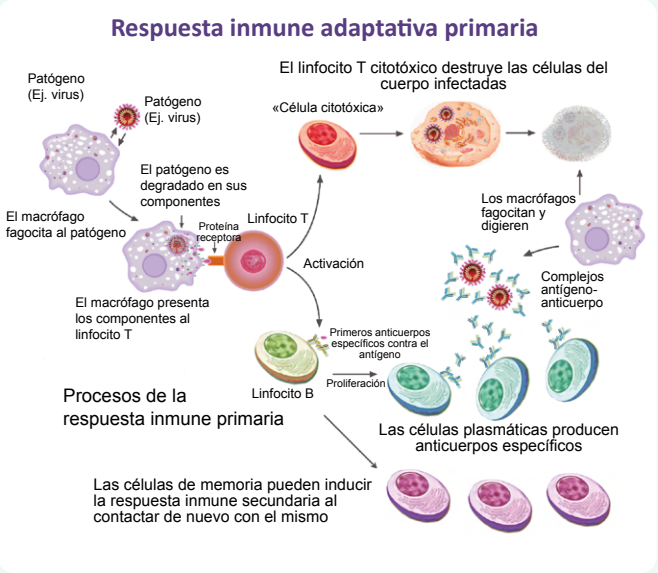
- Cartulina o pliego de papel
- Plumones o lápices de colores

Procedimiento:

1. Analiza el segmento *La respuesta inmunitaria* y responde.
   a. ¿En qué puntos creen que podría ocurrir un error fatal?
   b. ¿Qué pasaría si la respuesta fuera muy débil o muy fuerte?
   c. ¿Qué pasaría si el sistema no pudiera distinguir entre lo propio y lo extraño?

La respuesta inmunitaria





Si la primera línea de defensa es vulnerada, se activa la segunda capa de **inmunidad innata**. Esta está a cargo de los glóbulos blancos y las proteínas del complemento. Los glóbulos blancos son células muy variadas con funciones específicas. Las células fagocíticas, por ejemplo, patrullan los tejidos para identificar y fagocitar o «comer» patógenos; los granulocitos combaten invasores como bacterias, parásitos, alergenos y sustancias extrañas; los mastocitos promueven la inflamación y la cicatrización, y las células NK destruyen células infectadas, anormales y tumorales. Las proteínas del complemento marcan a los invasores, producen inflamación y también pueden destruir patógenos.

La **inmunidad adaptativa** está a cargo de los linfocitos B y T. Los linfocitos B generan la respuesta humoral, es decir, la que es mediada por macromoléculas, mientras que los linfocitos T se encargan de la respuesta celular. La respuesta a menudo inicia cuando una célula fagocítica degrada al patógeno y aísla sus componentes para presentarlos a un linfocito T que se activa. Esta célula madura para convertirse en un linfocito T citotóxico, diseñado para destruir células infectadas, o en un linfocito T colaborador, que puede activar a los linfocitos B. Al reconocer un antígeno, los linfocitos B se diferencian y multiplican en células plasmáticas que producen anticuerpos. Los linfocitos B también generan células de memoria que perduran a largo plazo en el cuerpo.

2. Forma con tus compañeros un «comité médico» para analizar uno de los siguientes expedientes clínicos. También pueden auxiliarse de los QR de esta página.
3. Elaboren una infografía en su cartulina para sintetizar la información de su expediente. Consideren los siguientes componentes:
   - Título: nombre de la categoría del desorden, por ejemplo, autoinmunidad.
   - Falla principal: explicación breve y clara del error del sistema inmune.
   - Enfermedad del ejemplo: nombre de la enfermedad estudiada.
   - Consecuencias en el cuerpo: ¿qué le ocurre al organismo como resultado de esta falla?
   - Esquema: dibujo simple que represente visualmente el error, por ejemplo, un linfocito atacando a una célula del páncreas.
4. Presenten su infografía a la clase, explicando su categoría de desorden inmunitario.

Expediente 1. Fuego amigo: la autoinmunidad

Esta categoría de desórdenes ocurre cuando el sistema inmunitario comete un grave error de identificación y pierde la autotolerancia, es decir, la capacidad de reconocer las células propias del cuerpo. Como resultado, los linfocitos T o los anticuerpos atacan y destruyen tejidos sanos como si fueran invasores. Un ejemplo claro es la diabetes tipo 1, donde los linfocitos T del propio paciente atacan y eliminan a las células productoras de insulina en el páncreas. La consecuencia directa es que el cuerpo pierde la capacidad de regular el azúcar en la sangre, lo que requiere un tratamiento de por vida.

Expediente 2. Reacciones exageradas: las alergias

Las alergias o reacciones de hipersensibilidad ocurren cuando el sistema inmunitario reacciona de forma desproporcionada a una sustancia normalmente inofensiva llamada alérgeno (como el polen, el polvo o ciertos alimentos). El sistema identifica erróneamente a este alérgeno como una amenaza y produce anticuerpos específicos contra él. En exposiciones futuras, la unión del alérgeno a estos anticuerpos provoca que ciertas células inmunitarias liberen masivamente sustancias químicas, principalmente histamina. Las consecuencias de la histamina son los síntomas típicos de la alergia: inflamación, estornudos, picazón y, en casos graves, dificultad para respirar.

Expediente 3. Defensas bajas: la inmunodeficiencia

La inmunodeficiencia describe un estado en el que el sistema inmunitario está debilitado y es incapaz de proteger eficazmente al cuerpo contra los patógenos. Esta condición puede ser congénita o adquirida. El ejemplo más conocido es el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (sida), causado por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH). Este virus infecta y destruye específicamente a los linfocitos T colaboradores, que son cruciales para coordinar casi toda la respuesta adaptativa. Como consecuencia, el sistema inmune se debilita progresivamente, dejando al cuerpo vulnerable a infecciones oportunistas que un sistema sano podría combatir fácilmente. Afortunadamente, al tratarse de un virus, su contagio puede prevenirse incluso de madre a hijo y, si bien no es curable, los tratamientos son cada vez más eficientes.

Hoy concluimos que las fallas del sistema inmunitario se pueden clasificar en tres grandes categorías: las alergias, donde el sistema sobrerreacciona a sustancias inofensivas; la autoinmunidad, donde ataca al propio cuerpo por confundirlo con un invasor, y la inmunodeficiencia, donde sus defensas son demasiado débiles. Comprender estos errores nos ayuda a dimensionar lo complejo del sistema inmune y a entender la base de muchas enfermedades serias.

Conoce sobre las enfermedades autoinmunes sistémicas
https://qrs.ly/vqh1iif

Conoce más sobre el VIH
https://qrs.ly/1dh1iin

Ojo al dato..

El VIH solo se puede transmitir cuando ciertos fluidos corporales de una persona infectada, como sangre, semen, fluidos rectales o vaginales, entran en contacto con una membrana mucosa, una úlcera o una herida abierta.

Resumen

Durante el desarrollo de esta unidad hemos estudiado la estructura, función e integración de los sistemas de órganos que permiten que nuestro organismo pueda dar respuesta a las señales de los ambientes externo e interno para mantener la homeostasis y la adaptación. Es decir, cómo el cuerpo percibe el mundo y se comunica internamente para responder.

Sistema nervioso

El primer sistema que estudiamos fue el sistema nervioso. De este conocimos cómo las respuestas a los estímulos se integran como reflejos, entre ellos el reflejo rotuliano, que observamos durante las evaluaciones de control médico. Las respuestas del organismo pueden ser por movimientos voluntarios o involuntarios. Por ejemplo, desplazarte a tu centro de estudio y escribir en tu cuaderno, tablet o computadora son movimientos que controlamos de manera voluntaria a través del músculo esquelético. Sin embargo, la respuesta de nuestra pupila a la luz es un movimiento involuntario que no podemos controlar.

El sistema nervioso se clasifica en sistema nervioso central (SNC) y sistema nervioso periférico (SNP). El SNC está constituido por el cerebro y la médula espinal, mientras que el SNP está integrado por neuronas ubicadas fuera del SNC y axones que conectan a estas neuronas con el SNC. De esta clasificación, también estudiamos que el SNP se subdivide en sistema nervioso somático y sistema nervioso autónomo. De este modo, la respuesta del músculo esquelético es producida en la región somática, mientras que el movimiento ocular se produce en la región autónoma del SNP.

La región autónoma del SNP se clasifica en división simpática, parasimpática y entérica. La división simpática prepara al cuerpo para llevar a cabo actividades estresantes o que demanden energía, mientras que las neuronas parasimpáticas dominan sobre las actividades de mantenimiento o descanso. El sistema entérico se encarga directa y específicamente de cómo el cuerpo digiere los alimentos.

El funcionamiento del sistema nervioso ocurre gracias a las células neuronales y las células gliales que lo constituyen. Estas células permiten la transmisión e integración de señales, el aporte de nutrientes y la regulación del espacio extracelular.

Sistemas sensoriales

Los receptores sensoriales y otros tipos celulares de la nariz, los ojos, los oídos y las papilas gustativas forman parte de los órganos de los sentidos. Los receptores sensoriales se encargan del procesamiento de la información a través de la recepción sensorial, la transducción energética y la transmisión de la señal para la interpretación en el cerebro.

Este procesamiento de información nos ayuda a sentir e interpretar nuestro entorno. Por ejemplo, cuando algún estímulo causa dolor, como tocar un material caliente, la señal enviada por los receptores sensoriales de la piel permiten en nuestro cerebro la interpretación de que se está en una situación de peligro, por tanto, reaccionamos retirando rápidamente nuestra mano del material caliente.

De acuerdo con la ubicación de los estímulos, los receptores sensoriales se clasifican en:

- **Exteroceptores.** Sensibles a los estímulos del ambiente exterior que permite explorar el mundo.
- **Interoceptores.** Sensibles a estímulos internos, por ejemplo, a los cambios de pH, presión osmótica, temperatura corporal, etc.

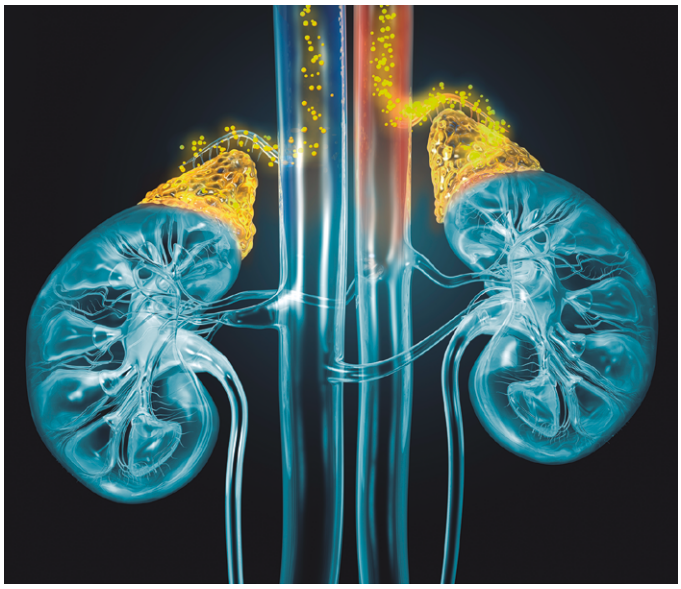
Así mismo, los receptores pueden ser clasificados atendiendo al tipo de energía que transforman: termorreceptores, electrorreceptores, nociceptores, mecanorreceptores, fotorreceptores, entre otros. Sin embargo, los quimiorreceptores no necesariamente transducen energía química, sino que pueden simplemente detectar sustancias y disparar una señal.

Sistema endocrino

El sistema endocrino está conformado por diversas células, tejidos, órganos y glándulas endocrinas que se especializan en la producción o secreción de hormonas. Las hormonas son mensajeros químicos que se encargan de regular muchos procesos fisiológicos. Por ejemplo, la insulina es una hormona que se produce en el páncreas para regular los niveles de glucosa en sangre, favorecer el ingreso de esta molécula a las células y producir energía necesaria para el metabolismo. De igual forma, la hormona antidiurética contribuye a la osmorregulación, que envía señales a las células de los riñones para evitar la pérdida de agua y a su vez advierte de la necesidad de tomar agua para evitar la deshidratación.

En general, las hormonas se encargan de la regulación de actividades como el crecimiento, el desarrollo, la reproducción, el metabolismo, entre otras funciones vitales para nuestro organismo. Las hormonas son secretadas en diferentes glándulas específicas, entre las que encontramos la tiroides, el páncreas, el hipotálamo, la glándula pituitaria anterior, las glándulas suprarrenales, entre otras. La perturbación del funcionamiento correcto de estas glándulas puede generar consecuencias negativas en el organismo, entre ellas algunas enfermedades como el hipotiroidismo y la diabetes tipo 1.

El sistema endocrino, a través de las hormonas que se producen en la glándula suprarrenal, también contribuye a nuestro comportamiento ante diversas situaciones de estrés. Por ejemplo, la adrenalina y la noradrenalina se encargan de la respuesta de «lucha o huida» ante estas situaciones, favoreciendo que nuestro organismo responda con estímulos bioenergéticos.



Sistema inmunitario

Nuestro organismo responde a la invasión de patógenos a través del sistema inmunitario. Este se encarga de promover las condiciones celulares y fisiológicas para evitar que los agentes infecciosos avancen en su reproducción. Para cumplir con este objetivo, el sistema inmune cuenta con diversas barreras que actúan en diferentes momentos de la defensa celular.

La primera línea de defensa son las barreras externas no específicas, que impiden la entrada de microbios al cuerpo. Estas barreras son no específicas debido a que actúan sin importar el tipo de microbio particular que intenta propagar la enfermedad. Entre estas barreras encontramos la piel, la saliva y el moco. Cuando estas barreras se superan, el sistema ejecuta una segunda capa de respuesta inmunitaria innata, también inespecífica para un tipo particular de microbio. Esta respuesta busca eliminar al invasor a través de la inflamación, la fiebre, las células NK y las células fagocíticas.

Por último, cuando las barreras no específicas son superadas, el sistema actúa de manera directa a través de la respuesta inmunitaria de adaptación. Acá, las células destruyen selectivamente al agente o toxina causante del desequilibrio. Las células recuerdan al invasor, por lo que ante invasiones futuras les es más fácil encontrarlo y destruirlo.

El funcionamiento del sistema inmune permite mantener la homeostasis; sin embargo, ciertas actividades relacionadas con el estrés y la falta de sueño pueden afectar considerablemente su funcionamiento, inhibiendo la reproducción de células inmunitarias. Por ejemplo, el estrés crónico desencadena respuestas permanentes para la liberación de cortisol, que promueve la inflamación, disminuye los antioxidantes y aumenta los radicales libres.

Así mismo, en ocasiones, el sistema inmune sufre vulneraciones en los eventos de respuesta ante alguna enfermedad. Estas vulneraciones se conocen como enfermedades autoinmunes. En este tipo de enfermedades, el cuerpo se ataca así mismo en ausencia de patógenos. Algunas enfermedades autoinmunes son la diabetes tipo 1, la artritis reumatoide y el lupus.

Tecnología

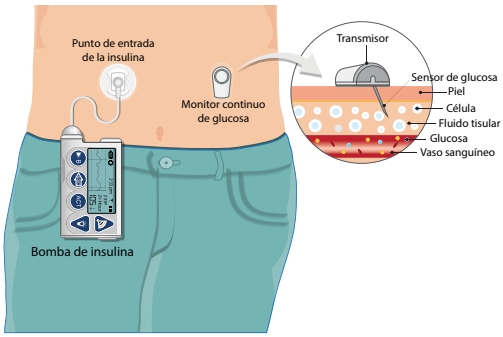
Monitores continuos de glucosa (MCG)

Son dispositivos que se encargan de detectar continuamente los niveles de glucosa, brindando actualizaciones en tiempo real a través de un sensor que se coloca en el cuerpo. Esta tecnología ha permitido alcanzar metas de control en pacientes con diabetes de una forma más fácil comparado con los métodos tradicionales.

Un dispositivo de MCG tiene tres partes: la primera es un pequeño sensor desechable que se puede insertar debajo de la piel, fijado con un parche adhesivo. También puede colocarse otro tipo de sensor de MCG dentro del cuerpo, llamado sensor implantable. Los sensores de MCG calculan el nivel de glucosa en el líquido que se encuentra entre las células, que es similar al nivel de glucosa en la sangre. Los sensores deben reemplazarse a intervalos de unos días a pocas semanas.

La segunda parte es un transmisor que envía la información, sin usar cables, a la tercera parte, que es un software almacenado en un teléfono inteligente, una bomba de insulina o un dispositivo separado llamado receptor.

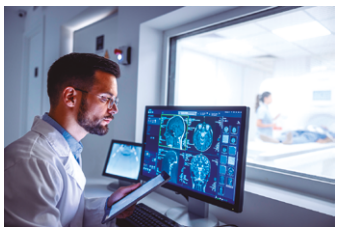
Los datos de monitoreo se transmiten ininterrumpidamente, eliminando la necesidad de escaneos periódicos, y permiten encontrar correlaciones de la glucosa con las actividades diarias, el estrés, la dieta, etc.



Quiero ser...

Carrera: Doctorado en Medicina

Duración: 7 años/14 ciclos



Bachilleratos sugeridos:
General y Técnico Vocacional en Atención Primaria en Salud

Descripción. La carrera de Doctorado en Medicina permite la formación de profesionales que contribuirán de manera efectiva a la prevención de enfermedades y brindarán soluciones de las problemáticas actuales de salud. De esta forma, es un estudio habilitante para ejercer la profesión médica en distintas instituciones del país o incluso el extranjero.
Además, permite desempeñarse en investigación de la salud y abre paso a distintas especialidades médicas, tales como:

- Medicina interna
- Cirugía
- Pediatría
- Psiquiatría
- Neurología
- Inmunología
- Endocrinología
- Oncología

Conocimientos y habilidades por desarrollar:

Conocimientos generales:

Matemática ——
Biología ————
Química ————
Física ——
Tecnología ——————
Inglés ———

Habilidades:

Capacidad de cálculo ———
Comunicación ————
Investigación ———
Creatividad ———
Resolución de problemas ——————
Pensamiento crítico ——————
Abstracción y lógica ————

Evaluación

1. Resuelve:

   Carlos acude a una consulta médica de rutina. Durante la consulta, su doctor de familia le evalúa la temperatura, las pulsaciones y la presión arterial. Además, le examina con una lámpara los ojos y observa que la pupila se contrae en presencia de luz directa y se relaja cuando se le retira el estímulo. A partir de la información anterior, responde:

   a. ¿Qué tipo de reflejo ha logrado evidenciar el doctor al examinar a Carlos?

   _____

   b. Escribe el nombre de otro tipo de reflejo estudiado durante la unidad.

   _____

   c. ¿Son voluntarios los movimientos de la pupila? Explica.

   _____

   _____

   _____

   d. ¿Qué subdivisión del sistema nervioso periférico se encarga de ejecutar los movimientos similares al de la pupila?

2. Elabora un mapa mental con los tipos y las funciones de células gliales desarrolladas durante la unidad. Puedes consultar información adicional de fuentes bibliográficas confiables o literatura sugerida dentro del texto.

3. A continuación se presenta una serie de acciones cotidianas que involucran movimientos en respuesta a las señales que envía el sistema nervioso. Coloca una «X» a la clasificación correcta de los movimientos y la subdivisión del sistema nervioso periférico que se encarga de efectuarlo.

Ejemplo	Tipo de movimiento		Sistema nervioso periférico (SNP)	
	Voluntario	Involuntario	SN autónomo	SN somático
Escribir con un lápiz en este libro de texto				
Toser en respuesta a una alergia o infección				
Caminar dentro de tu centro educativo				
Movimientos peristálticos (digestión)				
Pulsaciones sanguíneas				

4. Luego de probar una barra de chocolate, nuestro cuerpo desencadena una serie de señales que nos permiten decidir si continuamos comiéndolo de acuerdo con su sabor. A partir de la información anterior y con lo aprendido durante la unidad, describe los pasos en orden secuencial de la percepción del gusto.

5. ¿Qué tipo de exteroceptores participan en el estímulo generado al probar chocolate?

6. Analiza los siguientes casos y luego responde según corresponda:

- **Paciente 1.** Se practica un examen de sangre en ayunas cuyos resultados indican que el valor de la glucosa en sangre es de $95\ \mathrm{mg/dL}$, un valor considerado dentro de los rangos normales.
- **Paciente 2.** Los resultados del examen de glucosa en ayunas son de $130\ \mathrm{mg/dL}$, concentración fuera de los parámetros normales de glucosa en sangre.

De acuerdo con la información de ambos pacientes, explica:

a. ¿Qué glándulas y hormonas principales están involucradas en la correcta asimilación de la glucosa en el paciente 1?

b. Al paciente 2, al presentar valores fuera de los rangos normales para la glucosa en sangre en período de ayuno, es probable que se le diagnostique diabetes tipo 1. ¿Qué glándula y cuáles hormonas se ven afectados en este tipo de enfermedad? ¿Por qué la concentración de glucosa en sangre es alta?

7. En el siguiente cuadro se detallan algunas acciones realizadas por el sistema inmunitario en defensa de las invasiones biológicas. Analiza cada caso y escribe una «X» de acuerdo con el tipo de respuesta inmunitaria esperada.

Ejemplo	Respuesta innata	Respuesta adaptativa
Respuesta inflamatoria luego de herirse en la pierna al caerse jugando al fútbol.		
Producción de células de memoria que reconocen a los antígenos del agente infeccioso.		
Aumento de temperatura corporal en los primeros días de una infección gripal.		
Producción de anticuerpos para inhabilitar el virus del Sars-CoV-2 a través de los linfocitos B.		
Eliminación de células infectadas por un linfocito citotóxico.		
Destrucción por los jugos gástricos de bacterias oportunistas que se encontraban en un vegetal levemente pasado de maduro.		

8. De acuerdo con el material analizado durante la unidad, ¿cuáles son las consecuencias del estrés crónico y de la falta de sueño para el sistema inmunitario?

Material en
validación

MI
NUEVA
ESCUELA
Reforma Educativa

GOBIERNO DE
EL SALVADOR

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN